Министерство образования и науки Российской Федерации федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт природных ресурсов

Направление подготовки <u>«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»</u>

Кафедра ХТТ и ХК

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

DDIII CKIIMI KDASIII TAKALIIOIII MITADOTA				
Тема работы				
Моделирование блока ректификации продуктов процесса алкилирования бензола				
этиленом				

УДК 547.532: 547.313.2: 66.095.253: 66.048.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2K31	Рябкова Наталья Игоревна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ХТТ и ХК	Хлебникова Елена Сергеевна			

консультанты:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосфексиие»				
Должность	ФИО	Ученая степень,	Подпись	Дата
должность	ФИО	звание	подпись	дата
	Рыжакина	Кандидат		
Доцент	Татьяна	экономических		
	Гавриловна	наук		

По разделу «Социальная ответственность»

[
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга			
кафедры ЭБЖ	Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения (выпускник должен быть	Требования ФГОС					
	готов)	ВПО, критериев и/или					
результата	10108)						
		заинтересованных					
Профессиональные компетенции							
P1	Профессиональные компетенции Применять базовые математические,	Требования ФГОС					
I I	естественнонаучные, социально-экономические	(ПК-1,2,3,14,16,17,18),					
	и специальные знания в профессиональной	(ПК-1,2,5,14,10,17,18), Критерий 5 АИОР					
	деятельности	(п.1.1)					
P2		Требования ФГОС					
r2	Применять знания в области энерго-и	(ПК-4,5,9,15 ОК-7),					
	ресурсосберегающих процессов химической						
	технологии, нефтехимии и биотехнологии для	Критерий 5 АИОР					
D2	решения производственных задач	(пп.1.1, 1.2)					
P3	Ставить и решать задачи производственного	Требования ФГОС					
	анализа, связанные с созданием и переработкой	(ПК-4,5,8,11 ОК-2,4),					
	материалов с использованием моделирования	Критерий 5 АИОР					
	объектов и процессов химической технологии,	(пп.1.2)					
D.4	нефтехимии и биотехнологии.	Trackanasses ADOC					
P4	Проектировать и использовать энерго-и	Требования ФГОС					
	ресурсосберегающее оборудование химической	(ПК-8,11,23,24),					
	технологии, нефтехимии и биотехнологии	Критерий 5 АИОР					
D.5	П	(п.1.3)					
P5	Проводить теоретические и экспериментальные	Требования ФГОС					
	исследования в области энерго-и	(ПК-1,4,5,19-22, ОК-					
	ресурсосберегающих процессов химической	7,10), Критерий 5					
D.(технологии, нефтехимии и биотехнологии	АИОР (п.1.4)					
P6	Осваивать и эксплуатировать современное	Требования ФГОС					
	высокотехнологичное оборудование,	(ПК-6,7,10,12,13,14,17					
	обеспечивать его высокую эффективность,	ОК-3,4,8), Критерий 5					
	соблюдать правила охраны здоровья и	АИОР (п.1.5)					
	безопасности труда на производстве, выполнять						
	требования по защите окружающей среды.						
P.5	Общекультурные компетенции	T. C. *FO.C.					
P7	Демонстрировать знания социальных, этических	Требования ФГОС					
	и культурных аспектов профессиональной	(OK-1,2,6-10),					
	деятельности.	Критерий 5 АИОР					
700		(пп.2.4, 2.5)					
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно	Требования ФГОС					
	повышать квалификацию в течение всего	(ОК-6,7,8), Критерий 5					
	периода профессиональной деятельности.	АИОР (2.6)					
P9	Владеть иностранным языком на уровне,	Требования ФГОС					
	позволяющем разрабатывать документацию,	(ОК-11), Критерий 5					
	презентовать результаты профессиональной	АИОР (п.2.2)					
	деятельности.						
P10	Эффективно работать индивидуально и в	Требования ФГОС					
	коллективе, демонстрировать ответственность за	(OK-3,4,5,12),					
	результаты работы и готовность следовать	Критерий 5 АИОР					
	корпоративной культуре организации.	(пп.1.6, 2.3)					
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	/ /					

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Природных ресурсов (ИПР)						
Направление подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической						
технологии, нефтехимии и	технологии, нефтехимии и биотехнологии»					
Кафедра Химическая техн	нология топлива и химическая	кибернетика (XT)	Ги ХК)			
	Ÿ.	УТВЕРЖДАЮ:				
	3	Вав. кафедрой				
	_		Юрьев Е.М.			
	(Подпись) (Дата)	(Ф.И.О.)			
	ЗАДАНИЕ					
на выпол	нение выпускной квалифик	ационной работь	I			
В форме:						
	Бакалаврской работи	ы				
(бакалаврской	і работы, дипломного проекта/работы, м	агистерской диссертаци	и)			
Студенту:						
Группа		ФИО				
2K31	Рябковой Н	Іаталье Игоревне				
Тема работы:						
Моделирование блок	а ректификации продуктов про	оцесса алкилирова	ния бензола			
этиленом						
Утверждена приказом	Утверждена приказом директора (дата, номер) 420/с от 31.01.2017					
Срок сдачи студенто	ом выполненной работы:					
1						

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатрат; экономический анализ и т. д.).

Объект исследования: промышленный процесс ректификации алкилата

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).

- 1 Обзор литературы
- 1.1 Используемые катализаторы в технологии алкилирования
- 1.2 Варианты технологического оформление ректификационных установок процесса алкилирования
- 1.2.1 Непрерывная ректификация
- 1.2.2. Периодическая ректификация
- 1.3 Тепловая интеграция в процессах ректификации
- 2 Объект и методы исследования
- 2.1 Постановка задачи исследования
- 2.2 Назначение отделения, характеристика применяемых материалов, полуфабрикатов
- 2.3 Характеристика производственного объекта
- 2.4 Описание блок схемы отделения ректификации
- 2.4.1 Технологическая схема отделения ректификации
- 2.5 Характеристика ректификационных колонны в технологии алкилирования бензола этиленом на жидкофазном катализаторе
- 3 Экспериментальная часть
- 4 Финансовый менеджмент,

ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5 Социальная ответственность

Заключение, выводы

Список использованной литературы

Перечень графического материала

(с точным указанием обязательных чертежей)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, Кандидат экономических наук, Рыжакина Татьяна Гавриловна

Социальная	Ассистент кафедры ЭБЖ Немцова Ольга Александровна			
ответственность				
Дата выдачи задания на выполнение выпускной				
квалификационной работы по линейному графику				

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Хлебникова Елена Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2K31	Рябкова Наталья Игоревна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО	
2K31	Рябковой Наталье Игоревне	

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ХТТ и ХК
			«Энерго- и
V			ресурсосберегающие
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	процессы в химической
ооразования			технологии, нефтехимии и
			биотехнологии»

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

- 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих
- 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов
- 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования

Разрабатываемый проект направлен на исследование и оптимизацию процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом.

Проведение оценки экономической

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- Оиенка коммерческого потенииала, перспективности Проведение предпроектного анализа. альтернатив проведения НИ позииии Определение целевого рынка и проведение ресурсоэффективности и ресурсосбережения его сегментирования. Выполнение SWOTанализа проекта. Определение целей и ожиданий, - Определение возможных альтернатив проведения научных исследований требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий. – Планирование процесса управления НТИ: структура и Составление календарного плана проекта. график проведения, бюджет, риски. Определение бюджета НТИ
- эффективностей. эффективности исследования. **Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей):
- 1. Оценка конкурентоспособности технических решений

– Определение ресурсной, финансовой, экономической

- 2. Mampuua SWOT
- 3. График проведения и бюджет НТИ
- 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
- 5. Сравнительная эффективность разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат		
Доцент		экономических		
	т авриловна	наук		

Залание принял к исполнению стулент.

адание принял к исполнению студент.						
Группа	ФИО	Подпись	Дата			
2K31	Рябкова Наталья Игоревна					

-

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2K31	Рябковой Наталье Игоревне

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объект исследования - аппаратурное оформление технологической схемы процесса ректификации в технологии жидкофазного алкилирования бензола этиленом.

Область применения нефтехимическая промышленность.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

- 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:
 - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
 - действие фактора на организм человека;
 - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
 - предлагаемые средства защиты;
 - (сначала коллективной защиты, затем индивидуальные защитные средства).
- 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:
 - механические опасности (источники, средства защиты;
 - термические опасности (источники, средства защиты);
 - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита источники, средства защиты);

- 1. Анализ вредных факторов:
- 1.1 Повышенный уровень шума;
- 1.2 Повышенный уровень вибрации;
- 1.3 Утечка токсичных и вредных веществ;
- 1.4 Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе и в помещении;
- 1.5 Повышенный уровень электромагнитных излучений 1.6 Недостаточная освещенность рабочей зоны.
- 2. Анализ опасных факторов:
- 2.1 Статическое электричество;
- 2.2 Работа на высоте;
- 2.3 Аппараты, работающие под давлением:
- 2.4 Острые кромки и заусенцы, выступающие части оборудования;
- 2.5 Пожарная безопасность.

 пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

2. Экологическая безопасность:

- защита селитебной зоны
- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

Основными загрязнителями атмосферы на производстве являются:

- этилбензол,
- бензол,
- этилен,
- хлористый этил,
- хлористый алюминий и т.д.

Повышения экологической безопасности можно достигнуть путем снижения выбросов во время эксплуатации за счет использования улучшенных фильтрационных и очистительных сооружений.

Возникновение ЧС, требующих обеспечение электро- и пожаровзрывобезопасности на рабочем месте.

Перечень возможных ЧС:

- пожар;
- взрыв;
- розлив продуктов/компонентов производства;

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

ГОСТ Р 22.3.03-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения».

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:

- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;
- выбор наиболее типичной ЧС;
- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;
- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации. Для обеспечения безопасности на рабочем месте руководствоваться необходимо санитарными нормами и правилами. Для снижения вредного воздействия химических факторов работникам производства выдается молоко питьевое в количестве 0,5 литра за смену для

выведения	ИЗ	организма	токсических
веществ.			

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Немцова Ольга			
ЭБЖ	Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

	Jrn		
Группа	ФИО	Подпись	Дата
2K31	Рябкова Наталья Игоревна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 82 с., 7 рис., 22 табл., 39 источников.

Ключевые слова: Этилбензол, алкилирование, ректификация, моделирование, модернизация, интеграция тепла.

Объектом исследования является отделение ректификации получения из реакционной массы этилбензола — ректификата и осушенного бензола в технологии жидкофазного алкилирования бензола этиленом.

Цель работы – увеличение производительности процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом.

В результате исследования предложена улучшенная схема процесса отделения ректификации выделения этилбензола.

Оглавление

Введение	13
1 Обзор литературы	15
1.1 Используемые катализаторы в технологии алкилирования	15
1.2 Варианты технологического оформление ректификационных установ	ок
процесса алкилирования	18
1.2.1 Непрерывная ректификация	19
1.2.2. Периодическая ректификация	20
1.3 Тепловая интеграция в процессах ректификации	21
2 Объект и методы исследования	23
2.1 Постановка задачи исследования	23
2.2 Назначение отделения, характеристика применяемых материало	ЭΒ,
полуфабрикатов	24
2.3 Характеристика производственного объекта	26
2.4 Описание блок – схемы отделения ректификации	26
2.4.1 Технологическая схема отделения ректификации	26
2.5 Характеристика ректификационных колонны в технологи	ии
алкилирования бензола этиленом на жидкофазном катализаторе	28
3 Экспериментальная часть	29
3.1 Исходные данные для исследования	29
3.2 Оптимизированная технологическая схема	30
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	33
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведен	ия
научных исследований с позиции ресурсоэффективности	И
ресурсосбережения	34
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	34
4.1.3 SWOT-анализ	
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	
4.2 Планирование научно-исследовательской работы	

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	2
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	2
4.2.3 Разработка проведения научного исследования	3
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	7
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	7
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научны	X
(экспериментальных) работ4	8
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	8
4.3.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательског	'O
проекта5	1
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой	
бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования. 52	
5 Социальная ответственность 5-	
5.1. Анализ вредных производственных факторов	
5.1.1 Повышенный уровень шума	
5.1.2 Повышенный уровень вибрации5	
5.1.4 Отклонение показаний микроклимата в помещении	
5.1.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны	
5.2 Анализ опасных факторов	
5.2.1 Поражение электротоком при обслуживания	
электрооборудования	
5.2.2. Термические опасности	
5.3 Экологическая безопасность в технологии алкилирования бензол	
этиленом	
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 7- Заключение	
Баключение	
	^

Введение

Этилбензол (ЭБ) является коммерчески важным сырьем в нефтехимической промышленности при производстве стирола, который в свою очередь является широко используемым промышленным мономером. Стирол используется в производстве синтетического каучука, пластмасс и смол. Этилбензол имеет ограниченное применение также в качестве растворителя и при получении красителей. Объемы этилбензола за 2010 год оценивается примерно в 34 млн. тонн. Первоначально этилбензол получали путем алкилирования бензола этиленом с использованием гомогенных кислотных катализаторов, таких как хлорид алюминия или фосфорная кислота [1].

