

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

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»
20.03.01 «Техносферная безопасность»
профиль «Инженерная защита окружающей среды»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

**на тему: «Модернизация технологической схемы очистки воздуха от
сульфата аммония в цехе 25 ОАО «КуйбышевАзот»»**

Студент А. В. Князев

Руководитель Ю. Н. Шевченко

Допустить к защите
Зав. кафедрой
«Рациональное
природопользование
и ресурсосбережение» к.п.н., М.В. Кравцова

« » 20 г.

Тольятти 2016

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

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

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

**ЗАДАНИЕ
на бакалаврскую работу**

Студент: Князев Антон Владимирович

1. Тема: «Модернизация технологической схемы очистки воздуха от сульфата аммония в цехе 25 ОАО «КуйбышевАзот»»
2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы
3. Исходные данные к бакалаврской работе:
4. Содержание выпускной квалификационной работы:
 - Анализ существующей системы очистки на цеха 25 ОАО «КуйбышевАзот»
 - Модернизация системы очистки цеха 25 ОАО «КуйбышевАзот»

Руководитель бакалаврской работы

Ю. Н. Шевченко

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

А. В. Князев

(И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

_____ М.В.Кравцова

(подпись) (И.О. Фамилия)

« _____ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН бакалаврской работы

Студента: Князев Антон Владимирович

по теме: «Модернизация технологической схемы очистки воздуха от
сульфата аммония в цехе 25 ОАО «КуйбышевАзот»»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение, литературный обзор				
Теоретический анализ проблемы пылевых загрязнений цеха 25 ОАО «КуйбышевАзот»				
Модернизация системы газоочистки производственного цеха				
Заключение				

Руководитель выпускной

Ю. Н. Шевченко

квалификационной работы

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

А. В. Князев

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПЫЛЕВЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЦЕХА 25 ОАО «КУЙБЫШЕВАЗОТ»	7
1.1 Анализ производственной деятельности ОАО «КуйбышевАзот»	10
1.2 Патентный поиск	15
1.3 Технологический процесс производства сульфата аммония	22
1.4. Анализ воздействия пыли на организм человека	42
Выводы к главе 1	46
ГЛАВА 2. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ГАЗООЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕХА	47
2.1 Современные способы очистки воздуха от пыли	47
2.2. Анализ существующей системы газоочистки цеха	54
2. 3 Расчет циклона	61
2.4 Модернизация системы газоочистки	65
Выводы к главе 2	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	71
ПРИЛОЖЕНИЕ	76

ВВЕДЕНИЕ

Количество пыли в наружном воздухе зависит от характера технологических процессов на промышленных предприятиях, степени благоустройства городов, интенсивности транспортного движения, состояния дорожных покрытий и может колебаться в широких пределах. Выбросы вентиляционного воздуха на промышленных предприятиях различны по количеству, разнообразны по содержащимся в них вредным веществам и рассредоточены по территории промышленного предприятия. Загрязнение воздушной среды в районах размещения промышленных предприятий обуславливает необходимость очистки наружного воздуха перед подачей его в помещения приточными системами вентиляции и системами кондиционирования воздуха. В очистке приточного воздуха нуждаются помещения производств с повышенными требованиями к чистоте воздуха, например. Очистка приточного воздуха позволяет удовлетворить как санитарно-гигиенические, так и технологические требования к чистоте воздуха в помещениях различного назначения.

Актуальность исследования. Газоочистка, а также очистка воздуха от пыли на производстве выполняется при помощи вентиляционных газо- и пылеулавливающих агрегатов. Согласно требованиям санитарных норма, они должны обеспечивать концентрацию пыли не более $10^2/м^3$.

На предприятии производится сульфат аммония. В цехе транспортировки имеются превышения ПДК пыли сульфата аммония, что негативно сказывается на здоровье работников. Повышенная запыленность в воздухе может вызывать заболевания слизистых оболочек и аллергические реакции. Создается необходимость модернизации системы вентиляции.

Целью работы является повышение качества очистки воздуха от сульфата аммония.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Провести анализ пылевых загрязнений цеха 25 ОАО «КуйбышевАзот»;
2. Проанализировать технологическую схему цеха, выявить недостатки существующей системы очистки;
3. Провести анализ воздействия пыли сульфата аммония на организм человека;
4. Произвести расчет циклона;
5. Разработать технологическое решение по повышению эффективности очистки воздуха от пыли.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПЫЛЕВЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЦЕХА 25 ОАО «КУЙБЫШЕВАЗОТ»

Акционерное общество «КуйбышевАзот» является одним из ведущих предприятий российской химической промышленности. Предприятие осуществляет свою деятельность по двум основным направлениям:

- капролактамы и продукты его переработки (полиамид-6, высокопрочные технические нити, кордная ткань, инженерные пластики);
- аммиак и азотные удобрения.

