

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование)

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Оптимизация технологического процесса очистки загрязненного
воздуха на установке ИП-6 ООО «Тольяттикаучук»

Студент

А.В. Антонов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, профессор В.С. Гончаров

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

Тольятти 2020

Аннотация

Темой изучения является «Оптимизация технологического процесса очистки загрязненного воздуха на установке ИП-6 ООО «Тольяттикаучук».

Работа состоит из 2 разделов, содержания, введения, заключения и списка используемой литературы.

В бакалаврской работе дано описание технологического процесса выделения сушки и упаковки каучука на линии ЛК-8/1, а также применяемой технологии очистки загрязненного воздуха. Приведены сведения по объемам и характеристикам отходящих газов

Проведено изучение основных способов очистки отходящих газов, которые могут применены в производстве каучуков.

Предложено техническое решение по улучшению очистки воздуха от примесей – внедрение ротационного скруббера с применением серума.

Объем бакалаврской работы составляет 53 страницы и содержит 7 рисунков, 9 таблиц, 23 источника литературы, 2 приложения.

Содержание

Введение.....	4
1 Установка выделения синтетического изопренового каучука.....	7
1.1 Описание технологической схемы выделения, сушки и упаковки каучука на линии ЛК-8/Л.....	7
1.2 Описание существующего технологического процесса очистки загрязненного воздуха на установке ИП-6 ООО «Тольяттикаучук».....	11
1.3 Характеристика отходящих газов от установки ЛК-8/Л.....	16
2 Усовершенствование технологии очистки отходящих газов от установки ЛК-8/Л (ИП-6).....	18
2.1 Методы очистки отходящих газов установок производства каучука на химических предприятиях	18
2.2 Патентный поиск скрубберов для очистки отходящих газов от крошки каучука	27
2.2 Выбор и обоснование реконструкции существующего процесса ...	30
2.3 Расчет материального баланса очистки существующего и оптимизированного процессов	37
2.3.1 Расчет материального баланса существующей схемы газоочистки	37
2.3.2 Материальный баланс предлагаемой схемы газоочистки	42
Заключение	48
Список используемой литературы	49
Приложение А Схема выделения, сушки и упаковки каучука на линии ЛК-8/Л	52
Приложение Б Технологическая схема очистки загрязненного воздуха на установке ЛК-8/Л цеха ИП-6 ООО «Тольяттикаучук»	53

Введение

Анализ работы предприятий нефтехимического кластера на территории г.о. Тольятти в части загрязнения атмосферного воздуха показал, что доля предприятий составляет около 29% от общего уровня (рисунок 1) [1]. Детальный анализ по количеству источников и выбросов представлен в таблице 1 и на рисунке 2.

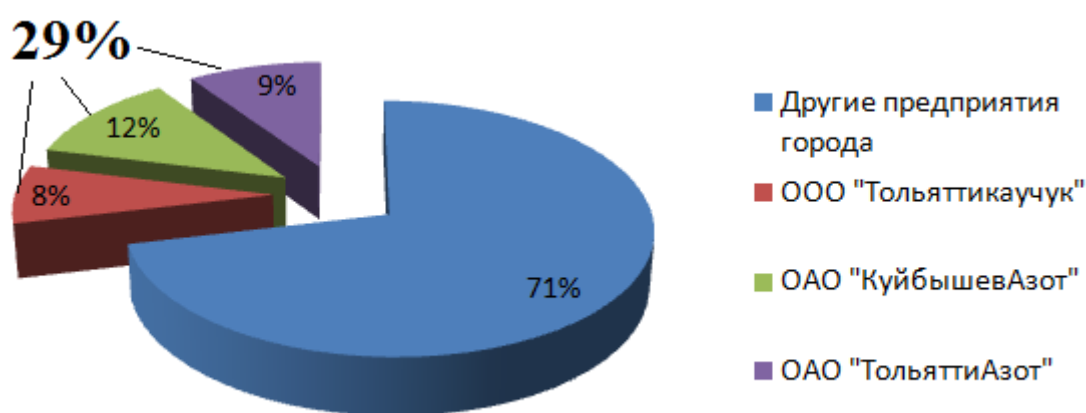


Рисунок 1 – Процентное соотношение доли химических предприятий к общему количеству организаций г.о. Тольятти

Таблица 1 – Параметры химических предприятия по загрязнению окружающего воздуха

Наименование предприятия	Количество источников загрязнения	Суммарный выброс от всех источников, г/с
ООО «Тольяттикаучук»	875	428,416
ПАО «КуйбышевАзот»	738	519,243
ПАО «Тольяттиазот»	648	67,430

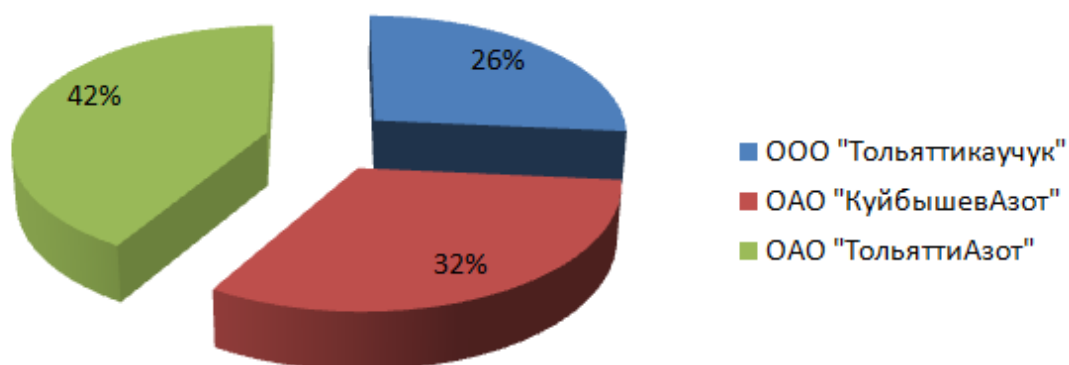


Рисунок 2 – Процентное соотношение загрязнения атмосферы химическими предприятиями г.о. Тольятти

В бакалаврской работе рассматривается одно из трех крупных предприятий нефтехимического кластера г.о. Тольятти – ООО«Тольяттикаучук» и возможность снижения выбросов в атмосферный воздух за счет модернизации системы очистки на одной из стадий технологического процесса. В целом предприятие специализируется на выпуске синтетических каучуков, промежуточных и вспомогательных продуктов [2].

В работе изучается технологический процесс выделения сушки и упаковки каучука на линии ЛК-8/1, при этом упор делается на состав и качество отходящего в атмосферу воздуха.

Существующая технология очистки требует модернизации в части более тщательного удаления загрязнителей из отходящего воздуха в технологическом процессе.

Актуальность работы обусловлена непрерывным наращиванием производственных мощностей предприятий химической и нефтехимической промышленности, что способствует повышению антропогенной нагрузки на окружающую среду и как, следствие, снижению качества атмосферного воздуха на территории г.о. Тольятти.

Проблема исследования заключается в непрерывном снижении качества атмосферного воздуха в связи с постоянным увеличением производственных мощностей химических предприятий и отсутствием системных мероприятий по модернизации систем очистки на предприятиях.

Цель – снижения количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух за счет повышение качества очистки загрязненного воздуха от олигомеров и крошки каучука в процессе работы установки ИП-6 ООО «Тольяттикаучук».

Задачи работы:

1. Провести анализ возможных способов очистки загрязненного воздуха от олигомеров и крошки каучука на установке ИП-6 ООО «Тольяттикаучук».
2. Оптимизировать процесс очистки загрязненного воздуха от олигомеров и крошки каучука на установке ИП-6 ООО «Тольяттикаучук».

1 Установка выделения синтетического изопренового каучука

1.1 Описание технологической схемы выделения, сушки и упаковки каучука на линии ЛК-8/1

В работе рассматривается технологический процесс выделения, сушки и упаковки каучука, который осуществляется в цехе ИП-6 ООО«Тольяттикаучук», а именно линия ЛК-8/1. Схема данного технологического процесса приведена на рисунке А.1 в Приложении А. Ниже приведено описание технологической схемы работы на линии ЛК-8/1 до момента сброса отработанного воздуха в атмосферу.

«Суспензия крошки каучука в воде (пульпа) с концентрацией 2,5÷5,0% массовых из дегазатора 117а отделения дегазации насосом 142а подается в концентратор А-700, где происходит концентрирование крошки каучука в верхней части аппарата за счет разных плотностей каучука и воды.

Расход пульпы замеряется прибором поз.5025/1. Предусмотрена продувка линий подачи пульпы азотом при подготовке их к ремонту.

В период кратковременных остановок установки, а также в случае накопления крошки каучука в концентраторе А-700, во избежание ее слипания предусмотрена возможность подачи технологического воздуха в среднюю и в нижнюю части концентратора А-700. Воздух подается через лимитные шайбы диаметром отверстий не более 8 мм, исключающие выброс горячей воды из концентратора.

Из нижней части концентратора А-700 циркуляционная вода поступает в переливной карман, откуда самотеком сливается в емкость 326а (326в).

Уровень в концентраторе А-700 поддерживается вручную выдвижной заслонкой, установленной в переливном кармане концентратора.

Предусмотрен замер уровня воды в переливном кармане концентратора А-700 с сигнализацией верхнего предельного уровня 65% по шкале прибора поз. 5028/1» [3].

«Во избежание переполнения концентратора предусмотрена аварийная переливная линия в химзагрязненную канализацию по лотку через гидрозатвор № 1, установленный вне помещения.

Освобождение концентратора А-700 при подготовке к ремонту производится также в химзагрязненную канализацию по лотку через гидрозатвор № 1.

Заполнение концентратора А-700 перед пуском в работу производится подачей горячей воды насосом 142а из дегазатора 117а резервной системы дегазации.

Предусмотрена возможность регулирования рН циркуляционной воды, возвращаемой из концентратора А-700 в емкость 326а (326в) раствором щелочи регулирующий клапан поз. 8320/1 установлен на линии подачи раствора щелочи из емкости 718 насосом 719 в концентратор А-700.

Для замера уровня крошки каучука в концентраторе А-700 установлен прибор поз. 9027.

Крошка каучука из верхней части концентратора с помощью скребкового устройства подается по наклонной плоскости в приемную камеру шнекового транспортера А-700а, который направляет крошку в бункер отжимной машины А-701.