Однако, с течением времени все большим интересом пользуются цеолитные катализаторы. В Китае были разработаны цеолитные катализаторы ZSM-5 / ZSM-11, которые позволяют расширить традиционный путь производства ЭБ, в котором бензол может реагировать только с чистым этиленом. Данный катализатор с хорошими регенерационными характеристиками обеспечивает высокую конверсию этилена, высокую селективность этилбензола и длительный период работы. В последние годы новая технология и выгодный катализатор широко применяются благодаря их антикоррозийности, простоте и экономическим преимуществам.

На сегодняшний день резко возросла стоимость энергии, и вопрос ее экономии для промышленных предприятий является первостепенным. Поэтому большинство предприятий требуют реконструкции.

отраслей Предприятия различных промышленности одни ИЗ крупнейших мировых потребителей энергетических ресурсов в виде сырья и различных видах, необходимых ee ДЛЯ осуществления производственных процессов. Наряду с этим большинство предприятий имеют в своем распоряжении внутреннее тепло экзотермических процессов и вторичных энергоресурсов.

Снижение потребления в промышленности топливно-энергетических ресурсов связано с реализацией современных энергосберегающих технологий широком масштабе, организацией высокоэффективных В энерготехнологических комплексов. Несмотря на то, что данный вопрос давно всем известен, на рубеже 2000 годов появились несколько фактора, особую значимость придающих экономии энергии вынуждающих И увеличивать диапазон применяемых методов и средств для этой цели.

Первым фактором является рост цен на энергию, который побуждает использовать энергоресурсы более экономично для того, чтобы снизить общие затраты. Более того, все предприятия, спроектированные и построенные во времена низких цен на энергоносители, в настоящее время, работают далеко не в оптимальном режиме с точки зрения потребления энергии.

Вторым фактором является значительное уменьшение темпов роста производства, а в отдельных отраслях промышленности произошло снижение производства. Это значит, что возможность введения в строй новых заводов и освоения новых технологических процессов уменьшилась, а также все большее внимание обращают в сторону увеличения эффективности использования действующего оборудования.

1 Обзор литературы

1.1 Используемые катализаторы в технологии алкилирования

Алкилирование ароматических углеводородов олефинами обычно приводит к образованию сложной смеси продуктов. Реакционная способность ароматических и олефиновых молекул в совокупности с активностью катализатора влияют на образование того или иного продукта.

Данный процесс осуществляют с использованием таких кислотных катализаторов, как хлорид алюминия, фторид бора, фосфорная кислота, фосфат железа, алюмосиликат, фторид-метиловый эфир бора, борфторид-фосфорная кислота, серная кислота, фтористый водород, и т.д. [1].

Так, Бурк [2] использовал данные из разных источников для создания шкалы каталитической активности для кислых галогенидов: AlBr3> AlCl3> FeCl3> ZrCl4> TaCl5> BF3> UCl4> TiCl3> WC16> CdCl> ZnCl2> SnCl4> TiCl4> BeCl2> SbCl5> HgCl2.

В присутствии твердого хлорида алюминия обычно существует индукционный период в ходе реакций алкилирования [1]. Каталитическая активность непромотированного хлорида алюминия, вероятно, зависит от присутствия небольшого количества воды [3]. Коммерческий способ интенсификации процесса алкилирования ароматических соединений олефинами заключается во введении в реакционную смесь [1] алкилхлоридов, например, этилхлорида. Тот факт, что кислые галогениды, например, AlCl₃, являются неактивными в качестве катализаторов для процесса полимеризации олефинов в отсутствии протон-донорных соединений, таких как вода или галогениды водорода [4], является хорошим показателем того, что для алкилирования ароматических соединений олефинами требуется кислотный центр Бренстеда [1].

В процессах алкилирования катализаторы на основе протоновой кислоты обычно имеют более низкую активность, чем кислые галоиды. Серная кислота получила более широкое применение. Однако, недостаток ее использования заключается в том, что она является сильным окислителем и

сульфирующим агентом, поэтому в настоящее время большое распространение набирают катализаторы на основе фтористого водорода [1]. Одним из преимуществ НF является легкость его регенерации в процессе ректификации. Система хлористого алюминия и хлористого водорода используется в качестве катализатора в процессе получения этилбензола – интермедиата при производстве стирола. Основной причиной использования AlCl₃ является тот факт, что этилен образует стабильные эфиры алкильных кислот либо с HF, либо с H₂SO₄, тем самым разрушая их активность [5].

Клюге и Мур (98) получили патент, согласно которому катализатор алкилирования имеет общую формулу RSO₃·A1C1₃, где R может быть алкильной группой. Был описан процесс алкилирования олефинами кислых ароматических соединений, таких как фенол, крезол и др. Синтез катализатора осуществляли при 38-71 °C путем смешения эквимолярных количеств сульфоновой кислоты и безводного AlCl₃ при непрерывном перемешивании.

Мак Клюру [6] был выдан патент на использование сульфированных смол в качестве катализаторов при алкилировании бензола, в частности, упоминался этилен. Предпочтительная температура от 150 до 210 °C. Давление в реакторе подбиралось таким образом, при котором реагенты находились в жидкой фазе.

Оlah et al. [7] изучали алкилирование бензола, катализируемым галогенидами металлов. Все реакции проводились в проточной системе в газовой фазе при температуре от 125 до 210 °C и атмосферном давлении. Использование хлорид алюминия или бромид алюминия дало хороший выход продуктов алкилирования, однако со временем наблюдалось резкое снижение активности катализатора, что вызвано выщелачиванием активной кислоты Льюиса. Второй возможной причиной дезактивации является гидролиз галогенида в результате небольшого количества воды в сырье. В реакции алкилирования потеря 30% общего содержания хлористого алюминия приводит к полной дезактивации катализатора. Это указывает на то, что

реакция, скорее всего, интенсивнее проходит на поверхности, а не в более глубоких слоях катализатора.

В настоящее время получил распространение процесс, использующий катализатор на основе цеолитов. Использование цеолитных катализаторов ЭБ экологически безопасное получение предлагает возможность достижения превосходной избирательности продукта за счет контроля размеров пор [8-11]. Цеолиты являются неплохими материалами для реакций алкилирования из-за их кислотно-основных свойств. Роль кислотно-основных свойств цеолитных катализаторов в распределении продуктов реакций ароматического алкилирования была рассмотрена Giordano et al [12]. Конверсия бензола в реакции алкилирования бензола этиленом на различных цеолитных катализаторах осуществляется по порядку: SSZ-33> TNU-9> ZSM-5

Несмотря на ЭТО свою значимость сохраняют И технологии, базирующиеся на использовании в качестве катализатора комплексов на основе хлорида алюминия. Это обусловлено тем, что в его присутствии переалкилирование алкилбензолов протекает изомеризация И диалкилбензолов (рисунок 1.1).

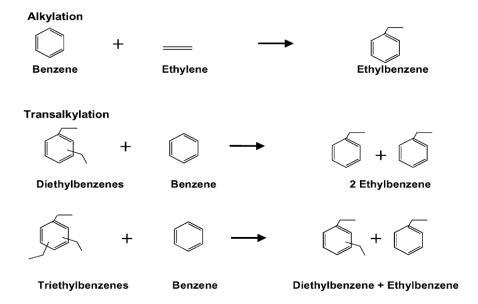


Рисунок 1.1 - Первичное алкилирование и трансалкилирование при получении этилбензола

Почти 40% мирового производства ЭБ по-прежнему использует процесс алкилирования по Фриделю - Крафтсу на основе AlCl₃, впервые представленный в 1950-х годах. Этот процесс работает при низком соотношении бензол: этилен (Б:Э) (2:3,5) и приемлемых температурах (около 250 °C). Процесс алкилирования бензола олефинами с участием катализатора AlCl₃ является жидкофазным и протекает с выделением тепла и охватывает 24% производства ЭБ. Около 40% мирового производства ЭБ осуществляется в гетерогенной среде. Остальная часть ЭБ образуется в эфирогенной жидкой фазе [3].

1.2 Варианты технологического оформление ректификационных установок процесса алкилирования

Технология жидкофазного алкилирования бензола этиленом в присутствии катализаторе AlCl₃ характеризуется одностадийностью и непрерывностью. Используемые в процессе бензол и этилен являются недорогостоящим и легко доступным сырьем. Технология имеет высокую эффективность. Конверсия бензола за один проход — 30-40 %. Побочные продукты, которые образуются в ходе процесса, диалкилбензолы применяются для получения целевого продукта (этилбензола) за счет совмещения реакции алкилирования с реакцией переалкилирования.

Получающиеся в ходе процесса алкилирования смеси являются азеотропными. Подобные смеси разделяют при помощи ректификации.

Известно два способа проведения процесса ректификации: периодически и непрерывно при различных давлениях: при атмосферном давлении, под вакуумом (для разделения бинарных смесей высококипящих веществ), а также под давлением больше атмосферного (для разделения смесей, являющихся газообразными при нормальных температурах).

1.2.1 Непрерывная ректификация

Наиболее распространено в промышленности применение ректификационных колонн непрерывного действия (рисунок 1.2).

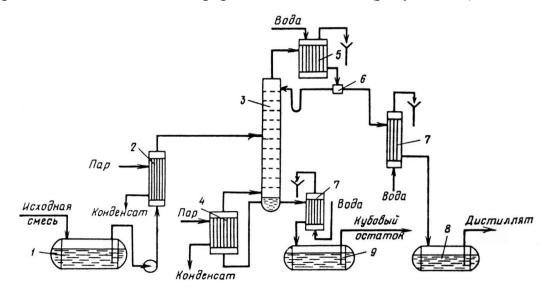


Рисунок 1.2 — Схема непрерывно действующей ректификационной установки: 1 — емкость для исходной смеси; 2 — подогреватель; 3 - ректификационная колонна; 4 — кипятильник; 5 — дефлегматор; 6 — делитель флегмы; 7 — холодильник; 8 — сборник дистиллята; 9 — сборник кубового остатка

Ректификационная колонна имеет цилиндрический корпус, внутри которого установлены контактные устройства в виде тарелок или насадки. Снизу-вверх по колонне движутся пары, поступающие в нижнюю часть аппарата из кипятильника, который находится вне колонны, т.е. является выносным, либо размещается непосредственно под колонной. Следовательно, с помощью кипятильника создается восходящий поток пара.

С верха колонны в виде пара отбирается практически чистый НК и направляются в дефлегматор, где конденсируется и делится на дистиллят и флегму.

Жидкость, выходящая с низа колонны (близкая по состав к ВК), также делится на две части. Одна часть направляется в кипятильник, а другая — остаток, последовательно поступает в холодильник и сборник.

На рисунке 1.2 показана принципиальная схема непрерывно действующей ректификационной установки. Подобные установки оборудуются необходимыми контрольно-измерительными и регулирующими приборами, которые позволяют автоматизировать работу и проводить процесс с помощью программного управления в оптимальных условиях.

1.2.2. Периодическая ректификация

При небольшом масштабе производства применяются ректификационные установки периодического действия (рисунок 1.3).

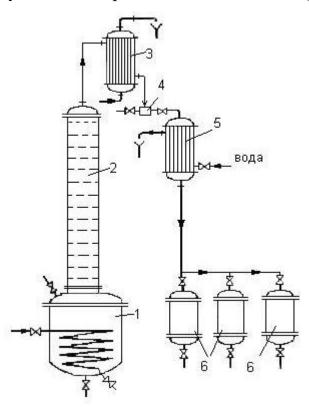


Рисунок 1.3 — Схема периодически действующей ректификационной установки: 1-куб; 2-ректификационная колонна; 3-дефлегматор; 4-делитель флегмы; 5-холодильник; 6-сборники дистиллята

Сырье загружают в куб, подогревают до кипения, и пары поступают в колонну. Поднимаясь по колонне, пары обогащаются НК и поступают в дефлегматор. В котором осуществляется полная или частичная конденсация. В первом случае жидкость разделяется на флегму и дистиллят. Полученный продукт охлаждают и направляют в сборник.