Кроме того ОАО «КуйбышевАзот» производит технологические газы, обеспечивающие потребности основных бизнес-направлений, и вместе с тем являющиеся самостоятельными товарными продуктами. Предприятие ОАО «КуйбышевАзот» располагается на одной промышленной площадке в Северном промышленном узле г. о. Тольятти (рисунок 1).

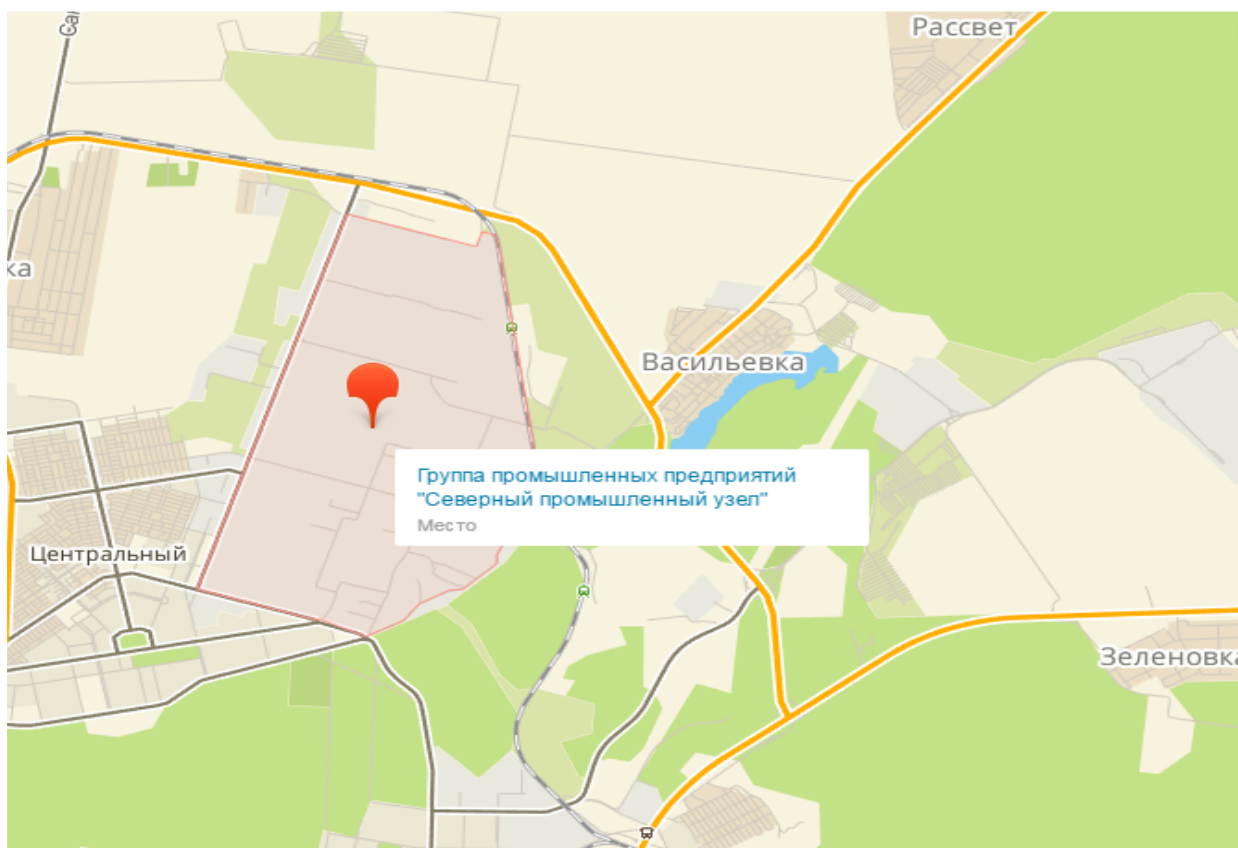


Рисунок 1 - Карта г.Тольятти расположение северного промышленного узла

В соответствии со свидетельством о государственной регистрации права собственности земельных участков ОАО «КуйбышевАзот» владеет двумя земельными участками общей площадью 2906240 м². Участки расположены по адресу: 445007, Россия, г. Тольятти, Самарская обл., ул. Новозаводская, д. 6.