Отжим воды из крошки каучука осуществляется за счет механического сжатия и перемешивания крошки шнек-валом. Влага удаляется через щелевые отверстия фильтр-корпуса, образованные набором стержней и прокладок, и собирается в поддоне машины, откуда самотеком поступает в химзагрязненную канализацию через крошкоулавливатель 740 и гидрозатвор № 2.

Каучук при выходе из отжимной машины А-701 проходит через фильтерную плиту, имеющую 40 отверстий (диаметр которых можно менять от 30 до 40 мм при замене фильтерной плиты), разрезается на гранулы четырехлопастным ножом, смонтированным на конце отжимного вала» [3].

«Гранулы каучука после отжимной машины А-701 по ленточному транспортеру Л-731 подаются в приемный бункер сушильной машины А-702 марки СМ-3К-350, которая предназначена для термической сушки каучука.

Термическая сушка обеспечивается разогревом каучука внутри корпуса сушильной машины А-702 за счет трения каучука о поверхности вала с червячными втулками, корпуса и смесительных (разрывных) болтов.

Смесительные (разрывные) болты служат для дополнительного перемешивания и разогрева каучука при его движении в сушильной машине.

Кроме этого, для разогрева каучука предусмотрена подача пара в рубашку сушильной машины А-702.

Температура на выходе из сушильной машины А-702 (перед фильерной плитой) достигает $170\div 230^{\circ}\text{C}$ поз. 100.

Завышение температуры до 235°C сигнализируется поз. 100.5.

Перегретая вода, содержащаяся в каучуке, при выходе из фильерных отверстий мгновенно испаряется. Это происходит в результате дросселирования давления пара до атмосферного давления.

Мгновенное испарение воды вызывает разрыв и разрыхление крошки каучука, снижение его температуры.

Фильерная плита снабжена 108 отверстиями с мундштуками, диаметр которых можно изменять в пределах от 5,0 до 7,0 мм (при остановке установки ЛК-8/1).

Выходящий из фильеры головки машины А-702 каучук разрезается ножом гранулятора на гранулы. Гранулы каучука поступают на виброконвейер горизонтальный А-703» [3].

«Виброконвейер горизонтальный А-703 для снижения адгезии каучуков к поверхности оборудования обрабатывается антиадгезивным средством LOSTITE-8192 или композицией фторсодержащей «Эпилам» методом распыления с расстояния 20 см в три слоя, каждый слой просушивается в течение 15-20 минут. Предварительно чистится от пластика, промывается для очистки от оставшихся загрязнений моющим

средством ALL-FORTE, разведенным 1:3 водой, затем тщательно промывается водой и просушивается. По мере истирания антиадгезивного средства с поверхности оборудования обработка повторяется.

Виброконвейер горизонтальный А-703 предназначен для транспортировки, досушки и частичного охлаждения каучуковых гранул. В горячей зоне виброконвейера А-703 каучук обдувается горячим воздухом с температурой не более 140°C, нагнетаемым приточным вентилятором А-703б. Температура воздуха подаваемого в горячую зону виброконвейера А-703 выдерживается регулятором температуры поз. 207, регулирующий клапан установлен на линии подачи пара в калорифер приточного вентилятора А-703б. Завышение температуры воздуха более 140°C сигнализируется поз. 100.А. Насыщенный влагой и парами олигомеров воздух удаляется из камеры виброконвейера А-703 вытяжным вентилятором ВС-6 и подается далее через скруббер 750/1 в печи водогрейной котельной ТТЦ на сжигание.

Крошка каучука с виброконвейера А-703 поступает на два параллельно работающих спиральных вертикальных виброподъемника А-704/1,II. На виброподъемниках крошка каучука обдувается подогретым воздухом, который нагнетается в шахту, расположенную в центре виброподъемника и через отверстия обдувает крошку, охлаждая ее.

Температура воздуха, подаваемого на виброподъемники, выдерживается не более 120°C регуляторами поз. 8054/1, II, регулирующие клапаны установлены на линиях подачи пара в калориферы приточных вентиляторов ТПС-1,2.

Отработанный воздух от виброподъемников вытяжными вентиляторами ВС-2, ВС-3 выбрасывается в атмосферу» [3].

1.2 Описание существующего технологического процесса очистки загрязненного воздуха на установке ИП-6 ООО «Гольяттикаучук»

«Очистка загрязненного воздуха после горизонтальных виброконвейеров А-703, А-703/II, А-703/III установок ЛК-8/І, ЛК-4/III и подача его на сжигание в печах ТТЦ. Технологическая схема данного процесса с выделением оборудования, которое будет модернизироваться, приведена на рисунке Б.1 в Приложении Б.

Установка ЛК-8/І, ЛК-4/III

Отработанный воздух из горизонтального виброконвейера А-703 установки ЛК-8/І вытяжным вентилятором ВС-6, установки ЛК-4/III вытяжным вентилятором ВС-12 с температурой не более 140°С подается в скруббер 750/І, оборудованный ситчатыми тарелками.

Скруббер предназначен для отмывки загрязненного воздуха от крошки каучука оборотной водой, подаваемой в верхнюю часть скруббера 750/І.

Вода с включением крошки каучука из скруббера 750/І через крошкоулавливатель 760/І сбрасывается в химзагрязненную канализацию.

По мере накопления крошки каучука она удаляется из крошкоулавливателя 760/І в поддон.

Расход оборотной воды на орошение скруббера выдерживается регулятором поз. 301, регулирующим клапан установлен на подаче воды.

Температура воды, сбрасываемой в ХЗК, замеряется и регистрируется (поз.700).

Предусмотрена сигнализация:

- снижения расхода воды на орошение скруббера 750/І до 3 м³/час;
- завышения уровня в скруббере 750/І до 56% шкалы прибора (900 мм от штуцера вывода воды из скруббера 750/І).

Очищенный от крошки каучука и охлажденный воздух вентиляторами 751/І, 757/І, 758/І, работающими последовательно, подается в печи водогрейной котельной ТТЦ» [4].

«Предусмотрен сброс конденсата из межцехового трубопровода отработанного воздуха в колодец химзагрязненной канализации.

В случае остановки вентиляторов сброс воздуха производится из скруббера 750/І в атмосферу.

Предусмотрена световая и звуковая сигнализация в операторной при завышении температуры на входе в скруббер 750/І до 200°С (поз. 100.1) и на выходе из скруббера 750/І к вентилятору 751/І до 200°С (поз. 101.1) а также блокировка, предусматривающая открытие электрозадвижки Э-9/І на линии подачи пара в воздухопровод из скруббера 750/І при завышении температуры в воздухопроводах до и после скруббера 750/І до 200°С.

Кроме паротушения предусмотрена подача азота во всасывающий нагнетательный воздухопроводы до вентилятора 751/І.

В технологическом процессе применяется скруббер адсорбционного типа для отмывки загрязненного воздуха из сушилки А-703. Его объем составляет 30,5 м³, диаметр – 3200 мм, высота цилиндрической части – 6000 мм, высота трубы - 14700 мм. Расчетное давление: в аппарате - 0,7 кгс/см²; в наружном змеевике - 16 кгс/см². Расчетная температура корпуса – 200°С» [4].

В таблицах 1, 2 приведены сведения по количественному и качественному составу выбросов в окружающую среду.

Таблица 1 – Выбросы в атмосферу и качественному составу выбросов в окружающую среду от установки ЛК-8/І

Наименование источника выброса, отделение, аппарат, диаметр и высота выброса	Количество источников выброса	Суммарный объем отходящих газов, нм ³ /час	Периодичность	Характеристика выброса				Примечание
				Температура, °С	Состав выброса	ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м ³	Допустимое количество нормируемых компонентов вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, г/сек	
1. Насосная BC - 1, 1а h = 25 м; d = 0,7 м	1	23178	постоянно	25	изопентан изопрен амилены толуол	100 0,5 1,5 0,6	0,028971 0,001352 0,001610 0,032190	
Установка ЛК-8/І								
2. Концентратор А-700 BC - 1 h = 25 м; d = 0,8 м	1	20830	постоянно	90	изопентан изопрен амилены толуол	100 0,5 1,5 0,6	1,400038 0,240003 0,580000 0,930042	
3. Экспеллер А-701, ленточный конвейер Л-731, экспандер А- 702 BC - 5 h = 25 м; d = 0,8 м	1	22000	постоянно	90	изопентан изопрен амилены толуол	100 0,5 1,5 0,6	1,200017 0,120020 0,420009 0,670010	
4. Виброэлеватор А- 704/І BC - 2 h = 25 м; d = 0,8 м	1	17597	постоянно	90	изопентан изопрен амилены толуол	100 0,5 1,5 0,6	0,068432 0,001026 0,004008 0,084562	
6. Виброэлеватор А-704/ІІ BC - 3 h = 25 м; d = 0,8 м	1	18000	постоянно	90	изопентан изопрен амилены толуол	100 0,5 1,5 0,6	0,070000 0,001000 0,004000 0,086500	
7. С площадок прессов А- 708 BC – 4 h = 25 м; d = 0,56 м	1	10030	постоянно	25	изопентан изопрен амилены толуол	100 0,5 1,5 0,6	0,017552 0,001003 0,001003 0,015323	

Таблица 2 – Анализ загрязнения сточных вод от процесса выделения, сушки и упаковки каучука цеха ИП-6