Когда достигнут требуемый состав остатка в кубе, его сливают, в куб загружают исходную смесь и повторяют операцию.

Сравнивая периодически действующую колонну (рисунок 1.3) с ректификационной колонной непрерывного действия (рисунок 1.2), обратим внимание, что первая работает, подобно верхней части непрерывно-действующей колонны, как колонна для укрепления паров, а куб играет роль исчерпывающей части.

1.3 Тепловая интеграция в процессах ректификации

Увеличение спроса на энергию, следовательно, высокие цены на сырую нефть и растущее беспокойство за загрязнение окружающей среды побудили исследователей изучить более энергоэффективные и экологически чистые технологии процесса. Хотя интегрированное тепло ректификации исследуется в течение нескольких десятилетий, к сожалению, до сих пор остаются Главным образом из-за высокой стоимости проблемы. инвестиций, комплексного проектирования оборудования, проблем управления результате серьезного взаимодействия, и отсутствие экспериментальных данных при достаточно большом масштабе для проверки теоретических предсказаний.

Процесс ректификации, который является самым объемным в химической промышленности, является весьма энергоемким и составляет примерно 3% от мирового потребления энергии [15], [16]. Тот факт, что потребление энергии в ректификации и СО₂ газы, образующиеся в атмосфере сильно связаны между собой. Чем больше требуется тепла, тем больше выбросы СО₂ в атмосферу. Это происходит потому, что энергия генерируется в основном за счет сжигания ископаемого топлива.

Для повышения энергетической эффективности, концепция интеграции тепла была впервые введена почти 70 лет назад. Основная идея интеграции теплового подхода состоит в том, что горячие потоки процесса подвергаются теплообмену с холодным технологическими потоками. Таким

образом, ресурсы используются более экономично. До сих пор были предложены различные тепловые интегральные схем ректификации.

В процессе ректификации, тепло используется качестве разделительного агента. Как показано на рисунке 4, тепло подводится в нижнюю часть колонны из ребойлера для испарения жидкой смеси и теряется в дефлегматоре. На самом деле, тепло добавляют при самой высокой температуре (Тв), в то время, как удаляется при самой низкой температуре (T_D). Важно, что тепловая энергия восстанавливается на конденсаторе и не может быть повторно использована для нагрева других потоков в том же блоке ректификации. Поскольку температура охлаждающей жидкости, как правило, существенно ниже, чем у потоков внутри колонны. Следовательно, считается, что в традиционной ректификационной колонне, тепло добавляют ребойлером и выводят в конденсаторе. На самом деле, энергия разлагается в интервале температур T_B - T_D, и это является главной причиной термодинамической неэффективности традиционной технологии ректификации.

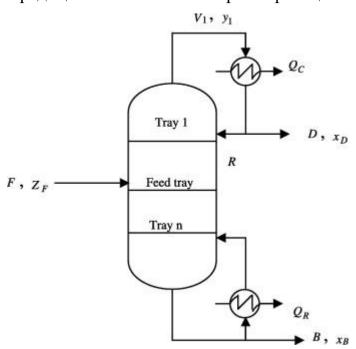


Рисунок 1.4 - Схематическое представление ректификационной колонны

2 Объект и методы исследования

Объектом исследования является отделение ректификации получения этилбензола, состоящее из трех ректификационных колонн (К-52, K-62, K-72).

Предметом исследования – процесс ректификации, протекающий в промышленных колоннах.

Исходными материалами для проведения исследования послужили экспериментальные данные, полученные на промышленной установке производства этилбензола на одном из предприятий, включающие материальный баланс процесса, технологические режимы в широком интервале изменения состава сырья, температуры, расхода.

Методика исследования: моделирование с использованием Aspen HYSYS с целью оптимизации процесса получения этилбензола.

2.1 Постановка задачи исследования

Задача данной работы – выполнить исследования и установить влияние основных параметров (температура, давление) на процесс процесса ректификации этилбензола, выполнить оптимизацию блока ректификации этилбензола с целью повышения эффективности процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом путем использования энергии конденсации паров бензола для обогрева куба колонны отделения бензола. В результате чего достигается уменьшение энергозатрат за счет снижения потребления энергии химических процессов и возвращения части энергии для повторного использования в том же технологическом процессе, и изменения технологической схемы отделения ректификации.

2.2 Назначение отделения, характеристика применяемых материалов, полуфабрикатов

Отделение ректификации предназначено для получения из реакционной массы этилбензола – ректификата (с химической формулой C6H5 – C2H5) и осущенного бензола с содержанием влаги не более 0,006% масс.

Отделение ректификации состоит из:

- узла ректификации реакционной массы;
- узла азеотропной осушки свежего и возвратного бензола.

Таблица 2.1 - Характеристика исходного сырья, применяемых материалов

Наименование сырья, материалов, реагентов, катализаторов, полуфабрикатов, готовой продукции	Обозначение государственного или отраслевого стандарта, технических условий, стандарта предприятия и другой документации	Наименование показателей качества, подлежащих обязательной проверке, размерность	Норма по нормативному или техническому документу	Область применения готовой продукции, полуфабрика- тов, назначение используемых веществ, материалов
		2.1 Исходное сырье		
1 Бензол нефтяной	ΓΟCT 9572-93	3 Принимается по результатам анализа Поставщика		Сырье для получения этилбензола
2 этилен	Гост 25070-87 изм.1	Принимается по результатам анализа Поставщика		Сырье для получения этилбензола
2.2	Реагенты, ката	лизаторы и другие вспомогател	ьные материали	ы
1 алюминий Хлористый" безводный - технический"	Ту 6-01-2-88 Изм.1, Импортная поставка	6-01-2-88 Изм. 1, Принимается по результатам анализа Поставщика оставка Т 2769-92 Принимается по результатам анализа Поставщика Поставщика Поставщика		Катализатор
2 Этил хлористый Технический Высший сорт, Первый сорт	ГОСТ 2769-92			Инициатор
3 щелочь Разбавленная	Сто 05742746- 01-22-2011			Реагент для отмывки реакционной массы
4 масло Индустриальное	Гост 20799-88	1.кинематическая вязкость при 40°с, (мм²/с)	29-35	Смазочный материал
Марки и-20а	изм. 1-5	2.Зольность, %, не более	0,005	

		3.Содержание механических примесей Отсутствие						
		4.Содержание воды Следы						
		5.Плотность при 20°с, кг/м³, не						
		более 890						
		6.Температура вспышки,						
		определяемая в открытом тигле, 200						
		°с, не ни						
2.3 Вспомогат	газ, паровой							
конденсат, материалы для тары, упаковки, вещества для нейтрализации проливов, смазочные								
		материалы	и др.)					
	сто		Продувочный					
1 Азот	05742746-01-	Принимается по ре	газ, создание					
газообразный	27-2011	Tipinininideren no pe	Symbiatan and	поп поставиния	Азотной			
					«подушки»			
					Для приборов			
2 Воздух сжатый	ДК 02-21303-	_		КИП, на				
осущенный	17-2004	Принимается по ре	зультатам анал	пиза поставщика	технологические нужды, ля			
,	17-2004							
	A / 17							
	2.4 Полуфа	рикаты, выдаваем	ње под контр	олем ЛТК	77			
					Используется в			
1.0	CTO 46693098-04- 18-2010	1 Массовая кон	центрация		качестве			
1 Стоки		ароматических уга	•	60,0	коагулянта в			
алюмосодержащие		мг/дм³, не			процессе очистки			
					промышленных стоков НПЗ			
251	Poronag anoma	ция, являющаяся 1	ronanuoŭ mno		CLOKOR LITT2			
2.01	готовая продук	ция, являющаяся	Высший	цукциен				
			сорт	1-й сорт				
	ГОСТ 9385-77 изм.1,2			g πηρεηριμας				
		1.Внешний вид	Бесцветная прозрачная жидкость					
		2.Реакция водной						
		вытяжки	нейт	ральная				
		3.Плотность при						
		20°С, г/см ³	0,866-0,870					
1 Этилбензол технический		4. Массовая доля	-	00.50	Сырье для			
		этилбензола, %,	99,80	99,50	установки			
		не менее			производства			
	2331.1,2	5. Массовая доля		0,03	стирола			
		изопропилбензола	0,01		CIMPONI			
		%, не более						
		6. Массовая доля		0,0010				
		хлора, %,	0,0005					
		не более						
		7. Массовая доля		0,0005				
		диэтилбензола,	0,0005					
		%, не более						

2.3 Характеристика производственного объекта

Отделение этилбензола производства входит В состав цеха по производству этилбензола, стирола, полистирола. ДЛЯ этилбензола-ректификата Производство предназначено получения методом алкилированием бензола.

В состав производства этилбензола входят следующие объекты:

Объект 1476 - отделения алкилирования бензола и ректификации этилбензола.

Объект 1476а - приготовление свежего катализаторного комплекса для производства этилбензола.

Объект 1480 — промежуточный парк, который предназначен для приема, компаундирования и откачки полиалкилбензолов, нейтральных и кислых сбросов.

Объект 1481 – насосная для перекачки продуктов из емкостного парка об. 1480.

Объект 1092а - промежуточный парк, который предназначен для приема, компаундирования и откачки реакционной массы, бензольной шихты, некондиционного бензола, осущенного бензола.

Объект 1093 – насосная для перекачки продуктов из емкостей об. 1092а на производство этилбензола об. 1476.

2.4 Описание блок – схемы отделения ректификации

2.4.1 Технологическая схема отделения ректификации

На рисунке 2.1 представлена действующая технологическая схема ректификации этилбензола.

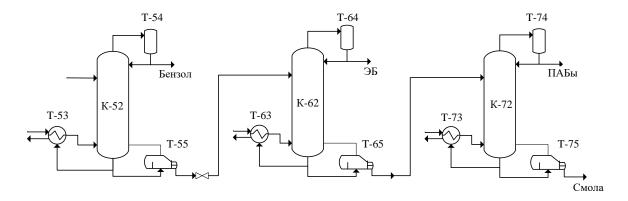


Рисунок 2.1 — Технологическая схема ректификации этилбензола: K-52, K-62, K-72 — ректификационные колонны; T-53, T-63, T-73 теплообменники; T-54, T-64, T-74 — конденсаторы; T-55, T-65, T-75 -

кипятильники

Из алкилата методом ректификации последовательно выделяют: бензол, этилбензол, полиалкилбензолы (ПАБы) и смола ПАБ.

Алкилат подогревается в теплообменнике и подается на питание колонны K-52. Питание подается на 35 тарелку (возможна подача на 31, 35, 39, 45 в зависимости от состава питания колонны).

Пары бензола, отобранные с верха колонны, через конденсатор частично поступает в колонну K-52 (в виде флегмы).

Кубовая жидкость подается на питание колонны К-62, подвод тепла к которой происходит с помощью кипятильника, обогреваемого паром Р-28 кгс/см². Питание подается на 47-ую тарелку (возможна подача на 41,47,55 в зависимости от состава питания колонны).

Пары этилбензола-ректификата с верха колонны K-62 конденсируются для получения втор пара P-1,5 кгс/см², с дальнейшим охлаждением в конденсаторе.

Конденсат (этилбензол-ректификат) частично поступает в колонну К-62 (в виде флегмы).

Содержащая ПАБы и смолы кубовая жидкость через теплообменник подается на питание колонны К-72, подвод тепла которой осуществляется кипятильником, обогреваемым паром P-28 кгс/см².

Пары ПАБов, отобранные с верха колонны, через конденсатор воздушного охлаждения помещается в барометрический ящик и направляется дальше.

Бензол и ПАБы направляются обратно на процесс алкилирования и трансалкилирования. Смола, отобранная низом K-72, направляется на смешение с кубовым остатком ректификации стирола.

2.5 Характеристика ректификационных колонны в технологии алкилирования бензола этиленом на жидкофазном катализаторе

Как говорилось выше, отделение ректификации получения из реакционной массы этилбензола—ректификата, состоит и трех ректификационных колонн:

- Колонна поз. К-52 (отгонка возвратного бензола из алкилата);
- Колонна поз. К-62 (выделение этилбензола-ректификата);
- Колонна поз. К-72 (отделение ПАБов от смолы).