Режим работы производственных цехов – круглосуточный, вспомогательных – односменный или двухсменный. Количество рабочих дней – 365. Продолжительность рабочей смены – 8 часов (в производстве - 12).

Потребление сырья и ресурсов: норма потребления основного сырья и электроэнергии на «КуйбышевАзоте» составляют: Вода (20800 тыс. тонн/год), бензол (132600 тонн/год), природный газ (1 0243 72 тыс. м³/год), и электричество (1095ГВтч/год). Вода предоставляется местным муниципалитетом. «КуйбышевАзот» имеет энергосберегающую программу на уровне всего предприятия, включающую в себя снижение расходных норм до устанавливаемых на каждый год целевых показателей. Исполнение программы строго контролируется руководством.

«КуйбышевАзот» имеет два вида стоков:

- слабозагрязненные, состоящие из дождевой и талой воды, а также слив с водооборотных циклов в количестве 24000 тн/сутки, которые без очистки сбрасываются в водоем через систему водоотведения;
- хим.грязные стоки от технологических процессов в количестве 1200 тн/сутки, которые проходят локальные очистные сооружения на предприятии и отправляются на городские биологические очистные сооружения.

Оба сточных потока соответствуют требованиям МБ/МФК, за исключением показателя рН в слабозагрязненных сточных водах, который превышает установленные нормы МБ/МФК [34]. «КуйбышевАзот» определил в качестве источника повышенного рН зону хранения аммиака и намерен изолировать этот поток сточных вод, чтобы обеспечить соответствие норм рН в сточных водах стандартам МБ/МФК. В соответствии с

дополнительным Планом Действий в области Экологии и Социальной ответственности, «КуйбышевАзот» разработает программу, нацеленную на снижение потребления чистой воды.

Условия внешнего шума и качества воздуха, включая аммиак, соответствуют как местным требуемым нормам, так и нормам МБ/МФК. Параметры мониторинга выбросов в воздух на КуйбышевАзот также соответствуют всем вышеуказанным нормам, за исключением аммиачной и содовой пыли от нескольких процессов, которые превышают допустимые нормы МБ/МФК. В соответствии с дополнительным Планом Действий в области Экологии и Социальной ответственности, КуйбышевАзот разработает практический план для снижения аммиачных и содовых пылевых выбросов [16].

Твердые и опасные отходы: «КуйбышевАзот» генерирует различные промышленные твердые и опасные отходы от производства и демонтажа, включая использованные катализаторы, отходные синтетические/минеральные масла, отходы при строительстве, металлолом и т.д. На предприятии имеется детальный план переработки данных твердых и опасных отходов. Все отходы хранятся надлежащим образом за пределами территории. Использованные катализаторы направляются назад к производителям для восстановления; отходные синтетические/минеральные масла и прочие опасные отходы направляются в одобренные государством отходо-перерабатывающие компании для повторного использования, обработки и уничтожения; металлолом и прочее сырье используется вторично; отходы от строительства и прочие твердые отходы направляются на вторичное использование или на одобренные государством полигоны для уничтожения.

Опасные материалы, операционные риски и реагирование в чрезвычайных ситуациях: сырье, полуфабрикаты и большинство из конечных продуктов «КуйбышевАзота» содержат значительное количество вредных веществ [5]. Производство, хранение, обработка и транспортировка этих

материалов предоставляет серьезную опасность для работников. Операционная безопасность является предметом важнейшей заботы руководства «КуйбышевАзота». На предприятии постоянно действуют программы по повышению безопасности различных процессов, мероприятия по реагированию в чрезвычайных ситуациях, аварийные планы и планы-обоснования безопасности производства (HAZOP) завода и сопутствующих операций. Реализация указанных программ обеспечит соответствие лучшим международным нормам.

1.1 Анализ производственной деятельности цеха 25 ОАО «КуйбышевАзот»

Отделение получения сульфата аммония цеха №25 входит в состав производства капролактама и предназначен для переработки сульфатных щелоков, образующихся в цехах лактама. Производство введено в эксплуатацию в 1974 году.

Проектная мощность отделения производства сульфата аммония – 140 тыс. т/год при 8000 часов работы в год. В 2007 году после пуска в работу узла доупаривания раствора сульфата аммония в цехе лактама, проектная мощность отделения получения сульфата аммония цеха №25 - возросла до 255 тыс.т/год. Достигнутая мощность в 2014г. - 265тыс.т/год.