Наименование сбрасываемых сточных вод, отделение, аппарат	Место сбрасывания	Количество стоков, м ³ /сутки	Периодичность сброса	Характеристика выброса			
				Контролируемые загрязняющие вещества в сточных водах	Нормы сброса загрязняющих веществ со сточными водами	Допускаемое количество сбрасываемых вредных веществ кг/час	Примечание
1. Избыток циркуляционной воды из системы транспортировки крошки каучука (из емкостей 32ба, 32бв), обратная вода для охлаждения стоков	ХЗК, через крошкоулавливатель № 730 в колодец № 24	720÷960	постоянно	ХПК рН Взвешенные вещества Метанол (при выпуске СКИ-3С) Алюминий Титан Железо общее	не более 500 мгО ₂ /дм ³ 7,5-9,5 не более 150 мг/дм ³ не более 10 мг/дм ³ не более 15 мг/дм ³ не более 10 мг/дм ³ не более 5 мг/дм ³	- - 9÷12 - - - -	
2. Вода из лотковой канализации отделения дегазации – емкость 725 (атмосферные осадки с площадок установки, конденсат после пропарки, вода после промывки оборудования при подготовке к ремонту)	ХЗК, колодец № 24	ориентировочно 48	периодически по мере заполнения	ХПК Взвешенные вещества Метанол (при выпуске СКИ-3С) Алюминий Титан Железо общее	не более 500 мгО ₂ /дм ³ не более 100 мг/дм ³ не более 10 мг/дм ³ не более 0,5 мг/дм ³ не более 1 мг/дм ³ не более 1 мг/дм ³	- 2 - - - -	
3. Вода после отжимных машин А-701, А-701/II, А-701/III установок ЛК-8/Л,II, ЛК-4/III	ХЗК, через крошкоулавливатель № 740 в колодец № 25	ориентировочно 140,8	постоянно	ХПК рН Взвешенные вещества Метанол (при выпуске СКИ-3С) Алюминий Титан Железо общее	не более 500 мгО ₂ /дм ³ 4,0-8,5 не более 150 мг/дм ³ не более 10 мг/дм ³ не более 10 мг/дм ³ не более 10 мг/дм ³ не более 5 мг/дм ³	- - 1,76 - - -	
4. Вода после промывки загрязненного воздуха в скруббере 750/I 750/II	ХЗК, через крошкоулавливатель № 760/I,II	480	постоянно	ХПК Взвешенные вещества Метанол (при выпуске СКИ-3С) Алюминий	не более 2000 мгО ₂ /дм ³ не более 300 мг/дм ³ не нормировано не нормировано	- 6 - -	

Продолжение таблицы 2

Наименование сбрасываемых сточных вод, отделение, аппарат	Место сбрасывания	Количество стоков, м ³ /сутки	Периодичность сброса	Характеристика выброса			
				Контролируемые загрязняющие вещества в сточных водах	Нормы сброса загрязняющих веществ со сточными водами	Допускаемое количество сбрасываемых вредных веществ кг/час	Примечание
	в колодец № 85а № 5			Титан Железо общее	не нормировано не нормировано	- -	

1.3 Характеристика отходящих газов от установки ЛК-8/Л

Постоянно при работе установки в атмосферный воздух происходят выбросы следующих веществ: изопентан, амилены, изопрен, толуол, масло минеральное. Нормативы выбросов принимаются в соответствии с Планом производственного контроля промышленных выбросов [5]. Данный план для установки выделения СКИ (ИП-6) на 2020 – 2025 года приведен в таблице 3.

Таблица 3 – План производственного контроля промышленных выбросов в атмосферу от установки выделения СКИ (ИП-6)

Место точки отбора		Определяемые параметры газо-воздушного потока			
		Выбрасываемое вещество		ПДВ	Скорость
Источник выброса	Номер источника	Код	Наименование	мг/м ³ / г/сек	м/сек / м ³ /сек
Скруббер А-750/1	1320	415	Изопентан	121,00/0,615769	4,50/5,089±25%
		501	Амилены (смесь изомеров)	56,00/0,284984	
		516	2-Метилбутен-1,3 (изопрен)	10,500/0,053435	
		621	Метилбензол (толуол)	62,0/0,315518	
Скруббер А-750/II	1321	415	Изопентан	205,00/1,043245	2,88/5,089±25%
		501	Амилены (смесь изомеров)	49,00/0,249361	
		516	2-Метилбутен-1,3 (изопрен)	6,60/0,033587	
		621	Метилбензол (толуол)	32,00/0,162848	

Проведем анализ состава и свойств отходящих газов от установки ЛК-8/Л при выделении, сушке и упаковке каучука цеха ИП-6. Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики веществ, выбрасываемых в атмосферу при работе оборудования ИП-6

Наименование вещества	Химическая формула	Описание	Воздействие
Изопентан	C_5H_{12}	Бесцветная легковоспламеняющаяся жидкость. Основу продукта составляет изопентановая фракция нефти	Малоопасное вещество. При высокой плотности паров в воздухе он может оказывать наркотическое действие. Во время работы рекомендуется использовать средства индивидуальной защиты и проветривать помещение. Продукт взрыво- и пожароопасный.
Изопрен	C_5H_8	Ненасыщенный углеводород, принадлежащий к диеновому ряду, представляющий собой бесцветную летучую жидкость с характерным запахом	Взрывопожароопасное вещество. Вызывает ощущение жжения, кашель, головокружение, затрудненное дыхание, тошнота, одышка, боли в горле и животе, покраснения кожи
Амилены	C_5H_{10}	Прозрачная, легковоспламеняющаяся и удобоподвижная жидкость. Этот углеводород представляет собою смесь нескольких изомеров. Обладает особым эфирно-нефтяным запахом и не застывает при охлаждении	Умеренное раздражающее действие на дыхательные пути
Толуол	C_7H_8	Бесцветная подвижная летучая жидкость с резким запахом	Пары легко образуют взрывоопасные смеси, воспламеняющиеся даже от искры статического электричества

2 Усовершенствование технологии очистки отходящих газов от установки ЛК-8/І (ІП-6)

2.1 Методы очистки отходящих газов установок производства каучука на химических предприятиях

В химическом производстве при эксплуатации емкостного оборудования обязательным компонентом безопасного использования является решение проблем со сдувками (газовыми выбросами), образующимися при заполнении или опорожнении емкостей [6]. Газовые выбросы направляются при помощи выделенной воздушной (вентиляционной) системы на нейтрализацию или очистку в скрубберах (абсорберах). В технологиях скруббер в широком смысле – аппарат для очистки от примесей. Немалое число скрубберов используется в процессах обогащения полезных ископаемых, где скруббер (т. н. скруббер-бутара) – это барабанная машина для их промывки.

В вентиляции и аспирации – устройство для очистки газов и извлечения компонентов с помощью жидкостей (в т. ч. очистки воздуха от пыли).

ГОСТ 31826-2012 «Оборудование газоочистительное и пылеулавливающее. Фильтры рукавные. Пылеуловители мокрые. Требования безопасности. Методы испытаний» определяет скруббер для очистки воздуха и иных газов, как аппарат «в котором осуществляется контакт газа с жидкостью» [7].

Мокрая очистка газов применяется, когда требуется улавливать пыль или аэрозоли в выбросах промышленных предприятий. Также газоочистные установки, работающие по этой технологии, применяются для удаления газовых компонентов путем абсорбции.

Суть этого способа газоочистки заключается в смачивании и коагуляции пылевых частиц или поглощении газов жидкими реагентами.

Контакт двух сред происходит либо на поверхности пленки жидкости, либо при перемешивании газовой воздушного потока с каплями воды или раствора. Жидкость может двигаться по ходу, перпендикулярно или в противоход движению газа [8].

Основной недостаток этого метода очистки газов от примесей – образование значительного объема шлама. В некоторых случаях отработанный раствор агрессивен, поэтому оборудование необходимо изготавливать из химически стойких материалов.

Главное преимущество мокрой очистки газов – возможность уловить частицы размером 3-5 мкм (для скрубберов ШВ с подвижной насадкой – до 0.5 - 0.1 мкм). Коэффициент очистки варьирует от 50 до 99% (у разных типов оборудования). Аэрозоли улавливаются до 99.9 %. Очищенный воздух может выбрасываться в атмосферу или направляться обратно на производственные нужды.

Скруббер состоит из следующих частей (рисунок 3) (может незначительно варьироваться в зависимости от назначения и особенностей эксплуатации):

- 1 система вентиляторов и газопроводов;
- 2 сатурационная камера (опционально);
- 3 собственно, рабочий корпус (камера очистки);
- 4 улавливающий сепаратор, (иначе – каплеуловитель или туманоуловитель);
- 5 насос;
- 6 система самоочистки и/или система рециркуляции (опционально);
- 7 выходной патрубок.

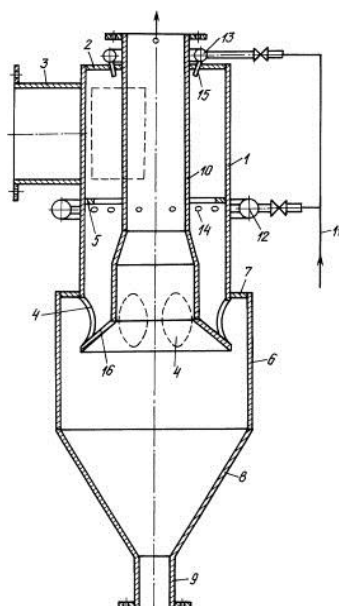


Рисунок 3 – Скруббер

Цилиндрический корпус 1 с верхней крышкой 2, с тангенциальным патрубком подвода газов 3. В нижней части корпуса 1 имеются окна 4 для выхода вращающегося потока газов и струй воды. В середине корпуса может быть установлена кольцевая перегородка (шайба) 5 (ее установка необязательна). Нижняя часть корпуса 1 помещена в циклон-сепаратор, имеющий цилиндрическую часть 6, верхнюю кольцевую крышку 7, воронку 8 с патрубком 9 отвода отработанной воды с уловленной пылью, трубопровод 10 отвода отработанного газа из скруббера через корпус 1 по оси скруббера. Нижняя часть трубы 10 имеет раструб 16, перекрывающий сечение корпуса 1 в нижней части. Имеется подводящий трубопровод жидкости 11, распределительные коллекторы жидкости 12 и 13, через которые к соплам 14 (сопла для орошения внутренней стенки корпуса 1) и к соплам 15 (сопла для орошения трубы 10).

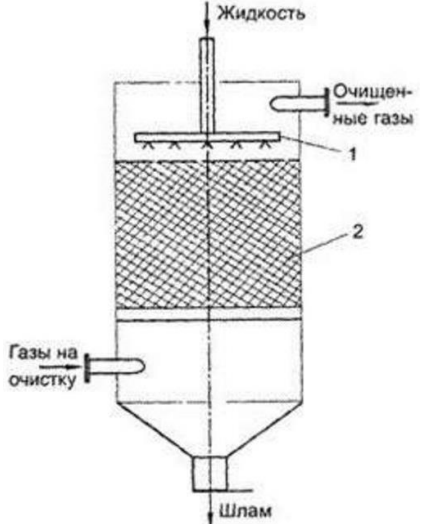
Устройство скрубберов отличается значительным разнообразием. Существуют различные типы скрубберов для систем промышленной вентиляции. Поскольку скрубберы для очистки газов используют жидкость, иногда используется словосочетание «мокрый скруббер» [8].

Раз работа скруббера предполагает использование воды, ее расход – важная характеристика скруббера. Так, в полом скруббере он составляет 3-10 м³ на 1000 м³ газа. Чем больше подается воды, тем выше эффективность работы.

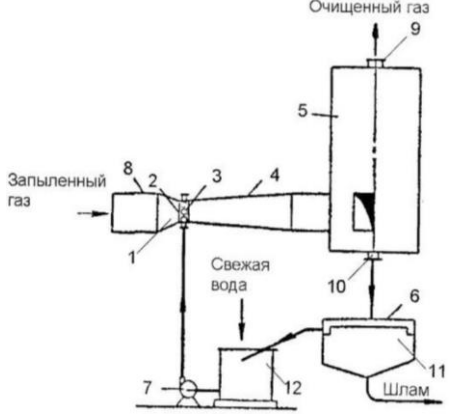
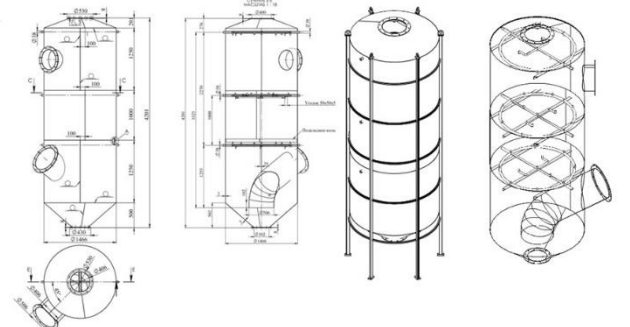
В полом скруббере поток газа проходит через завесу распыляемой с помощью форсунок жидкости, поэтому такой аппарат еще называют полый форсуночный скруббер. При столкновении с водой твердые взвешенные частички отделяются от газа. Такие аппараты могут быть прямоточными, противоточными, с поперечным орошением [8].

В промышленности используется большое количество очистительного оборудования для отходящих газов. В рассматриваемом технологическом процессе установлен скруббер, поэтому проведем анализ видов и назначений существующих скрубберов. Полученные результаты анализа приведены в таблице 5, с указанием областей применения и составных частей.

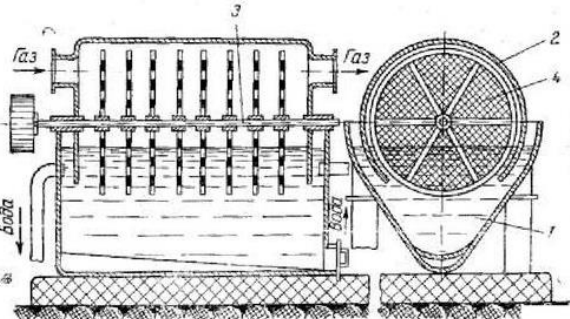
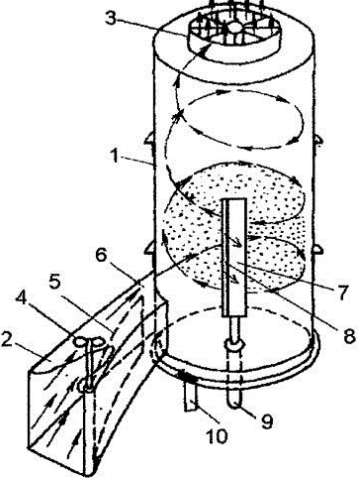
Таблица 5 – Виды скрубберов

Наименование скруббера	Описание	Вид скруббера
<p>Насадочный скруббер</p>	<p>Установки для очистки газа этого типа представляют собой колонны, в которых на опорную решетку беспорядочно засыпаются или укладываются систематически кольцеобразные детали. Коэффициент очистки – более 90 %.</p> <p>Поток газа контактирует с жидкостью, тонким слоем покрывающей поверхность насадки. Под воздействием диффузионных и механических сил столкнувшиеся с водой твердые частицы пылевоздушной смеси отделяются от нее. Различают неподвижную и подвижную насадку скруббера. В скруббере с подвижной насадкой местом контакта служит ее свободно перемещающийся слой. Иногда в отдельную группу выделяют скрубберы с колеблющейся насадкой. В тарельчатом скруббере газ контактирует с жидкостью на расположенных внутри аппарата специальных контактных устройствах – тарелках. Есть тарельчатые скрубберы с переливными и провальными тарелками.</p> <p>Основное недостаток данного газоочистного оборудования – подверженность насадок забиванию шламом. По этой причине насадочные скрубберы применяются для улавливания хорошо растворимой пыли. Другой вариант – использование для финальной доочистки выбросов, когда содержание пыли в отходящем газовоздушном потоке не превышает $0,4 \text{ г/м}^3$.</p>	 <p>1 – оросители; 2 – насадка (хордовая, кольцевая, кусковой кокс, кварцы)</p>

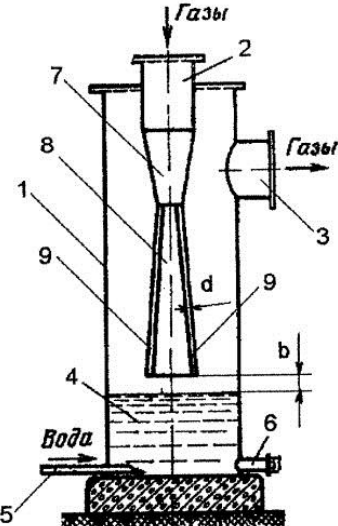
Продолжение таблицы 5

Наименование скруббера	Описание	Вид скруббера
<p>Скруббер Вентури (эжекторный скруббер)</p>	<p>Корпус газоочистного оборудования данного типа составлен из двух конусообразных секций, соединенных горловиной относительно малого диаметра. Форма трубы Вентури похожа на песочные часы. Воздух подается в сужающуюся секцию. При уменьшении площади сечения поток кратно ускоряется, возникает турбулентность. В горловину форсунками подается жидкость, капли которой подхватываются воздухом и дробятся завихрениями до микроскопических размеров. Мелкие капли осаждаются на пылинках, провоцируя их слипание. Благодаря этой особенности в скрубберах Вентури улавливаются пылинки диаметром 2,5-10 мкм, размер улавливаемых частиц аэрозоля еще меньше – до 1 мкм. Подобные характеристики позволяют позиционировать эти газопромыватели как один из самых эффективных типов установок для очистки газа, наравне со скрубберами ШВ с подвижной насадкой.</p>	 <p>1 – конфузор трубы Вентури; 2 – горловина; 3 – отверстия; 4 – диффузор; 5 – циклонный сепаратор; 6 – отстойник; 7 - насос</p>
<p>Полый скруббер</p>	<p>Принцип работы основан на использовании энергии газового потока, подводимого через так называемый конфузорный насадок (круглый или прямоугольный; благодаря которому и происходит дробление жидкости), носит название конфузорный скруббер.</p>	

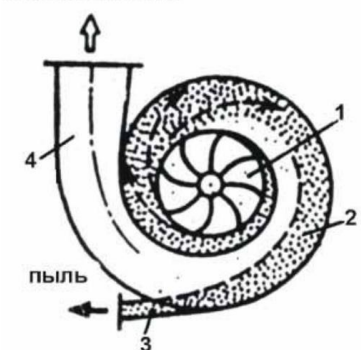
Продолжение таблицы 5

Наименование скруббера	Описание	Вид скруббера
Механический скруббер	В механическом скруббере разделение твердых частиц и газа происходит в результате действия центробежных сил. Их появление обусловлено наличием вращающегося ротора. Связывающая твердые частицы жидкость подается прямо на ротор или непосредственно перед ним.	 <p>1 – поддон, 2 – кожух, 3 – горизонтальный вал, 4 – сетчатые диски</p>
Центробежный скруббер	Это циклон, в котором внутреннюю стенку центробежной камеры или непосредственно поток пылевоздушной смеси, вращающейся под действием центробежной силы, смачивают жидкостью	 <p>1 – корпус, 2 – патрубок для ввода запыленного газа, 3 – патрубок для выхода очищенного газа с лопатками для</p>

Продолжение таблицы 5

Наименование скруббера	Описание	Вид скруббера
		<p>выравнивания потока; 4 – вращающаяся заслонка, 5 – дополнительная платина, обеспечивающая тангенциальный подвод; 6 – канал; 7 – оросительное устройство; 8 – тангенциальный продольный паз; 9 – труба</p>
<p>Ударно-инерционный скруббер</p>	<p>Газовый поток сталкивается с жидкостью, после чего газожидкостная взвесь проходит через отверстия различной конфигурации. Различают ударно-инерционные скрубберы с непрерывным отводом орошающей жидкости и с внутренней циркуляцией.</p>	 <p>1 – корпус; 2 – патрубок для ввода запыленного газа; 3 – патрубок для выхода очищенного газа; 4 – резервуар с жидкостью; 5 – смывное сопло; 6 – труба для отвода шлама; 7 – конфузор; 8 – внутренний конический патрубок (диффузор); 9 – внешний конический патрубок (диффузор)</p>

Продолжение таблицы 5

Наименование скруббера	Описание	Вид скруббера
Ротационный пылеуловитель	<p>Аппарат центробежного действия, который одновременно с перемещением воздуха очищают его от фракции пыли. Обладает большой компактностью, так как вентилятор и пылеуловитель обычно совмещены в одном агрегате. При работе вентиляторного колеса частицы пыли за счет центробежных сил отбрасываются к стенке спиралеобразного кожуха и движутся по ней в направлении выхлопного отверстия. Газ, обогащенный пылью, через специальное пылеприемное отверстие отводится в пылевой бункер, а очищенный газ поступает в выхлопную трубу.</p>	<p>очищенный газ</p>  <p>1 – вентиляторное колесо; 2 – кожух; 3 – пылеприемное отверстие; 4 – выхлопная труба</p>

2.2 Патентный поиск скрубберов для очистки отходящих газов от крошки каучука

Для анализа существующих современных способов очистки отходящих газов от крошки каучука необходимо изучить патентную базу. В таблице 6 показан результат проведенного патентного поиска по рассматриваемому вопросу [9] – [12].

Таблица 6 – Патентный поиск скрубберов, предназначенных для очистки от крошки каучука

Патент	Авторы	Содержания патента
Скруббер-абсорбер Вентури Патент RU177440U1	Югай Ф.С. Ситдикова Ю.Р.	Полезная модель скруббер-абсорбер Вентури предназначена для одновременной очистки газа от пыли и поглощения вредных газовых компонентов. Цель предлагаемого устройства - поддержание системы газоочистки в заданном режиме по гидравлическому сопротивлению и компенсация снижения эффективности очистки при общем снижении газовой нагрузки за счет того, что диффузор скруббера-абсорбера Вентури снабжен третьей тарельчатой ступенью, выполняющей роль регулирующего клапана. Третья ступень состоит из верхней неподвижной профилированной тарелки и нижней подвижной профилированной тарелки с обтекателем и приводом, которые образуют между собой кольцевой канал в виде профиля Вентури. Система управления, которая отслеживает гидравлическое сопротивление аппарата в целом, включает привод и путем увеличения или уменьшения кольцевого зазора между неподвижной и подвижной профилированными тарелками возвращает гидравлическое сопротивление системы очистки газа к заданному
Способ термической очистки отработанного воздуха производства	Папков В.Н. Полужтков П.Т. Власова Л.А.	Изобретение относится к области охраны окружающей среды и может быть использовано при очистке отработанного воздуха в производстве синтетических каучуков эмульсионной полимеризации, в нефтехимической и

Продолжение таблицы 6

Патент	Авторы	Содержания патента
<p>эмульсионных каучуков от углеводородов</p> <p>Патент RU 2564341C2</p>		<p>нефтеперерабатывающей промышленности. В способе термической очистки отработанного воздуха от углеводородов путем сжигания совместно с природным газом в топке парогенераторного котла при температуре 900-1200°C отработанный воздух перед подачей в топку котла обрабатывают водным раствором, содержащим 20-150 мг/дм³ анионных ПАВ, выбранных из группы щелочных солей карбоновых кислот с молекулярной массой 350-370, или смесь указанных АПАВ с катионоактивными КТПАВ, выбранными из группы четвертичных аммониевых солей, взятыми в соотношении АПАВ:КТПАВ - 100:(10÷50) мг/дм³ при объемном соотношении водного раствора указанных компонентов к отработанному воздуху 1:(4000÷40000). В качестве водного раствора используется также отработанная вода после выделения каучука методом коагуляции или смесь этой воды с водой после промывки каучука, в составе которых содержится необходимое количество указанных ПАВ для обработки воздуха перед подачей его на термическую очистку от углеводородов</p>
<p>Способ очистки воздушных выбросов производства синтетического каучука от органических соединений</p> <p>Патент RU2096071C1</p>	<p>Забористов В.Н. Гольберг И.П. Васышак Г.А. Хлустиков В.И. Ермакова Н.П.</p>	<p>Использование: изобретение относится к технологии очистки воздушных выбросов производства синтетического каучука от органических соединений, в частности путем контакта с гетерогенным пористым материалом. Сущность: способ включает контакт с гетерогенным пористым материалом, в качестве которого используют активированный уголь или углеродный волокнистый материал в сочетании с тонкой дисперсией воды с рН 8-10, с жесткостью 0,005 - 8,0 мгэкв/л, после чего поглощенные органические соединения десорбируют острым водяным паром, конденсируют и возвращают в производство.</p>
<p>Ротационный скруббер</p>	<p>Митин А.К. Цветнов А.В.</p>	<p>Изобретение относится к тепло- и массообменным газоочистным аппаратам, основанным на ротационном распылении орошающей жидкости, которое может быть использовано для очистки газов химических</p>

Продолжение таблицы 6

Патент	Авторы	Содержания патента
Патент: RU 2680494		и нефтехимических предприятий и смежных отраслей промышленности от различных аэрозолей и газообразных соединений. Технический результат, который может быть получен при использовании данного изобретения, заключается в увеличении эффективности очистки больших расходов газов. Ротационный скруббер включает цилиндрический корпус с тангенциально расположенными патрубками входа и выхода газа, по оси которого расположен распылитель жидкости, выполненный в виде распылительного колеса, приводимого в движение с помощью мотор-редуктора, расположенного сбоку цилиндрического корпуса перпендикулярно его оси, при этом в нижнюю часть цилиндрического корпуса интегрирована циркуляционная емкость с насосом для подачи скрубберной жидкости через циркуляционный контур на распылительное колесо.

На сегодняшний день существующее оборудование позволяет произвести очистку отходящих газов на 60%, что ведет к загрязнению атмосферного воздуха и повышению платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Для снижения такого воздействия предлагается произвести замену скруббера. Наиболее подходящим к применению и замене существующего скруббера является полезное изобретение по способу термической очистки отработанного воздуха производства эмульсионных каучуков от углеводородов (RU 2564341C2).

2.2 Выбор и обоснование реконструкции существующего процесса

В настоящее время для очистки воздушных выбросов от углеводородов в производстве эмульсионных синтетических каучуков используют термokatалитический метод окислительного разложения углеводородов, позволяющий на 90÷95% удалять из воздуха органические загрязнения.

«Для этих целей используют специальные реакторы, загруженные дорогостоящими платиносодержащими катализаторами, или катализаторами, включающими дефицитные оксиды марганца, хрома или других металлов» [10].

«Основным недостатком термokatалитического процесса, кроме использования дорогостоящих катализаторов, является его высокая энергоемкость, связанная с необходимостью предварительного подогрева очищаемого воздуха до 400÷500°C, так как эффективное каталитическое разложение углеводородных загрязнений в воздухе идет только в указанном температурном режиме. При этом выделяемое тепло как от сжигания природного газа, так и органических загрязнений практически не утилизируется и выбрасывается с очищенным воздухом в атмосферу.

Другим недостатком такого способа является отложение осмоленных органических соединений: жирных кислот, летучих, антиоксидантов, талька, масел-наполнителей и других органических соединений в трубопроводах перед реактором и загрязнения ими реактора. В связи с этим необходимо проводить трудоемкую чистку от этих отложений.

Частично образование отложений снижается путем обработки отходящих газов в аппаратах - ротоклонах умягченной водой.

В этом случае происходит смачивание летучих компонентов и снижение в какой-то мере образующихся смолистых отложений. Но вода обладает слабым смачивающим эффектом и, кроме того, увеличивает объем общих химзагрязненных стоков» [10].

«Известен способ очистки воздуха от стирола с использованием озона.

Этот способ эффективен для очистки воздуха от стирола и других углеводородов, требующих строго эквивалентного соотношения их с озоном, а в некоторых случаях и избытка озона по отношению к окисляемым углеводородам.

Другим известным способом является очистка воздуха от органических соединений при температуре 20-100°C озонированием озоно-воздушной смесью на окисномарганцевом катализаторе, содержащем 10-60 масс.% активной У-MnO₂.

В этом случае углеводороды окисляются до 75-100%.

Недостатком этого способа являются высокие расходы озона от 2 до 4 мас ч. на 1 мас. ч. загрязнений.

Известен способ очистки отработанного воздуха озоно-воздушной смесью с катализатором - активированным углем с удельной поверхностью 0,7-1 см²/г, при температуре 50-100°C. Соотношение по массе озон: кислород воздуха в озоно-воздушной смеси 1:2÷4. Соотношение озон: органические загрязнения 1:2÷10.

Эффект очистки достигается за счет концентрирования на поверхности активированного угля органических соединений: стирола, винилциклогексена, олигомеров бутадиена и др. компонентов с одновременным катализом взаимодействия озона и углеводородов по свободно-радикальному механизму.

Недостатком этого способа является трудное распределение небольших количеств озона в большом объеме воздушных выбросов. Так, их количество для каучуков эмульсионной полимеризации составляет от 10 до 20 тыс. м³ на одну тонну каучука.

Кроме того, этот способ требует предварительную очистку воздуха от отложений органических соединений в виде аэрозолей, осмоляющихся и загрязняющих поверхность воздуховода» [10].

«Наиболее близким к предлагаемому техническому решению является действующий способ термической очистки отработанного воздуха

производства синтетических каучуков от ароматических углеводородов в топке парогенераторных котлов» [10].

«В описанном способе термическую очистку отработанного воздуха производства синтетических каучуков от ароматических углеводородов проводят путем их сжигания совместно с природным газом в топке парогенераторного котла при температуре 1000-1200°С.

С целью улучшения качества очистки отходящих газов предлагается на замену существующего скруббера установка ротационного скруббера, являющегося сепаратором высокого КПД и служащего для разделения мелких частиц пыли, поглощения отходящих газов, а также удаления газа и запаха.

Основные характеристики ротационного скруббера:

- низкий перепад давления при высокой эффективности разделения;
- разделение газа и поглощение пыли в один этап;
- отсутствие засорения;
- рециркулирующее моющее средство с высоким содержанием твердых веществ;
- низкое потребление свежей воды;
- компактный дизайн;
- высокая эффективность.

Предлагаемый способ относится к очистке отработанного воздуха производства каучуков, осуществляемой в органических растворителях с последующим выделением каучука из раствора в толуоле водной дегазацией растворителя и сушкой каучука в воздушной сушилке.

Выделяемый каучук практически не содержит других, кроме остаточного растворителя, летучих соединений, способных загрязнять отработанный воздух. Структура полимерных гранул каучука, направляемого в воздушные сушилки, не содержит мелкодисперсных фракций, способных увлекаться потоком горячего воздуха, поступающего на сушку каучука» [10].

«Указанные обстоятельства таким образом не вызывают полимерных и смолистых отложений в воздуховодах и технологическом оборудовании парогенераторных котлов при осуществлении в них термического способа очистки отработанного воздуха от углеводородов согласно заявленному способу.

При повышенной температуре ($120\div 160^{\circ}\text{C}$) вместе с отработанным воздухом, содержащим до 300 мг/м^3 стирола, до 50 мг/м^3 этилбензола, димеров бутадиена и парами воды удаляются, а затем, по мере охлаждения воздушного потока, конденсируются вязкие смолистые отложения на поверхности воздухопроводов, которые приводят к забивке оборудования и возможному самовозгоранию.

В состав таких летучих соединений входят низкомолекулярные фракции (до C_{12}) жирных кислот, содержащиеся в применяемом для полимеризации эмульгаторе и способные вызывать активную коррозию оборудования; низкомолекулярные углеводороды, входящие в состав минерального масла, используемого при получении маслонеполненных эмульсионных каучуков товарных марок СКС-30АРКМ-15 и СКС-30АРКМ-27. Кроме того, из работающих сушилок с потоком отработанного воздуха увлекается некоторое количество мелкодисперсного каучука, талька, антиоксидантов и др. видов загрязнений.