Таблица 2.2 – Характеристика колонн

№	Тип колонны	Тип тарелок	Кол-во тарелок	Внутренний диаметр, мм	Межтарельчатое расстояние, мм	₩ ::	Температура верха, °С	Давление куба, мм.рт.ст.	Температура куба, °С
K-52	Тарельчатая	Клапанные	60	2000	450	Атмосферное	75- 100	147,2- 441,6	145- 165
K-62	Тарельчатая	Клапанные	80	2200	450	Атмосферное	125- 139	147,2- 515,2	175- 200
K-72	Тарельчатая	Решетчатые	34	1400	400	Остаточное 10-60	-	40-160	160- 195

3 Экспериментальная часть

3.1 Исходные данные для исследования

Для выполнения бакалаврской работы в качестве исходных были использованы данные, полученные с действующей установки промышленного процесса получения этилбензола, приведенные в таблице 3.1

Таблица 3.1 - Состав питания узла ректификации этилбензола

Питание		

3.2 Оптимизированная технологическая схема

В работе использовалась концепция интеграции тепла. В результате проработки имеющихся данных, была модернизирована действующая схема процесса ректификации этилбензола с целью снижения энергопотребления, представленная на рисунке 3.1.

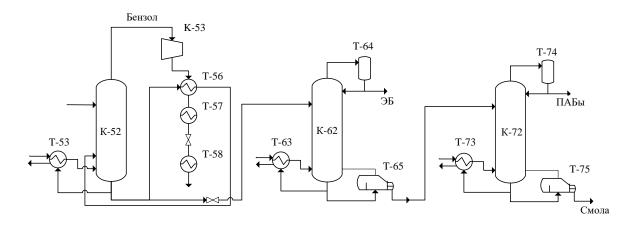


Рисунок 3.1 – Модернизированная технологическая схема ректификации этилбензола: K-52, K-62, K-72 – ректификационные колонны;

T-53, T-63, T-73 — теплообменники; T-56 — испаритель; T-57, T-58 — холодильники; T-64, T-74 — конденсаторы; T-65, T-75 — кипятильники; K-53 - компрессор

Предлагается внести изменение только связанные с колонной K-52. Остальную схему оставить без изменений.

Исходное сырье подогревается в теплообменнике и подается на питание колонны К-52.

Пары бензола, отобранные с верха колонны, через компрессор поступает в испаритель, куда также подается часть смеси, отобранная с низа колонны. После компрессора, по ходу движения смеси, установлены теплообменные аппараты для охлаждения и конденсации. После чего получаем готовый продукт. Тепло из испарителя подается в низ колонны К-52 для подогрева.

Кубовая жидкость K-52 подается на питание в колонну K-62 и далее по действующей схеме.

Расчеты производились в программе Aspen HYSYS. В ее основу заложены общие принципы расчетов материально-тепловых балансов технологических схем [21]. Процесс ректификации включает стадии, где из-за определенных воздействий изменяются материальные потоки и превращение энергии. Соединение элементов обеспечивает моделирование технологической схемы с соответствующими превращениями в системе.

Интерфейс программы и структурная схема моделирования отдела ректификации представлены на рисунке 3.2.

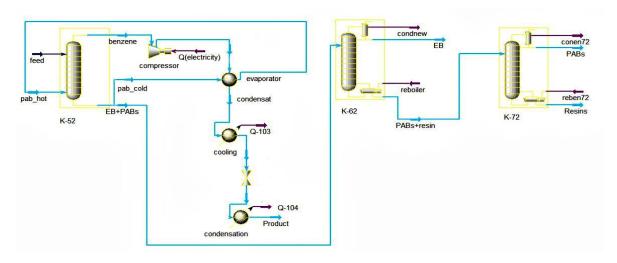


Рисунок 3.2 – Смоделированная схема ректификации в Aspen HYSYS

Моделируемая в среде Aspen HYSYS схема позволяет подобрать оптимальные параметры работы ректификационных колонн и кипятильников с соблюдением требований технологии производства и оценить энергетическую эффективность.

В результате были получены расходы тепла, представленные в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Расчет расхода тепла в исходной и модернизированной схемах

Действующая схема					
Позиция	G, кВт				
Q_{101}	11,203				
Q_{102}	0,807				
Итого	12,009				
Измененная схема					

Q _е	0,982
Q ₁₀₃	0,326
Q ₁₀₄	0,477
Итого	1,785

По данным таблицы 3.2 видно, что потребление тепла в действующей схеме $Q=12,009~\mathrm{kBt}$, а в измененной $-1,785~\mathrm{kBt}$. Опираясь на полученные данные, можно сделать вывод, что измененная схема требует в разы меньше энергии, и наиболее эффективна для предприятия.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Разрабатываемый проект направлен на исследование и оптимизацию процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом.

настоящее время перспективность научного исследования разработки, определяется коммерческой ценностью что является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Целью данного раздела в бакалаврской работе является проектирование и создание технологической схемы, отвечающей современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
 - организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
 - планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой,
 бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт (результат разрабатываемого проекта) — разработка технологической схемы процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом с целью повышения эффективности данного процесса и его оптимизации.

Целевой рынок — сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. Для данного проекта целевым рынком являются предприятия нефтехимической отрасли.

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 своим соперникам. 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.

В таблице 4.1 представлен сравнительный анализ технологической схемы (ф), разработанной в рамках выполнения ВКР и конкурентной схемы (к1), предложенной для модернизации производства этилбензола в 2014 году.

Таблица 4.1— Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность		
		Бф	$\mathbf{F}_{\kappa 1}$	Кф	К _{к1}	
Технические критерии оценки ресурсоэффективности						
1. Повышение производительности	0,09	5	2	0,45	0,18	
2. Удобство в эксплуатации	0,07	5	3	0,35	0,21	
3. Энергоэкономичность	0,1	5	4	0,5	0,4	
4. Надежность	0,07	5	4	0,35	0,28	
5. Безопасность	0,04	5	5	0,2	0,2	
Экономические критерии оценки эффективности						
1. Конкурентоспособность продукта	0,2	5	3	2	0,6	
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	4	0,35	
3. Цена	0,08	5	3	4	0,24	
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	5	5	0,4	
5. Финансирование научной разработки	0,03	4	4	0,12	0,12	
6. Срок выхода на рынок	0,05	5	3	0,25	0,15	
7. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	0,25	0,25	
Итого	1	63	51	4,9	3,73	

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i, \tag{4.1}$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

Ві- вес показателя (в долях единицы);

Бі балл і-го показателя.

Разрабатываемая технологическая схема является конкурентоспособной на рынке, главным преимуществом которой, является установления компрессора на колонну К-52, за счет этого происходить сокращение числа паровых связей между колоннами.

4.1.3 SWOT-анализ

Для комплексной оценки научно-исследовательского проекта применяют SWOT-анализ, результатом которого является описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Итоговая матрица SWOT-анализа для проекта по моделированию процесса алкилирования бензола этиленом

	Сильные	стороны	Слабые	стороны
	проекта:		проекта:	
	С1 Высокая	точность	Сл1.	Устаревшая
	математической	модели.	технология,	заложенная в
	С2. Более	низкая	модель	
	стоимость пр	оизводства	Сл2. Ото	сутствие у
	по сравнен	нию с	потенциальн	ЫХ
	испытаниями	на	потребителе	й
	стендовой и	пилотной	квалифициро	ованных
	установках		кадров по	-
	С3. Наличие бы	юджетного	научной разр	работкой
	финансирования	Я	С л 3 . Н	еобходимость
	C4 . Kom	пьютерная	больших к	сомпьютерных
	реализация мод	ели	ресурсов и	времени для
	С5. Близость р	азработки к	разработки м	иодели
	завершенности		Сл4.	Отсутствие
			современног	О
			оборудовани	я для
			проведения	испытания
			опытного об	разца
			Сл5. Отсут	ствие учета в
			модели вс	ех побочных
			продуктов	
Возможности:				
В1. Использование				
инновационной				
инфраструктуры ТПУ				
В2. Внедрение				
разработанной системы на				
предприятия				
нефтепереработки для				
оптимизации процесса				
ВЗ. Внедрение				
разработанной системы на				
производство для				
отработки действий				
персонала				

В4. Долгосрочная
стратегия развития
отрасли на
государственном уровне
В5. Возможность
модернизации модели для
перехода на новые
технологии
В6. Внедрение на
Российских НПЗ процесса
алкилирования и
соответственно повышение
спроса на разрабатываемый
продукт.
Угрозы:
У1. Резкий переход
производителя от
заложенной технологии к
более современной
У2. Ограниченный рынок
основного сырья (бензол)
У3. Угроза снижения
спроса на этилбензол
У4. Создание подобной
системы на рынке в более
быстрые сроки
У5. Высокий уровень
конкуренции со стороны
других технологий
1 1 7
алкилирования, использующих различные
катализаторы
катализаторы

Таблица 4.3 -Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта									
		C1	C2	С3	C4	C5			
	B1	+	+	+	+	+			
Возможности	B2	+	+	+	+	+			
проекта	В3	+	+	+	+	+			
and a second	B4	0	0	+	0	0			
	B5	0	+	+	+	0			
	В6	+	+	+	0	+			

Анализ интерактивной таблицы можно записать таким образом: B2B3C1C2C3C4.

Результаты итоговой матрицы SWOT-анализа представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - SWOT-анализ

		T
	Сильные стороны	Слабые стороны проекта:
	проекта:	Сл1.Устаревшая
	С1 Высокая точность	технология, заложенная в
	математической модели.	модель
	С2. Более низкая стоимость	Сл2. Отсутствие у
	производства по сравнению	потенциальных
	с испытаниями на стендовой	потребителей
	и пилотной установках	квалифицированных кадров
	С3. Наличие бюджетного	по работе с научной
	финансирования	разработкой
	С4. Компьютерная	Сл3. Необходимость
	реализация модели	больших компьютерных
	С5. Близость разработки к	ресурсов и времени для
	завершенности	разработки модели
	-	Сл4. Отсутствие
		современного оборудования
		для проведения испытания
		опытного образца
Возможности:	1. Разработка	1. Постепенный переход к
В1. Использование	математической модели	новым технологиям
инновационной	процесса алкилирования	2. Повышение
инфраструктуры ТПУ	бензола этиленом с целью	квалификации кадров у
В2. Внедрение	перехода к более	потребителя
разработанной системы	совершенным	3. Использования кластера
на предприятия	технологиям,	киберцентра ТПУ для
нефтепереработки для	конструкциям	снижения временных
оптимизации процесса	оборудования и новым	затрат на создание модели
ВЗ. Внедрение	катализаторам	4.Приобретение
разработанной системы	2. Проведение	необходимого
на производство для	экспериментов в	оборудования опытного
отработки действий	лабораториях ТПУ для	образца
персонала	проверки модели на	5. Моделирование всей
В4. Долгосрочная	адекватность	технологической схемы
стратегия развития	3. Создание удобного	процесса, с целью
отрасли на	интерфейса программы на	прогнозирования
государственном уровне	основе модели	промышленных данных
В5. Возможность	4. Создание тренажерной	6. Разработка модели,
модернизации модели для	системы для сотрудников	учитывающей все побочных
перехода на новые	предприятия	продукты
технологии	I I	
В6. Внедрение на		
Российских НПЗ процесса		
алкилирования и		
		<u>L</u>

соответственно повышение спроса на разрабатываемый продукт.		
Угрозы:	1. Продвижение новой	1.Разработка научного
У1. Резкий переход	технологии с целью	исследования
производителя от	появления спроса на	2.Повышение
заложенной технологии к	усовершенствованную	квалификации кадров у
более современной	модель	потребителя
У2. Ограниченный рынок	2. Сокращение временных	3.Приобретение
основного сырья (бензол)	затрат на создание модели	необходимого
У3. Угроза снижения	3. Модернизация модели в	оборудования опытного
спроса на этилбензол	пользу использования	образца
У4. Создание подобной	цеолитных катализаторов	4.Продвижение новой
системы на рынке в более	4. Развитие конкурентной	технологии с целью
быстрые сроки	среды	появления спроса
У5. Высокий уровень		
конкуренции со стороны		
других технологий		
алкилирования,		
использующих различные		
катализаторы		

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

Для проекта по моделированию процесса алкилирования бензола этиленом характерен баланс сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз, т. е. разработанная модель находится в достаточно стабильных условиях. Для получения дополнительных конкурентных преимуществ необходимы следующие мероприятия:

- Моделирование всей технологической схемы процесса, с целью прогнозирования промышленных данных;
- Разработка модели, учитывающей все побочные продукты;
- Совершенствование тренажерной системы для обучения сотрудников предприятия и студентов образовательных учреждений;

SWOT- анализ является совершенно необходимой частью работы ее руководства, ведь именно благодаря аналитическому подходу к

разработанной модели мы можем понимать, благодаря каким факторам она улучшает свои позиции на рынке и какие факторы, наоборот, ухудшают [30].