Сульфат аммония получают как побочный продукт в производстве капролактама [15]. Сульфат аммония производится в виде бесцветных прозрачных кристаллов (белого порошка) без запаха. Технические требования к сульфату аммония представлены в таблице 1.

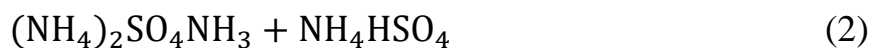
Таблица 1 - Технические требования к сульфату аммония

№ п/п	Наименование показателя	Норма для марок	
		Кристаллический	Гранулированный
1	Внешний вид	белые кристаллы, допускается светло-желтый и розовый оттенок	Гранулированные кристаллы от светло-серого до темно-серого цвета
2	Массовая доля азота в пересчете на сухое вещество, %, не менее	21	21
3	Массовая доля воды, %, не более	0,3	0,3
4	Массовая доля свободной серной кислоты, %, не более	0,05	0,05
5	Рассыпчатость	100	100
6	Массовая доля серы, %, не менее	24	24

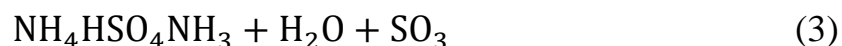
Формула сульфата аммония:



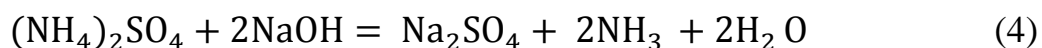
Молекулярная масса сульфата аммония 132,14. Плотность кристаллов при 20⁰С 1,769 г/см³. Насыпная масса в зависимости от величины кристаллов и содержания влаги - 0,827-0,889 г/см³. Теплота образования 281,86 ккал/моль. Теплота кристаллизации 2,6 ккал/моль. Теплоемкость 0,34 ккал/кг ⁰С . Угол естественного откоса для сульфата аммония высшего сорта с влажностью менее 0,2% составляет - 29⁰С. Температура плавления с полным разложением – 513⁰С [23]. При нагревании сульфата аммония выше 100⁰С постепенно разлагается, превращаясь в кислую соль NH₄HSO₄:



При нагревании до 235⁰С и выше кислая соль сульфата аммония разлагается на аммиак и серный ангидрид:



При действии щелочей на сульфат аммония также выделяется аммиак:



Сульфат аммония применяется в пищевой и текстильной промышленности, в аграрном секторе [9]. Аммонийную соль серной кислоты используют для хлорирования воды. В РФ это вещество было зарегистрировано в 1982 году, и получило маркировку ГОСТ-9097-82.

Преимущества сульфата аммония:

1. Не слеживается – это позволяет использовать его при перекопке почвы, причем вносить аммонийную соль очень легко – грунт просто посыпают кристаллами в процессе перекопки, слегка заглубляя фракцию в верхние горизонты. Если же гранулы распределились неравномерно – это не страшно, аммоний быстро вступает в реакцию диффузии с почвенным комплексом, что позволяет полезным веществам равномерно распределяться по плодородному слою;

2. Хорошо растворяется в воде – это очень полезное свойство для удобрения, так как позволяет использовать его в жидком виде, для корневых и внекорневых подкормок;

3. Ионы аммония быстро теряют подвижность в почвенном комплексе, что помогает азоту сохраниться в плодородном слое на длительное время [5]. Он не улетучивается в виде газообразных соединений, не вымывается во время дождей, и практически полностью потребляется корнями.

4. Чтобы предохранить азот из состава данного удобрения от перехода в нитратную форму, для подкормки растений необходимо использовать раствор нитрата аммония. Таким образом, азот не вступит в реакцию нитрификации с почвенным комплексом. Чем выгодна аммонийная форма соли? Она намного лучше усваивается растениями, и не накапливается в их плодах и клубнях даже при избыточном внесении.

5. Сульфат аммония не относится к ядовитым веществам, не выделяет отравляющие пары, что значительно упрощает его использование в качестве удобрения. Нет необходимости облачаться в защитную одежду и следить за соблюдением правил техники безопасности. Еще одним доказательством его

безвредности может служить тот факт, что этот препарат применяют в пищевой промышленности для расщепления белковых соединений.

Переработка раствора сульфата аммония осуществляется на двух технологических линиях, каждая из которых включает две системы выпаривания, каждая технологическая линия обеспечена системой центрифугирования (рабочей и резервной) и системой сушки (рабочей и резервной) [47].

