

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки «Химическая технология»
Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оптимизация процесса смешения реагентов в технологии алкилирования бензола этиленом

УДК [665.738:547.532+661.716.232]:66.095.253

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2В	Чернышев Никита Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Хлебникова Е.С.			

КОНСУЛЬТАНТЫ

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Р.Р.	д.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016

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



Институт природных ресурсов
Направление подготовки «Химическая технология»
Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2В	Чернышеву Никите Владимировичу

Тема работы:

«Оптимизация процесса смещения реагентов в технологии алкилирования бензола этиленом»

Утверждена приказом директора (дата, номер) 22.03.16г. 2232/С

Срок сдачи студентом выполненной работы: 1.06.16г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Установка по алкилированию ОАО « XXXXXXXXXX »
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	1) Состав и расход сырья 2) Состав и расход катализатора 3) Термобарические и конструкционные параметры смесительного устройства

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Литературный обзор</p> <p>1.1 Современные методы алкилирования бензола этиленом</p> <p>1.2 Современные методы очистки промышленных сточных вод</p> <p>1.3 Методы очистки промышленных сточных вод от соединений алюминия</p> <p>2 Объект и методы исследования</p> <p>2.1 Химизм процесса алкилирования и механизм реакций</p> <p>2.2 Катализатор и технологическая схема отделения алкилирования</p> <p>3 Гидродинамическое моделирование</p> <p>4 Результаты гидродинамического моделирования</p> <p>5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>6 Социальная ответственность</p> <p>Заключение</p> <p>Использованные источники</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Технологическая схема получения этилбензола, графики по гидродинамическому моделированию</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Обзор литературы</p>	<p>Хлебникова Елена Сергеевна</p>
<p>Методы и объекты исследования</p>	<p>Хлебникова Елена Сергеевна</p>
<p>Гидродинамическое моделирование</p>	<p>Хлебникова Елена Сергеевна</p>
<p>Результаты гидродинамического моделирования</p>	<p>Хлебникова Елена Сергеевна</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ахмеджанов Рафик Равильевич</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>10.02.16г.</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Ассистент</p>	<p>Хлебникова Е.С.</p>			

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>2Д2В</p>	<p>Чернышев Никита Владимирович</p>		

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



Институт	Институт природных ресурсов
Направление подготовки	Химическая технология
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	Химической технологии топлива и химической кибернетики
Период выполнения	Весенний семестр 2015/2016 учебного года

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2В	Чернышеву Никите Владимировичу

Тема работы:

«Оптимизация процесса смешения реагентов в технологии алкилирования бензола этиленом»	
Утверждена приказом проректора—директора (директора) (дата, номер)	22.03.16г. 2232/С

Форма представления работы:

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

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально—технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Ставки отчислений</i>	Отчисления на социальные нужды – 30 %
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (НИР)</i>	Построение оценочной карты для сравнения конкурентных разработок
2.	
3. <i>Формирование плана и графика разработки НИР</i>	Планирование комплекса работ на создание проекта, построение графика выполнения работ
4. <i>Составление бюджета технического проекта</i>	Определение трудоемкости работ, расчет плановой себестоимости разработки
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности разработки</i>	Расчет интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. «Портрет» потребителя
2. Календарный план—график выполнения работ
3. Матрица SWOT
4. Бюджет проекта
5. Оценка конкурентоспособности технического решения
6. Основные показатели эффективности технического проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2В	Чернышев Никита Владимирович		

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



Институт	Институт природных ресурсов
Направление подготовки (специальность)	Химическая технология
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	Химической технологии топлива и химической кибернетики
Период выполнения	Весенний семестр 2015/2016 учебного года

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2В	Чернышеву Никите Владимировичу

Тема работы:

«Оптимизация процесса смешения реагентов в технологии алкилирования бензола этиленом»	
Утверждена приказом проректора—директора (директора) (дата, номер)	22.03.16г. 2232/С

Форма представления работы:

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

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	<i>Объект исследования – технология производства этилбензола; Рабочая зона – компьютерный класс, рабочее место оператора; Область применения – химическая промышленность.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования: – 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 вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты);	1.1.Выявление опасных и вредных факторов при эксплуатации объекта исследования: – вредные вещества, производственный шум, вибрация; – физико—химическая природа вредности веществ и их связь с разрабатываемой темой; – действие вредных веществ на организм (этилбензол, бензол, этилен, хлористый этил, хлористый алюминий); – предлагаемые средства защиты для работы на установке производства этилбензола: (коллективная защита – шумоизолирующие конструкции, индивидуальные средства защиты – костюм, ботинки, перчатки, каска, очки защитные, маска) 1.2.Выявление опасных и вредных факторов при разработке научного исследования:

<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ микроклимата в помещении; – Анализ освещенности рабочей зоны; – Анализ электробезопасности на рабочем месте; – Анализ пожаровзрывобезопасности рабочего места.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <p>2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду</p> <p>2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.</p> <p>2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.</p>	<p>2.1. Анализ негативного воздействия на окружающую среду работы установки алкилирования;</p> <p>2.2. Анализ негативного воздействия на окружающую среду при работе за ПЭВМ;</p> <p>2.3. Анализ решений по обеспечению экологической безопасности.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.</p> <p>3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут при проведении исследований.</p> <p>3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.</p>	<p>3.1. Перечень возможных ЧС при эксплуатации установки алкилирования — пожар, взрыв, землетрясения;</p> <p>3.2. Анализ действий работников при возникновении ЧС;</p> <p>3.3. Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>4.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.</p> <p>4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.</p>	<p>Анализ законодательно—правовой базы в области обеспечения безопасности:</p> <p>4.1. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197—ФЗ (ред. от 31.12.2014)</p> <p>4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: технический перерыв, проветривание, полная изоляция от производственных источников шума и вибрации.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Р.Р.	д.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2В	Чернышев Никита Владимирович		

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



Институт	Институт природных ресурсов
Направление подготовки	Химическая технология
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	Химической технологии топлива и химической кибернетики
Период выполнения	Весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.16г
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.03.16	Обзор литературы	15
05.04.16	Методы и объекты исследования	20
25.04.16	Гидродинамическое моделирование	20
05.05.16	Результаты гидродинамического моделирования	15
15.05.16	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
27.05.16	Социальная ответственность	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Хлебникова Е.С.			

Согласовано:

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 95 с., 27 рис., 24 табл., 58 источников, 1 прил.

Ключевые слова: этилбензол, хлорид алюминия, жидкофазное алкилирование, гидродинамическая модель, смесительное устройство.

Объектом исследования является действующая установка алкилирования бензола этиленом на одном из нефтехимических предприятий России.

Цель работы – оценить с использованием программного обеспечения Comsol Multiphysics целесообразность проведения реконструкции смесительного устройства в технологии алкилирования для снижения расхода хлорида алюминия.

В процессе исследования проводились: анализ работы реактора процесса алкилирования бензола, моделирование процесса, прогнозные расчёты.

В результате исследования было определено, что построенные гидродинамические модели адекватно описывают реальные процессы алкилирования и могут быть применены для качественной оценки влияния различных технологических параметров и расхода сырья на эффективность процесса.

Область применения: производство этилбензола жидкофазным алкилированием в России и на нефтеперерабатывающих заводах мира, производящих этилбензол с использованием в качестве катализатора хлорид алюминия.

В будущем планируется передача выработанных рекомендаций на производство для реконструкции смесительной камеры для дооборудования ее новыми смесительными устройствами фирмы Zulzer, с целью интенсификации процесса смешения.

Оглавление

Введение	11
1 Литературный обзор.....	12
1.1 Современные технологии алкилирования бензола этиленом.....	13
1.2 Современные способы очистки промышленных сточных вод.....	17
1.3 Методы очистки промышленных сточных вод от соединений алюминия	25
2 Объекты и методы исследования	34
2.1 Химизм процесса алкилирования и механизм реакций	35
2.2 Катализатор и технологическая схема отделения алкилирования.....	36
3 Гидродинамическое моделирование	40
3.1 Задание модели	42
3.2 Генерация расчетной сетки.....	44
3.3 Определение макрокинетической области протекания процесса	46
4 Результаты гидродинамического моделирования.....	49
4.1 Определение эффективности использования патрубков для ввода возвратного каталитического комплекса и бензола.....	49
4.2 Модификация расположения патрубков смесительной установки	53
4.3 Определение возможности уменьшения расхода возвратного каталитического комплекса в смесительное устройство	55
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	57
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	57
5.2 Анализ конкурентных технических решений	58
5.3 SWOT-анализ	59
5.4 Планирование управления научно-техническим проектом.....	60
5.5 Бюджет научно-технического исследования	63
5.6 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	67
5.7 Выводы по разделу	69
6 Социальная ответственность	70
6.1 Производственная безопасность	70
6.2 Экологическая безопасность	82
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	86
6.5 Выводы по разделу	87
Заключение.....	88
Список использованных источников.....	89
Приложение А.....	95

Введение

Одним из наиболее прогрессивно развивающихся направлений нефтехимии является получение этилбензола – необходимого полуфабриката в производстве стирола.

На сегодняшнем этапе развития процессов алкилирования, существует ряд проблем. Так, наличие сопутствующих побочных реакций, в том числе, вследствие наличия нежелательных примесей в сырье, приводит к необходимости повышения селективности процесса при одновременном поддержании стабильного качества продукции.

Применение устаревших кислотных катализаторов на большинстве действующих производств вызывает коррозию оборудования, а высокая опасность производства требует строгого следования технологическому регламенту. При этом, большие затраты на реконструкцию – переход действующих установок на твердые катализаторы зачастую нецелесообразны.

В решении различных задач нефтепереработки и нефтехимии хорошо зарекомендовал себя метод гидродинамического моделирования, который является действенным инструментом для повышения эффективности работы установок алкилирования.

Основой актуальной проблемой, возникающей, при эксплуатации установок получения этилбензола является образование большого количества загрязненных катионами алюминия сточных вод.

Таким образом, целью работы является оценка с использованием программного обеспечения Comsol Multiphysics целесообразности проведения реконструкции смесительного устройства в технологии алкилирования для снижения расхода хлорида алюминия.

1 Литературный обзор

В настоящее время с ростом химической, нефтехимической, а также других областей промышленности одной из главных проблем остаётся загрязнение окружающей среды техногенными отходами. А особенно важным вопросом в данной области является загрязнение воды промышленными стоками. Сточные воды, содержащие органические соединения, нефтепродукты, тяжёлые металлы и другие химические загрязнители постепенно попадают в открытые водные источники, ухудшая среду обитания не только пресных, но и морских водоемов. В промышленно развитых районах присутствует постоянная опасность загрязнения источников питьевой воды [1].

Примером одного из таких случаев может служить загрязнение воды промышленными стоками производства этилбензола с использованием хлорнокислого алюминия в качестве катализатора. Этилбензол получают алкилированием бензола этиленом в присутствии катализаторного комплекса, приготовленного из хлорнокислого алюминия и хлористого этила.

В данном случае сточные воды образуются в результате промывки алкилата от катализаторного комплекса и содержат в себе такие вещества, как бензол, этилбензол и другие ароматические углеводороды, а также катионы алюминия. Данная вода в небольшом количестве используется для нужд предприятия в качестве коагулянта, но все же большая её часть идёт на сброс в качестве отходов, и содержание некоторых вредных веществ в ней превышает предельно допустимые концентрации в несколько раз.

Присутствие в сточных водах катионов алюминия негативно сказывается на здоровье людей. Накопление в организме является причиной угнетения процессов выработки ферментов, обострения хронических заболеваний, поражения центральной нервной системы, а также есть предположение, что алюминий стимулирует развитие таких заболеваний, как остеопороз и болезнь Альцгеймера, но это пока ещё научно не подтверждено [2].

По причине такого количества негативных факторов, наличие катионов алюминия в сточных водах следует строго ограничивать. Тем не менее, действующие на данный момент промышленные способы очистки сточных вод не дают желаемого результата, при этом многие из них являются дорогостоящими и сложными в реализации.

Поэтому, исходя из вышесказанного, целью литературного обзора является определение возможностей уменьшения загрязнения катионами алюминия сточных вод в процессе алкилирования бензола этиленом с использованием жидкокислотного катализатора.

1.1 Современные технологии алкилирования бензола этиленом

Одним из основных промышленных процессов алкилирования является синтез этилбензола. Его производство является самым крупнотоннажным коммерческим процессом по объему потребления и переработки бензола — почти 75 % получаемого в мире нефтехимического бензола приходится на производство этилбензола и изопропилбензола. Исходного сырья для получения стирола, который используется в производстве синтетических смолы пластических масс. Мировой объем производства этилбензола оценивается на уровне 28,6 млн.т в год, при этом годовой прирост рынка этилбензола составляет порядка 4–5 % [3].

Самой распространенной технологией получения этилбензола является алкилирование бензола этиленом в присутствии, в качестве катализатора, хлористый алюминий [4]. Процесс алкилирования проводится в алкилаторе — реакционной колонне, эмалированной или футерованной графитовой плиткой для защиты от коррозии. Три секции колонны имеют рубашки для охлаждения, однако основное количество тепла отводится испарением некоторой части бензола. Алкилирование ведется в присутствии жидкого катализаторного комплекса, состоящего из хлористого алюминия, бензола и полиалкилбензолов. Для образования хлористого водорода, который является промотором реакции,

в каталитический комплекс добавляют 2% воды от массы хлористого алюминия, а также дихлорэтан или хлористый этил, при расщеплении которых образуется хлористый водород.

Для выделения этилбензола из алкилата отгоняют при атмосферном давлении бензол. От кубовой жидкости при пониженном давлении отгоняется широкая фракция – смесь этилбензола и полиалкилбензолов. В следующей колонне при остаточном давлении полиалкилбензолы отделяются от смол. Широкую фракцию разгоняют в вакуумной колонне при остаточном давлении. Товарный этилбензол перегоняется в пределах 135° – 136°С. Для получения этилбензола используется этан – этиленовая фракция пиролиза, содержащая 60 – 70% этилена. Содержание серы в бензоле не должно превышать 0,1%. Повышенное содержание серы вызывает увеличение расхода хлористого алюминия и ухудшает качество готовой продукции.

Известен способ получения этилбензола [5], включающий подачу осушенной бензольной фракции, каталитического комплекса, этилена и рециркулируемого каталитического комплекса. При этом все компоненты смешиваются в турбулентном режиме и подаются в реактор алкилирования, то есть по классической схеме все смешивается в алкиляторе, а в запатентованной технологии все смешивается перед алкилятором. Недостатками такого способа являются отсутствие подготовки сырья к оптимальным условиям проведения реакции, а также совместная подача на алкилирование свежего и возвратного каталитического комплекса, что приводит к завышенному содержанию побочных продуктов.

На ОАО «Казаньоргсинтез» в настоящее время используется способ получения изопропилбензола алкилированием бензола пропиленом с одновременным проведением реакции трансалкилирования в одном аппарате [6]. В нижнюю часть реактора алкилирования, в гребенку, подается осушенная бензольная шихта совместно с полиалкилбензолами, свежий и возвратный каталитические комплексы на основе хлорида алюминия, пропилен подается

непосредственно в нижнюю часть реактора. Недостатком описанного способа является низкая селективность процесса.

В работе [7] был предложен способ получения этилбензола, включающий алкилирование бензола этиленом в присутствии катализаторного комплекса на основе хлорида алюминия путем подачи осушенной бензольной фракции, полиалкилбензолов, этилена, катализаторного комплекса, возвратного катализаторного комплекса в реактор алкилирования в условиях турбулентности, отличающийся тем, что смешение осушенной бензольной фракции и полиалкилбензолов с этиленом осуществляют в вихревом смесителе перед подачей на гребенку реактора алкилирования, свежий катализаторный комплекс подают на гребенку реактора алкилирования, а возвратный катализаторный комплекс подают в среднюю часть реактора алкилирования.

В технологиях производства этилбензола в качестве катализаторов используются сильные минеральные кислоты или кислоты Льюиса (HF , H_2SO_4 , AlCl_3). Но данные технологии являются устаревшими и при этом, соединения, которые используются в качестве катализаторов, являются очень токсичными и коррозионно—активными и представляют опасность в обращении и при транспортировке. К недостаткам этого процесса относят необходимость утилизации большого количества сточных вод и твердых отходов, а также относительно высокие расходные нормы по сырью. Процессы на основе таких катализаторов имеют также целый ряд существенных недостатков: быстрая дезактивация катализатора, сложность регенерации, унос активного компонента с катализатора, накопление кислых шламов при утилизации катализатора.

Перспективным решением существующих технологических проблем и недостатков в процессах алкилирования ароматических углеводородов является переход на гетерогенные цеолитсодержащие катализаторы. Цеолиты представляют собой кристаллические водные алюмосиликатные минералы, содержащие в качестве катионов элементы I и II групп, в частности K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} и другие. Сокращённая формула: $\text{M}_2/n\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$. Основным

недостатком вовлечения в промышленность цеолитов является их малая прочность [8].

Патент [9] предлагает использование цеолита, модифицированного иттрием и редкоземельным лантаноидом. Данный катализатор позволяет уменьшить концентрацию полиалкилбензолов в продуктовой смеси на 10 %. Разработан и внедрен в промышленность основе H β – цеолита [10,11]. Процесс проводится при постоянной температуре изотермическом реакторе колонного типа, за счет данных условий уменьшается вероятность образования полимеров. Мольное соотношение бензол:пропилен в данном случае 2:1 при температуре 140° С, данные условия позволяют увеличить срок службы катализатора.

В работе [12] синтезированы новые образцы цеолитного катализатора Z – 2, содержащие катионы церия, цинка, кобальта и марганца. Длительные испытания показали, что новый образец катализатора способен работать 1000 — 1200 часов без снижения активности. Конверсия по бензолу – 20%, селективность по ИПБ – 95%.

В патенте [13] описана каталитическая композиция, применяемая как катализатор в процессах алкилирования и трансалкилирования, включающая цеолит и неорганическое связующее вещество, где цеолит имеет кристаллическую структуру с отверстиями, образованными 12 тетраэдрами, а связующим веществом является Y – оксид алюминия.

В промышленности наиболее эффективными процессами являются процессы алкилирования на цеолитных катализаторах [14]:

- процесс «Dow/Kellog», с деалюминиевым цеолитом;
- совмещенный реакционно—ректификационный процесс фирмы «CDTECH»;
- процесс «Mobil/Raytheon» на цеолитном катализаторе MCM – 22;
- процесс UOP с цеолитным катализатором;
- процесс Enichem с использованием цеолита β .

Несмотря на все преимущества цеолитов, существенным их недостатком являются быстрая дезактивация, вследствие блокировки пор продуктами. Для использования новых форм катализаторов в промышленном масштабе необходимо проведение ряда пилотных испытаний. На сегодняшний день получило широкое распространение математическое и гидродинамическое моделирование химико – технологических процессов. Таким образом, промежуточным этапом между пилотными испытаниями и промышленным экспериментом при внедрении новых форм катализаторов становится математическое, а также гидродинамическое моделирование объектов. Применение метода математического и гидродинамического моделирования позволяет успешно решать проблемы оптимизации работы химико—технологической системы в целом, учитывающих непостоянство состава сырья, изменение активности катализаторов и большое количество управляющих параметров.

1.2 Современные способы очистки промышленных сточных вод

Промышленные стоки многих производств содержат грубодисперсные примеси, для удаления которых применяют гидромеханические методы очистки. Большое распространение для удаления ионов металлов среди них получил метод фильтрования, который заключается в процессе отделения суспензий или коллоидов от воды при помощи пористых, тканевых и сетчатых перегородок, либо фильтрующих материалов, пропускающих воду, но задерживающих ее примеси. Были проведены исследования, которые показали возможность очистки промышленных сточных вод данным способом [15, 16]. Были представлены доводы в пользу того, что установление подобных фильтровальных перегородок даёт возможность осаждать на их поверхности из растворов ионы металлов, в том числе и Al^{3+} , а также увеличивает степень очистки от них.

В последние время зарубежные, а также и российские фирмы разрабатывают и выпускают большое количество фильтров для очистки сточных вод [17].

Конструкция таких фильтров представлена на рисунках 1.1—1.4.

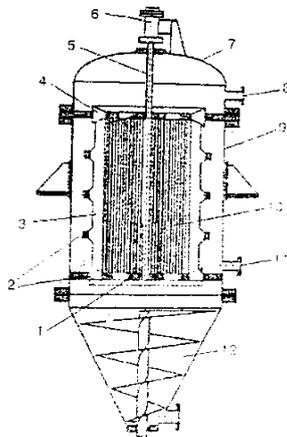


Рис. 1.1 – Механический пластинчатый фильтр

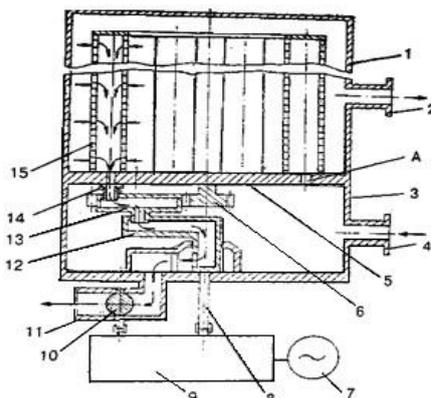


Рис. 1.2 – Самоочищающийся механический фильтр

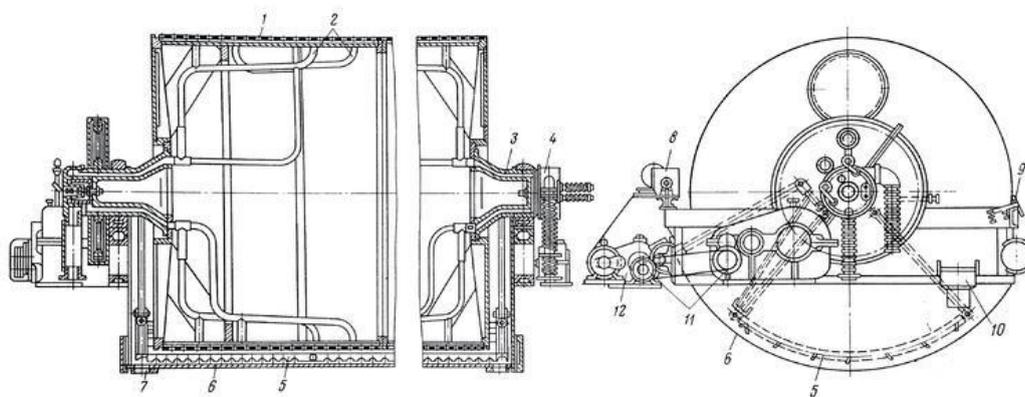


Рис. 1.3 – Гидравлический механический барабанный фильтр

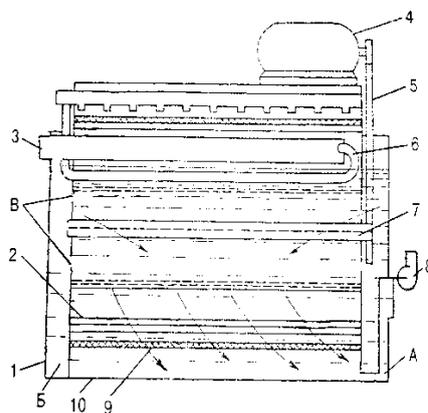


Рис. 1.4 – Конструкция автоматического механического фильтра

На сегодняшний день создание и введение в эксплуатацию электрохимических методов является наиболее прогрессивным направлением в технологии водоочистки. Такие методы дают возможность регулировать физико—химические свойства обрабатываемой воды, концентрировать и извлекать из неё ценные металлы и химические соединения, упрощать технологические схемы.

Очистка промышленных сточных вод с использованием электрохимических процессов в соответствии с общепринятой классификацией относятся к физико—химическим процессам очистки водных систем. Они отличаются многостадийностью и относительной сложностью происходящих в аппаратах водоочистки физико—химических явлений. Механизм и скорость протекания отдельных стадий зависят от многих факторов, выявление влияния и правильный учет которых необходимы для оптимального конструирования электролизеров и рационального ведения процессов очистки воды [18].

Физико—химические методы играют значительную роль при очистке производственных стоков. Они применяются как самостоятельно, так и в сочетании с механическими, химическими, биологическими методами. При физико-химическом методе обработки из воды удаляются тонкодисперсные и растворенные неорганические примеси; разрушаются органические и плохо окисляемые вещества. Чаще всего из физико-химических методов применяются коагуляция, сорбция, флотация, ионный обмен и т.д.

Установка для электрохимической очистки гальванических сточных вод, отличающихся повышенным содержанием ионов Al^{3+} , описана в статье [19], в которой автор, принимая во внимание состав сточных вод, а также особенность технологического процесса, рекомендует модернизировать уже существующую технологию очистки сточных вод. Для этого автор предложил установку (рисунок 1.5), которая позволяет удалять ионы тяжелых металлов, а также трехвалентного алюминия Al^{3+} и другие растворенные и нерастворенные примеси с помощью электрохимического корректирования pH, флотации, отстаивания образовавшихся гидроксидов и выпавших в осадок нефтепродуктов с доочисткой обезвреженных стоков при помощи фильтров и возвратом отфильтрованной воды для повторного использования.

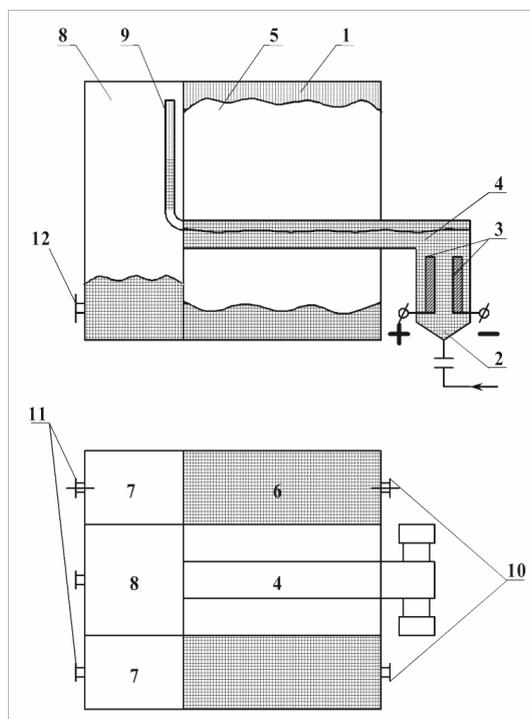


Рис. 1.5. – Общий вид и вид сверху установки электрохимической очистки гальванических сточных вод: 1 – корпус; 2 – электродная камера; 3 – электроды; 4 – распределительная камера; 5 – флоатокамера; 6 – камера фильтрации; 7 – сборник фильтрата; 8 – шламособорник; 9 – шламособорная труба; 10 – патрубок подачи промывной воды; 11 – патрубок фильтрата; 12 – патрубок сброса шлама

Незначительные оставшиеся концентрации загрязнений в очищенной воде позволяют её использовать в системе технического водоснабжения

гальванического цеха при промывке изделий после электрохимического обезжиривания и травления.

Данная установка комбинированного типа электрофлотокоагуляционной очистки благодаря применению электрохимических методов воздействия на сточные воды позволяет обеспечить замкнутый цикл водопользования, а также даёт возможность избежать обработки химическими реагентами.

Установка компактна, надёжна в эксплуатации и позволяет производить несколько режимов очистки сточных вод, основной из которых определяется в процессе проведения пусконаладочных работ.

Очистка и обезвреживание производственных сточных вод от вредных органических и неорганических примесей перед поступлением в водоёмы или на рельеф осуществляется с помощью механических, биологических, физико—химических, а также другие методы и созданными на их основе фильтрами.

В РХТУ им. Д.И. Менделеева на основе экспериментальных данных был разработан аппарат для очистки промышленных сточных вод от соединений цветных металлов комплексным методом: электрофлотацией и мембранным электролизом [20]. Этот аппарат внешне представляет собой электролизер непрерывного действия ящичного типа, схема которого представлена на рисунке 1.6.

Аппарат позволяет извлекать Zn^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} и другие катионы металлов индивидуально или в смеси гидроксидов, а также возврат очищенной воды в технический цикл на повторное использование.

Специфика данной установки является то, что вместе с высокой производительностью аппарата, а также высокой долей очистки воды (до 98%), обеспечивается разом доведение рН воды до значений, необходимых для образования твердой фазы гидроксидов металлов, газонасыщение воды для осуществления флотации, удаление твердой фазы гидроксидов металлов, доведение рН очищенной воды до нейтральных значений.

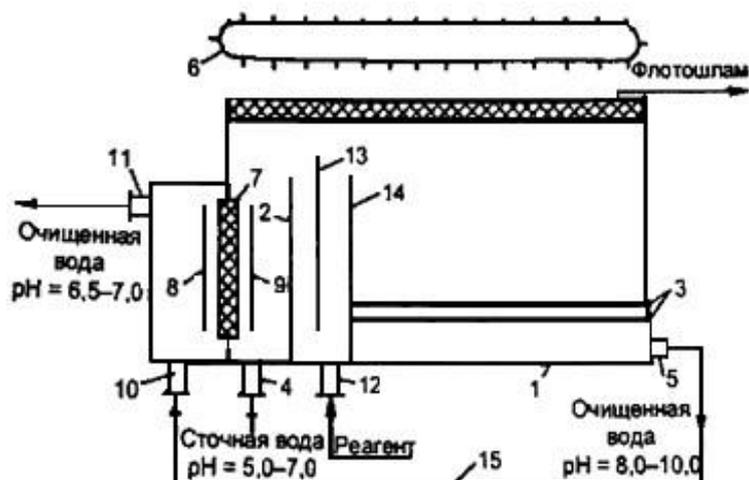


Рис. 1.6. – Аппарат электрохимической очистки сточных вод от соединений цветных металлов: 1 – корпус; 2,13,14 — переливная перегородка; 4,5,12 — патрубки для ввода сточной воды; 6 — приспособление для ввода флокулирующего агента; 7— анионообменная мембрана; 8 — перфорированный анод; 10, 11— патрубки для ввода щелочной очищенной воды и вывода нейтрализованной воды; 9 — перфорированный катод; 3 — нерастворимый электрод; 15—трубопровод

Для извлечения солей алюминия из водных растворов также можно применять сорбенты из технического углерода [21]. Изучение этого вопроса проводилось в Конструкторско—технологическом институте технического углерода СО РАН, г. Омск. Сорбент “Техносорб—1”. Технический углерод представляет из себя пироуглерод, который получили высокотемпературным скоростным углеродом пиролизом с последующей активацией и химической модификацией поверхности. От традиционных активных углей данный материал отличается более высокой механической прочностью и чистотой, материал не пирофорен и более устойчив к возгоранию по сравнению с активными углями, развитой удельной поверхностью и возможностью корректировки структурно—дисперсных характеристик поверхности на этапе получения углеродного материала. Особенность свойств углеродного сорбента позволяет осуществлять его многократную парогазовую регенерацию непосредственно в сорбционных фильтрах, что существенно увеличивает срок его службы и сокращает эксплуатационные затраты в сравнении с традиционно используемыми активными углями.

Процесс извлечения алюминия проводили в изотермическом режиме при контакте модельных растворов с углеродным сорбентом при массовом соотношении 10:1 соответственно, в статических условиях. В качестве модельных использовали растворы алюмоаммонийных квасцов с концентрацией от 20 до 500 мг Al/л. Количественное определение алюминия в растворах проводили по методу градуировочного графика, сущность которого заключается в образовании стабильного комплекса алюминия с ксиленоловым оранжевым в среде формиатного буфера при pH 3,5. Фотометрирование растворов осуществляли на ФЭК—60 при длине волны 540 нм в кювете с толщиной слоя 30 мм. Чувствительность метода 0,5 мкг в 50 мл конечного разбавления, относительная погрешность определения – не более 5%.

Возможности использования данного сорбента в процессе водоподготовки очевидно определяется требованиями потребителя к объёму Al^{3+} в очищенной воде. Исследуя зависимость степени извлечения алюминия от его исходного содержания (рисунок 1.7), есть возможность спрогнозировать наилучшую эффективность данного сорбента, для очистки слабозагрязнённых сточных вод с содержанием алюминия до 50 мг/л со степенью его извлечения до 95—97%.

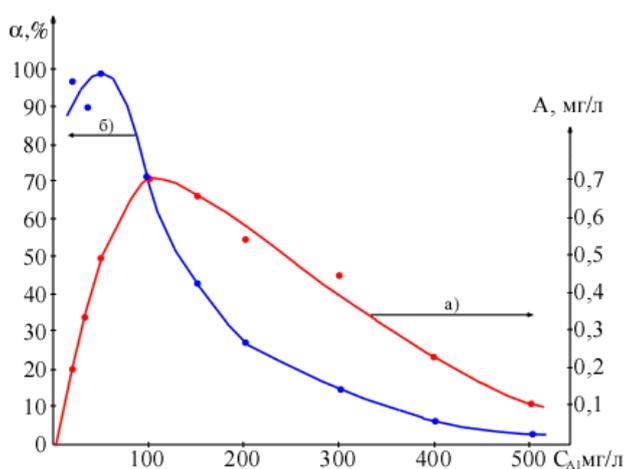


Рис. 1.7. – Изотерма извлечения алюминия углеродным сорбентом “Техносорб –1” (а) и зависимость степени извлечения алюминия от начальной концентрации раствора (б) при температуре 327 К

Следовательно, данное исследование показывает эффективность использования синтетического сорбента из углерода “Техносорб—1” для сорбционного удаления алюминия из сточных вод в статических условиях.

Также в этой области были проведены исследования по извлечению алюминия из загрязнённых вод с использованием отходов различных производств: золы, ферритизированных шламов [22]. Такие технологии позволяют очищать сточные воды гальванических производств до 95—99%.

Специфическим сорбентом алюминия из бытовых и промышленных стоков может выступать гранулированный магнитный поли-2-гидроксиэтил-метакрилат, на который нанесен ализариновый желтый, способный селективно связываться с катионами Al^{3+} [23].

Как показывает исследование, сорбирование катионов алюминия из воды доходит до 97 – 99%. Максимальное поглощение достигается при pH равном 5. Данное исследование показывает, что данный сорбент может применяться для очистки промышленных сточных вод. Одной из особенностей данного сорбента является то, что за счет подвижности молекул, образующиеся при взаимодействии сорбента с катионами металлов, его поглощающая способность намного выше, чем у других аналогов. Другими словами, адсорбированные на поверхности молекулы комплекса проникают во внутренние поры сорбента, позволяя тем самым адсорбировать новую молекулу, что заметно повышает эффективность, а также скорость данного процесса.

Такую же высокую эффективность в очистке промышленных вод от ионов алюминия показали ионообменная смола *Iontosorb Oxin (IO)* и полигидроксоаминовая кислота [24].

Изучение данного вопроса показало, что более эффективными являются условия проведения при значениях pH в районе 5—8 и 4—9, при содержании алюминия 50—500 ppm и 150—500 ppm соответственно для полигидроксоаминовой кислоты и ионообменной смолы. Оптимальное количество сорбента 200 мг на 50 мл загрязнённой воды. Зависимость

поглощения алюминия (в %) от значения рН представлено на рисунке 1.8. Данный сорбент может поглощать из промышленной сточной воды алюминий в следующих видах: Al^{3+} , $[Al(OH)_2]^+$, $[Al(OH)_4]^-$, $Al(OH)_3$. При оптимальных условиях проведения процесса, очистка от алюминия составляет свыше 95 %.

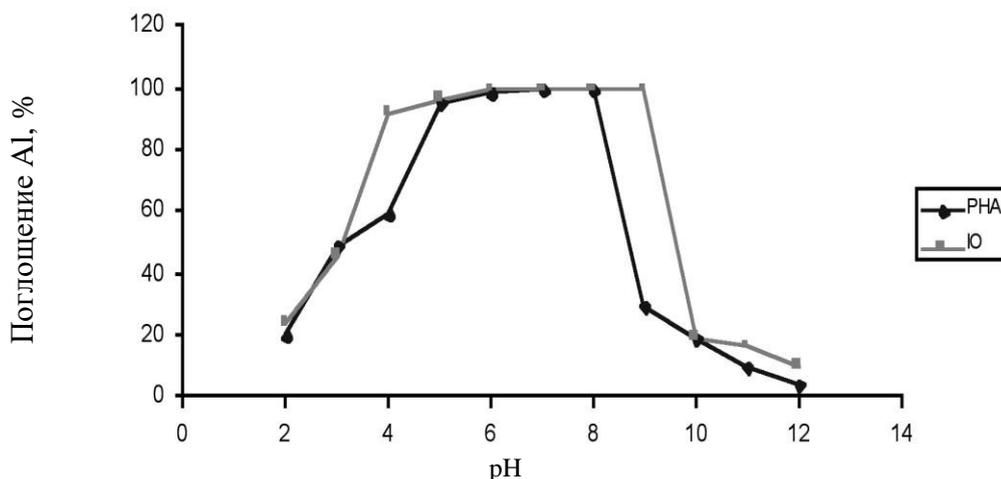


Рис. 1.8. – Зависимость поглощения алюминия от значения рН

1.3 Методы очистки промышленных сточных вод от соединений алюминия

Один из способов очистки промышленных сточных вод от алюминия описан в европейском патенте [25]. Но в данном патенте делается акцент на возможность восстановления алюминия из фильтрата в гидроксида алюминия. В таком случае фильтрат выступает не как отход производства, а как сырьё для дальнейшего получения алюминия с высокой добавленной стоимостью.

Полученный фильтрат высушивают при температуре в $105^{\circ}C$ в течение суток. Высушенный гидроксид алюминия можно использовать для нужд предприятия или продавать.

В другом источнике [26] предлагается следующий способ очистки сточных вод от алюминия. Этот способ включает в себя обработку воды фосфатом натрия в присутствии фибриллированных целлюлозных волокон (ФЦВ) из расчета 100 мас.ч. на 100 – 900 мас.ч. образующегося фосфата

алюминия. Есть возможность также проводить предварительную обработку сточной воды путем частичного осаждения ионов алюминия раствором гидроксида натрия с отделением образовавшегося осадка напорной флотацией, причем упомянутую предварительную обработку осуществлять в один или два последовательных приема.

Фибриллированные целлюлозные волокна, используемые в данном способе, и образующийся в процессе флотошлам имеют уникальные для флотационной технологии свойства. Образующиеся при реагентной обработке воды в межволоконных зазорах и порах пучков фибрилл нерастворимые частицы соединений металлов оказывают расклинивающее воздействие на эти пучки. Из чего следует, что количество фибрилл, способных быстро формировать флоккулы и затем хлопья, в дисперсии увеличивается, скорость образования флоккул, размеры хлопьев, а также суммарная емкость сорбента также значительно увеличиваются. Кроме того, структура и физические свойства упомянутых образований из волокон способствуют удержанию в них пузырьков воздуха, то есть эти волокна в системе работают еще и как флотоагент.

Полученный флотошлам представляет из себя композиционный материал, который состоит из волокон и крепко связанных с ними мелких частиц гидроксида алюминия, который после обработки может быть использован в различных областях промышленности.

Анализ показал, что после очистки промышленных сточных вод по данному методу, алюминий в ней отсутствовал полностью. Одной из особенностью данного метода является обеспечение возможности очищать сточные воды с любой встречающейся на практике концентрацией растворимых соединений алюминия, а также получения содержащих алюминий нерастворимых продуктов очистки с заданными характеристиками.

Фибриллированные целлюлозные волокна, используемые в данном методе, получают путем обработки целлюлозы в размольном аппарате. Способ их получения описан в источнике [27].

Ещё один метод очистки сточных промышленных вод от соединений алюминия описан в источнике [28]. В этом методе для очистки промышленных сточных вод от соединений алюминия производят обработку солями фосфорных кислот с последующим отделением образовавшегося осадка фильтрованием или в отстойниках. Патент на данный способ принадлежит ОАО «Нижекамскнефтехим», г. Нижнекамск, и был опубликован в 2001 г.

В качестве солей фосфорных кислот применяют триполифосфат натрия $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ (ТПФ), тринатрийфосфат Na_3PO_4 (ТНФ), пирофосфат натрия $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (ПФН), гексаметафосфат натрия $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$ (ГФН), триполифосфат калия $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_7$ (ПФК). Соли применяют в количестве, от 2 до 20 раз превышающем содержание остаточного алюминия.

Образовавшиеся плотные осадки нерастворимы в воде и легко отделяются фильтрованием через песчаные фильтры или в отстойниках.

Были проведены серия лабораторных опытов, результаты которых представлены в таблице 1.1. Видно, что после очистки таким способом, алюминий в сточных водах отсутствует.

Тем не менее, данный способ очистки сточных вод имеет и существенный недостаток, которым является возможность его использования лишь при низких концентрациях алюминия в сточной воде. При обработке воды с более высокой концентрацией алюминия, например 100 мг/л, и, соответственно, пропорционально большем количестве выделяемого осаданием фосфата алюминия осадок образует плохо отфильтровывающийся или не поддающийся обработке гидрозоль.

Таблица 1.1 – Результаты лабораторных опытов

Примеры	Осадитель	Условия осаднения		Концентрация осадителя, мг/дм ³	Концентрация алюминия, мг/дм ³	
		Т °С	рН		До очистки	После очистки
1	ТНФ	5	6,5	6,3	0,97	ОТС
2	ТНФ	25	6,7	7,7	0,92	ОТС

Продолжение таблицы 1.1

3	ТНФ	5	7,0	5,4	0,6	ОТС
4	ТПФ	10	7,2	4,8	0,6	ОТС
5	ТПФ	10	8,0	7,2	1,2	ОТС
6	ТПФ	25	8,5	5,6	0,5	ОТС
7	ПФК	10	7,5	7,0	1,0	ОТС
8	ГФК	15	8,0	7,5	1,4	ОТС
9	ПФК	15	7,5	7,4	0,8	ОТС

Для повышения степени очистки возвратного конденсата алюминиевого производства с содержанием алюминия 20 – 2600 мкг/кг используется данный способ, но включающий в себя обработку кислотой и отделение образующегося осадка, отличающийся тем, что, обработку ведут серной кислотой до рН 5,50 — 6,24 и дозой 0,2 0,3 мг·экв/кг конденсата. Данный метод обеспечивает высокую очистку для вод с содержанием алюминия 20 – 2600 мкг/кг. Патентом на данный способ, который был опубликован в 1997 году, обладает Государственный Уральский научно – исследовательский и проектно – изыскательский институт "Уралтеплоэлектропроект".

Очистка производственных сточных вод данным методом осуществляется по следующей схеме: подача серной кислоты для осаждения алюминия в трубопровод с помощью дозатора с последующим отстаиванием или фильтрацией обработанной воды на механическом фильтре и обессоливании на Н–ОН -ионитовых фильтрах.

Были проведены исследования в лабораторных условиях с целью нахождения оптимального значения рН для наиболее полного осаждения алюминия при коагуляции возвратного конденсата. Результаты исследования представлены в таблице 1.2.

По результатам исследования видно, что процесс коагуляции протекает наиболее эффективно при рН 5,5 – 6,24 и дозе H₂SO₄ 0,2 – 0,34 мг·экв/кг. При этом достигается практически полное осаждение алюминия.

Таблица 1.2 – Результаты опытов

Доза, мг · экв / кг	100 мг · экв /л Кол—во, мл	Опыт			
		1		2	
		рН	Остаточное соединение, мкг/кг	рН	Остаточное соединение, мкг/кг
0,02	0,10	7,30	225,0	7,3	237,0
0,05	0,25	7,12	228,0	7,13	219,0
0,10	0,50	6,85	75,0	6,86	87,5
0,14	0,70	6,60	12,5	6,60	40,0
0,20	1,00	6,24	След.	6,30	След.
0,30	1,50	5,71	След.	—	—
0,34	1,70	5,50	Не обнаружен	—	—

Для очистки промышленных сточных вод от взвешенных, эмульгированных, поверхностно—активных загрязняющих компонентов и солей жесткости могут быть использованы разработанные технологические решения на основе следующих блок – схем [29].

В технологическую блок – схему очистки промышленных сточных вод от соединений тяжелых и цветных металлов входят следующие стадии обработки (рисунок 1.9):

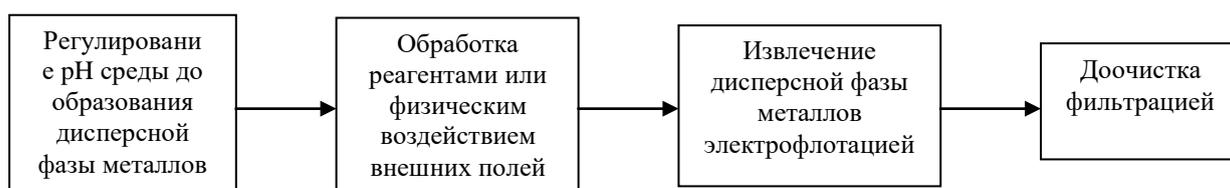


Рис. 1.9 – Блок – схема очистки сточных вод от соединений тяжелых и цветных металлов

Этот способ очистки промышленных сточных вод даёт возможность варьировать степень очистки сточных вод от взвешенных, эмульгированных, поверхностно—активных загрязняющих компонентов в зависимости от нормативов качества без существенного изменения аппаратного оформления процесса водоочистки.

Значительную роль в процессе очистки промышленных сточных вод играет выбор флокулянта. Например, высокую эффективность в очистке технологических стоков от катионов цветных и тяжелых металлов методом ионной флотации показал катионный флокулянт ВПК—402 отечественного производства в присутствии жирнокислотных собирателей [30]. Данный флокулянт представляет собой полимер диаллилдиметиламмонийхлорида и уже при низких концентрациях (до 5,0 мг/л) обеспечивает необходимые параметры очистки.

К тому же, известно, что при небольших концентрациях загрязнений, водоемы способны самоочищаться за счет присутствующих в них микроорганизмов и растений. Например, способностью очищать воду от органических соединений и накапливать в себе тяжелые металлы обладают водный гиацинт (эйхорния), аир тростниковый, циперус очереднолистный, камыш озерный и лесной, рогоз узколистый и широколистный. По этому вопросу были проведены исследования [31] по изучению способности наяды мелкозубчатой очищать воду от присутствующих в ней металлов – железа, цинка, меди, никеля и алюминия.

Наяда мелкозубчатая – это вечнозеленое растение с тонкими ломкими ветвистыми стеблями, с расположенными на них узколинейными листьями светло-зеленого цвета. Листовая пластинка достигает 1,5 – 2,0 мм ширины и 25 – 30 мм длины. Неприхотливое и при этом легко размножающееся вегетативно растение – новые растения быстро формируются из небольших фрагментов побега. Может существовать как в толще воды, так и в укорененном виде, закрепляясь в грунте с помощью нитевидных корней белого цвета.

Объектом исследования были образцы сточных вод после первичного отстойника очистных сооружений МП «Самараводоканал»; а также фитомасса наяды мелкозубчатой. Забор образцов воды производился в весенне—летний период 2010 г. (март—июнь). В исследуемых образцах сточных вод определяли содержание металлов – железа, цинка, меди, никеля, алюминия – методом атомно-эмиссионной спектрометрии.

Исследовали динамику поглощения вышеуказанных металлов фитомассой наяды мелкозубчатой из образцов сточных вод. Экспозиция фитомассы в образцах сточных вод составляла 12 часов. Отбор проб воды производили с интервалом 3 часа. Содержание фитомассы в сточной воде – 5 и 10 г/л.

В отобранных образцах сточных вод диапазон исходных концентраций металлов был следующим: железо (общее) – 0,257–0,672 мг/л; цинк – 0,0611–0,1010 мг/л; медь – 0,0110–0,0520 мг/л; никель – 0,0026–0,0042 мг/л; алюминий – 0,1680–0,4090 мг/л. Динамику поглощения алюминия наядой мелкозубчатой приведена на рисунке 1.10.

Полученные результаты показывают возможность и целесообразность использования наяды мелкозубчатой для проведения доочистки сточных вод, содержащих железо, цинк, медь, никель, алюминий.

Подобные исследования проводились и за рубежом. Например, в Испании были проведены исследования, которые показали, что некоторые морские водоросли также способны поглощать ионы алюминия из сточных вод [32]. Были испытаны морские водоросли *Cystoseira baccata* с Галисийского побережья, которые являются серьезной проблемой для рыболовной промышленности и туристического бизнеса.

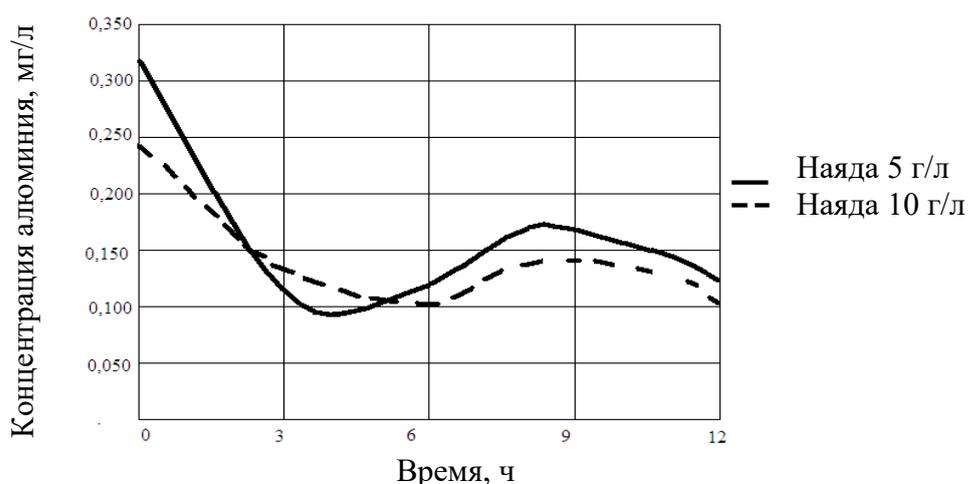


Рис. 1.10 – Динамика поглощения алюминия наядой мелкозубчатой

Исследование показало, что предложенный биосорбент способен поглощать свыше 80 % содержащегося в воде алюминия. Предпочтительно значение рН среды равно 4. Также установлено, что поглощенный алюминий может быть легко десорбирован.

Процессы биосорбции в настоящее время приобретают все большую популярность, так как при применении натуральных сорбентов для очистки сточных вод от ионов алюминия, не образуется токсичных отходов и шлама, представляющие собой серьезную экологическую опасность, но данные способы достаточно специфичны и пока не применяются в промышленности. В основном, это связано с трудностью получения достаточного количества сорбента, необходимого для очистки сточных вод в промышленных объемах.

Таким образом, проанализировав литературные источники, можно выделить основные методы очистки сточных вод от катионов алюминия такие как электрохимические методы очистки, которые обеспечивают извлечение катионов металлов Al^{3+} , Sn^{2+} , Cu^{2+} и др. Также разработана установка электрофлоккоагуляционной очистки, которая предполагает обезвреживание производственных сточных вод от вредных неорганических и органических примесей перед поступлением в наружную канализационную сеть и водоемы. Кроме того в литературе представлен ряд разнообразных фильтров, которые показали свою эффективность при очистке сточных вод, в том числе и от ионов алюминия. При этом фильтры могут быть произведены в различных конфигурациях, что делает возможным их использование в устройствах различной конструкции.

Вместе с этим, использование описанных в литературе способов очистки сточных вод в промышленном масштабе практически всегда экономически нецелесообразно. Из чего следует, что к решению подобных проблем нужно подходить не только с позиций исследования новых способов и создания устройств для очистки образующихся в большом количестве сточных вод, но и с позиций оптимизации работы основного (реакторного) и вспомогательного (смесительного, теплообменного) оборудования. В этом вопросе хорошо

зарекомендовал себя метод гидродинамического моделирования с использованием, созданных на физико-химической основе гидродинамических моделей, для оптимизации технологических параметров проведения процесса и в частности, алкилирования, а также режимы работы основных аппаратов химико – технологической системы в целом.

2 Объекты и методы исследования

Объектом исследования является действующая установка алкилирования бензола этиленом на одном из нефтехимических предприятий России. Отделение производства этилбензола входит в состав цеха по производству этилбензола, стирола, полистирола. Производство предназначено для получения этилбензола-ректификата.

Поскольку основной стадией производства является процесс алкилирования, то в дальнейшем подробнее будем рассматривать только отделение алкилирования бензола.

Основным методам исследования являются гидродинамическое моделирование, с использованием программного обеспечения Comsol Multiphysics.

Интерфейс используемой моделирующей программы представлен на рисунке 2.1.

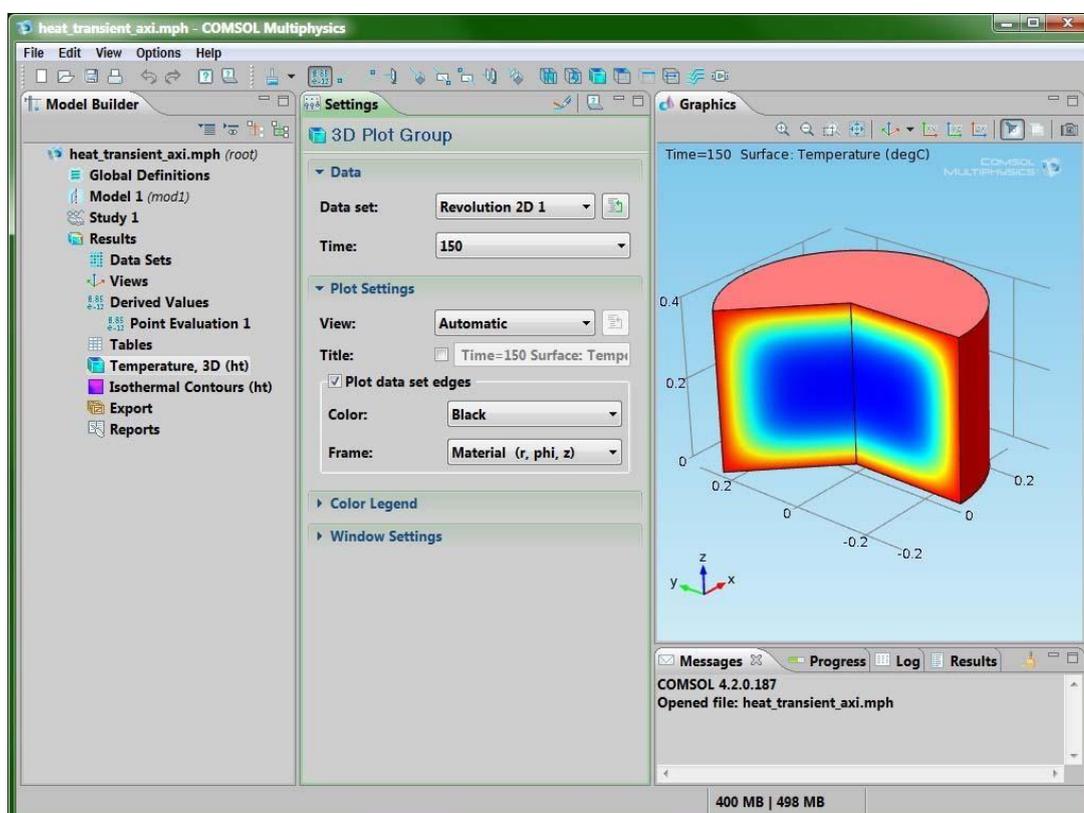


Рис. 2.1 – Интерфейс программы моделирования

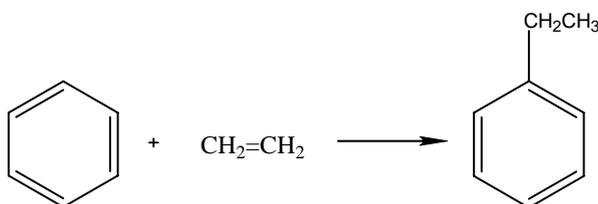
2.1 Химизм процесса алкилирования и механизм реакций

Алкилирование ароматических углеводородов – сложный и многостадийный процесс, который состоит из ряда взаимосвязанных реакций: алкилирование, изомеризация, диспропорционирование, переалкилирование, полимеризация и др.

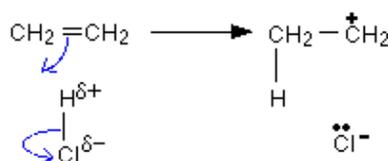
В качестве катализаторов процесса алкилирования могут быть использованы протонные и апротонные кислоты Льюиса. Апротонные кислоты широко применяют при алкилировании бензола олефинами и спиртами. Активность, селективность и стабильность катализатора находятся в сложной зависимости от температуры, давления, природы и структуры алкилирующих агентов и т.д. [33].

Механизм электрофильного замещения по Фриделю – Крафтсу является классическим примером. На его основе был предложен промышленный способ производства этилбензола, который заключается в использовании в качестве катализатора смеси хлорида алюминия и соляной кислоты (AlCl_3 и HCl).

Основная химическая реакция, которая при этом протекает:



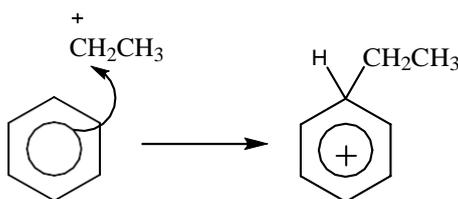
Данная схема является общей, более подробно превращения можно представить в следующем виде:



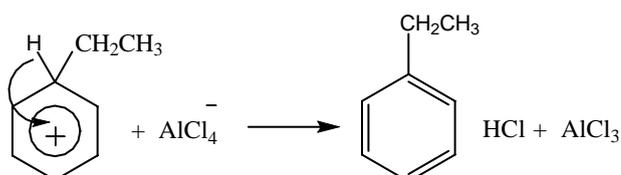
Первоначально происходит формирование электрофильной частицы при взаимодействии олефина с соляной кислотой. Образовавшийся же в ходе данной реакции галоген-ион вступает немедленно во взаимодействие с хлоридом алюминия с образованием AlCl_4^- . Данная реакция препятствует образованию хлоралкана.

Далее процесс протекает по двухстадийной схеме:

Первая стадия:



Вторая стадия:



Атом водорода отщепляется ионом AlCl_4^- , который образуется одновременно с образованием электрофильной частицы. Катализатор AlCl_3 и HCl регенерируются на второй стадии процесса [34].

Таким образом, реакция алкилирования протекает по сложному многомаршрутному механизму. Долевое участие отдельных направлений зависит от природы катализаторов, алкилирующих агентов и растворителей, соотношения компонентов и условий проведения реакции, структуры образующихся комплексов и других факторов. Следовательно, управлять процессом можно, меняя указанные условия.

2.2 Катализатор и технологическая схема отделения алкилирования

Используемый катализатор в процессе алкилирования

Отделение алкилирования предназначено для получения нейтральной реакционной массы, представляющей собой смесь: бензол, этилбензол, полиалкилбензол. Полученная в отделении алкилирования реакционная масса перерабатывается в отделении ректификации.

Краткая характеристика сырья, материалов и реагентов представлена в таблице 2.1 [35].

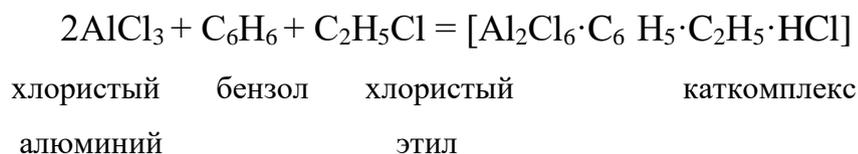
Таблица 2.1 – Характеристика сырья, материалов и реагентов

Наименование материалов, веществ	Нормативный документ	Физико-химические свойства	Область Применения или назначение
1. Бензол нефтяной	ГОСТ 9572-93	Молекулярный вес — 78,108. $T_{\text{кип}} = (+80,1^{\circ}\text{C})$ при 760 мм рт. ст. $T_{\text{пл}} = (+5,533^{\circ}\text{C})$. Плотность при 20°С — 0,878—0,880 Прозрачная жидкость, не содержащая посторонних примесей.	Сырье для получения этилбензола
2. Этилен	ГОСТ 25070-87	Молекулярный вес — 28,052. $T_{\text{кип}} = (-103,71^{\circ}\text{C})$ при 760 мм рт.ст. $T_{\text{пл}} = (-169,15^{\circ}\text{C})$. Бесцветный горючий газ.	Сырье для получения этилбензола
3.Алюминий хлористый "безводный — технический"	ТУ 6-01-2-88	Молекулярный вес — 33,34. Твердый продукт в виде порошка или более крупных частиц от белого до серовато—белого или слабо—желтого цвета.	Катализатор
4. Этил хлористый технический	ГОСТ 2769-92	Молекулярный вес — 64,514. $T_{\text{кип}} = (12,27^{\circ}\text{C})$. $T_{\text{пл}} = (-138,3^{\circ}\text{C})$. $T_{\text{всп}} = (-50^{\circ}\text{C})$ $T_{\text{самовоспл}} = (-494^{\circ}\text{C})$ Бесцветный газ тяжелее воздуха.	Инициатор

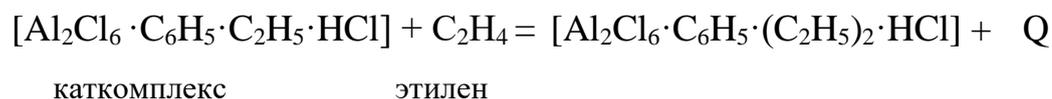
Алкилирование бензола этиленом протекает в три этапа:

- приготовление каталитического комплекса;
- алкилирование и обработка несконденсированных газов;
- водная отмывка и нейтрализация алкилата.

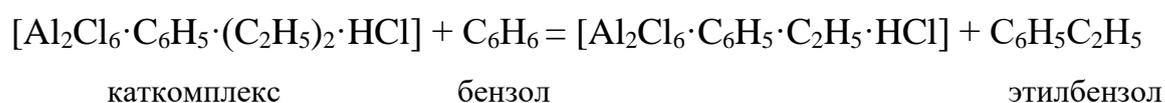
Свежий каталитический комплекс готовится из хлористого алюминия и хлористого этила в смеси бензола с моно- или полиалкилбензолами (ПАБ), содержание влаги должно быть не более 0,006%:



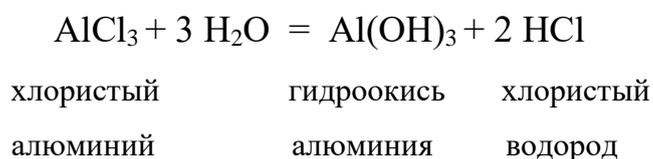
Алкилирование бензола этиленом производится в алкиляторе при температуре 110 – 135°С и при давлении 0,5 – 3,0 кгс/см². Поступающий в алкилятор катализаторный комплекс взаимодействует с этиленом:



Далее происходит реакция обмена между тройным комплексом и бензолом с образованием этилбензола:



Алкилат содержит значительное количество катализаторного комплекса, поэтому он подвергается промывке оборотной водой с целью полного удаления остатка катализаторного комплекса. При смешении с водой происходит отщепление хлористого алюминия от углеводородной части комплекса и его гидролиз по реакции:



Технологическая схема отделения алкилирования

Принципиальная технологическая схема отделения алкилирования представлена на рисунке А.1 (приложение А).

Для приготовления катализаторного комплекса предназначен специальный аппарат мешалочного типа-реактор Пн-1. Приготовление катализатора производится по непрерывной схеме, для чего в реактор Пн-1 постоянно подается бензол, хлорэтил и хлористый алюминий.

Из реактора Пн-1 катализаторный комплекс через переливной (боковой) штуцер сливается в сборник Е-1б. В процессе приготовления катализаторного комплекса выделяется хлористый водород, который направляется в скруббер К-

34а, орошаемый оборотной водой. Кислая вода из скруббера сливается в отстойник E-116 [36].

В алкилатор K-3, через смесительную камеру, подается свежий и циркулирующий каткомплекс, бензол-конденсат, бензол и ПАБ их колонны K-31. Также через барбатер подается этилен. С верха колонны отводятся пары для последующей конденсации и возвращения в реактор бензола-конденсата [37].

Реакционная масса из алкилятора K-3, пройдя через систему теплообменников, поступает в отстойник E-11, в котором происходит отделение алкилата от каталитического комплекса.

Однако, поскольку после отстойника в алкилате все еще содержится большое количество каткомплекса, в смесителе Zulzer Пн-13 происходит его смешение с 3 объемами воды. Затем эта эмульсия направляется в отстойник E-14, где отделяется вода. Остатки соединений хлора отмываются в колонне K-15.

Для нейтрализации алкилата его смешивают с раствором щелочи в смесителе Пн-19. После чего смесь разделяют в отстойнике E20. Остатки щелочи вымываются водой в колонне K-21.

В последнем отстойнике E-22 отделяется промывочная вода и далее алкилат направляется в отделение ректификации для дальнейшей очистки.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В рамках данного раздела необходимо определить перспективность и успешность научно—исследовательского проекта, а также целесообразность его осуществления с финансовой точки зрения.

Для этого необходимо:

- определить потенциальных потребителей результатов исследования;
- определить последовательность выполнения проекта;
- выявить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы проекта;
- определить бюджет, который необходим на разработку проекта;
- оценить качество новой разработки и ее перспективность на рынке;
- оценить эффективность проекта.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование [42].

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. Для данного проекта целевым рынком являются предприятия нефтехимической отрасли, имеющие в своем составе установки по производству этилбензола.

Продуктом (результат НИР) – повышение эффективности процесса алкилирования в результате интенсификации процесса смешения реагентов с использованием нового смесительного оборудования.

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

Потенциальные потребители: крупные НПЗ, мини-НПЗ, проектные институты, высшие учебные заведения, зарубежные компании.

5.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего развития (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1 Повышение производительности труда пользователя	0,10	5	3	2	0,5	0,3	0,2
2 Удобство в эксплуатации	0,20	5	1	4	1	0,2	0,8
3 Энергоэкономичность	0,03	5	4	4	0,15	0,12	0,12
4 Надежность	0,14	5	4	5	0,7	0,56	0,7
5 Безопасность	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
Экономические критерии оценки эффективности							
1 Конкурентоспособность продукта	0,04	5	3	3	0,2	0,12	0,12
2 Уровень проникновения на рынок	0,06	4	5	4	0,24	0,3	0,24
3 Цена	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
4 Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
5 Послепродажное обслуживание	0,07	5	3	2	0,35	0,21	0,14
6 Срок выхода на рынок	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
Итого	1	52	41	40	4,21	3,0	3,54

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

,

где К – конкурентоспособность инженерного решения или конкурента;

В_i – вес показателя (в долях единицы); Б_i – балл i—го показателя

5.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта [29]. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта (табл. 5.2).

Таблица 5.2 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Экологичность технологии</p> <p>С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>С3. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление спроса на продукт</p>	<p>Повышение эффективности процесса алкилирования в результате интенсификации процесса смешения реагентов с использованием нового смесительного оборудования.</p>	<p>1.Разработка научного исследования</p> <p>2.Повышение квалификации кадров у потребителя</p> <p>3.Приобретение необходимого оборудования опытного образца</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Ограничение на экспорт технологии</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p>1.Модернизация технологии производства</p> <p>2.Изучение законодательной базы</p> <p>3.Сертификация продукции</p>	<p>1.Продвижение новой технологии с целью появления спроса</p> <p>2.Переориентирование производства на отечественный рынок</p> <p>3.Привлечение инвесторов</p> <p>4.Приобретение и/или проектирование более совершенного оборудования</p> <p>5.Повышение качества продукции</p>

5.4 Планирование управления научно-техническим проектом

Структура работ в рамках научного исследования

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 5.3)

Таблица 5.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
	7	Проведение экспериментов	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации	9	Построение гидродинамической модели	Бакалавр
	10	Оценка эффективности результатов	Руководитель, бакалавр
	11	Разработка социальной и экономической части по теме	Бакалавр, консультанты СО и ЭЧ
Составление ВКР	12	Составление пояснительной записки	Бакалавр

Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, представленный в таблице 5.4, 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 следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой [44]:

$$k = \frac{r}{\text{кал}}$$

где k – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; r – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; кал – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле [44]:

$$\text{кал} = \frac{\text{кал}}{\text{вых} + \text{пр}}$$

где кал – количество календарных дней в году; вых – количество выходных дней в году; пр – количество праздничных дней в году.

Таким образом:

$$\text{кал} = \frac{\text{кал}}{\text{кал} + \text{вых} + \text{пр}}$$

Таблица 5.4 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней	Продолжительность выполнения работ															
			февраль		март			апрель			май							
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
Разработка технического задания	Руководитель, бакалавр, консультанты ЭЧ, СО	1,2	■															
Патентный обзор литературы	Бакалавр	9,8		■														
Построение гидродинамической модели	Руководитель, бакалавр	21				■	■											
Оценка эффективности результатов	Руководитель, бакалавр	7						■	■									
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	5								■	■							
Разработка экономической и социальной части	Бакалавр, консультанты ЭЧ, СО	10										■	■					
Составление ВКР	Бакалавр	17														■	■	■

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
■	■	■	■

5.5 Бюджет научно—технического исследования

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

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

Расчет материальных затрат НТИ

Таблица 5.5 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бензол нефтяной (ГОСТ 9572-93)	л	300	350	400	480	480	480	144000	168000	192000
Этилен (ГОСТ 25070-87)	л	580	650	740	210	210	210	121800	136500	155400
Алюминий хлористый "безводный—технический" (ТУ 6-01-2-88)	кг	34	40	52	544	544	544	18496	21760	28288
Этил хлористый технический (ГОСТ 2769-92)	кг	11	13	16	1472	1472	1472	16192	19136	23552
Итого:								300488	345396	399240

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле

$$[44]: \quad Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расч}i} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов; $N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i –го вида; C_i – цена приобретения единицы i –го вида потребляемых материальных ресурсов; k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Материальные затраты данного НТИ представлены в таблице 5.5.

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Расчет стоимости специального оборудования для научных исследований приведен в таблице 5.6.

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{год} = C_{перв} / T_{ни},$$

где $C_{перв}$ – первоначальная стоимость, руб; $T_{ни}$ – время полезного использования, год.

Таблица 5.6 – Специальное оборудование для научных исследований.

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1.	Аппарат мешалочного типа-реактор	1	42000	2100
2.	Сборник 6,3 м ³	1	63000	3150
3.	Скуббер	2	52000	2600
4.	Отстойник 1 м ³	1	30000	1500
5.	Алкилатор 25 м ³	1	849000	42450
6.	Смеситель 5,5 м ³	1	81000	4050
7.	Отстойник 5 м ³	1	43000	2150
8.	Отстойник 25 м ³	1	124000	6200
9.	Смеситель Zulser	2	196000	9800
Итого				74000

Расчет заработной платы исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ и дополнительную заработную плату [44]:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} + T_p$$

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} + Z_{осн},$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Месячный должностной оклад работника [44]:

$$m \quad mc \quad np \quad d \quad p$$

где mc – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

np – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{mc});

d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

p – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Таблица 5.7 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зп}$, руб.
Руководитель	19390	2908,5	22298,5
Бакалавр	42659,5	6399	49058,5
Консультант ЭЧ	6324,6	948,7	7273,3
Консультант СО	8165,3	1224,8	9390,1

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	19390	2908,5
Бакалавр	42659,5	6399
Консультант ЭЧ	6324,6	948,7
Консультант СО	8165,3	1224,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Итого:	26846,2	

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [44]:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов k_{nr} допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НИИ составляют 135916 руб.

Формирование бюджета затрат научно исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 5.16.

Таблица 5.9 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	300488	345396	399240	табл. 5.5
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	74000	74000	74000	табл. 5.6
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	76539,4	76539,4	76539,4	табл. 5.7
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11481	11481	11481	табл. 5.7
5. Отчисления во внебюджетные фонды	26846,2	26846,2	26846,2	табл. 5.8
6. Накладные расходы	78296,7	85482	94097	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	489354,6	534262,6	588106,6	Сумма ст. 1-6

5.6 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как [44]:

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

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i – го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно – исследовательского проекта.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле [44]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i – го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i – го варианта исполнения разработки; b_i – балльная оценка i – го варианта исполнения разработки.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 5.10.

Таблица 5.10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{исп}i}$) определяется на основании интегрального показателя

ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле[44]:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}}$$

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица 5.11 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,991	0,996	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	4,6	4,6
3	Интегральный показатель эффективности	4,43	3,73	3,69
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,82	0,82

5.7 Выводы по разделу

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

6 Социальная ответственность

В данной научно-исследовательской работе проводится анализ технологии алкилирования бензола этиленом для оценки целесообразности проведения реконструкции смесительного устройства для снижения расхода хлорида алюминия.

Основой актуальной проблемой, возникающей, при эксплуатации установок получения этилбензола является образование большого количества загрязненных катионами алюминия сточных вод.

Целью работы является оценка, с использованием программного обеспечения Comsol Multiphysics, целесообразности проведения реконструкции смесительного устройства в технологии алкилирования для снижения расхода хлорида алюминия.

Рабочее место для выполнения экспериментальной части бакалаврской работы представляет собой компьютерный класс.

6.1 Производственная безопасность.

Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации установки производства этилбензола.

Возможные опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации установки производства этилбензола, перечислены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень опасных и вредных факторов при эксплуатации установки алкилирования.

ФАКТОРЫ	
Вредные	Опасные
1. Вредные вещества	1. Работа на высоте
2. Производственная вибрация	2. Термическое воздействие
3. Производственный шум	3. Воздействие электрического тока
4. Микроклиматические условия	4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов

Вредные вещества

При эксплуатации установки алкилирования бензола работник может сталкиваться с такими вредными веществами, как бензол, этил и другие.

Этилбензол — органическое вещество класса углеводородов с формулой C_8H_{10} . При нормальных условиях представляет собой бесцветную прозрачную горючую жидкость с характерным запахом, напоминающим бензин. Молекулярная масса 106.167 г/моль, температура плавления – 95 °С, температура кипения 136 °С. По степени воздействия на организм технический этилбензол относят к малоопасным веществам (4-й класс опасности по ГОСТ 12.1.007). Предельно допустимая концентрация паров этилбензола в воздухе рабочей зоны 150,0 мг/м³. Обладает общим токсическим действием. Вызывает поражение крови и кроветворных органов, раздражение слизистых оболочек [45].

Бензол – органическое химическое соединение, класса углеводородов с формулой C_6H_6 . При нормальных условиях представляет собой бесцветную прозрачную горючую жидкость с характерным запахом. Молекулярная масса 78,11 г/моль, температура плавления – 5,5 °С, температура кипения 80 °С. Бензол по степени воздействия на организм человека относится к веществам 2-го класса опасности по ГОСТ 12.1.005-88. Предельно допустимая концентрация его в воздухе рабочей зоны производственных помещений - 5 мг/м³. Пары действуют наркотически, вредно влияют на нервную систему, оказывают раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки глаз [46].

Этилен – органическое химическое соединение класса углеводородов, описываемое формулой C_2H_4 . При нормальных условиях представляет собой бесцветный горючий газ со слабым запахом. Молекулярная масса 28 г/моль, температура плавления – -169 °С, температура кипения – -103,7 °С. По степени воздействия на организм этилен относится к малоопасным веществам (4-й класс опасности по ГОСТ 12.1.007). Предельно допустимая концентрация этилена в воздухе рабочей зоны - 100 мг/м³ по ГОСТ 12.1.005 [47].

Хлорэтил (хлористый этил) – органическое химическое соединение, описываемое формулой C_2H_5Cl . При нормальных условиях представляет собой бесцветный легкосжижаемый газ со слабым характерным запахом, огнеопасен. Молекулярная масса 97 г/моль, температура плавления – 138,3 °С, температура кипения – 12,2 °С. Хлорэтил является мощным наркотическим средством, токсичен. ПДК в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.1313-03 50 мг/м³ (2-ой класс опасности по ГОСТ 12.1.007) [48].

Хлорид алюминия (хлористый алюминий) – соль алюминия и соляной кислоты, с химической формулой $AlCl_3$. При нормальных условиях представляет собой белые или бледно-желтые гигроскопичные твердые тела. Молекулярная масса 133,34 г/моль, температура плавления – 192 °С, температура кипения – 120 °С. При попадании пыли хлористого алюминия и влаги на ткани действует обжигающе, раздражает слизистые оболочки. Согласно ГОСТ 19433 относиться к 4 классу опасности [48].

Производственная вибрация и шум

Вредным фактором при эксплуатации установки производства этилбензола является шум и вибрация, источниками которого является как сама установка, так и различные сопутствующие оборудование (например, насосы).

Вибрация – физическое явление, механическое колебание машин и их элементов. Для вибрации характерна частота, амплитуда, колебательная скорость и колебательное ускорение. Практически любая промышленная установка характеризуется вибрационным воздействием на тело человека. И в зависимости от объема воздействия на организм она подразделяется на общую и локальную.

Общая вибрация приводит к ряду системных соматических нарушений вследствие постоянного воздействия. У работников промышленности наблюдается снижение защитной функции звеньев иммунитета, провоцируются сосудистые нарушения. Наиболее частым и характерным из

них является артериальная гипертензия, которая развивается в результате постоянного вибрационного воздействия механическими колебаниями с частотой более 50 Герц.

Шум — беспорядочное сочетание различных по силе и частоте звуков; может оказывать неблагоприятное воздействие на организм. Источником шума является любой процесс, вызывающий местное изменение давления или механические колебания в твердых, жидких и газообразных средах. Шум имеет определенную частоту, или спектр, выражаемый в герцах, и интенсивность — уровень звукового давления, измеряемый в децибелах.

Длительное воздействие шума на организм человека приводит к развитию утомления, нередко переходящего в переутомление, к снижению производительности и качества труда. Особенно неблагоприятно шум действует на орган слуха, вызывая поражение слухового нерва с постепенным развитием тугоухости. Как правило, оба уха страдают в одинаковой степени.

Неспецифическое воздействие шума обычно проявляется раньше, чем изменения в органе слуха, и выражается в нарушениях нервно—психической сферы в форме невротического и астенического синдрома в сочетании с вегетативной дисфункцией, сопровождающихся раздражительностью, общей слабостью, головной болью, головокружением, повышенной утомляемостью, расстройством сна, ослаблением памяти и др.

Требования по допустимому уровню звукового давления, звука и эквивалентных уровней звука выполняются в соответствии с [49]. Уровень шума в рабочей зоне установки по производству бензола не должен превышать 80 дБА .

Нормы объёма локальной вибрации регламентируются СанПиН 2.2.2.540—96. В таблице 6.2 предоставлены нормы вибраций для работников промышленности.

Таблица 6.2 – Допустимое суммарное время воздействия вибрации за смену в зависимости от величины превышения предельно допустимых уровней вибрации

Превышение допустимых уровней локальной вибрации		Допустимое суммарное время воздействия локальной вибрации за смену, мин
дБ	во сколько раз	
0	—	480
3	1,4	240
6	2	120
9	2,8	60
12	4	30

Микроклиматические условия

Так как установка по алкилированию бензола находится на открытом воздухе, то персонал, обслуживающий данную установку, будет подвергаться микроклиматическим условиям окружающей среды. Параметры нормы микроклиматических условий для работы в холодное время года устанавливаются СанПиН 2.2.4—548—96. Положение устанавливает комплекс гигиенических требований по режиму проведения работ в холодное время года на открытом воздухе или в закрытых необогреваемых помещениях. Основными моментами Положения являются следующие:

— работающие на открытом воздухе в холодное время года обеспечиваются комплектом средств индивидуальной защиты (СИЗ) от холода с учетом климатического региона (пояса). Во избежание локального охлаждения работающих следует обеспечивать рукавицами, обувью, головными уборами. При температуре воздуха ниже -40°C следует предусматривать защиту лица и верхних дыхательных путей;

— доставка к месту работы и с работы должна осуществляться в утепленном транспорте. Общее время, затрачиваемое на доставку работников к месту выполнения работ, в холодное время года не должно превышать одного

часа. Перевозка людей в транспортных средствах, не оснащенных системами автономного обогрева, не допускается;

— для периодического обогрева и отдыха работников предусматриваются помещения, оборудованные в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2.540—96;

— перерывы на обогрев могут сочетаться с перерывами на восстановление функционального состояния работника после выполнения физической работы. В обеденный перерыв работник должен быть обеспечен горячим питанием. Начинать работу на холоде следует не ранее чем через 10 минут после приема горячей пищи (чай и др.);

— допустимую продолжительность непрерывного пребывания на холоде и число 10—минутных перерывов на обогрев (за четырехчасовой период рабочей смены) применительно к выполнению работ следует определять в соответствии с климатическими условиями региона.

В положении могут быть включены и другие мероприятия, направленные на сохранение здоровья работников в холодное время года.

Опасные факторы при эксплуатации установки по алкилированию

Также, кроме воздействия на организм вредных факторов, существует угроза следующих производственных опасностей:

- возможность падения с высоты при обслуживании оборудования без использования стационарных средств (площадок, лестниц);
- поражение электрическим током при нарушении правил обслуживания электрооборудования, работающего под напряжением до 1000 Вольт;
- возможность взрыва и пожара при несоблюдении противопожарного режима;

- возможность разрушения оборудования и травмирования персонала при нарушении правил эксплуатации оборудования, работающего под давлением;
- удушье – как результат несоблюдения правил работы с газообразным азотом.

Меры, необходимые для защиты от вредных и опасных факторов

Во избежание вредного воздействия отравляющих химических веществ каждый работник должен использовать средства индивидуальной защиты, такие как костюм хлопчатобумажный для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с маслостойкой пропиткой; ботинки кожаные с жестким подноском; перчатки с полимерным покрытием; каска защитная; подшлемник под каску; очки защитные; маска или полумаска со смешанными фильтрами.

Для защиты органов дыхания применяются воздушно-изолирующие противогазы марки «РА—90 Plus» фирмы «Dräger» применяются в аварийных случаях, в случаях разливов, пропусков, проверки состояния оборудования в сильно загазованных помещениях и т.п.;

По защите от шума работников предприятия проводят следующие мероприятия [50]:

- рациональное архитектурно—планировочные решения зданий;
- применение ограждающих конструкций, обеспечивающих нормативную звукоизоляцию;
- применение звукопоглощающих облицовок;
- виброизоляцией инженерного и санитарно—технического оборудования зданий.

Для предупреждения неблагоприятного влияния локальной вибрации на организм работающих в организациях должны быть созданы кабинеты профилактики вибрационной патологии для проведения комплекса

физиотерапевтических процедур (тепловых гидропроцедур для рук, воздушного обогрева рук с микромассажем, массажа мышц плечевого пояса, гимнастики и др.).

Для исключения возможности возникновения взрывов, пожаров, ожогов, отравлений или удушья персонала, загрязнения окружающей среды необходимо:

- соблюдение норм технологического режима;
- соблюдение требований промышленной безопасности при подготовке и проведению предупредительного и планового ремонта оборудования;
- обеспечение исправного состояния и бесперебойной работы контрольно-измерительных приборов, систем автоматизации, сигнализации и блокировок; системы производственной вентиляции и противопожарной защиты;
- обеспечение герметичности оборудования, трубопроводов, арматуры;
- наличие заземления электрооборудования, аппаратов и трубопроводов;
- проведение газоопасных и огневых работ, работ повышенной опасности в соответствии с требованиями промышленной безопасности и перечня газоопасных работ.

Все работники отделения должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении специфики работы проходить дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров в порядке, установленном на предприятии.

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

В таблице 6.3 перечислены опасные и вредные производственные факторы при работе на ПК, согласно [52].

Таблица 6.3 – Перечень опасных и вредных факторов при эксплуатации установки алкилирования.

ФАКТОРЫ	
Вредные	Опасные
1. Вредные вещества	1. Электромагнитное излучение
2. Недостаточная освещенность	2. Электростатический заряд
3. Микроклиматические условия	3. Воздействие электрического тока

Вредные вещества

Наличие химических опасных и вредных факторов в помещениях с ЭВМ в основном обусловлено широким применением полимерных и синтетических материалов для отделки интерьера, при изготовлении мебели, ковровых изделий, радиоэлектронных устройств и их компонентов, изолирующих элементов систем электропитания. Технология производства ЭВМ предусматривает применение покрытий на основе лаков, красок, пластиков. При работе ЭВМ нагреваются, что способствуют увеличению концентрации в воздухе таких вредных веществ как:

- Бензол – данное вещество может привести к появлению онкологических заболеваний и развитию врожденных пороков
- Ксилол – при его накоплении в организме может развиваться почечная недостаточность.
- Тoluол, изооктан – эти вещества способствуют появлению сонливости, усталости, приводят к раздражению слизистых оболочек.
- Формальдегид – при регулярном контакте даже с небольшим количеством этого вещества могут развиваться сонливость, слабость, депрессия, головная боль.

Согласно приказу о прохождении медосмотров при наличии вредных факторов, людям, работающим за компьютером и подвергающимся вышеперечисленным вредным воздействиям необходимо проходить обследования в соответствии с [51].

Недостаточная освещенность

За счет рационального освещения помещений и рабочих мест обеспечивается снижение утомляемости работающих и повышается производительность труда. Нормы естественного освещения сводятся к нормированию коэффициента естественного освещения, которое определяется [54].

На рабочем месте, в компьютерном классе, освещение комбинированное, причем естественное освещение осуществляется через габаритное окно, что обеспечивает качественное освещение в течение всего рабочего периода без утомления глаз. Следует отметить, что зрительная система любого живого организма приспособлена наилучшим образом под естественное освещение.

Таблица 6.4 – Нормируемые показатели освещения

	Плоскость (Г—горизонтальная, В—вертикальная) нормирования освещенности и КЕО, %	
Высота плоскости над полом, м	В—1,0 (на экране дисплея)	Г—0,8 на рабочих столах и партах
Разряд и подразряд зрительной работы	Б—2	А—2
Искусственное освещение:		
Освещенность рабочих поверхностей, лк		
а) при комбинированном освещении	—	500/300
б) при общем освещении	200	400
Показатель дискомфорта, не более	—	15
Коэффициент пульсации освещенности %, не более	—	10
Естественное освещение, КЕО, e_n %:		
а) при верхнем	—	3,5
б) при боковом освещении	—	1,2
Совмещенное освещение КЕО, e_n %:		
а) при верхнем освещении	—	2,1
б) при боковом освещении	—	0,7

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) – это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным или после отражений), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода.

Микроклиматические условия

Согласно [55] рабочее помещение для категории тяжести работ 1а (энергозатраты до 139 Вт) температура воздуха должна быть в холодный период года не более 22-24°C, в теплый период года 20-25°C. Относительная влажность должна составлять 40-60%, скорость движения воздуха - 0,1 м/с . Для поддержания оптимальных значений микроклимата используется система отопления и кондиционирования воздуха. Для повышения влажности воздуха в помещении применяются увлажнители воздуха с дистиллированной или кипяченой питьевой водой.

Ионный состав воздуха должен содержать следующее количество отрицательных и положительных аэроионов; минимально необходимый уровень 600 и 400 ионов в 1 см³ воздуха; оптимальный уровень 3 000-5 000 и 1 500-3 000 ионов в 1 см³ воздуха; максимально допустимый - 50 000 ионов в 1 см³ воздуха [55].

Опасные факторы при работе на ПЭВМ.

При работе на ПК, согласно [56], опасными производственными факторами являются:

- повышенная нагрузка на зрение, которая может привести к снижению остроты зрения и заболеваниям глаз;
- возможность поражения электрическим током;
- электромагнитное и ультрафиолетовое излучение монитора;
- напряжение внимания и интеллектуальные нагрузки;

- длительная статическая нагрузка и монотонность труда.

Влияние опасных факторов приводит к ухудшению здоровья, появлению профессиональных заболеваний.

Электромагнитные излучения приводят к развитию функциональных расстройств (пагубное воздействие на нервную систему) и патологических состояний (головной боли, снижение работоспособности к концентрации внимания, снижение артериального давления, функциональные нарушения зрения, развитие катаракты, кожные заболевания).

Дополнительными факторами риска для работающих за компьютером являются напряжение опорно-двигательной системы, это создает большую статическую нагрузку на позвоночник и некоторые группы мышц, а также приводит к нарушениям нормального кровообращения в конечностях и области таза.

Ведущими компонентами трудового процесса при работе на компьютере служат однообразные многократно повторяющиеся нагрузки на верхние конечности и постоянное зрительное напряжение, особенно при необходимости моторно—зрительной координации, а также нервно—эмоциональное напряжение, стрессы, связанные с ответственностью за решение выполняемых задач.

Меры, необходимые для защиты от вредных и опасных факторов

Общие требования к организации режима труда и отдыха при работе с ПЭВМ прописаны в [57]. Защита от электромагнитного излучения компьютера:

1. Расположение монитора и системного блока на максимальном расстоянии от человека.
2. Выключение компьютера при длительном неиспользовании.
3. Рекомендуемое расположение монитора в углу, так что бы излучение поглощалось стенами.
4. Желательны частые перерывы во время работы.

Для защиты от попадания высокого напряжения на корпус оборудования используется заземление — преднамеренное электрическое соединение с землей металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Согласно статье 5 [58] в помещении предусмотрена система пожаровзрывобезопасности.

6.2. Экологическая безопасность.

Защита гидросферы

Вредное воздействие на гидросферу может оказывать химическое загрязнение водотоков в результате удаления неорганических и органических отходов в канализационную сеть населенных пунктов.

В таблице 6.5 перечислены вредные химические вещества, а также их содержание, которые утилизируются вместе со сточными водами [35].

Таблица 6.5 – Содержание загрязняющих веществ и их ПДК.

№ п/п	Загрязняющее вещество	Содержание, мг/дм ³	ПДК по СанПиН 2.1.4.1074—01, мг/дм ³
1	Нефтепродукты	0,3	0,3
2	Этилбензол	0,001	0,002
3	Бензол	0,01	0,01
4	Ароматические УВ	0,6	0,8
5	Катионы Al ³⁺	5 – 15	0,5

Кроме того сточные воды содержат взвешенные вещества – 4,45 мг/дм³. При этом на каждом объекте проводится контроль содержания загрязняющих веществ и их соответствия ПДК. Проводятся мероприятия по предупреждению ситуаций, которые могут повлечь за собой выбросы вредных веществ в сточные воды.

Защита атмосферы

На атмосферу могут оказывать воздействие вредные вещества, которые выделяются или используются во время эксплуатации установки по производству этилбензола.

В таблице 6.6 перечислены вредные химические вещества, а также их содержание, которые утилизируются в атмосферу [35].

Таблица 6.6 – выбросы в атмосферу загрязняющих веществ и их ПДК.

№ п/п	Загрязняющее вещество	ПДК атмосферного воздуха, мг/м ³	Предельный валовый выброс, г/с
1	Толуол	0,6	0,002
2	Этилбензол	0,02	0,697
3	Бензол	0,1	1,241
4	Стирол	0,003	0,0212
5	Соляная кислота	0,2	0,0425

Кроме того, на каждом объекте проводится контроль содержания в воздухе паров вредных веществ и их соответствия ПДК. Проводятся мероприятия по предупреждению ситуаций, которые могут повлечь за собой выбросы вредных веществ в атмосферу.

6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.

Ошибочные действия сотрудников завода могут привести к антропогенным чрезвычайным ситуациям (ЧС). Самыми распространенными ЧС являются пожар и взрыв.

Пожар возникает в результате нерегламентированного хранения и транспортирования взрывчатых веществ, легковоспламеняющихся жидкостей, химических веществ, переохлажденных и нагретых жидкостей. При взрывах поражающий эффект возникает в результате воздействия осколков разрушенной конструкции.

Также антропогенным ЧС на заводе является взрыв. Часто связано с разгерметизацией систем повышенного давления. Разрушение или разгерметизация систем повышенного давления в зависимости от физико—химических свойств рабочей среды может привести к появлению одного или комплекса поражающих факторов:

- ударная волна;
- возгорание зданий, материалов и т.п.;
- химическое загрязнение окружающей среды.

Для исключения возможности возникновения взрывов и пожаров, что приведёт к загрязнению окружающей среды, необходимо:

- соблюдение норм технологического режима;
- соблюдение требований промышленной безопасности при подготовке и проведению предупредительного и планового ремонта оборудования;
- обеспечение исправного состояния и бесперебойной работы контрольно-измерительных приборов, систем автоматизации, сигнализации и блокировок; системы производственной вентиляции и противопожарной защиты;
- обеспечение герметичности оборудования, трубопроводов, арматуры;
- проведение газоопасных и огневых работ, работ повышенной опасности в соответствии с требованиями промышленной безопасности и перечня газоопасных работ;

Все работники отделения должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении специфики

работы проходить дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров в порядке, установленном на предприятии.

Оперативная часть плана ликвидации возможных аварий предусматривает способы оповещения об аварии, выхода людей из опасных зон, включение систем пожаротушения. План ликвидации аварий изучает весь персонал, а также работники спасательной станции и пожарной части.

Анализ вероятных ЧС, которые могут при проведении исследований.

Производственная авария

Под производственной аварией понимают внезапную остановку работы или нарушение процесса производства, приводящую к повреждению или уничтожению материальных ценностей.

Опасность на объекте реализуется в виде химических аварий. Химической аварией называется авария на химически опасном объекте, сопровождающаяся проливом или выбросом опасных химических веществ, способная привести к гибели или химическому заражению людей, продовольствия, пищевого сырья и кормов, сельскохозяйственных животных и растений или к химическому заражению окружающей природной среды. При химических авариях вредные вещества распространяются в виде газов, паров, аэрозолей и жидкостей.

Аварии могут возникать в результате стихийного бедствия, а также нарушения технологического регламента, правил эксплуатации машин, оборудования и установленных мер безопасности.

Все объекты предприятия оснащены автоматической системой звукового оповещения в случае возникновения внештатных ситуаций. Кроме того, каждый объект оснащен ручными пожарными извещателями. При возникновении опасных ситуаций, каждый сотрудник должен действовать в соответствии с технологическим регламентом, где прописан порядок действия в тех или иных ситуациях.

6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Специальные правовые нормы трудового законодательства.

При работе на химическом производстве работник подвергается многим вредным и опасным факторам. В связи с этим, сотрудникам, контактирующим с химическими веществами, предоставляется два раза в год оплачиваемый отпуск. Это позволяет избежать различных профессиональных заболеваний, сохранять и поддерживать работоспособность. Каждому сотруднику химического производства бесплатно выдаются специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты, а также смывающие и (или) обезвреживающие средства.

Одной из гарантий реализации права работников на здоровые и безопасные условия труда является государственный надзор за охраной труда. Государственный надзор осуществляет контроль за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, включая нормы и требования охраны труда, во всех организациях на территории Российской Федерации осуществляют органы федеральной инспекции труда. Ведомственный надзор за охраной труда осуществляется вышестоящими органами управления в отношении и включает в себя проверку выполнения требований безопасности и гигиены труда.

Основными задачами специалистов по охране труда являются обеспечение безопасного и надлежащего санитарного состояния оборудования и рабочих мест; проведение инструктажа по охране труда.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

Для комфортного выполнения на рабочем месте необходимо соблюдать следующие процедуры: технологический перерыв и проветривание.

Технологические перерывы устанавливаются для обеспечения нормального трудового процесса с целью предотвращения нежелательных перегрузок работников, их повышенной утомляемости. Для поддержания микроклиматических норм и санитарных следует проводить проветривания рабочего места при отсутствии работников. Также для сотрудников химического производства должна быть комната психологической разгрузки, для улучшения трудового процесса. Комнаты психологической разгрузки должны размещаться вблизи от рабочих мест на расстоянии не более 500 м.

Одним из основных требований должна быть полная изоляция от производственных источников шума, вибрации и излучения. При невозможности полной изоляции нужно ограничить время работы с вредным фактором.

6.5 Выводы по разделу

Проанализировав условия труда на объекте исследования и рабочем месте, где была разработана бакалаврская работа, можно сделать вывод, что объект исследования и рабочее место удовлетворяет необходимым нормам и в случае соблюдения техники безопасности и правил пользования компьютером работа в данном помещении не приведет к ухудшению здоровья работника.

Во избежание негативного влияния на здоровье объекта исследования необходимо использовать индивидуальные средства защиты, а при работе с ЭВМ делать перерывы и проводить специальные комплексы упражнений для глаз.

Список использованных источников

- 1 Занько Н. Г., Безопасность жизнедеятельности: учебник / Н. Г. Занько, К. Р. Малаян, О. Н. Русак ; под ред. О. Н. Русака. — 13—е изд., испр. — СПб. ; М.: Лань, 2010 (Архангельск). — 671 с.
- 2 Сайт. Информационно—справочный портал о медицине «Мед—инфо». — Режим доступа: <http://www.medinfo.ru/mednews/7590.html>, вход свободный.
- 3 Сайт. Информационно—справочный журнал «The Chemical Journal». — Режим доступа: <http://tcj.ru/>, вход свободный.
- 4 Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: учеб. для вузов — 4—е изд., перераб. и доп. / Н.Н. Лебедев. — М.: Химия, —1988. — 592 с.: ил.
- 5 Способ получения этилбензола: патент Рос. Федерация № 2267476; заявл. 20.09.04; опубл. 10.01.06, Бюл. № — 5 с.
- 6 Справочник нефтехимика. Том 2 / под ред. С.К.Огородникова. — Л: Химия, 1978. С.100—103.
- 7 Способ получения изопропилбензола: патент Рос. Федерация № 247717; заявл. 21.10.11; опубл. 20.03.11, Бюл № — 8 с.
- 8 Фам Т.Х. Моделирование и оптимизация совмещенных реакционно— ректификационных процессов: Автореф. дис. к—та техн. наук. — М., 1997. — 18 с.
- 9 Promoters for controlling acidity and pore size of zeolite catalysts for use in alkylation: патент США № 0255397 A1, заявл. 24.06.2008; опубл. 16.10.2008, Бюл № — 9 с.
- 10 M. Han. Study on the alkylation of benzene with propylene over H β zeolite // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical — 2003. — P 175—184.
- 11 J. Fu. Study on alkylation of benzene with propylene over MCM—22 zeolite catalyst by in situ IR // Catalysis Communications— 2005. — №6. — P 770—776.

12 Герзелиев, И.М. Синтез этилбензола на цеолитных катализаторах/ И.М. Герзелиев [и др.] // Нефтехимия. – 2009. – Т. 49, № 1. — С. 62—68.

13 Каталитическая композиция и способ трансалкилирования ароматических углеводородов: патент Рос.Федерация № 2351393, опубл.15.12.2003. опубл. 27.01.2006, Бюл № – 25 с. 67.

14 Intrinsic kinetics of the alkylation of benzene with propylene over beta zeolite catalyst. Kinet. Catal. 2001, 42(4), pp. 533 – 538.

15 Чубенко, М. Н. Разработка технологий очистки производственных стоков с утилизацией соединений меди и цинка : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.17.01 / Чубенко Мария Николаевна ; Иван. гос. хим.—технол. ун—т. — 2004. — 18 с.

16 Никитина, Т. В. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов композиционными фильтрами / Т. В. Никитина, Н. А. Собгайда, Л. Н. Ольшанская // Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология. Доклады 5—й Международной конференции «Композит — 2010». — Саратов, 2010. — С. 446—448.

17 Сайт. Информационно—справочный портал о системах водоподготовки и очистки сточных вод «Медиана—фильтр». – Режим доступа: <http://mediana—eco.ru/information/electrochem>, вход свободный.

18 Мовчан С.И. Усовершенствование технологии обработки сточных вод гальванического производства // Науковий вісник будівництва. – 2010. – № 60 – С. 291–295.

19 Ильин В.И. Новые технические решения электрохимической очистки сточных вод от соединений цветных металлов // Экология промышленного производства. – 2012. — № 4. – С. 62– 65.

20 Буренин, В. В. Очистка производственных сточных вод от загрязняющих примесей [Текст] / В.В. Буренин // Безопасность жизнедеятельности. — 2010. — № 2. — С. 15—20.

21 Цибулько А.А., Цибулько Т.Ю. и др. Закономерности извлечения растворимых в воде металлов углеродным сорбентом Техносорб. Извлечение алюминия // Вестник омского университета. – 1998. – № 4. – С. 26–28.

22 Подольская, З. В. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием гальваношламов / З. В. Подольская, В. В. Семенов, М. В. Бузаева, Е. С. Климов.: // Доклады 4 — ой Международной научной конференции. — Шарм Эль Шейх, 2009. — С. 51—52.

23 Adil Denizli, Ridvan Say, Erhan Piskin. Removal of aluminium by Alizarin Yellow—attached magnetic poly—(2 hydroxyethyl methacrylate) beads // Reactive and Functional Polymers. – 2003. – № 66. – P. 99–107.

24 Mohamad Nasir Orthman, Md. Pausi Abdullah, Yang Abd. Aziz. Removal of aluminium from drinking water // Sains Malaysiana. – 2010. – № 39 (1). – P. 51–55

25 Пат Eu EP1266866 A1// Treatment of aluminium containing waste waters / Henrik Olsson, Anders Gylling et al.; № 2017225 A2l; Заявлено 4.06.2008; Оpubл. 21.01.2009;

26 Пат RU(11) 2468997(13) C1, 2001 // Способ очистки сточных вод от ионов алюминия / Мазитов Леонид Асхатович; № 2468997; Заявлено 06.09.2011; Оpubл. 07.12.2012; НКИ 24 – 4с.

27 Пат RU(11) 2472890(13) C1, 2001 // Способ получения фибриллированных целлюлозных волокон / Мазитов Леонид Асхатович; № 2472890; Заявлено 11.08.2011; НКИ 24 – 4с.

28 Пат RU(11) 2164895(13) C2, 2001 // Способ очистки сточных вод от соединений алюминия / Еганова Л.С., Карманов А.Н и др; № 2164895; Заявлено 21.06.1999; Оpubл. 10.04.2001; НКИ 21 – 2001 – 5 с.

29 Ильин В.И. Разработка технологических решений по очистке промышленных сточных вод до предельно допустимых концентраций // Экология промышленного производства. – 2011. — № 1. – С. 66–68.

30 Зосин А.П., Приймак Т.И., Маслбоек В.А., Сулименко Л.П., Алеев Н.Г. Разработка режимов очистки технологических стоков от катионов цветных

- и тяжелых металлов методом ионной флотации с применением флокулянта ВПК—402 // Экология промышленного производства. – 2007. – № 3. – с. 24–28.
- 31 Быкова Г.С., Шаталаев И.С. и др. Доочистка загрязненной металлами воды наядой мелкозубчатой // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010, № 1–8. – С. 2100–2103.
- 32 Pablo Ladeiro, Angel Gudina, Luz Herrero. Aluminium removal from wastewater by refused beach cast seaweed. Equilibrium and dynamic studies // Journal of Hazardous Materials. – 2010. – № 178. – P. 861–866.
- 33 Тимофеев В.С. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: учебное пособие для вузов / В.С. Тимофеев, Л.А. Серафимов. – 2—е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2003. – 536 с.
- 34 Сайт. Chemguide. Helping you to understand chemistry. – Режим доступа: www.chemguide.co.uk, вход свободный.
- 35 Технологический регламент производства этилбензола цеха 126/127 ОАО «АЗП»
- 36 Технологическая инструкция по эксплуатации отделения алкилирования и приготовления катализаторного комплекса производства этилбензола цеха 126/127 ОАО «АЗП»
- 37 Бесков В.С., Флокк В. Моделирование каталитических процессов и реакторов.– М: Химия, 1991. – 256 с.
- 38 Сайт. COMSOL Inc. – Режим доступа: www.comsol.ru, вход свободный.
- 39 Франк—Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1987. – 502 с.
- 40 Чижиумов С. Д. Основы гидродинамики : Учебное пособие / С. Д. Чижиумов. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2007. – 106 с.
- 41 Коркодинов Я. А. Обзор семейства $k - \varepsilon$ моделей для моделирования турбулентности / Пермский национальный исследовательский политехнический университет, режим доступа: <http://vestnik.pstu.ru>

- 42 Туровец О.Г. Вопросы экономики и организации производства в дипломных проектах. М.: Высш. шк., 1988. – 98 с.
- 43 Волкова Л. Методика проведения SWOT-анализа [Электронный ресурс] // URL: http://m-arket.narod.ru/S_StrAn/SWOT.html.
- 44 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Креницына З.В., Видяев И.Г.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
- 45 ГОСТ 9385-2013 Этилбензол технический. Технические условия
- 46 ГОСТ 9572-93. Бензол нефтяной. Технические условия.
- 47 ГОСТ 25070-87. Этилен. Технические условия.
- 48 ГОСТ 2769-92 . Хлорэтил. Технические условия.
- 49 ГОСТ 3759-75 Реактивы. Алюминий хлористый 6-водный. Технические условия.
- 50 СН 2.2.4/2.1.8.562-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.
- 51 ГОСТ 12.0.004-90 "Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения"
- 52 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
- 53 Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".
- 54 СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
- 55 СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений».
- 56 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

57 СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

58 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности № 123-ФЗ