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 4.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно- технического задела для представления на рынок	5	5
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	55	54

Значение суммарного балла позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение $\mathbf{E}_{\text{сум}}$ получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего.

Если от 44 до 30 — то перспективность средняя. Если от 29 до 15 — то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже — то перспективность крайне низкая [30].

В результате было определено, что перспективность научнотехнической разработки выше среднего. Для дальнейшего повышения ее эффективности необходимо использование более современных технологий, а также привлечение высококвалифицированных специалистов в команду проекта. Это связано с привлечением специалистов для проведения гидродинамических расчетов, создания интерфейса программы, а также решения вопросов коммерциализации научной разработки.

4.2 Планирование научно-исследовательской работы

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В таблице 4.6 составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность Исполнителя			
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель			
Выбор	2	Выбор направления исследований	Руководитель, студент			
направления Исследований	3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель			
Теоретические и	4	Изучение литературы, составление формализованной схемы превращений	Студент			
экспериментальные исследования	5	Разработка технологической схемы	Студент			
	6	Моделирование процесса в среде AspenHysys	Студент			
	7	Сопоставление результатов расчета с теоретическими исследованиями	Студент			
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель			
Обобщение и оценка результатов	Определение 9 целесообразности проведения процесса		Руководитель, студент			

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость создания математической модели процесса алкилирования бензола этиленом определяется экспертным путем в человекоднях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости t_{ix} используется следующая формула:

$$t_{\text{ожi}} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \tag{4.2}$$

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

 $t_{\min i}$ — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

 $t_{\max i}$ — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_{\rm p}$, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{owi}}}{\mathbf{U}_i},\tag{4.3}$$

где $T_{\mathrm{p}i}$ — продолжительность одной работы, раб. дн.;

 $t_{{
m o}{\it w}i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

 \mathbf{q}_{i} — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3 Разработка проведения научного исследования

Для разработки графика научного исследования строится диаграмма Ганта.

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней приведем в календарные дни по формуле:

$$T_{\kappa i} = T_{\mathrm{p}i} \cdot k_{\mathrm{Kall}}, \tag{4.4}$$

где $T_{\kappa i}$ продолжительность выполнения i-й работы в календарных днях;

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{KAJI}} = \frac{T_{\text{KAJI}}}{T_{\text{KAJI}} - T_{\text{BDIX}} - T_{\text{IID}}},$$
 (4.5)

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

 $T_{_{\rm BMX}}$ — количество выходных дней в году;

 $T_{\rm np}$ — количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{\tiny KAJI}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,5 \tag{4.6}$$

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 4.7.

На основе таблицы 4.7 построен календарный план - график (таблица 4.8)

Таблица 4.7 – Временные показатели проведения научного исследования

		Труд	оёмкость	работ	П	Длительность	
Название работы	Исполнители	t _{min} ,	t _{max} ,	t _{ож,}	Длительность работ в работ в	работ в календарных днях	
1		чел-	чел-	чел-	ДНЯХ		
		ДНИ	дни	дни	, .	$T_{_{ m K}i}$	
Разработка технического задания	Руководитель	1	5	2,6	0,9	4	
Выбор направления исследований	Руководитель	3	5	3,8	1,8	3	
обноор направления исследовании	Бакалавр	3	5	3,8	1,0	J	
Календарное планирование работ по теме	Руководитель	1	7	3,4	1,4	3	
Календарное планирование расот по теме	Бакалавр	1	7	3,4	1,4	J	
Изучение литературы, составление							
формализованной схемы	Бакалавр	30	90	54	18,5	80	
превращений							
р _{овн} об отуга тауууа дарууууааугай ау ау ау	Руководитель	15	60	33	17,4	92	
Разработка технологической схемы	Бакалавр	30	100	58	17,4	72	
Моделирование процесса в среде AspenHysys	Бакалавр	14	30	20,4	14,5	30	
Сопоставление результатов расчета с							
теоретическими	Бакалавр	10	20	14	6,4	21	
исследованиями	-						
Оценка эффективности полученных	Руководитель	5	7	5,8	5,8	9	
результатов	г уководитель	3	/	3,0	3,0	9	
Определение целесообразности проведения	Руководитель	1	3	1,4	2	2	
ОКР		1		ŕ	2	2	
Составление пояснительной записки	Руководитель	5	14	8,6	14,5	30	
	Бакалавр	14	30	20,4	11,0	50	
Сдача работы на рецензию	Бакалавр	4	7	5,2	4,6	8	
Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр	5	7	5,8	2,8	8	

Таблица 4.8 – Календарный план-график

No॒												Пр	одо	ЛЖИ	телі	ьнос	ть г	іров	веде	ния	раб	от								
раб	Вид работ	Исполнители	$T_{\mathbf{K}i}$	Ce	нтяб	брь	Oı	ктяб	рь	Н	ояб	рь	Де	екаб	рь	Яг	нвар	Ь	Фе	вра	ЛЬ	N	Лар	Т	A	прел	ΙЬ	ľ	Май	
ОТ	· · · •			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Разработка технического задания	Руководитель	4																											
2	Выбор направления исследований	Руководитель Бакалавр	3																											
3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Бакалавр	3						1																					
4	Изучение литературы, составление формализованной схемы превращений	Бакалавр	80																											
5	Разработка технологической схемы	Руководитель Бакалавр	92																											
6	Моделирование процесса в среде AspenHysys	Бакалавр	30																											
7	Сопоставление результатов расчета с теоретическими исследованиями	Бакалавр	21																											
	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	9																											
	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель	2																											
	Составление пояснительной записки	Руководитель Бакалавр	30																											
	Сдача работы на рецензию	Бакалавр	8																											
	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр	8																											

- научный руководитель

- студент

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$3_{M} = (1 + k_{T}) \cdot \sum_{i=1}^{m} \coprod_{i} \cdot N_{\text{pac}xi}, \qquad (4.7)$$

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

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

Ці – цена приобретения единицы і-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м2 и т.д.);

kT- коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена з ті	а ед., с ыс.руб		Затр матер тыс.	на (3м),	
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бензол	M^3	50*	60	60	1	1	1	40	50	50
Этилен	M^3	500	600	600	0,4	0,4	0,5	160	200	250
Хлорид алюминия	M ³	440	550	550	0,5	0,5	0,5	220	225	220
	420	475	520							

4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Расчет затрат на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_{9} = \sum N_{i} * T_{9} * \coprod_{9}, \tag{4.8}$$

где Ni - мощность электроприборов по паспорту, кВт; Тэ - время использования электрооборудования, час; Цэ - цена одного кВт*ч, руб. Цэ— 2,7 руб/ кВт*ч

Расчет затрат на специальное оборудование и электроэнергию приведены в таблице 4.10, на приобретение программного обеспечения (ПО) в таблице 4.11.

No॒	Наименование	Количество	Цена единицы	Общая стоимость
		единиц	оборудования,	оборудования,
п/п	оборудования	оборудования	тыс. руб.	тыс. руб.
1.	Персональный компьютер	3	25	75
2.	ПО Microsoft Office 365	3	5,750	17,25
2.	Small Bus Prem	3	3,730	17,23
3.	Лицензия на программный	1	50	50
<i>J</i> .	пакет Gaussian	1	50	30
4.	Лицензия на программный	1	27	27
7.	пакет Delphi 7	1	21	27
	Из	169,25		

Таблица 4.10 – Расчет затрат на оборудование для научных работ

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата $(3_{\text{осн}})$ от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле (4.9):

$$3_{\text{осн}} = 3_{\text{дн}} \cdot T_{pa\delta}, \tag{4.9}$$

где $3_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

 T_p — продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

Здн-среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (4.10):

$$3_{\text{\tiny ZH}} = \frac{3_{\text{\tiny M}} \cdot M}{F_{\text{\tiny Z}}}, \tag{4.10}$$

В формуле (4.10):

 $3_{\rm M}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M- количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб.дня M=11,2 месяца, 5-дневная неделя;

 F_{π} — действительный годовой фонд рабочего времени научнотехнического персонала, раб.дн. (табл. 4.11).

Научный руководитель Специалист по проекту Показатели рабочего времени проекта - студент 75 Календарное число дней 41 Количество нерабочих дней 17 17 выходные дни 2 2 праздничные дни Потери рабочего времени - отпуск невыходы по болезни Действительный годовой фонд 22 56 рабочего времени, рабочих дней

Таблица 4.11 – Баланс рабочего времени

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

$$C_{3\Pi} = 3_{\text{осн}} + 3_{\text{дол}}$$
 (4.11)

где $3_{\text{осн}}$ — основная заработная плата; $3_{\text{доп}}$ — дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата $(3_{\text{осн}})$ от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$3_{\text{осн}} = 3_{\text{лн}} * T_{\text{раб}}$$
 (4.12)

где $3_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

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

З_{дн} среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$3_{\text{дH}} = \frac{3_{\text{M}} * \text{M}}{F_{\text{L}}} \tag{4.13}$$

где 3_м – 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;

 $F_{\mbox{\tiny T}}$ - действительный годовой фонд рабочего времени научнотехнического персонала, раб.дн.

$$3_{\text{дH}(\text{рук})} = \frac{43111,73*1}{22} = 1960 \text{ руб}$$
 (4.14)

$$3_{\text{дH(MCII)}} = \frac{3510*2}{56} = 125 \text{ py6}$$
 (4.15)

Месячный должностной оклад работника:

$$3_{\mathsf{M}} = 3_{\mathsf{6}} * \mathsf{K}_{\mathsf{p}} \tag{4.16}$$

где 3_6 – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

 k_p — районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска). $3_{\scriptscriptstyle M}$ (рук) = 33162,87.

$$3_{M(DVK)} = 33162 * 1,3 = 43111,73 \text{ py6}$$
 (4.17)

$$3_{M(HCII)} = 2700 * 1,3 = 3510 \text{ py}$$
 (4.18)

Основная заработная плата (3_{осн}) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$3_{\text{осн}} = 3_{\text{дн}} * T_{\text{раб}}$$
 (4.19)

$$3_{\text{осh(pyk)}} = 1960 * 22 = 43340 \text{ py6}$$
 (4.20)

$$3_{\text{осн(исп)}} = 125 * 56 = 7000 \text{ py6}$$
 (4.21)

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	3б, руб.	kp	Зм, руб	Здн,	Тр, раб.	Зосн,
Исполнители	30, pyo.	кþ	эм, руо	руб.	дн.	руб.
Руководитель	33162,9	1,3	43111,7	1960	22	43340
Бакалавр	2700	1,3	3510	125	56	7000

Рассчитываем отчисления на социальные нужды (27,1%):

$$Q_{\text{соц.H}} = 0.3 * 3\Pi, \text{ руб}$$
 (4.22)

Таблица 4.13 – Заработанная плата одного исполнителя НИР

	Заработная плата	Социальные отчисления
Руководитель	43340	11745
Исполнитель	7000	0
ИТОГО	50340	11745

4.3.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

$$3_{\text{накл}} = \left(\frac{\text{сумма статей}}{7}\right) \cdot k_{\text{нр}}$$
 (4.23)

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией

в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи		Сумма, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты НТИ	848	1210	728
2	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	41910	41910	41910
3	Затраты на электроэнергию	675	675	675
4	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	50340	50340	50340
5	Социальные отчисления	15354	15354	15354
6	Накладные расходы	17460	17518	17441
7	Бюджет затрат НТИ	126587	127006	126447

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносится финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{ucn.i} = \frac{\Phi_{\text{p}i}}{\Phi_{\text{max}}},\tag{4.24}$$

где $I_{\phi \text{инр}}^{\text{исп. i}}$ — интегральный финансовый показатель разработки;

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

Фтах — максимальная стоимость исполнения научноисследовательского проекта

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \,, \tag{4.25}$$

где I_{pi} — интегральный показатель ресурсоэффективности для і-го варианта исполнения разработки;

 a_i — весовой коэффициент і-го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 4.15 — Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,1	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	5	3
3. Энергосбережение	0,15	5	4	4
4. Надежность	0,20	4	5	4
5. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	4,5	4,2	3,9

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

$$I_{ucn.1} = \frac{I_{p-ucn1}}{I_{\phi unp}^{ucn.1}}, \quad I_{ucn.2} = \frac{I_{p-ucn2}}{I_{\phi unp}^{ucn.2}}$$
 и т.д. (4.26)

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

$$\mathcal{G}_{cp} = \frac{I_{ucn.1}}{I_{ucn.2}} \tag{4.27}$$

Таблица 4.16 – Сравнительная эффективность разработки

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

Вывод: В ходе выполнения данного раздела были определены финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности и, на основании сравнительной эффективности вариантов исполнения, оптимальным был выбран вариант исполнения 2.

5 Социальная ответственность

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является одним из национальных приоритетов в целях сохранения человеческого капитала [25]. Для этого используется комплекс мер, содержащий правовые, социально-экономические, организационно-

технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и прочие мероприятия [25].

Целью социальной ответственности является содействие в защите работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов, исключению несчастных случаев, в том числе со смертельным исходом и профессиональных заболеваний на производстве.

5.1. Анализ вредных производственных факторов

В таблице 5.1 представлен список вредных факторов производства алкилирования бензола этиленом.

Таблица 5.1 – Список вредных факторов

Опасные и вредные факторы	Место действия	Характер действия на организм человека	Нормированное значение или ссылка на документ
Шум	Рабочее место оператора, установка объекта	Утомляемость, головокружение, расстройство нервной системы, пищеварительного тракта, способствует развитию гипертонии	ГОСТ 12.1.003-83
Вибрация	Установка объекта	Различная степень выраженности изменений нервной системы (центральной и вегетативной), сердечнососудистой системы и вестибулярного аппарата	ГОСТ 12.1.012-90
Недостаточная Освещенность рабочей зоны	Рабочее место оператора,	Утомляемость, увеличение вероятности ошибочных действий,	СНиП 23-05-95 Естественное и

	установка объекта	аварийных ситуаций	искусственное освещение
Микроклиматические параметры (отопление, вентиляция)	Рабочее место оператора	Перегрев, переохлаждение	СаНПиН 2.2.4.548-96
Электрический ток	Рабочее место оператора, установка объекта	Возможность поражения электрическим током и его последствия	ГОСТ 12.1.038-81 Эл. Безопасность. Защитное заземление, зануление
Электромагнитное излучение	Рабочее место оператора	Вызывает трофические заболевания, помутнения хрусталика глаза, изменения в эндокринной системе	ГОСТ 12.1.006-84 Электромагнитны е излучения. Общие требования безопасности
Статическое электричество	Рабочее место оператора, установка объекта	Неприятные ощущения, Расстройство центральной нервной системы	ГОСТ 12.4.124-83 не более 20 мВ в течение часа
Падение с высоты	Эстакады, трубопроводы, аппараты	Травмы, связанные с падением с высоты	ПОТ РМ 012-2000
Выступающие части	Рабочее место оператора, установка объект	Повышенный травматизм	ГОСТ 12.3.002-75

Оборудование под давлением, вакуумом	Трубопровод, резервуары, компрессора, вакуум создающее устройство, колонна и т. д.	Применение средств Контроля за давлением. Применение клапанов, мембран и т.д.	ПБ 03-576-03 ГОСТ Р 2.2.9.05- 95
Стирол	Места разливов при Аварийных ситуациях	Обладает общим токсическим действием. Вызывает поражение крови и кроветворных органов.	ГОСТ 12.1.005-88
Бензол-толуольная фракция	Места разливов при аварийных ситуациях	Действует наркотически.	ГОСТ 12.1.005-88
Этилбензол	Места разливов при аварийных ситуациях	Обладает общим токсическим действием. Вызывает поражение крови и Кроветворных органов.	ГОСТ 12.1.005-88
КОРС	Места разливов при Аварийных ситуациях	Обладает общим Наркотическим действием	ГОСТ 12.1.005-88
Жидкости охлаждающие низкозамерзающие	Места разливов при Аварийных ситуациях	Могут проникать через Кожные покровы. При Попадании вовнутрь могут вызвать отравление.	ГОСТ 12.1.005-88

5.1.1 Повышенный уровень шума

Шум, сопровождающийся в ряде случаев работу оборудования лаборатории, неблагоприятно действуют на здоровье человека. Нормальный уровень громкости не оказывающий вредного воздействия на органы слуха для звуков с частотой 1000 Гц соответствует давлению 75 дБ. С физической точки зрения шум рассматривается как звуковой процесс, необходимый для восприятия, мешающий разговорной речи и отрицательно влияющий на здоровье человека. При длительном воздействии шума снижается острота слуха, нарушается сердечнососудистая, центральная система, происходит нарушение координации движения. Весь комплекс изменений, возникающих

в организме человека при длительном воздействии шума, рассматривается как "шумовая болезнь" [37]. В лаборатории, где проводится работа, уровень шума не должен превышать норму 80 дБ [СанПин 2.22.3359. -16].

5.1.2 Повышенный уровень вибрации

Вибрация вызывает в организме человека многочисленные реакции, которые являются причиной функциональных расстройств периферийной нервной системы, суставов, крови (тромбы). Вредное воздействие вибрации выражается в виде повышенного утомления, головной боли, болей в суставах. Длительное воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, степень тяжести и характер развития которой определяются продолжительностью действия и интенсивностью вибрации. Тяжелые формы заболевания, как правило, ведут к частичной или полной потере трудоспособности.

Если порог слышимости характеризовать в дБ, то болевой порог составит примерно 130-140 дБ [38]. Допустимые уровни вибрации соответствуют значениям по ГОСТ 12.1.012-90, приведенные в таблице 5.2.

 Т, дБ
 f, Гц
 Общая вибрация

 130-110
 1-63
 Транспортная

 120-100
 1-63
 транспортно-техническая

 110-70
 1-63
 в производственных помещениях

Таблице 5.2 – Нормируемые параметры вибрации на рабочих местах

5.1.3 Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу

Вредные вещества, которые способны проявить вредное действие на человека, и их параметры, характер действия на здоровье человека, меры первой помощи потерпевшим, способы перевода (нейтрализации) вещества в безопасное состояние представлены в таблице 5.3 [31].

Таблица 5.3 – Характеристика вредных веществ и меры профилактики

Вредный или опасный производственный фактор	Характер и результат воздействия на организм	пдк	Меры профилактики	
Стирол	Обладает общим токсическим действием. Вызывает поражение крови и кроветворных органов.	30/10	Соблюдение техники безопасности, применение средств индивидуальной защита.	
Углеводородный конденсат (стирол> 50%, ЭБ=40%, Бензол <4%, Толуол <6%)	Обладает общим наркотическим действием. Влияет на кроветворные органы, печень	30/10 (по стиролу)	Постоянный контроль предполагаемых мест разгерметизации трубопроводов и оборудования, работать в противогазе. Вентиляция. Средства Индивидуальной защиты.	
Этилбензол	Обладает общим токсическим действием. Вызывает поражение крови и кроветворных органов.	50	Соблюдение техники безопасности, применение средств индивидуальной защита.	
Бензол-толуольная фракция	Действует наркотически.	_	Соблюдение техники безопасности, применение средств индивидуальной защита.	
Топливный газ,	При высоких концентрациях вызывает удушье, кислородное голодание, головную боль, рвоту, тошноту, слабость, одышку,	ГОСТ12.1.0 05-88 300/100 мг/м3	Постоянный контроль предполагаемых мест разгерметизации трубопроводов и оборудования,	
Абгаз (H2=82-89 % об. CO2<11 % об. CO=0,9 % об.)	судороги. Возможна потеря сознания. Действует наркотически.	20 (по СО)	Вентиляция. Средства Индивидуальной защить	
Жидкость низкозамерзающая	Ядовита, обладает наркотическим действием, проникает через кожные покровы	5	Соблюдение техники безопасности, применение средств индивидуальной защиты.	
	Катализаторная пыль	4 (по оксиду	Соблюдение техники	

Катализатор К-	Токсичная. Болезнь	железа)	безопасности,
28M,	лёгких.		применение средств
СТАЙРОМАКС-			индивидуальной защиты.
ПЛЮС, 6)			

5.1.4 Отклонение показаний микроклимата в помещении

Микроклимат на производстве – это один из главных факторов, которые трудоспособность человека. влияют на И самочувствие Метеорологические факторы воздействуют довольно сильно жизнедеятельность, самочувствие, здоровье настроение работника. И Нарушение терморегуляции есть результат плохого сочетания факторов [36].

Терморегуляция - это совокупность физиологических и химических процессов, которые направлены на поддержание стабильного температурного баланса тела человека в пределах 36-37 градусов.

Микроклимат можно охарактеризовать:

- 1) температурой воздуха;
- 2) относительной влажностью воздуха;
- 3) скоростью движения воздуха;
- 4) интенсивностью теплового излучения от нагретых поверхностей.

Эти характеристики обязаны удовлетворять условиям СанПина 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Работы, совершаемые в помещении операторной, являются работами средней степени тяжести категории IIa.

Микроклиматические характеристики в операторной:

- температура в холодный, теплый период составляет 21-22 0 С при норме 17-23 0 С;
 - относительная влажность воздуха равна 30% при норме 15-75%;
- скорость движения воздуха составляет $0,1\,$ м/с при норме от $0,1\,$ до $0,3\,$ м/с.

Для поддержания обычных санитарных критериев в производственных помещениях предусмотрено принудительная приточная вентиляция, а еще вытяжная вентиляция. Не считая этого, помещения горячей и продуктовой насосных оснащены аварийной вытяжной вентиляцией.

Естественная вентиляция помещения исполняется через дефлекторы и фрамуги.

Продувка электродвигателей насосов и создание в них избыточного давления реализовывается приточными вентиляторами.

В операторной цеха предусмотрена сигнализация работа вентиляционных систем.

Для снабжения подогрева воздуха, который подается в помещения и на обдув электродвигателей в зимнее время, поставлены калориферы, отопление которых реализовывается теплофикационной водой [39].

5.1.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Правильное освещение помещения и естественно рабочих мест имеет основное значение для охраны труда, сохранения здоровья работников, повышения комфортности и, как результат, подъём производительности труда.

Неудовлетворительное освещение приводит к утомлению, заболеванию глаз, головным болям и может стать основанием для производственного травматизма.

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации ПЭВМ обязано реализовываться системой общего равномерного освещения.

Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проёмам обязаны размещаться таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку в большей степени слева.

Оконные проёмы в помещениях применения ПЭВМ должны быть оснащены регулируемыми приспособлениями типа: жалюзи, занавеской, внешними козырьками.

В помещении операторного цеха №126/127 существует как естественное освещение, так и искусственное. Искусственное освещение помещения реализовывается в виде общей системы освещения с применением люминесцентных источников света (лампами типа ЛД) в светильниках общего освещениях [36].

5.2 Анализ опасных факторов

Для предотвращения вероятности происхождения взрывов, пожаров, ожогов и отравления необходимо соблюдать следующие условия ведения процесса:

- соблюдение норм технологического режима и норм по предупредительной и плановой починке оборудования;
- обеспечение исправного состояния и бесперебойной работы контрольно-измерительных приборов, сигнализации и блокировок;
- обеспечение исправного состояния оборудования и предохранительных приборов;
- обеспечение исправного состояния системы производственной вентиляции и противопожарной защиты;
 - стабильное присутствие азота для продувок;
 - обеспечение герметичности приборов;
- наличие заземления электрооборудования, аппаратов и трубопроводов;
- при остановке на ремонт отдельного оборудования и коммуникаций выключить его от работающего оборудования запорной арматурой и заглушками, пропарить или продуть его азотом до содержания горючих не более 0,2%, а содержание вредных веществ не более ПДК;

совершать продувку аппаратов и коммуникаций от кислорода до содержания не более 0,5% перед приёмом взрывопожароопасных веществ
 [31].

5.2.1 Поражение электротоком при обслуживании электрооборудования

На установке используется следующее электрооборудование: переносные светильники; ручной электроинструмент; электродвигатели насосов, вентиляторов, компрессоров, сварочные посты (СП), освещение, щиты освещения.

К защитным мерам от угрозы прикосновения к токоведущим частям электроустановок причисляются: изоляция, сплошные и сетчатые ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства, сигнализация, плакаты, защитное заземление и зануление.

При работе с электроинструментом, переносными светильниками или в помещениях с особой опасностью используют пониженное напряжение питания электроустановок: 42, 36 и 12 В для предотвращения поражения электрическим током

При обслуживании и ремонте электроустановок и электросетей обязательно использование электрозащитных средств, к которым относятся:

изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические перчатки, диэлектрические боты, калоши, коврики, указатели напряжения.

Присоединение технологических аппаратов к системе заземления осуществляется не менее чем в двух точках, а технологические трубопроводы заземляются через каждые 20 м, а также при входе в здание насосной.

Согласно ПУЭ сопротивление заземления в электроустановках до1000 В не должно превышать 4 Ом способствующих электризации [35].

5.2.2. Термические опасности

Для защиты от непосредственного контакта с нагретыми поверхностями и теплового излучения применяются средства коллективной защиты (СКЗ) и средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Основными методами защиты являются: обеспечение недоступности нагретых поверхностей, теплоизоляция рабочих поверхностей источников излучения теплоты, экранирование источников или рабочих мест.

Средства защиты от термического воздействия должны обеспечивать тепловую облучённость на рабочих местах не более $0,35~\mathrm{kBt/m^2}$, температуру поверхности оборудования не более $35^\circ\mathrm{C}$ при температуре внутри источника теплоты до $100~\mathrm{^\circ C}$ и $45~\mathrm{^\circ C}$ при температуре внутри источника теплоты более $100~\mathrm{^\circ C}$.

Теплоизоляция горячих поверхностей (оборудования, сосудов, трубопроводов и т. д.) снижает температуру излучающей поверхности и уменьшает общее выделение теплоты, в том числе ее лучистую часть, излучаемую в инфракрасном диапазоне ЭМИ. Для теплоизоляции применяют материалы с низкой теплопроводностью [36].

Конструктивно теплоизоляция может быть мастичной, оберточной, засыпной, из штучных изделий и комбинированной.

Мастичную изоляцию осуществляют путем нанесения на поверхность изолируемого объекта изоляционной мастики.

Оберточная изоляция изготовляется из волокнистых материалов — асбестовой ткани, минеральной ваты, войлока и др. и наиболее пригодна для трубопроводов и сосудов.

Засыпная изоляция в основном используется при прокладке трубопроводов в каналах и коробах. Для засыпки применяют, например, керамзит.

Штучная изоляция выполняется формованными изделиями – кирпичом, матами, плитами и используется для упрощения изоляционных работ.

Комбинированная изоляция выполняется многослойной. Первый слой обычно выполняют из штучных изделий, последующие — мастичные и оберточные материалы.

Теплозащитные экраны применяют для экранирования источников лучистой теплоты, защиты рабочего места и снижения температуры поверхностей предметов и оборудования, окружающих рабочее место. Теплозащитные экраны поглощают и отражают лучистую энергию. Различают теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны. По конструктивному выполнению экраны подразделяются на три класса: непрозрачные, полупрозрачные и прозрачные.

Непрозрачные экраны. Экраны выполняются в виде каркаса с закрепленным на нем теплопоглощающим материалом или нанесенным на него теплоотражающим покрытием.

В качестве отражающих материалов используют алюминиевую фольгу, алюминий листовой, белую жесть; в качестве покрытий – алюминиевую краску.

Для непрозрачных поглощающих экранов используется теплоизоляционный кирпич, асбестовые щиты.

Непрозрачные теплоотводящие экраны изготавливаются в виде полых стальных плит с циркулирующей по ним водой или водовоздушной смесью, что обеспечивает температуру на наружной поверхности экрана не более 30...35 °C.

Полупрозрачные экраны применяют в тех случаях, когда экран не должен препятствовать наблюдению за технологическим процессом и вводу через него инструмента и материала. В качестве полупрозрачных теплопоглощающих экранов используют металлические сетки с размером ячейки 3...3,5 мм, завесы в виде подвешенных цепей. Для экранирования кабин и пультов управления, в которые должен проникать свет, используют стекло, армированное стальной сеткой. Полупрозрачные теплоотводящие экраны

выполняют в виде металлических сеток, орошаемых водой, или в виде паровой завесы.

Прозрачные экраны изготовляют из бесцветных или окрашенных стекол — силикатных, кварцевых, органических. Обычно такими стеклами экранируют окна кабин и пультов управления. Теплоотводящие прозрачные экраны выполняют в виде двойного остекления с вентилируемой воздухом воздушной прослойкой, водяных и воднодисперсных завес.

Непосредственный контакт работника с нагретыми поверхностями предотвращается средствами механизации обращения с тепловыми процессами (дистанционное управление) и автоматизации, позволяющей вообще убрать человека из опасной зоны.

Средства индивидуальной защиты. Применяется теплозащитная одежда из хлопчатобумажных, льняных тканей, грубодисперсного сукна. Для защиты от инфракрасного излучения высоких уровней используют отражающие ткани, на поверхности которых нанесен тонкий слой металла. Для работы в экстремальных условиях (тушение пожаров и др.) используются костюмы с повышенными теплозащитными свойствами [35].

5.2.3 Механические опасности

Источником механических травм могут быть: движущиеся механизмы машины, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, разрушающиеся конструкции, острые кромки, заусеницы и шероховатости на поверхности заготовок, изделий, инструментов и оборудования, подъемно-транспортное оборудование, а также падение предметов с высоты. К перечисленным выше источникам можно добавить коррозию металлов, являющуюся причиной ослабления прочности конструкции и способствующей внезапному ее неправильную эксплуатацию сосудов, работающих давлением, при разрушении которых выделяются значительные количества энергии; падение на скользких поверхностях, действие нагрузок при подъеме тяжестей и т. д.

Наиболее типичным источником механических травм являются риски, заусеницы, выступы на движущихся (как правило, вращающихся) частях механизмов и инструментов. Чаще всего они расположены в следующих трех основных местах:

- в точке операции — точка, в которой на материале выполняются следующие виды работ: резка, формовка, штамповка, тиснение, сверление, формирование заготовок и т. д.;

-приводах и устройствах, передающих механическую энергию,
– любые компоненты механической системы, передающие энергию выполняющим работу частям машины,
– маховики, шкивы, ремни, шатуны,
муфты, кулачки, шпиндели, цепи, кривошипы, шестерни и др.;

- прочих движущихся частях — все части машины, которые двигаются, пока машина находится в работе, такие как возвратно-поступательные, вращающиеся и поперечно движущиеся части, а также механизмы подачи и вспомогательные части машины.

Широкое разнообразие видов механического движения и действий, которые могут представлять опасность для рабочих, включают в себя движение вращающихся деталей, возвратно-поступательных плечей, движущихся ремней, шестерней, режущих зубьев и любых частей, которые могут ударить, толкнуть или оказать другое динамическое воздействие. Различные типы механического движения и действий присущи почти всем машинам, и понимание этого — первый шаг к защите от опасности, которую они могут представлять.

Другими причинами получения механических травм могут являться:

- 1) падение на скользком полу, так как иногда на полу могут оказаться пятна разлитого или вытекшего из оборудования масла;
- 2) падение с высоты или неустойчивого, колеблющегося основания, на котором стоит человек при выполнении работы;

- 3) технологический транспорт (вагонетки, электрокары, погрузчики), передвигающиеся в рабочей зоне, цеху, на территории предприятия;
- 4) промышленные роботы и манипуляторы при попадании человека в зону их действия;

А также целый ряд других разнообразных, но менее типичных причин, например, разрушение трубопроводов и емкостей, находящихся под давлением, падение предметов с высоты, обрушение строительных конструкций и т. д.

В производстве широко используются подъемно-транспортное оборудование и машины, которые являются наиболее типичными источниками получения механических травм. Число видов и типов машин и устройств для подъемно-транспортных операций велико.

Для защиты от механического травмирования применяют следующие способы:

- недоступность для человека опасных объектов;
- применение устройств, защищающих человека от опасного объекта;
- применение средств индивидуальной защиты.

Существует много способов обеспечить защиту машин, механизмов, инструмента. Тип работы, размер или форма обрабатываемого материала, метод обработки, расположение рабочего участка, производственные требования и ограничения помогают определить подходящий для данного оборудования и инструмента способ защиты.

Наибольшее применение для защиты от механического травмирования машинами, механизмами, инструментами находят оградительные, предохранительные, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.

5.2.4 Пожарная безопасность

Пожароопасность определяется огнестойкостью конструкций, то есть способностью конструкций сопротивляться огню или повышению температуры в условиях пожара.

По НПБ - 105 - 95 установка по взрывопожарной опасности относится к категории «А». Температура вспышки паров различных продуктов, получаемых на установке, колеблется от -11 до 250 ОС, температура самовоспламенения от

180 до 565 0C, область взрываемости углеводородных газов в смеси с воздухом от 1 до 8 % объёмных.

Причины возникновения опасности пожара и взрыва:

- − нарушение технологического режима 33 %;
- неисправности электрооборудования 16 %;
- -удары молний 4 %;
- курение вне отведённого места -20 %;
- неправильное ведение сварочных работ 15 %;
- несвоевременная уборка розливов нефтепродуктов в насосных и на территории установки -5%;
- несвоевременное устранение пропусков и свищей во фланцевых соединениях, сальниках, торцевых уплотнениях – 7 %.

5.3 Экологическая безопасность в технологии алкилирования бензола этиленом

Негативные результаты воздействия человека на окружающую среду становятся все более осязаемыми из-за роста производственных сил и расширения хозяйственной деятельности. В данное время отрицательные воздействия человека на природу зачастую приводят к непредсказуемым изменениям в экологических системах, в процессах биосферы.

Ощутимый вред естественной среде наносят нефтехимические, химические и нефтеперерабатывающие производства, выбросы которых

(порой без очистки) оказываются источниками загрязнения окружающей среды.

Причины выбросов — размещение технологического оснащения на открытых площадках, неполная его герметизация, плохая работа очистных сооружений.

Загрязнение воды обусловлено сбросами в реки и водоемы сточных вод химических и нефтеперерабатывающих производств. При достаточно сильном загрязнении воды испытывается дефицит кислорода для размножения и развития бактерий, разлагающих химические загрязнители.

Загрязняющими агентами производства алкилирования бензола этиленом являются: химически загрязнённые стоки, неконденсированный газ и дымовые газы.

Все эти причины в процессе ректификации этилбензола формируют определённые экологические трудности, которые связаны с загрязнением гидросферы и атмосферы.

Мероприятия по решению экологической проблемы сокращения до минимума числа вредоносных отходов продуктами производства и сокращения их влияния на окружающую среду:

- 1) Перед дымовыми трубами использовать следующие способы очистки газовых выбросов от газо- и парообразных ядовитых выбросов:
- Абсорбционные способы основываются на избирательной растворимости газо- и парообразных примесей в жидкости или на избирательном извлечении примесей химическими реакциями с активным компонентом поглотителя. В качестве абсорбентов используют воду, растворы аммиака, солей марганца, суспензии гидроксида кальция, масла, этаноламины, сульфат магния и прочие. Степень очистки достигает до 99,9%. Характеризуются беспрерывность процесса, экономичностью и возможностью извлечения значительных количеств примесей из газов;
- Адсорбционные способы основываются на избирательном извлечении из парогазовой смеси определённых компонентов при помощи

адсорбентов — твёрдых высокопористых материалов, которые обладают развитой удельной поверхностью (силикагель, алюмогель, природные и синтетические цеолиты, активированный уголь). Характеризуются глубокой очисткой газов от ядовитых примесей. Каталитические способы основываются на реакциях в присутствие твердых катализаторов, т.е. на закономерностях гетерогенного катализа. Глубина очистки достигает до 99,9 % при невысоких температурах, малых концентрациях и обычном давлении, установки просты в эксплуатации, малогабаритны и дают возможность утилизировать реакционную теплоту, то есть формировать энерготехнологические системы.

2) Применение мембранных процессов дает возможность организовать экономически эффективные и экологически безвредные технологии очистки и опреснения природных и промышленных сточных вод. В химическом и нефтехимическом производстве доля оборотной и вторично используемой воды достигает 80 % от ее общего потребления, дальнейшее уменьшение водопотребления может быть обеспечено благодаря повышению доли оборотного водоснабжения и разработки технологий, которые позволяют уменьшить сброс сточных вод и сократить их загрязненность.

В отличие от обычных традиционных способов очистки воды, обратный осмос и ультрафильтрация дают возможность синхронно очищать воду от органических и неорганических компонентов, бактерий и иного рода загрязнителей. При этом нередко удается довести концентрат до уровня, при котором делается рентабельной регенерация растворенных веществ, а очищенная вода может быть вторично применена в производстве или в прочих целях. Таким образом, мембранные способы разрешают одновременно решать проблемы водоснабжения, водоочистки и утилизации ценных отходов.

Сточные воды производства алкилирования бензола этиленом, с отделения ректификации зачастую не постоянны по составу и концентрации загрязнителей, в результате чего в технологических схемах замкнутого цикла водопотребления надо применять комбинированные установки баромембранного разделения. Применение ультрафильтрации и обратного

осмоса в процессе очистки сточных вод предоставит дополнительную вероятность наиболее совершенного применения ресурсов замкнутого водооборотного цикла, что приведёт к наименьшему применению либо к окончательному прекращению дополнительной подпитки свежей воды в систему водопользования.

Таким образом, выше приведенные меры по решению экологической проблемы на производстве алкилирования бензола этиленом разрешают не только лишь санитарные, экологические и технологические проблемы, но также экономические, в результате наиболее целесообразного использования природных и человеческих ресурсов.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При эксплуатации электрооборудования вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций, которые требуют обеспечение электро- и пожарной безопасности на рабочем месте. Источниками происхождения пожара могут быть электрические схемы, приборы электропитания, кондиционирования воздуха. Операторная и насосная относятся к I классу (ПУЭ) по опасности поражения людей электрическим током без повышенной опасности. По ПУЭ установка причисляется к классу В-1, а насосная к классу В-1а.

Установка запитана по четырём вводам от объекта центрального энергоснабжения: 2-а ввода в РУ – 6 кВ, и 2-а ввода в КТП от УП – 13.

Характеристика используемого электротока: переменный и постоянный, частота 50 Гц, напряжение — низковольтное до 1000 В и высоковольтное более 1000 В.

На установке используется следующее электрооборудование: переносные светильники; ручной электроинструмент; электродвигатели насосов, вентиляторов, компрессоров, сварочные посты (СП), освещение, щиты освещения.

К защитным мерам от угрозы прикосновения к токоведущим частям электроустановок причисляются: изоляция, сплошные и сетчатые ограждение,

блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства, сигнализация, плакаты, защитное заземление и зануление.

При работе с электроинструментом, переносными светильниками или в помещениях с особой опасностью используют пониженное напряжение питания электроустановок: 42, 36 и 12В для предотвращения поражения электрическим током

При обслуживании и ремонте электроустановок и электросетей обязательно использование электрозащитных средств, к которым относятся: изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические перчатки, диэлектрические боты, калоши, коврики, указатели напряжения.

Присоединение технологических аппаратов к системе заземления осуществляется не менее чем в двух точках, а технологические трубопроводы заземляются через каждые 20 м, а также при входе в здание насосной.

Согласно ПУЭ сопротивление заземления в электроустановках до 1000В не должно превышать 4 Ом.

Для защиты от ударов молний установлены молниеотводы на колоннах, дымовых трубах печей, соединенные с общим контуром заземления. Также установлены отдельно стоящие молниеотводы высотой 28 метров, обеспечивающие создание необходимых зон защиты.

Защита зданий и аппаратов от прямых ударов молний выполнена неизолированными стержневыми молниеприемниками, установленными на самых высоких точках зданий и сооружений (воздухозаборные шахты, постамент теплообменников, дымовая труба печи установки). Защита аппаратов, трубопроводов, насосного оборудования от вторичных проявлений молнии и от статического электричества, выполняется заземлением. Для предупреждения образования статического электричества на работниках запрещается ношение одежды из синтетических материалов и шелка, способствующих электризации.

Пожароопасность определяется огнестойкостью конструкций, то есть способностью конструкций сопротивляться огню или повышению температуры в условиях пожара.

По НПБ - 105 - 95 установка по взрывопожарной опасности относится к категории «А». Температура вспышки паров различных продуктов, получаемых на установке, колеблется от -11 до 250 ОС, температура самовоспламенения от 180 до 565 ОС, область взрываемости углеводородных газов в смеси с воздухом от 1 до 8 % объёмных.

Причины возникновения опасности пожара и взрыва:

- − нарушение технологического режима 33 %;
- неисправности электрооборудования − 16 %;
- удары молний -4 %;
- курение вне отведённого места -20 %;
- неправильное ведение сварочных работ -15 %;
- несвоевременная уборка розливов нефтепродуктов в насосных и на территории установки -5~%;
- несвоевременное устранение пропусков и свищей во фланцевых соединениях, сальниках, торцевых уплотнениях – 7 %.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В Статье 37 Конституции РФ [35] 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.

Государственный надзор за исполнением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, осуществляют Генеральный прокурор Российской Федерации и подчиненные ему прокуроры в соответствии с федеральным законом. Согласно Федеральному закону Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" непосредственно на предприятии проводится социальная оценка условий труда уполномоченной организацией.

Кроме того, возможно создание на предприятии внутренних комиссий или комитетов на базе профсоюзов.

Правовые аспекты взаимоотношений работодателей и работников в области охраны труда (гарантии, права и обязанности работников; обязанности работодателей; полномочия органов государственной власти в области охраны труда и т.д.) изложены в правовом документе "Об основах охраны труда в Российской Федерации". 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. Согласно Статье 8 данного Федерального Закона РФ, рабочее место должно соответствовать требованиям охраны труда и быть защищенным от влияния вредных и (или) опасных производственных факторов, и её организация должна соответствовать правовым нормам, а также антропометрическим, социальным, психофизическим данным работника.

Так документ Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда. Общие требования.ILO-OSH2001» является межгосударственным стандартом, и содержит практические рекомендации, предназначенные для использования всеми, на кого возложена ответственность за управление охраной труда.

Для выполнения задачи сохранения жизни и здоровья работника, при поступлении на работу проводится медосмотр, с целью проверки здоровья

кандидата на соответствие. Во время работы проводятся плановые медосмотры с участием врачей и проведением лабораторных исследований, для выявления воздействия вредных факторов и вероятности развития профессиональных заболеваний.

Для сохранения и поддержания здоровья работников, применяют комплексные меры. Они включают в себя средства индивидуальной защиты, которые обеспечивают механическую, термическую, биологическую, химическую, электрическую и радиационную безопасность, а также для снижения вредного воздействия химических факторов (969 компонентов), биологических (микроорганизмы, препараты с живыми клетками) и физических (ионизирующие излучения) работникам выдается молоко питьевое в количестве 0,5 литра за смену для выведения из организма токсических веществ.

Заключение

В результате проведенных численных исследований установлено, что действующая схема ректификации работает энергозатратно за счет больших объемов поступаемого алкилата.

В ходе исследования проведен анализ способов модернизации отделения ректификации получения из реакционной массы этилбензола — ректификата и осушенного бензола. На основании проанализированных методов, предложена оптимизированная технологическая схема, которая позволит повысить эффективность процесса.

В среде Aspen HYSYS выполнено моделирование модернизированной схемы блока разделения продуктов ректификации.

Расчеты, выполненные с применением разработанной компьютерной модели, показали, что возможно снижение расхода тепла в колонне К-52. В связи с этим модернизация позволит отказаться от больших затрат электроэнергии и добиться снижения расхода потребляемой энергии.

Список использованной литературы

- 1. Olah G.A. Friedel-Crafts and Related Reactions / Olah G.A., Patinkin S.H., Friedman B.S // Vol. II, Part 1, Ch. XIV, Interscience, New York, 1964
 - 2. Burk R.E., 12th Catal. Report, 266, J. Wiley 8 Sons, New York, 1940
- 3. Milligan C.H., Reid E.E. The ethylation of benzene and naphthalene // J. Am. Chem. Soc., 1922
- 4. Ipatieff V.N., Grosse A.V. Polymerization of Ethylene with Aluminum Chloride // J. Am. Chem. Soc., 1936
- 5. McGovern P.C., Balsillie D. 1972. Sulphur dioxide levels and environmental studies in the Sudbury area during // Prepr. Div. Petr. Chem., 1972
- 6. Hydrocarbon conversion process using an unsupported per fluorinated polymer catalyst // Patent US №4022847A, 10.05.1977 / J. D. McClure, U. S. Pat.
- 7. Olah G.A. Heterogeneous catalysis by solid super acids. 3. Alkylation of benzene and transalkylation of alkylbenzenes over graphite-intercalated Lewis acid halide and per fluorinated resin sulfonic acid (Nafion-H) catalysts / G. A. Olah, J. Kaspi and J. Bukala, J. // Org. Chem. 1977
- 8. Chen, N.Y., Garwood, W.E., Industrial application of shape-selective catalysis. Catal. Rev. Sci. Eng. 1986
- 9. Corma, A., Inorganic solid acids and their use in acid-catalyzed hydrocarbon reactions Chem. Rev. 1995
- 10. Cejka, J.; Wichterlova, B., Acid-catalyzed synthesis of mono-and dialkylbenzenes over zeolites: Active sites, zeolite Topology and reaction mechanisms. Catal. Rev. 2002, pp.375-421.
- 11. Corma, A., Water-resistant solid Lewis acid catalysts: Meerwein-Ponndorf-Verley and Oppenauer reactions catalyzed by tin-beta zeolite. J. Catal. 2003
- 12. Giordano N., Pino L., Cavallaro S., Vitarelli P., Rao B.S., Alkylation of toluene with methanol on zeolites. The role of electronegativity on the chain or ring alkylation. Zeolites 7, 1987

- 13. Carlo Perego P.I. Recent advances in the industrial alkylation of aromatics: new catalysts and new processes, Catal. Today 73 (2002) 3–22.
- 14. Venuto P.B., Hamilton L.A., Landis P.S., Wise J.J. Organic reactions catalyzed by crystalline aluminosilicates: I. Alkylation reactions- Journal of catalysis, 1966 Elsevier
- 15. Humphrey J.L., Siebert A.F. Separation technologies: an opportunity for energy savings, Chem. Eng. Prog. (March) (1992), p.92 View Record in Scopus
- 16. Engelien H.K., Skogestad S. Selecting appropriate control variables for a heat-integrated distillation system with prefractionator, Comput. Chem. Eng., 2004pp. 683–691
- 17. Sanghamitra B., Narayan C.Pradhan, Jayanta K.Basu Kinetics of Alkylation of benzene with ethyl alcohol catalyzed by Ce-exchanged NaX zeolite // Indian Chem. Engr. Section A, Vol. 48, №1, January-March 2006.
- 18. Sun L., Guo X., Liu M., Wang X. Ethylation of coking benzene over nanoscale HZSM-5 zeolites: Effect of hydrothermal treatment, calcinations and La₂O₂ modification. Applied Catalysis A: General, 2009 Elsevier
- 19. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М. // Харьков. НТУ «ХПИ». Библиотека журнала ИТЭ. Харьков: НТУ "ХПИ". 2000. 458 с.
- 20. Speight J.G. Chemical and process design handbook / Speight J.G., 2002. p.633
- 21. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов/ А. Г. Касаткин. 15-е изд., стер. Москва: Альянс, 2009. 750 с.
- 22. Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: Учебное пособие для ВУЗов. 2-е изд. М.: Высшая школа, 2003. 536 с.
- 23. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В.

Криницына; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. — 36 с.

- 24. Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования».
- 25. Приказ от 12апреля 2011г. N 302н "Об утверждении перечня вредных и(или)опасных производственных факторов и работ, при выполнение которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), ипорядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров(обследований) работников, занятых на тяжелых работах с вредными и (или) опасными условиями труда".
- 26. Постановление Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2009 г. N 1213 "Об утверждении технического регламента о безопасности средств индивидуальной защиты".
- 27. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г. N 45 "Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, Порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов, и Перечня вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов"
- 28. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 17 декабря 2010 г. N 1122н "Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи работникам смывающих и (или) обезвреживающих средств и стандарта безопасности труда "Обеспечение работников смывающими и (или) обезвреживающими средствами"

- 29. Гигиенические требования к персональным электронновычислительным машинам и организации работы: санитарноэпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03: утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 13 июня 2003 г. № 118 г. Москва.
- 30. ГОСТ 12.1.002–84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни и требования к проведению контроля на рабочем мест. введ. 01.01.1986. М.: Стандартинформ, 2009. 7 с.
- 31. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. Москва.
- 32. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России 31 октября 1996 г. № 36. Москва.
- 33. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 40. Москва.
- 34. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.548-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 1 октября 1996 г., № 21. Москва.
- 35. Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г.).
- 36. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-Ф3 (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.12.2008) // СПС Консультант.
- 37. 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.

- 38. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".
- 39. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда. Общие требования.ILO-OSH2001»