Указанные дополнительные загрязнения в отработанном воздухе помимо стирола, этилбензола и др. летучих углеводородов, замедляют процесс термической очистки по заявленному способу, вызывают коррозию, забивку смолистыми отложениями оборудования котловых агрегатов, что снижает производительность установки термического дожига как по объему очищаемого воздуха, так и по выработке пара и горячей воды.

Технической задачей предлагаемого способа, является повышение степени термической очистки отработанного воздуха от углеводородов в производстве эмульсионных каучуков и исключение возможности забивок

технологического оборудования котловых агрегатов смолистыми отложениями» [10].

«В предлагаемом способе термическую очистку отработанного воздуха производства эмульсионных каучуков от углеводородов осуществляют путем их сжигания совместно с природным газом в топке парогенераторного котла при температуре $900\div 1200^{\circ}\text{C}$ с предварительной обработкой загрязненного воздуха водным раствором анионоактивных поверхностно-активных

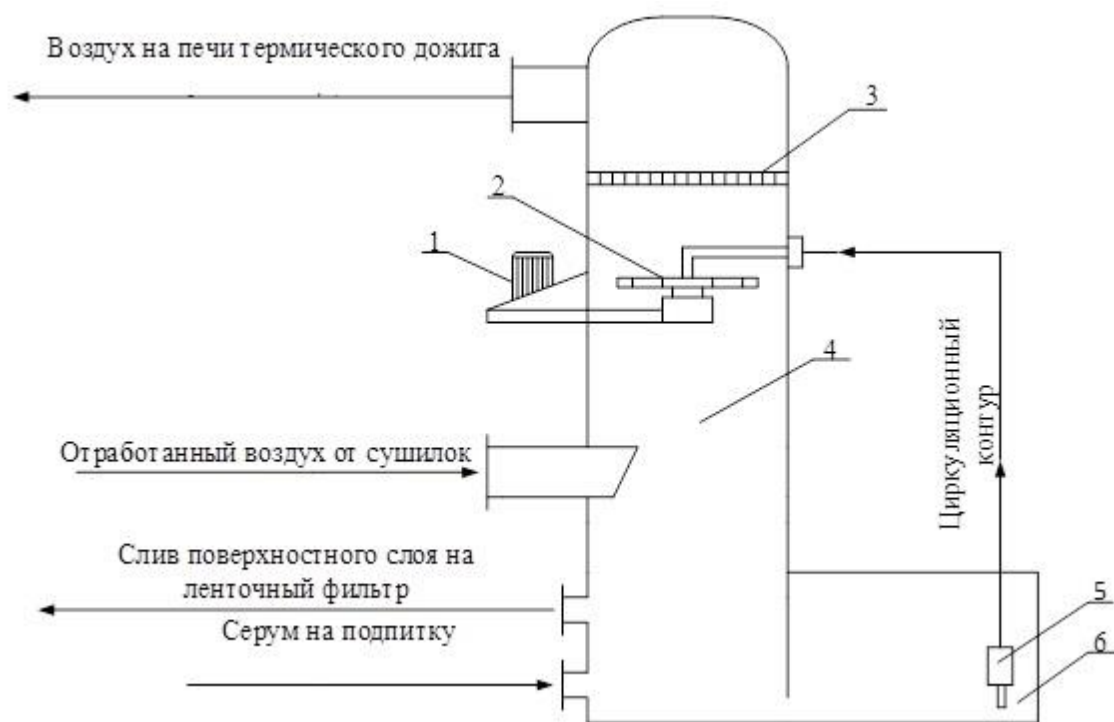
В качестве такого водного раствора предлагается использовать возвратный серум, образующийся после выделения каучука из латекса.

Возвратный серум, в основном, содержит смеси мыл смоляных и жирных кислот, которые входят в рецепт полимеризации в разных соотношениях, и остатки четвертичных аммониевых солей, которые используются при выделении каучуков из латексов

Вода обладает слабым смачивающим эффектом, вследствие чего предлагается использовать в качестве скрубберной жидкости возвратный серум, образующийся после выделения каучука из латекса.

Возвратный серум, в основном, содержит смеси мыл смоляных и жирных кислот, которые входят в рецепт полимеризации в разных соотношениях, и остатки четвертичных аммониевых солей например «Нитрофлок-213», который используется при выделении каучука из латекса, и после реакции четвертичных аммониевых солей с диспергатором НФ (лейканолом) их непрореагированное, около 10% от взятого количества, остается в серуме» [10].

На рисунке 4 схема предварительной очистки отработанного воздуха от сушильных агрегатов.



- 1 – мотор - редуктор; 2 – распылительное колесо; 3 – каплеотбойник;
 4 – корпус цилиндрический; 5 – циркуляционный насос;
 6 – циркуляционная ёмкость

Рисунок 4 – Схема предварительной очистки отработанного воздуха от сушильных агрегатов

Интегрированная циркуляционная ёмкость ротационного скруббера – 6 заполняется серумом, далее насосом 5 – серум подается через циркуляционный контур на специальное распылительное колесо – 2.

«Отработанный воздух от сушильных агрегатов поступает в ротационный скруббер тангенциально в нижнюю часть аппарата. Под действием центробежной силы начинается улавливание наиболее крупных частиц газовой фазы» [13].

«Затем газовый поток поднимается к областям контакта с мелкодисперсной фазой, создаваемой специальными распылительным устройствам – 2. Распылительное устройство в виде распылительного колеса специальной конструкции разбрызгивает подаваемый на колесо серум, за счет вращения, создаваемого с помощью мотор-редуктора – 1. В этих областях создается турбулентный режим, многократно увеличивающий

поверхность массообмена и конвективную диффузию. Осуществляется полное улавливание загрязняющих частиц газа созданными каплями жидкости с размером соизмеримым с размером частиц, их дальнейшая коагуляция и сепарация капель (отбрасывание) за счет гидродинамического режима и центробежных сил к стенкам аппарата, откуда пленкой скрубберная жидкость направляется в интегрированную циркуляционную емкость – 6.

Предварительно очищенный воздух направляется по коллектору на термическую очистку в топке парогенераторного котла.

Циркуляционный бак устроен таким образом, что скрубберная жидкость, содержащая наибольшее количество смолянистых соединений и жирных кислот, постоянно сливается и отправляется на фильтрацию в ленточный фильтр.

Основной объем скрубберной жидкости из нижней части циркуляционной емкости насосом направляется в циркуляционный контур ротационного скруббера с подачей на распылительные устройства. При необходимости в системе обновляется скрубберная жидкость за счет слива и добавления подпиточной жидкости» [13].

2.3 Расчет материального баланса очистки существующего и оптимизированного процессов

На рисунке 5 представлена схема проведения материального баланса рассматриваемого технологического процесса

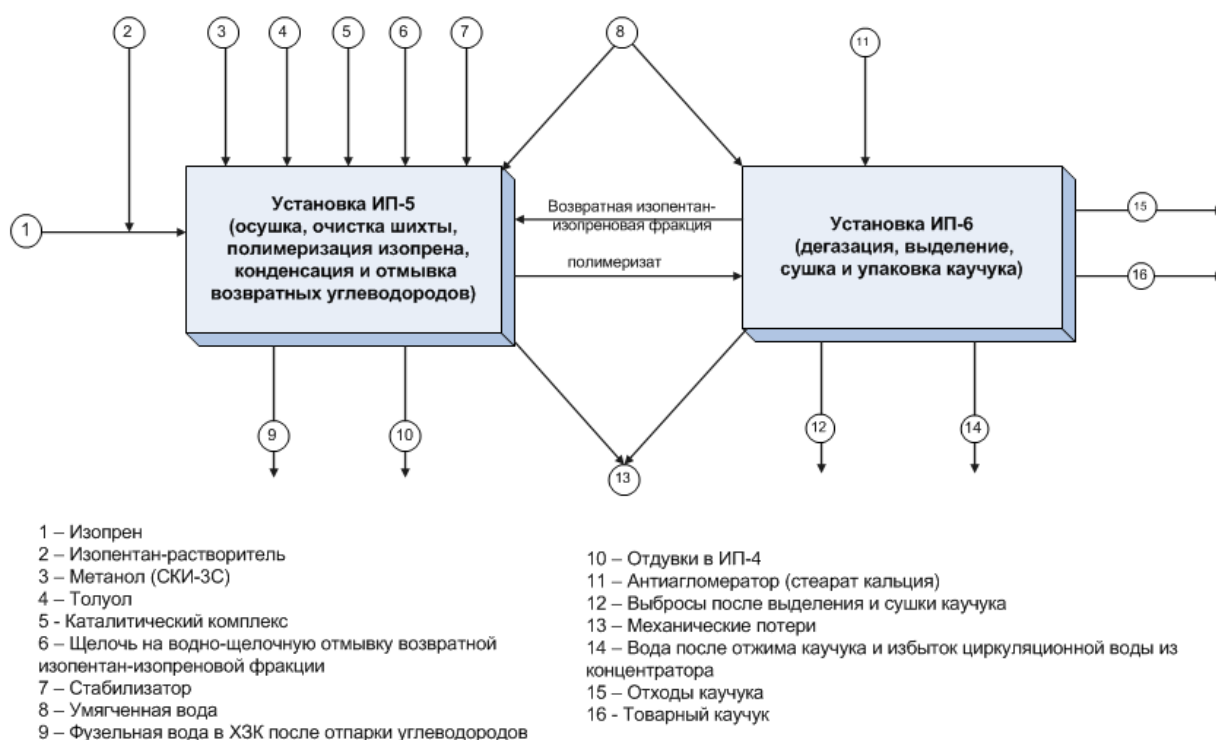


Рисунок 5 – Материальный баланс

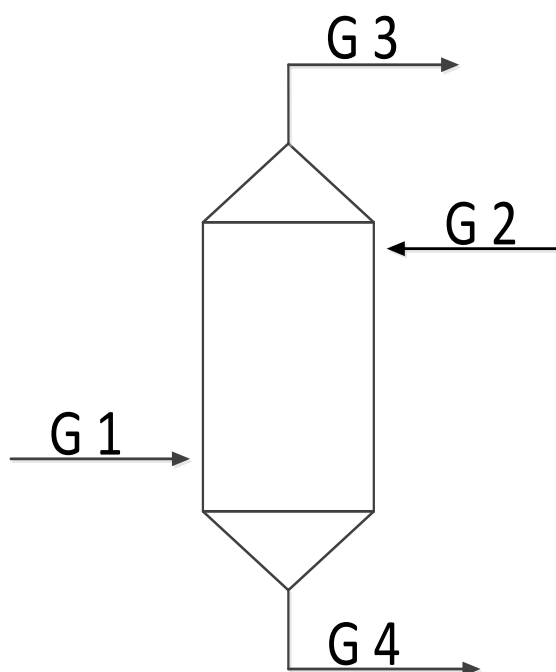
2.3.1 Расчет материального баланса существующей схемы газоочистки

Проведем расчет материального баланса для существующей схемы газоочистки [14]. В таблице 7 представлены характеристики отработанного воздуха.

Таблица 7 – Характеристика отработанного воздуха

Загрязняющее вещество	Концентрация или выброс загрязняющего вещества, мг/м ³
Изопентан	121,00
Амилены (смесь изомеров)	56,00
2-Метилбутен-1,3 (изопрен)	10,500
Метилбензол (толуол)	62,0

На рисунке 6 приведена схема материальных потоков при проведении очистки отработанного воздуха.



G1 - воздух на очистку; G2 - вода на орошение; G3 - воздух после очистки; G4 - шлам очистки в ХЗК через гидрозатвор

Рисунок 6 - Схема материальных потоков

Материальный баланс должен выполнять условие, отраженное в формуле 1:

$$G1+G2=G3+G4 \quad (1).$$

Количество очищаемого газа – $50000\text{ м}^3/\text{ч}$;

Температура газов на входе в скруббер – 80°C ;

Начальная концентрация пыли – $0,102\text{ г}/\text{м}^3$;

Плотность воздуха при 0°C – $1,293\text{ кг}/\text{м}^3$;

Плотность воздуха при 90°C – $\frac{273}{273+90} \cdot 1,293 = 0,97\text{ кг}/\text{м}^3$.

Рассчитаем массу газа на входе в скруббер (2):

$$M_{\text{Г}} = V \cdot \rho_{\text{Г}}; \quad (2)$$

где V – объём газа $\text{м}^3/\text{ч}$;

$\rho_{\text{Г}}$ – плотность газа $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$M_{\text{Г}} = 50000 \cdot 0,97 = 48500\text{ кг}/\text{ч}.$$

Масса воды на орошение равна:

$$M_{\text{В}} = V \cdot \rho_{\text{В}}; \quad (3)$$

где V – объём воды $\text{м}^3/\text{ч}$;

$\rho_{\text{В}}$ – плотность воды $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$M_{\text{В}} = 10 \cdot 1000 = 10000\text{ кг}/\text{ч}.$$

Определим массовый расход пыли:

$$G_{\text{П}} = M_{\text{Г}} \cdot C \quad (4)$$

где C – концентрация пыли $\text{кг}/\text{м}^3$;

$$G_{\text{П}} = 48500 \cdot 0,00010 = 4,85\text{ кг}/\text{ч}.$$

Находим массу изопентана по формуле (4);

$$M_{\text{C}_5\text{H}_8} = 48500 \cdot 0,000121 = 5,87\text{ кг}/\text{ч};$$

где C – концентрация изопентана.

Находим массу амиленов по формуле (4):

$$M_{\text{амиленов}} = 48500 \cdot 0,000056 = 2,716 \text{ кг/ч.}$$

Находим массу изопрена по формуле (4):

$$M_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 48500 \cdot 0,0000105 = 0,509 \text{ кг/ч.}$$

Находим массу толуола по формуле (4):

$$M_{\text{C}_7\text{H}_8} = 48500 \cdot 0,000062 = 3,007 \text{ кг/ч.}$$

Механический унос воды составляет 3%:

$$10000 \cdot 0,03 = 300 \text{ кг/ч.}$$

Масса влажного воздуха равна:

$$48483,048 + 300 = 48783,048 \text{ кг/ч.}$$

Масса веществ в шламе газоочистки:

$$M_{\text{в}} = G_{\text{x}} \cdot 0,6; \quad (5)$$

где G_{x} – концентрация веществ кг/м³;

0,6 – степень очистки, %.

Масса пыли в шламе равна (5):

$$M_{\text{п}} = 4,85 \cdot 0,6 = 2,91 \text{ кг/ч.}$$

Масса изопентана в шламе равна (5):

$$M_{C_5H_8} = 5,87 \cdot 0,6 = 3,522 \text{ кг/ч.}$$

Масса амиленов в шламе равна (5):

$$M_{\text{амилены}} = 2,716 \cdot 0,6 = 1,630 \text{ кг/ч.}$$

Масса изопрена в шламе равна (5):

$$M_{C_5H_{12}} = 0,506 \cdot 0,6 = 0,305 \text{ кг/ч.}$$

Масса толуола в шламе равна (5):

$$M_{C_7H_8} = 3,007 \cdot 0,6 = 1,804 \text{ кг/ч.}$$

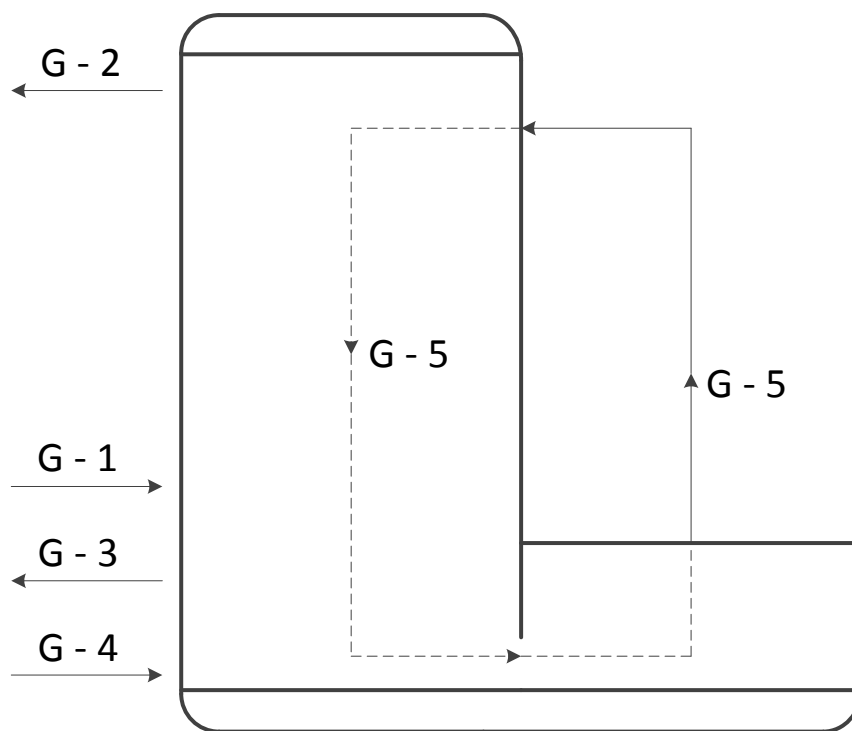
В таблице 8 представлены результаты проведения расчета материального баланса по существующей схеме газоочистки.

Таблица 8 – Материальный баланс существующей схемы газоочистки

Приход				Расход			
№	Поток	Кг/ч	%	№	Поток	Кг/ч	%
1	Газы на очистку, в том числе:	48500	100	1	Сбрасываемые газы, в том числе:	48793,626	100
	1.1 Воздух	48483,048	99,97		1.1 Воздух влажный	48783,048	99,9
	1.2 ПЫЛЬ	4,85	0,01		1.2 ПЫЛЬ	3,233	0,0066
	1.3 C ₅ H ₈	5,87	0,0121		1.3 C ₅ H ₈	3,913	0,0802
	1.4 Амилены	2,716	0,00061		1.4 Амилены	1,811	0,0037
	1.5 C ₅ H ₁₂	0,509	0,00105		1.5 C ₅ H ₁₂	0,339	0,000695
	1.6 C ₇ H ₈	3,007	0,0062		1.6 C ₇ H ₈	2,005	0,0042
2	Вода	10000	100	2	Шлам газоочистки, в том числе:	9710,171	100
					2.1 Вода	97000	99,895
					2.2 ПЫЛЬ	2,91	0,0299
					2.3 C ₅ H ₈	3,522	0,0363
					2.4 Амилены	1,630	0,0168
					2.5 C ₅ H ₁₂	0,305	0,0031
					2.6 C ₇ H ₈	1,804	0,0189
Всего:		58500		Всего:		58500	

2.3.2 Материальный баланс предлагаемой схемы газоочистки

На рисунке 7 приведена схема материальных потоков предлагаемой схемы газоочистки.



G 1 – воздух на очистку; G 2 – воздух после очистки; G 3 – слив поверхностного слоя; G 4 – серум на подпитку; G 5 – циркуляция серума на орошение

Рисунок – 7 Схема материальных потоков

Материальный баланс должен выполнять условие, отраженное в формуле 6:

$$G1+G4+G5=G2+G3+G5 \quad (6)$$

В качестве скрубберной жидкости в данной схеме предложено использовать возвратный серум после коагуляции крошки каучука. Циркуляция серума в скруббере составляет 20 м³/ч.

Содержание анионоактивных поверхностно-активных веществ (АПАВ) в возвратном серуме в среднем содержится 100 мг/дм³, катионоактивных поверхностно-активных веществ (КТАПАВ) в среднем 50 мг/дм³.

Механический унос серума составляет 3%. Поверхностный слив серума составляет 2 м³/ч. Плотность серума принимаем равной плотности воды.

Механический унос серума составляет 3%

$$M_y = 10000 \cdot 0,03 = 300 \text{ кг/ч.}$$

Находим массу АПАВ в серуме:

$$M_{\text{АПАВ}} = G_{\text{АПАВ}} \cdot M_c \quad (7)$$

где $G_{\text{АПАВ}}$ – концентрация АПАВ в серуме кг/м^3 ;

M_c – масса серума кг ;

$$M_{\text{АПАВ}} = 0,001 \cdot 10000 = 10 \text{ кг/ч.}$$

Находим массу КТАПАВ в серуме

$$M_{\text{КТАПАВ}} = 0,0005 \cdot 10000 = 5 \text{ кг/ч.}$$

Масса влажного воздуха равна:

$$48483,048 + 300 = 48783,048 \text{ кг/ч.}$$

Масса веществ в шламе газоочистки находим по формуле (5)

$$M_b = G_x \cdot 0,85;$$

где G_x – концентрация веществ кг/м^3 ;

0,85 – степень очистки, %.

Масса пыли в шламе равна (5):

$$M_{\text{п}} = 4,85 \cdot 0,85 = 4,123 \text{ кг/ч.}$$

Масса изопентана в шламе равна (5):

$$M_{C_5H_8} = 5,87 \cdot 0,85 = 4,990 \text{ кг/ч.}$$

Масса амиленов в шламе равна (5):

$$M_{\text{амилены}} = 2,716 \cdot 0,85 = 2,309 \text{ кг/ч.}$$

Масса изопентана в шламе равна (5):

$$M_{C_5H_{12}} = 0,509 \cdot 0,85 = 0,433 \text{ кг/ч.}$$

Масса толуола в шламе равна (5):

$$M_{C_7H_8} = 3,007 \cdot 0,85 = 0,006 \text{ кг/ч.}$$

Масса серума на подпитку будет равна (8):

$$M_{C_{\Pi}} = M_{\text{у}} + M_{\Pi}; \quad (8)$$

где $M_{\text{у}}$ – масса механического уноса серума кг/ч;

M_{Π} – масса поверхностного слива серума кг/ч.

$$M_{C_{\Pi}} = 300 + 1000 = 1300 \text{ кг/ч.}$$

Масса АПАВ в серуме подпитки находим по формуле (7):

$$M_{\text{АПАВ}\Pi} = 1300 \cdot 0,001 = 1,3 \text{ кг/ч;}$$

Масса КТАПАВ в серуме подпитки находим по формуле (7):

$$M_{\text{КТАПАВ}\Pi} = 1300 \cdot 0,0005 = 0,65 \text{ кг/ч.}$$

В таблице 9 представлены результаты проведения расчета материального баланса по предлагаемой схеме газоочистки.

Таблица 9 – Материальный баланс предлагаемой схемы газоочистки

Приход				Расход			
№	Поток	Кг/ч	%	№	Поток	Кг/ч	%
1	Газы на очистку, в том числе:	48500	100	1	Сбрасываемые газы, в том числе:	48785,59	100
	1.1 Воздух	48483,048	99,97		1.1 Воздух	487832,048	99,9
	1.2 Пыль	4,85	0,01		1.2 Пыль	0,7275	0,0149
	1.3 C ₅ H ₈	5,87	0,0121		1.3 C ₅ H ₈	0,8805	0,00180
	1.4 Амилены	2,716	0,00061		1.4 Амилены	0,4074	0,00084
	1.5 C ₅ H ₁₂	0,509	0,00105		1.5 C ₅ H ₁₂	0,07635	0,00016
	1.6 C ₇ H ₈	3,007	0,0062		1.6 C ₇ H ₈	0,45105	0,00092
2	Серум циркуляция, в том числе:	10000	100	2	Серум циркуляция, в том числе:	9700	100
	2.1 Вода	9985	99,85		2.1 Вода	9685,45	99,85
	2.2 АПАВ	10	0,1		2.2 АПАВ	9,7	0,1
	2.3 КТАПАВ	5	0,05		2.3 КТАПАВ	4,85	0,05
3	Серум на подпитку	1300	100	3	Шлам газоочистки, в том числе:	1314,41	100
	3.1 Вода	1298,05	99,85				
	3.2 АПАВ	1,3	0,1		2.1 Вода	1302,908	99,12
	3.3 КТАПАВ	0,65	0,05		2.2 АПАВ	1,3	0,0989
					2.3 КТАПАВ	0,65	0,0495
					2.4 Пыль	4,123	0,3137
					2.5 C ₅ H ₈	4,99	0,3796
					2.6 Амилены	2,309	0,1757

Продолжение таблицы 9

Приход				Расход			
№	Поток	Кг/ч	%	№	Поток	Кг/ч	%
					2.7 C ₅ H ₁₂	0,433	0,0329
					2.8 C ₇ H ₈	0,006	0,0005
Всего		59800		Всего		59800	

Таким образом, внедрение предлагаемой технологии позволит производить очистку газов на 85%, снизит количество потребляемой воды и, за счет замены воды в процессе очистки загрязненного воздуха и применения возвратной технологии, снизятся экономические затраты.

Заключение

В работе проведено изучение технологического процесса выделения синтетического изопренового каучука с описанием процесса очистки загрязненного воздуха. Дана качественная и количественная характеристика отходящих газов от установки ЛК/8-1.

Выявлено, что существующая система очистки отходящего воздуха лишь на 60% очищает от загрязнителей.

Подробно изучены существующие способы и методы очистки отходящих газов с применением скрубберов в промышленных масштабах. Также осуществлено патентные исследования по поиску скрубберов, предназначенных для очистки от крошки каучука.

Предложено произвести замену существующего скруббера на усовершенствованный ротационный скруббер.

Ротационное распыляющее устройство, отсутствие сухих зон, высокие окружные скорости газового потока, создание мелкодисперсной среды – все это обеспечивает устойчивую и эффективную работу ротационного скруббера при очистке газовых выбросов.

Предварительная степень очистки воздуха составляет 85%, что существенно снижает отложения в воздуховодах и котле загрязнений.

Предлагаемое техническое решение дает возможность в условиях производства синтетических каучуков осуществлять высокоэффективную очистку отработанного воздуха.

Проведены расчеты материального баланса существующей и предлагаемой установок. Полученные данные по результатам расчетов позволяют сделать вывод, что степень очистки отходящего воздуха повышается на 25% и количество возвратной воды значительно уменьшается.

Экологический эффект достигается за счет замены воды, подаваемой в ротационный скруббер, на циркулирующий серум, что исключает потребность свежей воды.

Список используемой литературы

1. Экологический паспорт Самарской области за 2019 год, разработанный Министерством лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Самарской области. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ecopassport.samregion.ru/> (дата обращения 10.02.2020).
2. Официальный сайт ООО «Тольяттикаучук». [Электронный ресурс]. – URL: <http://togliatti.tatneft.ru/> (дата обращения 15.02.2020).
3. ТР-ИП-6-21-16 Постоянный технологический регламент выделения синтетического изопренового каучука производства ИП-6 ООО «Тольяттикаучук», утвержденная 29.07.2016.
4. ТИ-ИП-6-51-17-1 Технологическая инструкция по обслуживанию узла концентрирования, отжима и сушки каучука на установке ЛК-8/1. Установка выделения синтетического изопренового каучука ООО «Тольяттикаучук», утвержденная 18.08.2017.
5. План производственного контроля промышленных выбросов цеха на 2020 год ИП-6 ООО «Тольяттикаучук», утвержденный 30.12.2019.
6. Приказ Ростехнадзора от 31.12.2014 №631 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Требования к технологическим регламентам химико-технологических производств» (Зарегистрировано в Минюсте России 28.05.2015 №37426). [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_180294/ (дата обращения 15.02.2020).
7. ГОСТ 31826-2012 «Оборудование газоочистительное и пылеулавливающее. Фильтры рукавные. Пылеуловители мокрые. Требования безопасности. Методы испытаний» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102307> (дата обращения 10.03.2020).

8. Установки мокрой очистки газов: виды и особенности [Электронный ресурс]. – URL: <https://gas-cleaning.ru/article/ustanovki-mokroy-ochistki-gazov-vidy-i-osobennosti> (дата обращения 15.02.2020).

9. Пат. RU177440U1 Скруббер-абсорбер Вентури. Автор(ы): Югай Ф.С., Ситдикова Ю.Р. Опубликовано 21.02.2018. [Электронный ресурс]. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU177440U1/ru> (дата обращения 20.03.2020).

10. Пат. RU 2564341C2 Способ термической очистки отработанного воздуха производства эмульсионных каучуков от углеводородов. Автор(ы): Папков В.Н., Полуэктов П.Т., Власова Л.А. Опубликовано 27.09.2015. [Электронный ресурс]. – URL: <https://findpatent.ru/patent/256/2564341.html> (дата обращения 20.03.2020).

11. Пат. RU2096071C1 Способ очистки воздушных выбросов производства синтетического каучука от органических соединений. Автор(ы): Забористов В.Н., Гольберг И.П., Васышак Г.А., Хлустиков В.И., Ермакова Н.П. Опубликовано 20.11.1997. [Электронный ресурс]. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2096071C1/en> (дата обращения 20.03.2020).

12. Пат. RU 2680494 Ротационный скруббер. Автор(ы): Митин А.К., Цветнов А.В. Опубликовано 15.04.2017. [Электронный ресурс]. – URL: <https://findpatent.ru/patent/268/2680494.html> (дата обращения 20.03.2020).

13. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу : учеб. пособие / Е. С. Пикалов ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2015. – 79 с. – ISBN 978-5-9984-0560-0

14. Ветошкин А. Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов: учеб.-практ. пособие / А. Г. Ветошкин. - Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. - 316 с. : ил. - ISBN 978-5-9729-0128-9.

15. Константинов В. М. Экологические основы природопользования, 15-е изд. - М.: 2014. - 240 с.
16. Калыгин В.Г. Промышленная экология. Защита окружающей среды. Учебное пособие. Издательский центр Москва 2016г.
17. Баранов Д.А. Процессы и аппараты химической технологии. Учебное пособие/ Санкт-Петербург: Лань, 2020. 408с.
18. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 1/8-е издание., стер. – СПб.: издательство «Лань», 2019.- 916 с. (Учебники для вузов. Специальная литература).
19. Arthur L. Kohl, Richard B. Nielsen, Membrane Permeation Processes, in Gas Purification (Fifth Edition), 1997.
20. Wang Q., Ploskić A., Song X., Holmberg S., Ventilation heat recovery jointed low-temperature heating in retrofitting-An investigation of energy conservation, environmental impacts and indoor air quality in Swedish multifamily houses, Energy and Buildings, 2016, 121, 250-264.
21. Khan, Faisal & Ghoshal, Alope. (2000). Removal of Volatile Organic Compounds From Polluted Air. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 13. 527-545. 10.1016/S0950-4230(00)00007-3.
22. Liu, Guoliang & Xiao, Manxuan & Zhang, Xingxing & Gal, Csilla & Chen, Xiangjie & Liu, Lin & Pan, Song & Wu, Jinshun & Tang, Llewellyn & Clements-Croome, D. (2017). A review of air filtration technologies for sustainable and healthy building ventilation. Sustainable Cities and Society. 32. 10.1016/j.scs.2017.04.011.
23. Kuo-Jen Liao & Xiangting Hou (2015) Optimization of multipollutant air quality management strategies: A case study for five cities in the United States, Journal of the Air & Waste Management Association, 65:6, 732-742, DOI: 10.1080/10962247.2015.1014073