Кристаллический сульфат аммония получается путем выпаривания и кристаллизации сульфата аммония из водного раствора с последующим центрифугированием и сушкой кристаллов. Генеральный проектировщик – ГИАП г. Москва. Проектировщик технологической части – ФЕБ Хеми, Инженер – бау Лейпциг, ГДР. Специальный проектировщик – ФЕБ Анлагенбау, Эрфурт Рудислебен, ГДР.

Сульфат аммония кристаллический выпускается в соответствии с ТУ-113-03-10-18-91 и санитарных правил СП 1.2. 1770-02 от 23.10.2002 г «Гигиенические требования к безопасности агрохимикатов», должен соответствовать данным, представленным в таблице 1.

Сульфат аммония хорошо растворяется в воде с поглощением тепла. Так, при растворении 1 моля сульфата аммония в 400 молях воды при 18⁰С поглощается около 2,37 ккал. тепла, в таблице 2 представлена плотность водных растворов сульфата аммония при различных температурах [26].

Таблица 2 – Плотность водных растворов сульфата аммония при различных температурах, г/см³

Температура, °С	10	30	40	50	60	80	100
1	1,0058	1,0015	0,9980	0,9939	0,9890	0,9777	0,9644
10	1,0600	1,0542	1,0503	1,0460	1,0412	1,0304	1,0185
20	1,1186	1,1117	1,1077	1,1033	1,0986	1,0833	1,0772
30	1,1757	1,1681	1,1640	1,1597	1,1550	1,1451	1,1346
35	1,2037	1,1960	1,1919	1,1876	1,1829	1,1731	1,1629
40	1,2314	1,2237	1,2196	1,2153	1,2107	1,2011	1,1910
45	-	-	-	1,2429	1,2384	1,2290	1,2180
50	-	-	-	-	-	1,2568	1,2466

Водный раствор сульфата аммония имеет кислую реакцию. Растворимость сульфата аммония в воде сравнительно мало зависит от повышения температуры (таблица 3).

Таблица 3 – Растворимость сульфата аммония в воде при различных температурах

Температура, °С	0	10	20	30	40	50	60	80	100
Растворимость, вес %	41,4	42,1	42,9	43,8	44,7	45,8	47,0	48,8	50,8

Зависимость температуры кипения раствора сульфата аммония от концентрации при давлении 760 мм рт. столба представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость температуры кипения раствора сульфата аммония от концентрации

Содержание сульфата аммония, г на 100г Н ₂ О	15,4	30,1	44,2	58,0	71,8	99,1	115,3
Температура кипения, °С	101	102	103	104	105	107	108,2

1.2 Патентный поиск

В рамках исследования проведен патентный поиск по существующим газоочистным аппаратам.

Таблица 5 – Патентный поиск

Предмет поиска	Страна выдачи, вид и номер отобранного документа, классификационный индекс	Заявитель, дата публикации	Сущность заявленного технического решения
1	2	3	4
Способ электрохимического отделения кислых газов	Россия, Патент №: 2092232 B01D53/32	Попов Андрей Вениаминович (Ru), Подоксик Александр Владиленович (Ru), Дата подачи заявки: 25.08.1994, Дата публикации патента: 10.10.1997	Изобретение относится к области разделения, выделения и очистки газов, а именно к способу электрохимического отделения кислых газов из смеси газов, включающему разделение электролита на анолит и католит с различными рН, абсорбцию кислых газов католитом с последующей десорбцией анализом, при этом один из электродов электролизера деполяризуют газом с выделением того же газа на другом электроде, а в качестве газа-деполяризатора используют водород или кислород. 5 з.п.ф-лы, 4 ил.

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
<p>Установка для очистки газовых выбросов промышленных производств от токсичных органических веществ</p>	<p>Россия, Патент №: 2100059 B01D53/32</p>	<p>Кашников Геннадий Николаевич (Ru), Кручинин Николай Александрович (Ru) Дата подачи заявки: 26.03.1996, Дата публикации патента: 27.12.1997</p>	<p>Изобретение относится к устройствам для очистки газовых выбросов промышленных предприятий от токсичных органических веществ, в частности выбросов алюминиевых производств, включающих полициклические, ароматические углеводороды (ПАУ), например, 3,4- бензпирен (БП), являющийся весьма токсичным канцерогенным веществом. Данная установка обеспечивает существенное снижение концентрации токсичных органических веществ в газовом потоке, которые уничтожаются непосредственно установкой, и их опасного концентрата не образуется</p>
<p>Способ очистки отходящих, топочных и топливных газов при помощи барьерного разряда</p>	<p>Россия, Патент №: 2058806 B01D53/14</p>	<p>МП НТЦ «Экос», