

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

18.03.02 «Энерго-, ресурсосберегающие процессы в химической
технологии,

нефтехимии и биотехнологии»
(код и наименование направления подготовки)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: **Модернизация системы очистки отходящих газов в процессе
дегидрирования изобутана на ООО «Тольяттикаучук»**

Студент (ка)

С.Ю. Наумов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

З.А. Шамугия

(И.О.Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите
Заведующий кафедрой
«Рациональное
природопользование
и ресурсосбережение»

к.п.н., доцент М.В. Кравцова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2016г.

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой «РПиР»

(подпись) М.В.Кравцова
(И.О. Фамилия)
« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
на бакалаврскую работу

Студент: Наумов Сергей Юрьевич

1. Тема: Модернизация системы очистки отходящих газов в процессе дегидрирования изобутана на ООО «Тольяттикаучук»
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 04.06.2015
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Рабочие материалы ООО «Тольяттикаучук», материалы литературно-патентного поиска.
4. Содержание выпускной квалификационной работы:
 - Анализ существующей системы очистки отходящих газов на ООО «Тольяттикаучук»;
 - Модернизация системы очистки отходящих газов ООО «Тольяттикаучук»;
 - Экологическая безопасность производства изобутан-бутиленовой фракции;
 - Экономическое обоснование работы.
5. Дата выдачи задания: 16 марта 2016г.

Руководитель бакалаврской работы

З.А. Шамугия

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

С.Ю. Наумов

(И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой «РПиР»
М.В.Кравцова
(подпись) (И.О. Фамилия)
« ____ » _____ 20 ____ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
бакалаврской работы

Студента: Наумов Сергей Юрьевич
по теме: Модернизация системы очистки отходящих газов в процессе
дегидрирования изобутана на ООО «Тольяттикаучук»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	20.03.2016			
Анализ существующей схемы отходящих газов на ООО «Тольяттикаучук»	3.04.2016			
Модернизация системы очистки отходящих газов в процессе дедрирования изобутана на ООО «Тольяттикаучук»	17.04.2016			
Экологическая безопасность производства зобутан-бутиленовой фракции	04.05.2016			
Экономическое обоснование работы	17.05.2016			
Заключение	02.06.2016			

Руководитель бакалаврской работы

З.А. Шамугия

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

С.Ю. Наумов

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Бакалаврскую работу выполнил: Наумов С.Ю.

Тема работы: Модернизация системы очистки отходящих газов в процессе дегидрирования изобутана на ООО «Тольяттикаучук»

Научный руководитель: З.А. Шамугия

Цель бакалаврской работы - исследование и разработка способов обезвреживания отходящих газов при производстве изобутан-изобутиленовой фракции с применением эколого-экономически эффективных технологических решений.

Краткие выводы по бакалаврской работе: В работе было проанализировано состояние системы обезвреживания отходящих газов при производстве изобутан-изобутиленовой фракции на ООО «Тольяттикаучук», и разработано технологическое решение по системы обезвреживания отходящих газов при производстве изобутан-изобутиленовой фракции на ООО «Тольяттикаучук».

Бакалаврская работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников.

Во введении обосновывается актуальность проводимого исследования, описывается цель, задачи, объект и предмет исследования. В первой главе проанализирована система обезвреживания отходящих газов при производстве изобутан-изобутиленовой фракции. Во второй главе разработано технологическое решение по совершенствованию система обезвреживания отходящих газов при производстве изобутан-изобутиленовой фракции.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, заключения, списка литературы из 42 источников. Общий объем работы, без приложений 62 страницы машинописного текста, в том числе таблиц 17. Графический материал выполнен на 5 листах.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СИТЕМЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ПРОЦЕССЕ ДЕГИДРИРОВАНИЯ	10
1.1 Обзор литературы	10
1.2 Патентная часть	11
1.3 Выбор и обоснование технологического производства	13
1.3.1 Методы очистки отходящих газов от пыли и конструкция аппаратов	13
1.3.1.1 Отстаивание	14
1.3.1.2 Мокрая очистка	16
1.3.1.3 Фильтрование	17
1.3.1.4 Электроосаждение	19
ГЛАВА 2. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИТЕМЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ПРОЦЕССЕ ДЕГИДРИРОВАНИЯ ИЗОБУТАН НА ООО «ТОЛЬЯТТИКАУЧУК»	22
2.1 Характеристика сырья и готового продукта	22
2.2 Описание технологической схемы производства	23
2.2.1 Существующая технологическая схема охлаждения и очистки отходящих газов регенерации	23
2.2.2 Предлагаемая технологическая схема очистки отходящих газов	25
2.3 Производственный контроль	27
2.4 Техничко-технологические расчеты	27
2.4.1 Расчет батарейного циклона	27
2.4.2 Расчет скрубера	30
2.4.3 Материальный баланс производства	33
2.4.4 Тепловой баланс	34
2.4.5 Расчет электрофильтра	41
ГЛАВА 3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА	

ИЗОБУТАН-БУТИЛЕНОВОЙ ФРАКЦИИ	47
3.1 Мероприятия по безопасному ведению процесса	47
3.2 Пожарная безопасность	47
3.3 Анализ опасности очистки отходящих газов	48
ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ	50
4.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов	50
4.2 Расчёт капитальных вложений (инвестиций)	50
4.3 Расчёт экономической эффективности бакалаврской работы	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	57
ПРИЛОЖЕНИЕ	

ВВЕДЕНИЕ

Производство бутилкаучука растет. Для его получения используется изобутилен, получаемый дегидрированием изобутана. Проектная мощность – 100 тыс. тонн в год изобутилена во фракции. Увеличение проектной мощности приводит к увеличению выбросов отходящих газов в атмосферу.

Цеха БК-2, БК-3 предназначены для получения изобутан-изобутиленовой фракции путем каталитического дегидрирования изобутана с последующим разделением контактного газа методами охлаждения, компримирования, конденсации, абсорбции и ректификации.

Изобутан-изобутиленовая фракция представляет собой смесь легких углеводородов до C_3 , изобутилена, изобутана, нормальных бутиленов. Фракция изобутан-изобутиленовая является промежуточным продуктом при получении изобутилена. Применяется в качестве сырья для полиизобутилена, присадочных окталов, изооктана, каучука СКИ-ЗНТ и для других нужд народного хозяйства. На ООО «Тольяттикаучук» применяется в производстве изопрена, синтетических изопреновых каучуков и в производстве бутилкаучука.

Целью бакалаврской работы является модернизирование технологической схемы очистки отходящих газов, образующихся в процессе дегидрирования изобутилена.

Задачи бакалаврской работы провести анализ существующей системы очистки отходящих газов на ООО «Тольяттикаучук», разработать способ модернизации системы очистки отходящих газов ООО «Тольяттикаучук», с применением эколого-экономически эффективных технологических решений.

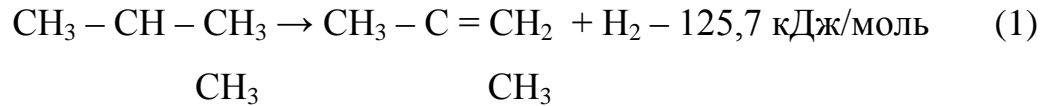
В данной бакалаврской предложена новая технологическая схема по очистки отходящих газов от катализаторной пыли, которая полностью отвечает экологической политики предприятия.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СИТЕМЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ПРОЦЕССЕ ДЕГИДРИРОВАНИЯ

1.1 Обзор литературы

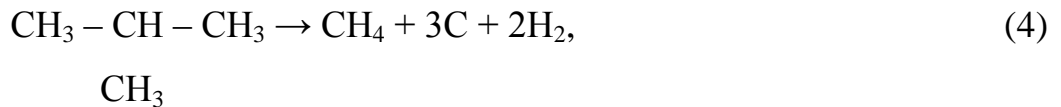
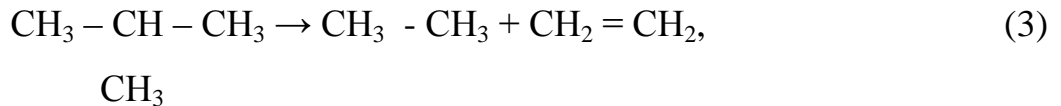
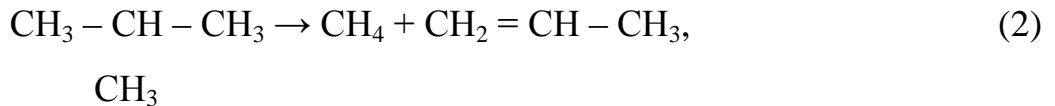
Процесс дегидрирования изобутана протекает при температуре 550 – 600 °С, давлении не выше 0,65 кгс/см², в «кипящем слое» алюмохромкалиевого катализатора ИМ-2201.

Основной реакцией процесса является реакция дегидрирования:



протекающая с поглощением тепла.

Кроме основных реакций протекают и побочные:



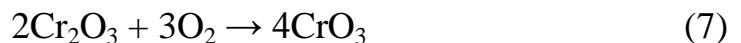
Образовавшийся в результате реакции (3) углерод (кокс) отлагается на поверхности катализатора, снижая его активность. Для восстановления активности катализатора проводится его регенерация.

В регенераторе происходит сложный процесс восстановления активности катализатора. Он складывается из 3-х стадий:

1. Выжиг кокса:



2. Окисление катализатора. Одновременно со сгоранием кокса происходит окисление 3-х валентного хрома, содержащегося в катализаторе, в 6-ти валентный по реакции:



3. Восстановление катализатора. Для придания катализатору активной формы необходимо восстановление 6-ти валентного хрома в 3-х валентный. Восстановление осуществляется топливным газом и происходит по реакции:



Вода, образующаяся в результате реакции, является ядом катализатора, поэтому катализатор до подачи в реактор должен быть освобожден от воды. Десорбция воды из пор катализатора и с его поверхности осуществляется ингазом.

1.2 Патентная часть

Для определения технического уровня разрабатываемой темы бакалаврской работы был проведен патентный поиск по материалам патентного фонда ООО «Тольяттикаучук» и по Интернету.

Исследуемая тема индексируется согласно международной классификации (МПК) по следующим классам: C07 B 04/07 , C07 C 10/06.

Сбор и анализ технических решений проводится с целью нахождения наиболее эффективных и экономичных способов модернизации блока отходящих газов от катализаторной пыли. Выбранные технические решения сопоставляются со способом, разрабатываемым в дипломном проекте.

Для сопоставления полного списка изобретений, имеющих отношение к теме бакалаврской работы, проводится просмотр бюллетеней патентного ведомства РФ «Изобретения», реферативного сборника ВНИИПИ «Изобретения за рубежом», «Изобретения стран мира».

Патенты – аналоги были внесены в таблицу 1.1:

Таблица 1.1 Патенты аналоги

Номер документа	Название документа	Патентообладатель	Источник
-----------------	--------------------	-------------------	----------

			информации
1	2	3	4
Патент №2255096 Заявлен 15.05.2003	Способ очистки отходящих газов	Щербань Г.Т. Федотов Ю.И. Башкирцев В.М.	Интернет
Патент №2003114542 Заявлен 27.11.2004	Способ повышения эффективности очистки отходящих газов	Щербань Г.Т. Жданов И.Л. Федорин Б.Б.	Интернет
Патент №2174521 Заявлен 27.03.2000	Устройство электрофилтра для очистки газов от пыли сухим способом	Михеева В.А. Серебряков Б.Р. Мустафин Х.В. Минскер К.С. Абзалин З.А.	Интернет
Патент №2169738 Заявлен 27.09.2000	Устройство электрофикационной установки для очистки газов	Курочкин Л.М. Бусыгин В.М. Мустафин Х.Ф. Блинов А.А. Рязанов Ю.И.	Интернет
Патент №92012329 Заявлен 16.12.1992	Устройство для очистки загрязненного газа	Шутилин Ю.Ф. Золотарев В.Л. Салова С.Ф. Полнер Н.Н.	Интернет

Сравнительная характеристика отобранного изобретения и разрабатываемого проекта указана в таблице 1.2:

Таблица 1.2 Сравнительная характеристика изобретения

Номер документа	Характеристика прототипа	Характеристика разрабатываемого проекта	Примечания
Патент №92008427	Использование: в области химического машиностроения. Сущность изобретения заключается в том, что забор отходящих газов поступают по трубопроводам в циклоны, а затем в электрофильтры, при этом в трубопроводах устанавливаются турбогенератороэлектродвигательные насадки.	Использование : в области химического машиностроения. Сущность предлагаемого проекта заключается в том, что технологическая схема очистки отходящих газов была упрощена.	Сравнительная характеристика прототипа и разрабатываемого проекта эффект показывает, что проектируемый узел очистки отходящих газов наиболее прост в обслуживании и дает более высокий показатель производительной мощности и экономический эффект.

1.3 Выбор и обоснование технологии производства

1.3.1 Методы очистки отходящих газов от пыли и конструкция аппаратов

На современном этапе развития производства для большинства промышленных предприятий очистку технологического воздуха от твердых, газообразных, аэрозольных и жидких вредных примесей следует рассматривать как компонент безотходной технологии.

Загрязняющие вещества удаляют из воздуха с помощью механических и силовых методов. В первом случае фильтрация воздуха осуществляется за счет применения различных жестких или гибких перегородок или насыпных слоев фильтрующего материала (механические фильтры), а во втором – за счет применения гравитационного,

электрического, магнитного и других видов силовых полей (силовые фильтры).

Очистку технологических газов от пыли осуществляют в различных аппаратах, отличающихся друг от друга, как по конструкции, так и по принципу осаждения взвешенных частиц. По способу улавливания пыли их обычно подразделяют на аппараты сухой, мокрой и электрической очистки от пыли.

В основе работы сухих пылеуловителей лежат гравитационные, инерционные и центробежные механизмы осаждения. Самостоятельную группу аппаратов сухой очистки составляют пылеуловители фильтрационного действия. В основе работы мокрых пылеуловителей лежит контакт запыленных газов с промывной жидкостью, при этом осаждение частиц происходит на капли, поверхность газовых пузырей или пленку жидкости. В электрофильтрах осаждение частиц пыли происходит за счет сообщения их электрического заряда.

1.3.1.1 Отстаивание

Пылеосадительная камера – самое простое газоочистное оборудование, в котором для осаждения пыли используется сила тяжести твердых частиц. Из всех газоочистительных аппаратов пылеосадительные камеры, несмотря на свою громоздкость, наиболее просты в конструкции, изготовлении и обслуживании, материалом для них может служить низкосортный металл, сборный железобетон, кирпич и даже дерево, когда очистке подвергаются холодные газы.

Громоздкость пылеосадительных камер вызвана тем, что для эффективной очистки газов необходимо, чтобы частицы находились в камере возможно более продолжительное время, а простейший путь к этому - увеличение длины камеры. Для обеспечения равномерного распределения газового потока по всему сечению камеры на входе устанавливают диффузоры, газораспределительные решетки. Для

повышения степени очистки, помимо увеличения длины камеры, уменьшают скорость потока и высоту осадительной камеры. Для снижения высоты осаждения в камере устанавливают осадительные полки. Для повышения эффективности пылеосадительных камер их снабжают цепными или проволочными завесами, отклоняющими перегородками, что позволяет помимо гравитационного использовать инерционный эффект, который наблюдается при обтекании газовым потоком препятствий.

В настоящее время, ввиду громоздкости пылеуловителей и неудобства эксплуатации, в качестве самостоятельных пылеочистительных аппаратов пылеосадительные камеры используются редко.

Принцип действия циклона – одного из самых распространенных пылеочистительных аппаратов – основан на использовании центробежной силы, возникающей при вращательно-поступательном движении газового потока: центробежная сила отбрасывает частицы пыли к стенкам циклона, и они выпадают в бункер.

Существует два типа циклонов - цилиндрические и конические, которые могут использовать как "левое", так и "правое" вращение газового потока. С целью снижения габаритов и гидравлического сопротивления были разработаны прямоточные циклоны.

Несколько соединенных параллельно обычных и прямоточных циклонов могут быть соединены в единый пылеулавливающий аппарат - батарейный циклон.

Циклоны можно использовать для очистки газа при высоких температурах и давлениях. Они не имеют движущихся частей, что повышает надежность в эксплуатации.

1.3.1.2 Мокрая очистка

Действие аппаратов мокрой очистки газов основано на захвате частиц пыли жидкостью, которая уносит их из аппаратов в виде шлама. Процессу улавливания пыли в мокрых пылеуловителях способствует конденсационный эффект – укрупнение частиц пыли за счет конденсации на них водяных паров. Поскольку в этих аппаратах процесс пылеочистки обычно сопровождается процессами абсорбции и охлаждения газов, они применяются и в качестве теплообменных аппаратов, и для очистки газообразных составляющих. Обычно в качестве орошающей жидкости, если не требуется химическая очистка, используется вода. Часто аппараты мокрой очистки газов используются в качестве предварительной ступени перед аппаратами других типов. По способу действия эти аппараты разделяют на группы:

- Полые газопромыватели - газы пропускаются через завесу распыленной жидкости, капли которой захватывают частицы пыли.

- Насадочные газопромыватели (скрубберы) - в корпус аппарата на опорную решетку засыпается насадка, чаще всего представляющая собой кольца различной конфигурации.

- Барботажные аппараты (барботеры) - запыленный газ проходит через слой жидкости в виде пузырьков, на поверхности которых и происходит осаждение частиц пыли.

- Пенные аппараты - чаще всего снабжены провальными тарелками (щелевыми или дырчатыми), которые орошаются жидкостью; образующаяся на них пена захватывает частицы пыли, удаляемые из аппаратов в виде шлама.

- Пылеуловители ударно-инерционного действия - представляют собой вертикальную колонну; запыленный газовый поток ударяется о находящийся в ней нижний слой жидкости, и при повороте потока в обратном направлении частицы пыли осаждаются на поверхности воды.

- Мокрые аппараты центробежного действия - запыленный газовый поток приводится во вращение направляющими лопатками или

тангенциальным подводом газа в корпус аппарата, орошаемого форсунками.

- Динамические газопромыватели - очищаемые газы приводятся в соприкосновение с жидкостью, которая разбрызгивается вращающимся механизмом. Наибольшее распространение получили дезинтеграторы, представляющие собой мокрый пылеуловитель-вентилятор.

- Скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури) - представляют собой трубу Вентури; движущийся в ней с высокой скоростью газовый поток дробит орошающую его жидкость на капли, на которых осаждается пыль и образуется шлам, удаляемый из аппарата.

1.3.1.3 Фильтрация

Фильтрация взвешенных в газовом потоке твердых или жидких частиц на поверхности или в объеме пористых сред осуществляется за счет броуновской диффузии, эффекта касания или зацепления, а также инерционных, электростатических, гравитационных сил. Промышленные фильтры по виду фильтрующего материала делятся на следующие группы:

- волокнистые фильтры - фильтры объемного действия, состоят из нескольких слоев фильтрующего материала различной толщины.

- мокрые волокнистые фильтры-туманоуловители – принцип их действия основан на захвате жидких частиц тумана волокнистым слое

- воздушные фильтры - служат для обеспыливания воздуха, используемого для вентиляции, кондиционирования, воздушного отопления и охлаждения, для подачи воздуха на технологические нужды.

В качестве фильтрующего материала используются кассетные сеточные фильтры, кассетные фильтры из стеклянных и синтетических волокон и т.п. В самоочищающихся масляных фильтрах фильтрующий материал проходит через масляную ванну, в которой пыль оседает в виде шлама.

- рукавные фильтры - наиболее распространенные среди тканевых фильтров. Состоят из корпуса, внутри которого помещены

рукава из шерстяной, хлопчатобумажной или стеклянной ткани. Загрязненный газ или воздух проходит через рукава, которые периодически регенерируются от задержанной пыли. Тканевые фильтры классифицируются по размерам фильтровальных рукавов, конфигурации фильтрующих элементов, типу применяемых фильтровальных материалов, способу регенерации ткани - встряхивание, обратная продувка, вибровстряхивание, импульсная продувка и др.

- электрофильтры - наиболее эффективные газоочистительные аппараты, т.к. эксплуатационные расходы на их содержание, по сравнению с другими пыле- и золоуловителями, гораздо ниже. Установка для электрической очистки газов включает в себя электрофильтр и агрегат питания. Подлежащий очистке газ поступает в электрофильтр, на электроды которого подается высокое напряжение, между электродами возникает коронный разряд, вследствие чего происходит заполнение межэлектродного пространства отрицательно заряженными ионами газа, которые под действием электрического поля движутся от коронирующих электродов к осадительным. Осадительные электроды подразделяются на трубчатые, коробчатые, прутковые, карманные, желобчатые, S-образные, тюльпанообразные и т.д. По способу удаления пыли электрофильтры делятся на мокрые и сухие. В сухих электрофильтрах встряхивание электродов производится ударно-молотковым, ударно-импульсным, вибрационным способами и др. В мокрых электрофильтрах осуществляется периодическая или непрерывная промывка электродов. По направлению движения очищаемого газа электрофильтры подразделяются на вертикальные и горизонтальные. Кроме того, электрофильтры бывают однозонными, в которых зарядка и осаждение частиц осуществляется в одной зоне, и двузонными - в них зарядка и осаждение осуществляются в разных зонах: ионизаторе и осадителе.

В настоящее время предпочтение отдается тканевым фильтрам (ТФ) вследствие простоты их устройства и легкости обслуживания при

значительно меньших материальных затратах по сравнению с фильтрами мокрой очистки и электрофильтрами.

1.3.1.4 Электроосаждение

Очистка воздуха от пыли в электрическом поле с помощью электрических пылеулавливателей (электрофильтров) – один из основных промышленных способов пылеудаления из воздушных потоков. Основное достоинство способа в том, что он позволяет использовать значительные силы, непосредственно действующие на частицы, а не на дисперсионный поток.

Электрическая очистка газов имеет следующие основные особенности:

- электрофильтры могут обеспечивать степень очистки 99,9% и выше при производительности от нескольких м³/час до нескольких миллионов м³/час, улавливая частицы размеров от сотен мкм до сотых долей мкм;
- гидравлическое сопротивление электрофильтров не превышает 0,2 кПа;
- электрофильтры могут конструироваться на давление выше и ниже атмосферного;
- концентрация взвешенных частиц, поступающих на очистку может изменяться от долей г/м³ до 50 г/м³, а в специальных конструкциях электрофильтров в несколько раз превышать указанный верхний предел концентраций;
- температура очищаемых в электрофильтрах газов может превышать 500 °С;
- расход электроэнергии на очистку газов в электрофильтрах обычно меньше, чем в других пылеуловителях, имеющих такую же степень очистки газов.

Однако нельзя считать, что электрофильтры применимы для любых условий, т.к. им присущи и недостатки:

- стоимость электрофильтров обычно выше стоимости аппаратов, которыми его в ряде случаев можно заменить. Поэтому, если газы имеют невысокую температуру, а улавливаемые частицы крупные (основная масса крупнее 5 мкм), то их можно улавливать в инерционном аппарате, имеющем низкую стоимость (однако, в обоих случаях потеря на преодоление гидравлического сопротивления будут большими, чем в электрофильтрах).

Предложен способ очистки отходящих газов, позволяющий исключить максимальное потребление электроэнергии, а в отдельных случаях с выработкой электроэнергии для подачи ее энергосистему окружающих объектов.

Предложенный способ очистки окружающей среды включает забор отходящих газов, их подачу по трубопроводом в циклоны, затем в электрофильтры, при этом в трубопроводе устанавливают турбогенераторэлектродвигательные насадки, работающие первоначально от электроэнергии, поступающей из энергетической системы, затем от поступающего потока отходящих газов и от электроэнергии, которую вырабатывают турбогенераторными насадок, излишняя электроэнергия подается в энергосистему окружающих объектов, а излишние отходящие газы идут в повторное производство или в емкость с последующей подачей их повторно в производственный цикл или в атмосферу в период безоблачности, при этом отходящие газы подают необходимые примеси с помощью подключения дополнительных устройств, обеспечивающих их дозирующую подачу. Излишнюю электроэнергию подают в общую сеть электрофильтров, а также обеспечивают забор воздуха из атмосферы с помощью всасывающих форсунок на трубах, установленных снаружи дымовой трубы. Сбор излишних отходящих газов, пыли производят в емкость с последующей

очисткой в процессе производства или сброс в атмосферу под давлением в дымовой трубе.

Устройство работает следующим образом.

Включив агрегаты питания, начинают работать циклоны, которые, засасывая отходящие газы, подают их в электрофильтры, производя попутно вращение турбогенераторов турбонасадов, которые в свою очередь, обеспечивая электроэнергией турбоэлектродвигатели, включают их в работу, обеспечивая с их помощью их всасывание и подачу подаваемых отходящих газов под более высоким давлением, находясь как в дымососе, так и в дымовой трубе с наружными трубами и внутри производств, обеспечивая подачу отходящих газов как в повторное производство, так и для выброса в атмосферу через накопительные емкости под высоким давлением. Излишние отходящие газы поступают в емкость, которые затем подаются в систему подачи процесса производства или выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу.

ГЛАВА 2. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ПРОЦЕССЕ ДЕГИДРИРОВАНИЯ ИЗОБУТАН НА ООО «ТОЛЬЯТТИКАУЧУК»

2.1 Характеристика сырья и готового продукта

Температура отходящих газов: в регенераторе – 650 °С, после котла-утилизатора – 300 °С. Объемный расход газовых выбросов – 20000 м³/год

Давление отходящих газов при рабочих условиях – 140000Па

$t_{\text{ВЫХ}}$ – температура отходящих газов на выходе из скруббера (+70 °С)

$t_{\text{Н.ВЫХ}}$ - температура отходящих газов из нижней части скруббера (+63,9 °С)

$t_{\text{ВХ}}$ - температура дымовых газов на входе в скруббер (+400 °С)

$t_{\text{Ц}}$ – температура циркулирующей воды (+35 °С)

Состав отходящих газов представлен в таблице 2.1, а химический состав пыли – в таблице 2.2.

Таблица 2.1 Состав отходящих газов

Компоненты газового выброса	Объемная концентрация Y_V , %	Объемная массовая концентрация Y_C , г/м ³	Количество выбрасываемых веществ G , г/сек	ПДВ, г/сек
Азот N ₂	80	1000	5130	-
Кислород O ₂	5	72,1	370	-
Оксид углерода CO	0,005	0,058	0,3	0,539
Диоксид углерода CO ₂	14	275	1411	-
Метан, водород, легкие углеводороды	0,995	следы	-	-
Каталитаторная пыль	-	1,44	8,0	0,229

Таблица 2.2 Химический состав пыли

Компоненты	Концентрация выбрасываемых веществ, мг/м ³	ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе производственных	Количество выбрасываемых веществ, г/сек	ПДВ, г/сек
------------	---	--	---	------------

		помещений, мг/м ³		
Окись алюминия	1096	0,01	6,1	0,183
Окись калия	83	0,05	0,46	0,015
Окись хрома (VI)	10,08	0,001	0,056	0,0015
Окись хрома (III)	184	0,01	1,02	0,022
Окись кремния	59	0,05	0,33	0,008
Сумма окиси железа (III) и окиси магния	7,6	-	0,04	-
ИТОГО:	1440	-	8,0	-

2.2 Описание технологической схемы производства

2.2.1. Существующая технологическая схема охлаждения и очистки отходящих газов регенерации

Существующая технологическая схема очистки отходящих газов представлена (Приложение 1).

Регенерация катализатора осуществляется в регенераторе Р-14, куда катализатор поступает по переточной линии из нижней части реактора через стриппинговый (десорбирующий) стакан реактора.

Катализатор, поступающий в верхнюю часть регенератора в псевдооживленном состоянии, стекает по семи секционирующим решеткам навстречу потоку воздуха, подаваемому в нижнюю часть регенератора через распределительное устройство.

Выжиг кокса, окисление 3-х валентного хрома, содержащегося в катализаторе, до 6-ти валентного, поддержание катализатора в «кипящем» состоянии, а также поддержание горения топлива осуществляется с помощью воздуха, подаваемого от воздухонагнетателя ВН-15 под распределительную решетку регенератора.

Тепла, выделяемого при сгорании кокса, недостаточно для обеспечения необходимой температуры катализатора, поэтому в регенератор подается природный газ. Для сжигания природного газа предназначены 3 газовые форсунки и 3 комбинированные, установленные в нижней части регенератора над распределительное устройство.

В нижней части регенератора установлен восстановительный стакан, переходящий в переточную линию. В стакане имеется два маточника, в который подается ингаз или природный газ.

Регенерированный и окисленный катализатор поступает в восстановительный стакан регенератора, где за счет подаваемого газавосстановителя – природного газ происходит восстановление катализатора переход 6-ти валентного хрома в 3-х валентный. Расход природного газа на восстановление катализатора в пределах не менее 100 м³/ч.

Десорбция продуктов восстановления из пор катализатора осуществляется ингазом, подаваемого в нижний маточник восстановительного стакана регенератора. Расход ингаза на десорбцию – в пределах 60 – 100 м³.

Газы регенерации, образующиеся в результате сгорания кокса, топлива, в результате восстановления катализатор проходят батарею циклонов, расположенную в верхней части регенератора, где отделяется катализаторная пыль. Уловленная в циклонах пыль по мере накопления через стояки циклонов ссыпается на верхнюю решетку регенератора. Далее газы регенерации поступают в котел-утилизатор, где охлаждается за счет испарения водяного конденсата, подаваемого в межтрубное пространство котла-утилизатора. При прохождении газов регенерации через котел-утилизатор Т-16 мелкодисперсная катализаторная пыль оседает на стенках трубок котла, что снижает теплопередачу и вызывает завышение температуры газа. Для очистки трубок от катализаторной пыли имеется возможность подачи небольшого количества горячего катализатора из линии перетока в поток газа регенерации в головку котла-утилизатора Т-16. Полученный пар поступает в коллектор вторичного пара для использования его на технологические нужды в ц. БК-2 и БК-3.

Из котлов-утилизаторов Т-16 газы регенерации поступают в скруббер С-17, где происходит их охлаждение и полная очистка от катализаторной пыли. После скруббера С-17 газы выбрасываются в

атмосферу. Для предотвращения завышения давления в регенераторе на линии газов установлен гидрозатвор ПН-88 со столбом воды 6,5 м. Сброс газов регенерации после гидрозатвора производится в атмосферу.

Скруббер С-17 орошается по двум каскадам охлаждающей водой. Циркуляция воды в скруббере С-17 по нижнему каскаду осуществляется одним из насосов Н-29, часть воды при этом отводится в аппарат Е-49, Е-32/І, для отстоя от катализаторного шлама. По верхнему каскаду циркуляция осуществляется одним из насосов Н-29.

Осветленная вода с верха отстойника Е-49, Е-32/І сливается в емкость Е-47, откуда насосом Н-48 подается на всас насоса Н-29.

Катализаторный шлам с низа отстойника Е-49, Е-32/І вывозится в специальное хранилище.

2.2.2. Предлагаемая технологическая схема очистки отходящих газов

Предлагаемая схема очистки отходящих газов представлена (Приложение 2,3).

Как и по существующей схеме во вновь предлагаемой схеме отходящие газы регенерации проходят батарейный циклон и котле-утилизатор Т-16.

Затем отходящие газы после охлаждения в котле-утилизаторе до температуры 300 °С поступают на вторую ступень очистки – электрофильтр Ф-1.

Электрофильтр Ф-1 типа ЭГА – газоочистной аппарат, состоящий из стального корпуса, в котором размещено механическое оборудование: осадительные и коронирующие электроды, механизм встряхивания электродов, изоляторные узлы, газораспределительные решетки. При прохождении запыленного газа через электрофильтр частицы пыли заряжаются и под действием электрического поля осаждаются на осадительных электродах.

Удаление пыли с электродов производится при помощи механизмов встряхивания. Удаленная пыль ссыпается в бункера электрофилтра и посредством шлюзового питателя по транспортеру поступает на элеватор Э-2, а затем – в силос С-3. Из силоса посредством винтового вибрационного питателя уловленный катализатор по мере накопления отгружается и вывозится автотранспортом потребителю.

Очищенный от катализаторной пыли отходящие газы поступают в теплообменник Т-1 для подогрева конденсата из заводской сети, который затем направляется в котел-утилизатор Т-16 для получения вторичного пара.

Охлажденные таким образом отходящие газы поступают в всас дымососа В-5 и выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу.

2.3 Производственный контроль

Таблица 2.3 Производственный контроль отходящих газов

№ п/п	Анализируемый продукт	Контролируемые показатели	Методы контроля	Частота контроля	Кто контролирует
1	2	3	4	5	6

1.	Катализаторная пыль в газах регенирации	Катализаторная пыль, не более 0,228 г/сек	Весовой, № 519	Один раз в декаду	Лаборатория отдела охраны природы
2.	Катализаторная пыль в контактном газе	Катализаторная пыль, не более 0,1 г/нм	Весовой, № 519	По требованию	Лаборатория БК-4
3.	Вода циркуляционная по нижнему каскаду скруббера С-8	Содержание шлама, не более 15 г/л	По объему	Два раза в смену	Анализ проводит аппаратчик
4.	Вода циркуляционная по нижнему каскаду скруббера С-17	Содержание шлама, не более 15 г/л	По объему	Два раза в смену	Анализ проводит аппаратчик
5.	Воздух рабочей зоны насосной	Содержание углеводородов, не более 100 мг/нм ³	Хроматографический, № 509	Один раз в сутки	Лаборатория ГСО

2.4 Технико-технологические расчеты

$t_{\text{ВЫХ}}$ – температура отходящих газов на выходе из скруббера (+ 70 °С)

$t_{\text{Н.ВЫХ}}$ – температура отходящих газов из нижней части скруббера (+ 63,9 °С)

$t_{\text{ВХ}}$ – температура дымовых газов на входе в скруббер (+ 400 °С)

$t_{\text{Ц}}$ – температура циркулирующей воды (+ 35 °С)

2.4.1 Расчет батарейного циклона

Принимаем к установке батарею циклонов, состоящую из шести пар параллельно работающих циклонов. В группе один циклон ЦН-15, второй – ЦН-24 (Приложение 4). Оптимальная скорость для группы циклонов $\omega_{\text{ОПТ}} = 3,8$ м/с.

Определим необходимую площадь сечения циклона:

$$F = \frac{V}{\omega_{\text{ОПТ}}}, \quad (9)$$

$$F = \frac{18,8}{3,8} = 4,9 \text{ м}^2$$

где V – объемный расход воздуха, поступающего в циклоны.

$$V = \frac{V_0 (73 + t_0)}{3600 \cdot 273}, \quad (10)$$

$$V = \frac{20000 (73 + 650)}{3600 \cdot 273} = 18,8 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Определим диаметр циклона.

$$D = 1,13\sqrt{F}, \quad (11)$$

$$D = 1,13\sqrt{4,9} = 2,5 \text{ м}$$

Устанавливаем шесть параллельно работающих групп циклонов по два циклона в каждом; диаметр каждого циклона $D = 1000$ мм.

Находим действительную скорость газа в группе циклонов с $D = 1000$ мм:

$$\omega = \frac{V}{0,785 \cdot D^2}, \quad (12)$$

$$\omega = \frac{18,8}{6 \cdot 0,785 \cdot 1,0^2} = 4,0 \text{ м/с}$$

Определим величину отклонения действительной скорости от $\omega_{\text{опт.}}$.

$$\Delta = \frac{\omega_{\text{опт.}} - \omega}{\omega_{\text{опт.}}}, \quad (13)$$

$$\Delta = \frac{3,8 - 4,0}{3,8} 100 = 5,0 \%$$

Диаметр циклонов и их количество были выбраны верно, т.к. величина отклонения действительной скорости от оптимальной скорости не превышает 15 процентов.

Согласно первоначальной технологической схеме батарея циклонов установлена в корпусе регенератора. Выбранный диаметр циклонов не позволяет установить их в корпусе, поэтому в предлагаемой технологической схеме очистки газов диаметр циклонов оставляем прежним – $D = 800$ мм.

Находим действительную скорость газа в группе циклонов по формуле с $D = 800$ мм.

$$\omega = \frac{18,8}{6 \cdot 0,785 \cdot 0,8^2} = 6,2 \text{ м/с}$$

Коэффициент гидравлического сопротивления циклонов установленных в группу определяется по формуле:

$$\zeta_{\text{гц}} = K_1 K_2 \zeta_{500} + K_3, \quad (14)$$

где ζ_{500} – коэффициент гидравлического сопротивления одного циклона диаметром 500 мм, $\zeta_{500} = 115$;

K_1 – поправочный коэффициент, зависящий от диаметра циклона, $K_1 = 1,0$;

K_2 – поправочный коэффициент, зависящий от запыленности, $K_2 = 0,89$;

K_3 – коэффициент, учитывающий дополнительные потери давления, связанные с компоновкой циклонов в группу; $K_3 = 60$ – для круговой компоновки с нижним организованным подводом.

$$\zeta_{\text{гц}} = 1,0 \cdot 0,89 \cdot 115 + 60 = 162$$

Находим потерю давления в циклоне:

$$\Delta p = \zeta_{\text{гц}} \frac{\omega^2 \rho_2}{2}, \quad (15)$$

где ρ_2 – плотность газа при рабочих условиях.

$$\rho_2 = \rho_0 \frac{273}{273 + 650}, \quad (16)$$

$$\rho_2 = \frac{M_r}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 650} = \frac{30,2}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 650} = 0,4 \text{ кг/м}^3$$

$$\Delta p = 162 \frac{6,2^2 \cdot 0,4}{2} = 1245 \text{ Па}$$

Общее сопротивление циклона в группе: $\Delta p_{\text{общ}} = 1245 \cdot 2 = 2490 \text{ Па}$

Степень улавливания циклона составляет:

$$\eta_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^n \frac{n_{\phi_i} \cdot \Phi_i}{100}, \quad (17)$$

$$\eta_{\text{ц}} = \frac{93 \cdot 60}{100} + \frac{86 \cdot 20}{100} + \frac{51 \cdot 20}{100} = 55,8 + 17,2 + 10,2 = 83,2 \%$$

Коэффициент очистки газов в батарее снижается примерно на 10 %. Поэтому можно принять степень улавливания пыли в циклоне составляет примерно 73,2 %.

Концентрация пыли в отходящих газах после очистки составляет:

$$C_{к.ц.} = C_H - \frac{\eta_{ГЦ} \cdot C_H}{100}, \quad (18)$$

$$C_{к.ц.} = C_H - \frac{\eta_{ГЦ} \cdot C_H}{100} = 1,44 - \frac{73,2 \cdot 1,44}{100} = 0,39 \text{ г/м}^3$$

ВЫВОД: Применение циклонов для очистки отходящих газов позволяет понизить концентрацию пыли.

2.4.2 Расчет скруббера

Аналогом для расчета скруббера для очистки отходящих газов от катализаторной пыли принят скруббер для очистки контактного газа от катализаторной пыли, установленный в ц. БК-2 (Приложение 5)

Скруббер разбит на две части переливной тарелкой. В нижней части скруббера устанавливается 4 тарелки, в верхней – 10 тарелок.

Необходимая температура отходящих газов на выходе из скруббера - $t_{\text{ВЫХ}} = + 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Принимаем температуру отходящих газов на выходе из нижней части скруббера $t_{\text{Н.ВЫХ}} = + 63,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Чертеж скруббера представлен в приложении.

Расчет диаметра нижней части скруббера

Объем дымовых газов на входе в скруббер при рабочих условиях:

$$V_r = \frac{V \cdot P_0 \left(\frac{1}{T_0} + \frac{1}{t_{\text{ВХ}}} \right)}{T_0 P}, \quad (19)$$

$$V_r = \frac{20000 \cdot 101325 \left(\frac{1}{273} + \frac{1}{400} \right)}{273 \cdot 140000} = 35675 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где T_0 и P_0 – температура и давление при нормальных условиях,
 P – давление при рабочих условиях, Па.

Определяем массовый расход дымовых газов.

Молекулярная масса ОГ:

$$M_{OG} = M_{N_2} \cdot n_{N_2} + M_{O_2} \cdot n_{O_2} + M_{CO_2} \cdot n_{CO_2}, \quad (20)$$

$$M_{OG} = 28 \cdot 0,8 + 32 \cdot 0,05 + 0,14 \cdot 44 = 30,2 \text{ кг / кмоль}$$

где M_{N_2} и n_{N_2} - молекулярная масса и объемная доля азота соответственно;

M_{O_2} и n_{O_2} - молекулярная масса и объемная доля кислорода соответственно;

M_{CO_2} и n_{CO_2} - молекулярная масса и объемная доля двуокиси углерода соответственно.

$$G_{\Gamma} = V \frac{M_{OG}}{22,4}, \quad (21)$$

$$G_{\Gamma} = 20000 \frac{30,2}{22,4} = 26964 \text{ кг / ч}$$

Рекомендуемая скорость газа составляет 1,0 – 3,0 м/с; принимаем $w_{\Gamma} = 2,0$ м/с.

Рассчитываем диаметр аппарата:

$$D = \sqrt{\frac{V_{\Gamma}}{3600 \cdot 0,785 w_{\Gamma}}}, \quad (22)$$

$$D = \sqrt{\frac{35675}{3600 \cdot 0,785 \cdot 2,0}} = 2,51 \text{ м}^2$$

Принимаем $D = 2,6 \text{ м}^2$.

Определение температуры отходящих газов на выходе из нижней части скруббера

Количество паров воды, уносимое ОГ из нижней части скруббера:

$$q_{н.ч.} = \frac{G_{\Gamma} \cdot p_1}{M_{OG} (P - p_1)}, \quad (23)$$

$$q_{н.ч.} = \frac{G_{\Gamma} \cdot p_1}{M_{OG} (P - p_1)} = \frac{26964 \cdot 23,8}{30,2 (40 - 23,8)} = 182,9 \text{ кмоль/ч}$$

или 3291,7 кг/ч

где $p_1 = 23,8$ кПа – давление насыщенного водяного пара при $t_{н.в.ых.} = 63,9$ °С.

Тепло, отдаваемое ОГ в нижней части скруббера:

$$Q_H = G_{\Gamma} (c_2 t_{ВХ} - c_1 t_{н.в.ых.}), \quad (24)$$

$$Q_H = 26964 (0,37 \cdot 400 - 1,74 \cdot 63,9) = 8186735 \text{ кДж/ч}$$

где c_1 – теплоемкость ОГ при температуре $t_{н.в.ых.}$ кДж/кг · град,

c_2 – теплоемкость ОГ при температуре $t_{ВХ}$ кДж/кг · град.

$$c_1 = 0,8 \cdot 1,926 + 0,05 \cdot 1,518 + 0,14 \cdot 0,89 = 1,74 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$c_2 = 0,8 \cdot 1,045 + 0,05 \cdot 0,942 + 0,14 \cdot 1,11 = 1,037 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град.}$$

Расход тепла на испарение циркулирующей воды:

$$Q_{и.н.} = q_{и.ч.} \cdot r_1, \quad (25)$$

$$Q_{и.н.} = 3291,7 \cdot 2345,43 = 7720443 \text{ кДж/ч}$$

где $r_1 = 2345,43$ кДж/кг – теплота парообразования воды при $t_{н.в.ых.}$.

Производим расчет тепловых потерь в нижней части скруббера.

Площадь поверхности нижней части скруббера:

$$S_{н.} = \pi D h_{н.} + 0,785 D^2, \quad (26)$$

$$S_{н.} = \pi 2,6 \cdot 6 + 0,785 \cdot 2,6^2 = 54,3 \text{ м}^2$$

$h_{н.}$ – 6 м – высота нижней части скруббера, м.

Средняя температура в нижней части скруббера:

$$t_{ср.н.} = \frac{t_{ВХ} + t_{н.в.ых.}}{2}, \quad (27)$$

$$t_{ср.н.} = \frac{400 + 63,9}{2} = 232 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя разность температур:

$$\Delta t_{ср.н.} = t_{ср.н.} - t_c, \quad (28)$$

$$\Delta t_{ср.н.} = 232 - 30 = 262 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Коэффициент теплопередачи от неизолированной поверхности k принимаем равным $32 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$

$$Q_{\text{пот.н.}} = k \cdot S_H \cdot \Delta t_{\text{ср}}, \quad (29)$$

$$Q_{\text{пот.н.}} = 32 \cdot 54,3 \cdot 262 = 455086 \text{ кДж/ч}$$

$$\text{Т.к. } Q_H = Q_{\text{и.н}} + Q_{\text{пот.н.}}, \quad (30)$$

$$8186735 = 7720443 + 455086$$

$$8186735 \approx 8175529, \text{ то}$$

первоначально принятая температура $t_{\text{н.вых.}}$ была принята верно.

Плотность орошения в нижней части скруббера U_H принимаем равной $30 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Количество воды, циркулирующей в нижней части скруббера:

$$Q_{\text{в.н.}} = 0,785 D^2 \cdot U_H, \quad (31)$$

$$Q_{\text{в.н.}} = 0,785 \cdot 2,6^2 \cdot 30 = 159,2 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Плотность орошения в верхней части скруббера U_B принимаем $23 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Количество воды, циркулирующей в верхней части скруббера, определяем по формуле:

$$Q_{\text{в.в.}} = 0,785 \cdot 2,6^2 \cdot 23 = 122,1 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

2.4.3 Материальный баланс

$t_{\text{вых}}$ – температура отходящих газов на выходе из скруббера (+ 70 °С)

$t_{\text{н.вых}}$ – температура отходящих газов из нижней части скруббера (+ 63,9 °С)

$t_{\text{вх}}$ – температура дымовых газов на входе в скруббер (+ 400 °С)

$t_{\text{ц}}$ – температура циркулирующей воды (+ 35 °С)

Таблица 2.4.3.1 Материальный баланс

приход			расход		
компоненты	%	М3/час	компоненты	%	М3/час
Дымовые газы	100	20000	Газовые выбросы	92	18400
			Катализаторная пыль	8	1600

Итого	20000	Итого	20000
-------	-------	-------	-------

2.4.4 Тепловой баланс верхней части скруббера

I. Приход тепла.

1. С отходящим газом:

$$Q_{\text{Д}} = G_{\text{Г}} \cdot c_2 \cdot t_{\text{Н.ВЫХ.}}, \quad (32)$$

$$Q_{\text{Д}} = 26964 \cdot 1,037 \cdot 63,9 = 1740248 \text{ кДж/ч}$$

2. С испаренной водой:

$$Q_{\text{И}} = 7220443 \text{ кДж/ч.}$$

3. С циркулирующей водой при $t_{\text{Ц}} = 35^{\circ}\text{C}$ по формуле:

$$Q_{\text{Ц.В.}} = G_{\text{Ц}} \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot t_{\text{Ц}}, \quad (33)$$

$$Q_{\text{Ц.В.}} = 122100 \cdot 4,19 \cdot 35 = 17905965 \text{ кДж/ч}$$

где $G_{\text{Ц}}$ - 122100 м³/ч расход циркулирующей воды,

$c_{\text{H}_2\text{O}}$ - 4,19 кДж/кг·град – теплоемкость воды при температуре

$t_{\text{Ц}}$,

$t_{\text{Ц}}$ - +35 °С температура циркуляционной воды.

Итого прихода тепла в верхнюю часть скруббера

$$Q_{\text{пр.в.}} = Q_{\text{Д}} + Q_{\text{И}} + Q_{\text{Ц.В.}}, \quad (34)$$

$$Q_{\text{пр.в.}} = 1740248 + 7220443 + 17905965 = 27366656 \text{ кДж/ч}$$

Расход тепла.

1. С отходящим газом при $t_{\text{ВЫХ.}} = 70^{\circ}\text{C}$.

$$Q_{\text{Д}} = G_{\text{Г}} \cdot c_3 \cdot t_{\text{ВЫХ.}}, \quad (35)$$

$$Q_{\text{Д}} = 26964 \cdot 1,7 \cdot 70 = 2750357 \text{ кДж/ч}$$

где c_3 теплоемкость отходящих газов при $t_{\text{ВЫХ.}} = 70^{\circ}\text{C}$.

$$c_3 = 0,8 \cdot 1,922 + 0,05 \cdot 0,151 + 0,14 \cdot 0,884 = 1,7 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град.}$$

2. С уносимыми парами воды.

Количество воды, уносимое отходящим газом:

$$q_{\text{В}} = \frac{Gr \cdot p_2}{M_{\text{ор}} \cdot (p_1 - p_2)} \quad (36)$$

$$q_B = \frac{26964 \cdot 19,86}{30,2 \cdot (40 - 19,86)} = 147,6 \text{ кгмоль/ч или } 2656,7 \text{ кг/ч}$$

где $p_2 = 19,8$ кПа – давление насыщенного водяного пара при $t_{\text{ВЫХ}} = 70$ °С.

Расход тепла с уносимыми парами воды:

$$Q_B = q_B \cdot r_2, \quad (37)$$

$$Q_B = 2656,7 \cdot 2358,4 = 6265613 \text{ кДж/ч}$$

где $r_2 = 2358,4$ кДж/кг – теплота парообразования.

3. Потери тепла в верхней части скруббера.

Площадь поверхности верхней части скруббера:

$$S_B = \pi \cdot D \cdot h_H + 0,785 \cdot D^2, \quad (38)$$

$$S_B = \pi \cdot 2,6 \cdot 11,2 + 0,785 \cdot 2,6^2 = 96,7 \text{ м}^2$$

где $h_H = 11,2$ м – высота верхней части скруббера, м.

Средняя температура нижней части:

$$t_{\text{СР.В.}} = \frac{t_{\text{Н.ВЫХ}} + t_{\text{ВЫХ}}}{2}, \quad (39)$$

$$t_{\text{СР.В.}} = \frac{63,9 + 70}{2} = 67 \text{ °С}$$

Средняя разность температур:

$$\Delta t_{\text{СР.В.}} = t_{\text{СР.В.}} - t_C, \quad (40)$$

$$\Delta t_{\text{СР.В.}} = 67 - 30 = 97 \text{ °С}$$

Коэффициент теплопередачи от неизолированной поверхности принимается равным 32 кДж/м² · ч · град.

Теплопотери составят:

$$Q_{\text{ПОТ.В.}} = k \cdot S_B \cdot \Delta t_{\text{СР.В.}}, \quad (41)$$

$$Q_{\text{ПОТ.В.}} = 32 \cdot 96,7 \cdot 97 = 284658 \text{ кДж/ч}$$

4. С циркулирующей водой при t , °С

$$Q_{\text{Ц}} = G_{\text{Ц}} + q_{\text{Н.Ч.}} - q_{\text{В}} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot t, \quad (42)$$

$$Q_{\text{Ц}} = 22100 + 3291,7 - 2656,7 \cdot 3,19t$$

$$Q_{\text{Ц}} = 514259,7t$$

Итого расход тепла составит:

$$Q_{\text{РАС}} = Q_{\text{Д}} + Q_{\text{В}} + Q_{\text{ПОТ.Н.}} + Q_{\text{Ц}} t \quad (43)$$

$$Q_{\text{РАС}} = 2750357 + 6265613 + 284658 + 514259t$$

$$Q_{\text{РАС}} = 9300628 + 514259t$$

Из уравнения теплового баланса определяем t:

$$t = \frac{Q_{\text{ПР}} - Q_{\text{РАС}}}{514259} = \frac{27366656 - 9300628}{514259} = 35,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Расчет решетчатых тарелок

Верхнее сечение

$$1. \alpha_0 = 122100 \text{ кг/ч}$$

$$2. Y_0 = G_{\Gamma} + q_{\text{В}} = 26964 + 2656,7 = 29620,7 \text{ кг/ч}$$

Для живого сечения, приходящегося на жидкость:

$$\tau = \frac{\left[\left(\frac{\alpha_0}{Y_0} \right)^2 \cdot \frac{\gamma_{\Gamma}}{\gamma_{\text{Ж}} \cdot \xi \mu^2} \right]^{1/3}}{1 + \left[\left(\frac{\alpha_0}{Y_0} \right)^2 \cdot \frac{\gamma_{\Gamma}}{\gamma_{\text{Ж}} \xi \cdot \mu^2} \right]^{1/3}}, \quad (44)$$

где $\xi = 1,5$ – коэффициент сопротивления сухой тарелки,

$\mu = 0,62$ – коэффициент истечения через щель.

Объем газа в верхнем сечении скруббера определяем по формуле :

$$V_B = \frac{\left(\frac{G_{\Gamma}}{M_{\text{ОГ}}} + \frac{q_{\text{В}}}{M_{\text{ВОД.}}} \right) 22,4 \cdot P_0 (t_0 + t_{\text{ВЫХ}})}{T_0 (P_0 + P)}, \quad (45)$$

$$V_B = \frac{\left(\frac{26964}{30,2} + \frac{2656,7}{18} \right) 22,4 \cdot 101,3 (73 + 70)}{273 \cdot 140} =$$

$$= 20588,7 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{Y_0}{V_B} \quad (46)$$

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{Y_0}{V_B} = \frac{29620,7}{20588,7} = 1,4$$

$$\tau = \frac{\left[\left(\frac{122100}{29620,7} \right)^2 \cdot \frac{1,4}{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,62^2} \right]^{1/3}}{1 + \left[\left(\frac{122100}{29620,7} \right)^2 \cdot \frac{1,4}{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,62^2} \right]^{1/3}} = 0,24$$

Принимаем сечение щелей 20 % или 0,2 от общей площади тарелки, тогда общая площадь сечения щелей равна:

$$F_{щ} = 0,785 D^2 \cdot 0,2, \quad (47)$$

$$F_{щ} = 0,785 \cdot 2,6^2 \cdot 0,2 = 1,06 \text{ м}^2$$

Скорость газа в щелях

$$U_{щ} = \frac{V_B}{F_{щ}}, \quad (48)$$

$$U_{щ} = \frac{20588,7}{1,06 \cdot 3600} = 5,4 \text{ м/с}$$

Статическое давление барботажного слоя:

$$P = \frac{\beta}{1-\beta} \frac{\xi \cdot \gamma_{г} \cdot U_{щ}^2}{2g} + \frac{2\sigma}{\alpha} \quad (49)$$

$$P = \frac{0,5}{1-0,5} \frac{1,5 \cdot 1,4 \cdot 5,4^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{2 \cdot 0,00678}{0,006} = 9,4 \text{ Па}$$

где $\beta = 0,5$ – местный коэффициент вспенивания (для воды),

$\sigma = 0,00678$ кг/м – поверхностное натяжение воды,

$\alpha = 0,006$ м – ширина щели в верхнем сечении.

Потеря напора на тарелке:

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot \gamma_{г} \cdot U_{щ}^2}{2g} \left[1 - \tau(1-\beta) \right] + \frac{2\sigma}{\alpha} \quad (50)$$

$$\Delta P = \frac{1,5 \cdot 1,4 \cdot 5,4^2}{2 \cdot 9,81} \left[1 - 0,24(1-0,5) \right] + \frac{2 \cdot 0,00678}{0,006} = 17 \text{ Па}$$

Высота светлого слоя жидкости:

$$h_c = \frac{1000 \Delta P}{\gamma_{ж}}, \quad (51)$$

$$h_c = \frac{1000 \cdot 17}{1000} = 17 \text{ мм.}$$

Высота вспененного слоя жидкости:

$$h_{II} = \frac{h_c}{K} \cdot \frac{1}{K} = 3,5h_c, \quad (52)$$

$$h_{II} = 3,5 \cdot 17 = 59,5 \text{ мм.}$$

Высота сепарационного пространства:

$$S = H - h_n, \quad (53)$$

$$S = 400 - 59,5 = 340,5 \text{ мм,}$$

где $H = 400$ мм – расстояние между тарелками.

Полученное значение высоты сепарационного пространства значительно больше критического значения, равного 180 – 200 мм.

Нижнее сечение

$$\alpha_0 = 159200 \text{ кг/ч}$$

$$Y_0 = G_{\Gamma} + q_{н.ч.}, \quad (54)$$

$$Y_0 = 26964 + 3291,7 = 30255,7 \text{ кг/ч}$$

Для живого сечения, приходящегося на жидкость, определяется по формуле.

Объем газа в верхнем сечении скруббера определяем:

$$V_B = \frac{\left(\frac{G_{\Gamma}}{M_{ог}} + \frac{q_{н.ч.}}{M_{вод.}} \right) 22,4 \cdot P_0 \left(t_0 + t_{ВЫХ} \right)}{T_0 \left(P_0 + P \right)}, \quad (55)$$

$$V_B = \frac{\left(\frac{26964}{30,2} + \frac{3291,7}{18} \right) 22,4 \cdot 101,3 \left(73 + 63,9 \right)}{273 \cdot 140} =$$

$$= 21515,9 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{29620,7}{21515,9} = 1,4$$

$$\tau = \frac{\left[\left(\frac{159200}{30255,7} \right)^2 \cdot \frac{1,4}{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,62^2} \right]^{\frac{1}{3}}}{1 + \left[\left(\frac{159200}{30255,7} \right)^2 \cdot \frac{1,4}{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,62^2} \right]^{\frac{1}{3}}} = 0,28$$

Принимаем сечение щелей 25 % или 0,25 от общей площади тарелки, тогда общая площадь сечения щелей равна:

$$F_{щ} = 0,785 \cdot D^2 \cdot 0,25 = 0,785 \cdot 2,6^2 \cdot 0,25 = 1,33 \text{ м}^2$$

Скорость газа в щелях:

$$U_{щ} = \frac{V_B}{F_{щ}} = \frac{21515,9}{1,33 \cdot 3600} = 4,5 \text{ м/с.}$$

Статическое давление барботажного слоя определяем:

$$P = \frac{\beta}{1-\beta} \cdot \frac{\xi \cdot \gamma_r \cdot U_{щ}}{2g(1-\tau)^3} + \frac{2\sigma}{\alpha}, \quad (56)$$

$$P = \frac{0,5}{1-0,5} \cdot \frac{1,5 \cdot 1,4 \cdot 4,5^2}{2 \cdot 9,81 \cdot (-0,28)^3} + \frac{2 \cdot 0,00678}{0,006} = 8,1 \text{ Па}$$

Потеря напора на тарелке:

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot \gamma_r \cdot U_{щ}}{2g(1-\beta)(1-\tau)^3} \cdot \left[-\tau(1-\beta) \right] + \frac{2\sigma}{\alpha(1-\beta)}, \quad (57)$$

$$\Delta P = \frac{1,5 \cdot 1,4 \cdot 4,5^2}{2 \cdot 9,81 \cdot (-0,5) \cdot (-0,28)^3} \cdot \left[-0,28 \cdot (-0,5) \right] + \frac{2 \cdot 0,00678}{0,006 \cdot (-0,5)} = 14,4 \text{ Па}$$

Высота светлого слоя жидкости:

$$h_c = \frac{1000 \Delta P}{\gamma_j}, \quad (58)$$

$$h_c = \frac{1000 \cdot 14,4}{1000} = 14,4 \text{ мм.}$$

Высота вспененного слоя жидкости:

$$h_{II} = \frac{h_c}{K} \cdot \frac{1}{K}, \quad (59)$$

$$h_{II} = 3,5 \cdot 14,4 = 50,4 \text{ мм.}$$

Высота сепарационного пространства:

$$S = H - h_{II}, \quad (60)$$

$$S = 400 - 50,4 = 349,6 \text{ мм}$$

где $H = 400$ мм – расстояние между тарелками.

Полученное значение высоты сепарационного пространства значительно больше критического значения, равного 180 – 200 мм.

Расчет эффективности пылеулавливания

Интенсивность работы газопромывателя определяется коэффициентом пылеулавливания K_{Π} .

Для смачиваемой пыли при $d_{\Gamma} \geq 15$ мк коэффициент пылеулавливания определяется:

$$K_{\Pi} = h_{\Pi} + 1,95w_{\Gamma} - 0,09, \quad (61)$$

$$K_{\Pi} = 0,055 + 1,95 \cdot 2,0 - 0,09 = 3,86 \text{ м/ч}$$

Степень улавливания пыли на одной полке определяется по уравнению:

$$\eta_1 = \frac{2K_{\Pi}}{2w_{\Gamma} + K_{\Pi}}, \quad (62)$$

$$\eta_1 = \frac{2 \cdot 3,86}{2 \cdot 2,0 + 3,86} = 0,98$$

Эффективность улавливания пыли в скруббере составляет:

$$\eta = 1 - (-\eta_{1H})^n, \quad (63)$$

$$\eta = 1 - (-0,98)^{14} = 0,999 \text{ или } 99,9\%$$

Концентрация пыли в отходящих газах после скруббера составляет:

$$C_{\text{к.с.}} = C_{\text{к.ц.}} - \frac{h_c \cdot C_{\text{к.ц.}}}{100}, \quad (64)$$

$$C_{\text{к.с.}} = 0,39 - \frac{99,9 \cdot 0,39}{100} = 0,00039 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,0022 \text{ г/с.}$$

ВЫВОД: Т.о. аппарат, предлагаемый к расчету, пригоден к проведению в нем охлаждения отходящих газов и очистки их от катализаторной пыли.

2.4.5 Расчет электрофильтра

Принимаем следующие характеристики электродов:

диаметр коронирующих электродов D $2,5 \cdot 10^{-3}$ м

расстояние между электродами d 0,3 м

расстояние между плоскостями осадительных и коронирующих электродов H 0,15 м

Фракционный состав пыли перед электрофильтром представлен в таблице 2.4.5.1

Таблица 2.4.5.1 – Фракционный состав пыли перед электрофильтром

d , мкм	25	20	15	10	5
Φ_i , %	10	10	10	35	35

Находим относительную плотность газа:

$$\beta = \frac{p_0 + p_1}{p_0} \frac{T_0}{T_0 + t_1}, \quad (65)$$

где p_0 – атмосферное давление;

p_1 – избыточное давление, Па;

t_1 – температура газа, 300 °С.

$$\beta = \frac{140000}{101325} \frac{273}{273 + 300} = 0,66$$

Критическая напряженность электрического поля:

$$E_0 = 3,04 \left(\beta + 0,0311 \sqrt{\frac{2\beta}{D}} \right) \cdot 10^6, \quad (66)$$

где D_1 – диаметр коронирующих электродов.

$$E_0 = 3,04 \left(0,66 + 0,0311 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,66}{2,5 \cdot 10^{-3}}} \right) \cdot 10^6 = 4,2 \cdot 10^6 \text{ В/м}$$

Критическое напряжение коронирующего электрода:

$$U_0 = E_0 \frac{D}{2} \left(\frac{\pi \cdot H}{d} - \ln \frac{\pi \cdot D}{d} \right), \quad (67)$$

где d – расстояние между электродами, 0,30 м;

H – расстояние между плоскостями электродов, 0,15 м:

$$U_0 = 4,2 \cdot 10^6 \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{2} \left(\frac{3,14 \cdot 0,15}{0,30} - \ln \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{0,30} \right) =$$

$$= 5,25 \cdot 10^3 (57 - (-3,64)) \approx 27,4 \cdot 10^3 \text{ В}$$

При:

$$\frac{H}{d} = \frac{0,23}{0,35} = 0,657 \quad R_0 = 1,85 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{В} \cdot \text{с}.$$

Линейная плотность тока

$$I_0 = \frac{4\pi^2 \cdot R_0 \cdot v \cdot u}{d^2 \cdot 9 \cdot 10^9 \left(\frac{\pi H}{d} - \ln \frac{\pi D}{d} \right)} (6 \cdot 10^3 - 27,4 \cdot 10^3), \quad (68)$$

где R_0 – подвижность ионов, $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{В} \cdot \text{с}$;

v – коэффициент, зависящий от взаимного расположения электродов, $7,7 \cdot 10^{-2}$;

u – напряжение, приложенное к электродам, 46 кВ.

$$I_0 = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,85 \cdot 10^{-4} \cdot 7,7 \cdot 10^{-2} \cdot 46 \cdot 10^3}{0,30^2 \cdot 9 \cdot 10^9 \left(\frac{3,14 \cdot 0,15}{0,30} - \ln \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{0,30} \right)} (6 \cdot 10^3 - 27,4 \cdot 10^3) \approx$$

$$= 0,114 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}$$

Динамическая вязкость газа при рабочих условиях определяется по формуле:

$$\mu = \mu_0 \frac{273 + c}{T_1 + c} \left(\frac{T_1}{273} \right)^{3/2}, \quad (69)$$

Где μ_0 – значение коэффициента динамической вязкости при стандартных условиях, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

c – константа;

T_1 – температура, К.

По каждому из компонентов газа находим искомую величину.

$$\mu_{N_2} = 17,0 \cdot 10^{-6} \frac{273 + 114}{573 + 114} \left(\frac{673}{273} \right)^{3/2} = 0,29 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{O}_2} = 20,3 \cdot 10^{-6} \frac{273+114}{573+114} \left(\frac{673}{273} \right)^{3/2} = 0,35 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{CO}_2} = 13,7 \cdot 10^{-6} \frac{273+114}{573+114} \left(\frac{673}{273} \right)^{3/2} = 0,23 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Определяем коэффициент динамической вязкости газа:

$$\frac{M_{CM}}{\mu_{CM}} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i M_i}{\mu_i}, \quad (70)$$

$$\frac{M_{CM}}{\mu_{CM}} = \frac{0,80 \cdot 28}{0,29 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,05 \cdot 32}{0,35 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,14 \cdot 44}{0,23 \cdot 10^{-4}} = 108,59 \cdot 10^4$$

Тогда динамическая вязкость газа составит:

$$\mu_{CM} = \frac{M_{CM}}{108,59 \cdot 10^4}, \quad (71)$$

$$\mu_{CM} = \frac{30,2}{108,59 \cdot 10^4} = 0,28 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Скорость дрейфа частиц разного размера к пылеосадительному электроду (для $d=2-50$ мкм):

$$\omega_{n_i} = \frac{0,118 \cdot 10^{-11} \cdot E^2 \cdot g}{\mu} \cdot d_i \cdot \left(1 + \frac{A \cdot s}{d_i} \right), \quad (72)$$

где $A = 0,815$; $s = 10^{-7}$;

E - напряженность электрического поля, В/м.

Напряженность электрического поля для пластинчатого электрофильтра:

$$E = \sqrt{\frac{8I_0 \cdot H}{4\pi\epsilon_0 R \cdot d}}, \quad (73)$$

где R – подвижность ионов, рассчитываемая по формуле:

$$R = R_0 \frac{101325}{140000} = 1,85 \cdot 10^{-4} \cdot 0,72 = 1,34 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{В} \cdot \text{с}$$

$$E = \sqrt{\frac{8 \cdot 0,114 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1,34 \cdot 10^{-4} \cdot 0,30}} = 0,175 \cdot 10^6 \text{ В/м}$$

Результаты расчета сведем в таблицу 2.4.5.2:

Таблица 2.4.5.2 – Скорость дрейфа частиц

Размер частиц, мкм	25	20	15	10	5
Скорость дрейфа ω_i , м/с	0,318	0,254	0,191	0,128	0,064

$$\omega_1 = \frac{0,118 \cdot 10^{-11} (0,175 \cdot 10^6)^2 \cdot 9,81}{0,28 \cdot 10^{-4}} \cdot 25 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 + \frac{0,815 \cdot 10^{-7}}{25 \cdot 10^{-6}}\right) = 0,318 \text{ м/с}$$

$$\omega_2 = \frac{0,118 \cdot 10^{-11} (0,175 \cdot 10^6)^2 \cdot 9,81}{0,28 \cdot 10^{-4}} \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 + \frac{0,815 \cdot 10^{-7}}{20 \cdot 10^{-6}}\right) = 0,254 \text{ м/с}$$

$$\omega_3 = \frac{0,118 \cdot 10^{-11} (0,175 \cdot 10^6)^2 \cdot 9,81}{0,28 \cdot 10^{-4}} \cdot 15 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 + \frac{0,815 \cdot 10^{-7}}{15 \cdot 10^{-6}}\right) = 0,191 \text{ м/с}$$

$$\omega_4 = \frac{0,118 \cdot 10^{-11} (0,175 \cdot 10^6)^2 \cdot 9,81}{0,28 \cdot 10^{-4}} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 + \frac{0,815 \cdot 10^{-7}}{10 \cdot 10^{-6}}\right) = 0,128 \text{ м/с}$$

$$\omega_5 = \frac{0,118 \cdot 10^{-11} (0,175 \cdot 10^6)^2 \cdot 9,81}{0,28 \cdot 10^{-4}} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 + \frac{0,815 \cdot 10^{-7}}{5 \cdot 10^{-6}}\right) = 0,064 \text{ м/с}$$

Принимаем к установке электрофильтр марки ЭГА1-14-7,5-4-4 с характеристиками приведенными в таблице 2.4.5.3.

Таблица 2.4.5.3 – Характеристика электрофильтра ЭГА1-14-7,5

Количество газовых проходов, шт.	14
Активная высота электродов, м	7,5
Активная длина поля, м	2,56
Количество полей, шт.	4
Площадь активного сечения, м ²	28,7
Общая площадь осаждения, м ²	2210
Габаритные размеры:	
длина	17,62
ширина	4,4
высота	13,9

Удельная поверхность осаждения:

$$f = \frac{S}{V} \cdot c, \quad (74)$$

$$f = \frac{2210}{8,4} = 263 \text{ м}^2 / \text{м}^3 \cdot \text{с}$$

где V – объемный расход отходящего газа при рабочих условиях.

$$V = \frac{20000 \cdot 73 + 300 \cdot 101325}{3600 \cdot 140000 \cdot 273} = 8,4 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Действительная скорость дрейфа частиц в электрическом поле:

$$\omega_{gn_i} = 0,5\omega_{n_i}, \quad (75)$$

Расчет действительной скорости дрейфа для частиц разных размеров сводим таблицу 2.4.5.4

Таблица 2.4.5.4 Действительная скорость дрейфа

Размер частиц, мкм	25	20	15	10	5
Действительная скорость дрейфа, ω_{gn_i} , м/с	0,159	0,127	0,096	0,064	0,032

Степень очистки газа в электрофильтре

$$\eta_{cp} = 1 - e^{-f\omega_{gn_i}}, \quad (76)$$

Для частиц разных размеров значение отношения $f\omega_{gn_i}$ оформляем в виде таблицы 2.4.5.5.

Таблица 2.4.5.5 Расчет произведения $f\omega_{gn_i}$

Размер частиц, мкм	25	20	15	10	5
$f\omega_{gn_i}$	41,8	33,4	25,2	16,8	8,4

Значения фракционной степени очистки газа приводим в таблице 2.4.5.6.

Таблица 2.4.5.6 Значения фракционной степени очистки газа

Размер частиц, мкм	25	20	15	10	5
$\eta_{cp} = (1 - e^{-f\omega_{gn_i}}) \cdot 100$, %	100	100	100	100	99,9

Общая степень очистки газа в электрофильтре:

$$\eta = \sum_{i=1}^n \frac{n_{\phi_i} \cdot \Phi_i}{100}, \quad (77)$$

$$\eta = \frac{100 \cdot 5}{100} + \frac{100 \cdot 10}{100} + \frac{100 \cdot 15}{100} + \frac{100 \cdot 30}{100} + \frac{99,9 \cdot 40}{100} = 99,9 \text{ \%}.$$

Концентрация пыли в отходящих газах после электрофильтра составляет

$$C_K = C_H - \frac{\eta \cdot C_H}{100}, \quad (78)$$

$$C_K = 0,39 - \frac{99,9 \cdot 0,39}{100} = 0,00039 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,022 \text{ г/с}$$

Вывод: Электрофильтр можно принят к установки, т.к. достигается необходимая степень очистки.

ГЛАВА 3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОБУТАН-БУТИЛЕНОВОЙ ФРАКЦИИ

3.1 Мероприятия по безопасному ведению

Выделяют организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасное ведение технологического процесса.

К организационным относятся:

- разработка инструктивных материалов, регламентов, норм и правил ведения технологического процесс;
- организация обучения и инструктажа обслуживающего персонала;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением норм технологического режима, правил и норм техники безопасности и т.п.

К техническим мероприятиям относятся:

- снятие напряжений при обслуживании электрофильтра;
- проверка отсутствия напряжения в токоведущих частях – недопущение самостоятельного включения;
- вывешивание плакатов по техники безопасности;
- заземление оборудования;

- испытание на прочность и герметичность трубопроводов и оборудования;
- ограждение движущихся частей механизмов встряхивания.

3.2 Пожарная безопасность

Для устранения статического электричества заземляют токоведущие части электрофилтра, транспортера, силоса и элеватора с помощью нейтрализаторов статического электричества.

Для защиты от атмосферного статического электричества применяют молниезащиту.

В качестве средств пожаротушения применяют огнетушители углекислотные ОУ-80.

3.3 Анализ опасности очистки отходящих газов

В таблице приведены опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на установке очистки отходящих газов.

Таблица 3.3.1 Опасные и вредные производственные факторы

Группа факторов	Факторы	Источники
Физические	Запыленность воздуха рабочей зоны	Зон переработки транспортировки катализатора; в случае нарушения герметизации оборудования
	Вибрации:	Транспортные средства; механизмы встряхивания
	Акустические колебания: шум	Транспортные средства; механизмы встряхивания
	Статическое	Зоны около электрофилтра Зоны около линий

	электричество Электромагнитные поля Электрический ток $U_{MAX} = 46 \text{ кВ}$	электропередач Электрические сети, электрофильтр, распределители, трансформаторы, оборудование с электроприводом
--	--	--

Пыль катализатора ИМ-2201 не обладает пожаровзрывоопасными свойствами. Свойства катализаторной пыли приведены в таблице 3.3.2

Таблица 3.3.2 Характеристика катализатора ИМ-2201

Характеристика	Значение
Класс опасности (ГОСТ 12.1.07-76)	3
Агрегатное состояние	твердый, сыпучий, мелкозернистый
Удельный вес, г/см ³	1,0 – 1,4
ПДК или ОБУВ в воздухе рабочей зоны производственных помещений, мг/м ³	2
Характеристика токсичности (воздействия на организм человека)	Длительное дыхание вызывает снижение обоняния, поражение гайморовых пазух, изъязвление носовых перегородок.

В соответствии с НПБ-105-03 п.2.2 производство по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Г, т.к. присутствуют негорючие материалы в раскаленном состоянии.

В соответствии со СНиП 2.09.04.-87 процесс очистки отходящих газов от катализаторной пыли относится к 1б группе производственных процессов.

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ

4.1. Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Таблица 4.1.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектируемый вариант
С увеличением производственных мощностей данное оборудование не выдерживает предлагаемых нагрузок	За счет замены устаревшего оборудования повысилась производительность и упростилась технологическая схема

Таблица 4.1.2 Расчёт годовой производственной мощности основного оборудование

№ п/п	Показатели	Количество	
		базовый	проект
1	Календарная продолжительность года, сутки	365	365
2	Плановые простои оборудования, сут.	14	14
3	Эффективное время работы оборудования, сут.	351	351
4	Эффективное время работы оборудования, час.	8424	8424
5	Часовая производительность оборудования, м ³ /ч	1,8	2,4
6	Годовая производственная мощность, м ³ /год.	15000	20000

4.2 Расчёт капитальных затрат на оборудование

Капитальные затраты на приобретение и монтаж оборудования складываются из прямых затрат на его приобретение и сопутствующих затрат: формула.

$$K_{П.об} = K_{об} + K_{con}, \quad (79)$$

где $K_{П.об}$ – капитальные затраты на оборудование;

$K_{об}$ – прямые затраты на приобретение оборудования;

K_{con} – сопутствующие затраты на оборудование.

Таблица 4.2.1 Прямые капитальные вложения в основное оборудование

№	Наименование оборудования	Количес тво	Стоимость оборудования, руб.	
			за ед.	всего
1	2	3	4	5
1	Электрофильтр	1	2500000	2500000
	Итого:	1	2500000	2500000

Произведем расчёт сопутствующих капитальных вложений.

Сопутствующие капитальные вложения складываются из следующих затрат:

- на проектирование новой техники и технологии $K_{пр}$;
- затрат на доставку приобретённого оборудования, $K_{дост}$;
- затраты на монтаж оборудования, $K_{монт}$;
- затраты на обвязку трубопроводами, $K_{труб}$;

- затраты на оснащение контрольно-измерительными приборами (КИП), $K_{кип}$;
- затраты пуско-наладочные работы $K_{пн}$;
- затрат на демонтаж и утилизацию заменяемого оборудования или узлов $K_{дем}$.

Рассчитываем затраты на проектирование рассчитываются по формуле

$$K_{пр} = T_{пр} \cdot Z_{Kчас}, \quad (80)$$

где $T_{пр}$ – трудоёмкость проектирования (в часах) техники, технологии;

$Z_{Kчас}$ – часовая заработная плата конструктора, руб.

Условно для расчётов трудоёмкость проектирования можно принять 640 часов. Для инженерно-технических работников, устанавливается месячный оклад ($Ок$). Определим часовую заработную плату ($Z_{Kчас}$) конструктора по формуле:

$$Z_{Kчас} = \frac{Ок}{168}, \quad (81)$$

Где 168- среднемесячный часовой фонд конструктора.

$$Z_{Kчас} = 15000/168 = 89,3 \text{ руб.}$$

Теперь рассчитываем затраты на проектирование по формуле:

$$K_{пр} = T_{пр} \cdot Z_{Kчас} = 640 \cdot 89,3 = 57152 \text{ руб.}$$

Остальные затраты примем по укрупнённым нормам в процентах от стоимости оборудования:

- затраты на доставку приобретенного оборудования $K_{дост}$ – 2 %
- затраты монтаж оборудования $K_{монт}$ = 10% ;
- затраты на обвязку трубопроводами $K_{труб}$ – 8% ;
- затраты на оснащение КИП $K_{кип}$ – 3%;
- затраты на пуско-наладочные работы $K_{пн}$ – 2% ;
- затраты на демонтаж устаревшего оборудования $K_{дем}$ – 5% .

Сопутствующие капитальные затраты на оборудование рассчитываются по формуле:

$$K_{con} = K_{np} + K_{об} \frac{K_{дост} + K_{монт} + K_{труб} + K_{куп} + K_{ни} + K_{дем}}{100\%} - K_{ост}, \quad (82)$$

$$K_{con} = 72183 + 2500000 \frac{2 + 10 + 10 + 5 + 2 + 5}{100\%} = 922,183 \text{ руб};$$

Так как демонтируемое оборудование отправляется на склад и пока не реализуется то, $K_{ост} = 0$.

Для установки нового производственного оборудования нового здания не требуется, поэтому затрат на капитальное строительство нет, затрат на модернизацию оборудования нет.

Рассчитываем общую сумму капитальных вложений по формуле:

$$K_{ноб} = K_{об} + K_{con}, \quad (83)$$

где $K_{общ}$ – общая сумма капитальных вложений (инвестиций);

K_{con} – сопутствующие капитальные затраты на оборудование.

$$K_{общ} = 2500000 + 922,183 = 3422183 \text{ руб};$$

4.3 Расчёт экономической эффективности бакалаврской работы

Определим ожидаемую прибыль $Pr_{ож}$ (условно-годовую экономию) от снижения себестоимости продукции по формуле :

$$Pr_{ож} = (C_{н.баз} - C_{н.пр}) \cdot M_{пр}, \quad (84)$$

где $C_{баз}$ – себестоимость одной тонны продукции по базовому варианту;

$C_{пр}$ – себестоимость одной тонны продукции по проекту.

Определим налог на прибыль:

$$H_{пр} = \frac{Pr_{ож} \cdot K_{нал}}{100}, \quad (85)$$

где $K_{нал}$ – ставка налога на прибыль (24%).

Определим чистую ожидаемую прибыль:

$$Pr_{чист} = Pr_{ож} - H_{пр}, \quad (86)$$

После определения чистой прибыли определяется расчётный срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций), необходимых для осуществления проектируемого варианта:

$$T_{ок} = \frac{K_{общ}}{Pr_{чист}}, \quad (87)$$

где $T_{ок}$ – срок окупаемости капитальных вложений.

Определяем общую текущую стоимость доходов (чистой дисконтированной прибыли) в течение принятого горизонта расчета определяется по формуле:

$$D_{общ.диск} = \sum_{t=1}^{T_r} Pr_{чист} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.}, \quad (88)$$

где T_r – принятый горизонт расчета, лет;

E – процентная ставка на капитал (например, при 10% – $E=0,1$; при 20% – $E=0,2$ и т.д.).

t – первый, второй, третий и т.д. год получения прибыли в пределах принятого горизонта расчета.

Интегральный экономический эффект (чистый дисконтированный доход) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{инт} = ЧДД = D_{общ.диск} - K_{общ}, \text{ руб.}, \quad (89)$$

Если общая стоимость доходов ($D_{общ.диск}$) меньше текущей стоимости затрат ($K_{общ.}$), то есть $\mathcal{E}_{инт}$ ($ЧДД$) < 0 , то проект неэффективен. В этом случае инвестору будет выгоднее положить деньги на депозитный счёт в банк на срок, равный принятому горизонту расчёта и получить доход на капитал, который рассчитывается по формуле:

$$D_{кап} = K_{общ} \cdot (1+E)^{T_r} - K_{общ}, \text{ руб.}, \quad (90)$$

Если общая стоимость доходов ($D_{общ.диск}$) больше текущей стоимости затрат ($K_{общ.}$), то есть $\mathcal{E}_{инт}$ ($ЧДД$) > 0 , то проект эффективен. Вложенные в проект инвестиции начнут окупаться, как только общий дисконтированный доход, сравняется с размером общих капитальных

вложений, т.е. когда $\mathcal{E}_{инт} (ЧДД) = K_{общ}$. При эффективном проекте определяется индекс доходности:

$$ИД = \frac{D_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{общ}}, \quad (91)$$

Индекс доходности показывает прибыль на каждый вложенный рубль.

Составим таблицу расчетов экономической эффективности (таблица 4.3.1).

Табл. 4.3.1 Показатели экономической эффективности бакалаврской работы

Наименование показателя	Расчёт по формуле	Сумма, руб
Ожидаемая прибыль	528,4*20000	10568000
Налог на прибыль	10568000*24/100	2536320
Чистая прибыль	10568000-2536320	8031680
Расчётный срок окупаемости капитальных вложений, лет	3422183/8031680	0,43 (157 дней)
Общая текущая стоимость доходов	8031680*1/(1+0,15)	6984070
Чистый дисконтированный доход	6984070-3422183	3561887
Индекс доходности	6984070/3422183	2,04

Выводы и заключения

Табл. 4.3.2 Техничко-экономические показатели бакалаврской работы

№ п/п	Показатели	Значение показателя	
		базовый	проектный
1.	Производственная мощность, м ³ /год	15000	20000
2.	Себестоимость продукции	3300,42	2772,02
3.	Условно-годовая экономия		10568
4.	Капитальные вложения		3422183
5.	Чистая прибыль		8031680
6.	Интегральный экономический эффект		3561887
7.	Срок окупаемости		0,43(157 дней)
8.	Индекс доходности		2,07

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе рассмотрена существующая схема обезвреживания отходящих газов регенерации в производстве изобутан-изобутиленовой фракции на ООО «Тольяттикаучук». Также был произведен литературный обзор методов очистки высокотемпературных газов от пыли. В результате был разработан альтернативный вариант технологической схемы очистки отходящих газов от пыли с использованием электрофилтра.

Эффективность очистки как по старому, так и по новому варианту составляет 99,9 %.

Также были рассмотрены вопросы техники безопасности при ведении технологического процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Архипов Г. В. Автоматическое регулирование поверхностных теплообменников / Г. В. Архипов. - Москва : Энергия, 1971. - 304 с. : ил.
2. Антикайн П. А. Рекуперативные теплообменные аппараты / П. А. Антикайн, М. С. Аронович, А. М. Бакластов. - Москва ; Ленинград : Госэнергоиздат, 1962. - 231 с.
3. Адушкин, В.В. Расчет безопасных расстояний при газовом взрыве в атмосфере. Сборник Взрывное дело / В.В. Адушкин, С.М. Кочарго, А.Г. Лялин. – М.: Недра, 1975.
4. Афанасьев Н. Д. Процессы и аппараты химической технологии : лаб. практикум / Н. Д. Афанасьев; ТГУ ; каф. "Машины и аппараты хим. и пищевых производств и предприятий строит. материалов". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 66 с. : ил.
5. Афанасьев Н. Д. Процессы и аппараты химической технологии : учеб.-метод. пособие по выполнению курсового проекта / Н. Д. Афанасьев; ТГУ ; каф. "Машины и аппараты химических и пищевых производств и предприятий строит. материалов". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 20 с.
6. Анализ продуктов производства синтетических каучуков / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т синтет. каучука им. акад. С.В. Лебедева "ВНИИСК" ; авт.-сост.: Н. А. Исакова [и др.] ; под ред. И.В. Гармонова. - Москва ; Ленинград : Химия, 1964. - 316 с.
7. А.с. № 1666464 (1991) Способ получения модифицированного цис-1,4- полиизопрена / О.И. Тукжиков.
8. Брайнес, Я.М. Введение в теорию и расчеты химических и нефтехимических реакторов / Я.М. Брайнес – Л.: Химия, 1976, - 231с.
9. Броунштейн Б. И. Гидродинамика, массо- и теплообмен в колонных аппаратах / Б. И. Броунштейн, В. В. Щеголев. - Ленинград : Химия, 1988. - 336 с. : ил.

10. Быстров П. И. Гидродинамика коллекторных теплообменных аппаратов / П. И. Быстров, В. С. Михайлов. - Москва : Энергоиздат, 1982. - 224 с. : ил.
11. Бажан, П.И. Справочник по теплообменным аппаратам / П.И. Бажан, Г.Е. Каневец, В.М. Селиверстов. – М.: Машиностроение, 1989. - 366 с.
12. Блох Г. А. Органические ускорители вулканизации каучуков / Г. А. Блох. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Ленингр. отд-ние, 1972. - 559 с. : ил.
13. Бесчастнов, М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение / М.В. Бесчастнов – М.: Химия, 1991, - 432с.
14. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик // Физматгиз. – М.: 1963. – 708 с.
15. Высокотемпературные теплообменные аппараты : труды Горьковского политехн. ин-та им. А. А. Жданова : [сборник тр.]. Т. 31. Вып. 13 / [отв. ред. В. М. Будов]. - Горький : [б. и.], 1975. - 58 с.
16. ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
17. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. - Изд. (апр. 2003) с поправкой (ИУС 2-97). - Взамен ГОСТ 14249-80 ; введ. 01.01.90. - Москва : Изд-во стандартов, 2003. - 53 с. : ил.
18. ГОСТ 22161-76. Машины, механизмы, паровые котлы, сосуды и аппараты судовые. Нормы и правила гидравлических и воздушных испытаний. - Переизд. Март 1986 с изм. 1,2,3. - Взамен ГОСТ 1999-60, ГОСТ 2029-70, ГОСТ 7718-55, кроме двигателей внутреннего сгорания ; введ. 01.01.78. - Москва : Изд-во стандартов, 1986. - 16 с.
19. ГОСТ 25822-83 [СТ СЭВ 3649-82]. Сосуды и аппараты. Аппараты воздушного охлаждения. Нормы и методы расчета на прочность. - Введ. 01.01.84. - [Б. м.] : [б. и.], [1984?]. - 19 с.

20. ГОСТ 26303-84 (СТ СЭВ 4350-83). Сосуды и аппараты высокого давления. Шпильки. Методы расчета на прочность. - Введ. 01.07.85. - [Б. м.] : [б. и.], [1985?]. - 10 с.
21. ГОСТ 25859 –83.,(СТ СЭВ 3648 –82), Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы расчета на прочность при малоцикловых нагрузках.
22. ГОСТ 24655-89 (СТ СЭВ 6221-88). Каучуки синтетические. Методы определения массовой доли дифенил-п-фениллендиамина. - Введ. 01.06.90, 1989. - 7 с.
23. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию. М. "Химия", 1991 г.
24. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. для вузов. В 2 кн. Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - 2-е изд. - Москва : Химия, 1995. - 368 с.
25. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. для вузов. В 2 кн. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - 2-е изд. - Москва : Химия, 1995. - 400 с.
26. Двухфазные потоки и вопросы теплообмена / [отв. ред. И. Т. Аладьев]. - Москва : Наука, 1970. - 159 с. : ил.
27. Дианов В. Г. Автоматизация производственных процессов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности : [учеб. пособие] / В. Г. Дианов. - Москва : Химия, 1968. - 326 с.
28. Кирпичников, П.А. Химия и технология синтетического каучука / П.А. Кирпичников, Л.А. Аверко-Антонович, Ю.О. Аверко-Антонович. – Л.: Химия, 1987. - 423 с.
29. Крамерс, Х. Химические реакторы/ Х. Крамерс, К. Вестертерп. – М.: Химия, 1977. - 504с.
30. Контактные теплообменники / Е. И. Таубман [и др.]. - Москва : Химия, 1988. - 256 с. : ил.

31. Краснов В. И. Ремонт теплообменников / В. И. Краснов, М. З. Максименко. - Москва : Химия, 1990. - 101 с. : ил.
32. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. для хим.-технол. вузов и фак-тов / А. Г. Касаткин. - Изд. 5-е, перераб. - Москва ; Ленинград : Гос. науч.-техн. изд-во химич. лит., 1950. - 792 с. : ил.
33. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. для вузов / А. Г. Касаткин. - Изд. 13-е, стер. ; Гриф МО. - Москва : Альянс, 2006. - 750 с. : ил.
34. Корсаков-Богатков С. М. Химические реакторы как объекты математического моделирования / С. М. Корсаков-Богатков. - Москва : Химия, 1967. - 223 с. : ил.
35. Крючков А. П. Каучук : науч.-попул. очерк / А. П. Крючков. - Москва ; Ленинград : Химия, 1965. - 104 с. : ил.
36. Колебательные спектры и молекулярные процессы в каучуках : [сборник статей] / ВНИИСК. - Москва ; Ленинград : Химия, 1965. - 150 с.
37. Крючков А. П. Общая технология синтетических каучуков : учеб. для ПТУ / А. П. Крючков. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Москва ; Ленинград : Химия, 1965. - 470 с. : ил.
38. Кирпичников П. А. Химия и технология синтетического каучука : учеб. пособие для студентов хим.-технол. специальностей вузов / П. А. Кирпичников, Л. А. Аверко-Антонович, Ю. О. Аверко-Антонович. - Ленинград : Химия, 1970. - 527 с. : ил.
39. Кулагин Л. В. Форсунки для распыливания тяжелых топлив / Л. В. Кулагин, М. Я. Морошкин. - Москва : Машиностроение, 1973. - 200 с.
40. Лебедев, И.И. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза / И.И. Лебедев - М.: Химия, 1981, - 590с.
41. Лабутин А. Л. Антикоррозионные и герметизирующие материалы на основе жидких каучуков / А. Л. Лабутин, К. С. Монахова, Н. С. Федорова. - Москва ; Ленинград : Химия, 1966. - 207 с. : ил.

42. Литвин О. Б. Основы технологии синтеза каучуков : учеб. пособие / О. Б. Литвин. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Химия, 1964. - 648 с. : ил.
43. Нестеров В. Д. Вихревые динамические теплообменники / В. Д. Нестеров, Ю. Н. Васильев. - Москва : Недра, 1982. – 159 с. : ил.
44. Огородников, С.К. Производство изопрена / С. К. Огородников, Г. С. Идлис; Под ред. Ю. А. Горина. - Л. : Химия, 1973. - 296 с. : ил.
45. Отчет НИР №02850039469. Модификация цис-полиизопренового каучука СКИ-3 малеиновым ангидридом. – В сб. Рефератов НИР и ОКР, сер. 17, 1986, №36.
46. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : учеб. пособие для вузов / под ред. Ю. И. Дытнерского. - Москва : Химия, 1983 . - 271 с. : ил.
47. Нормы пожарной безопасности : Пожарная техника. Огнетушители. Требования к эксплуатации : НПБ 166-97 : дата введения 01.03.98. - Москва : ВЦОПТ, 1999. - 16 с.
48. НПБ 10105-2003 Нормы пожарной безопасности. Определение категорий наружных установок по пожарной опасности.
49. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф Павлов, П.Г.Романков, А.А. Носков. – Л.: Химия, 1987, - 576 с.
50. ПБ 09 –540-03. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожарных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, – М.: Госгортехнадзор России, 2003. - 108 с.
51. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для техникумов / А. Н. Плановский, В. М. Рамм, С. З. Каган. - Изд. 5-е, стер. - Москва : Химия, 1968. - 847 с.

52. Процессы и аппараты химической технологии. Т. 15 / Гос. ком. СССР по науке и технике ; АН СССР ; ВИНТИ ; [гл. ред. А. И. Михайлов] ; науч. ред. В. В. Кафаров. - Москва : ВИНТИ, 1987. - 160 с. : ил

53. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. пособие для вузов / А. А. Захарова [и др.]; под ред. А. А. Захаровой. - Гриф УМО. - Москва : Академия, 2006. - 522 с. : ил.

54. Процессы и аппараты химической технологии : лабораторный практикум : учеб. пособие / А. И. Ершов [и др.]; под ред. А. И. Ершова. - Минск : Университетское, 1988. - 173 с.

55. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. для техникумов / А. Н. Плановский, В. М. Рамм, С. З. Каган. - Изд. 4-е, стер. - Москва : Химия, 1967. - 847 с. : ил.

56. Процессы и аппараты химической технологии. Т. 16 / Гос. ком. СССР по науке и технике ; АН СССР ; ВИНТИ ; [гл. ред. А. И. Михайлов] ; науч. ред. В. В. Кафаров. - Москва : ВИНТИ, 1988. - 182 с. : ил.

57. Процессы и аппараты химической технологии. Т. 10 / Гос. ком. СССР по науке и технике ; АН СССР ; ВИНТИ ; [гл. ред. А. И. Михайлов] ; науч. ред. В. В. Кафаров. - Москва : ВИНТИ, 1982. - 170 с. : ил.

58. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков; под ред. П. Г. Романкова. - Изд. 10-е, перераб. и доп. - Ленинград : Химия, 1987. - 575 с. : ил.

59. Предприятие п/я В-8878. Технический проект IV очереди строительства производства синтетических каучуков и мономеров. Часть IV - Технологическая. Раздел А - технология производства. Том №14. Книга №1. М. 1970 г.

60. Распыливание жидкостей / Ю. Ф. Дитякин [и др.]. - Изд. 2-е, доп. и перераб. - Москва : Машиностроение, 1977. - 207 с. : ил.
61. Рейхсфельд, В.О. Реакционная аппаратура и машины заводов основного органического синтеза и синтетического каучука / В.О. Рейхсфельд, В.С. Шеин, В.И. Ермаков. – Л.: Химия, 1985. - 264 с.
62. Робертс, А. Натуральный каучук / А. Робертса – М.: Мир, 1990, – 665с.
63. РД 26 –15 –88.(ОСТ 26 –01 –396 –78). Нормы и методы расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений.
64. Д 26 –14 –88. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Элементы теплообменных аппаратов.

высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

(институт, факультет)

Рациональное природопользование и ресурсосбережение

(кафедра)

ОТЗЫВ

руководителя о бакалаврской работе

Студента Наумова С.Ю.

Направление подготовки :

Тема: «Модернизация системы очистки отходящих газов в процессе дегидрирования изобутана на ООО «Тольяттикаучук»»

Обоснование актуальности темы

В данной работе описывается существующая схема очистки на ООО «Тольяттикаучук» отходящих газов при производстве изобутан-изобутиленовой фракции. В связи с увеличением объемов производства и износом оборудования предлагается новая схема очистки отходящих газов, а также рассматривается возможность использования существующей схемы.

Произведен расчет пылеулавливающего оборудования: батарейного циклона, скруббера мокрой очистки, электрофилтра.

В экономической части представлена калькуляция себестоимости очистки отходящих газов по двум вариантам технологических схем. Рассчитаны размер платы за выбросы, размер платы за размещение шлама отработанного катализатора.

Степень самостоятельности проведенного исследования

Исследования проведены студентом самостоятельно в соответствии с заданием, установленными сроками и в полном объеме. Следует отметить полноту, глубину, актуальность и обоснованность решения поставленных вопросов; грамотность изложения, стиль записки. Подбор оборудования

проводился при использовании патентного поиска и методик расчета параметров входных характеристик с учетом требований предприятия.

Достоинства работы, глубина и оригинальность поставленных вопросов:

В бакалаврской работе решены поставленные цели и задачи, тема работы раскрыта полностью, работа имеет высокий уровень практической значимости. К достоинствам работы можно отнести сравнительный качественный анализ. Студентом проанализированы вопросы .

Выводы и рекомендации по использованию

В работе произвели анализ и расчеты существующей схемы очистки на ООО «Тольяттикаучук» отходящих газов при производстве изобутан-изобутиленовой фракции. В связи с увеличением объемов производства и износом оборудования предложили современную и менее энергозатратную схему очистки отходящих газов.

Произвели расчет пылеулавливающего оборудования: батарейного циклона, скруббера мокрой очистки, электрофильтра.

В экономической части представлена калькуляция себестоимости очистки отходящих газов по двум вариантам технологических схем. Рассчитаны размер платы за выбросы, размер платы за размещение шлама отработанного катализатора.

Предлагаемая оценка - «хорошо»

Руководитель,

к.т.н., доцент кафедры

«Рациональное
природопользование

и ресурсосбережение»

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

З.А. Шамугия

_____ (личная подпись)

_____ «__» _____ 2016г.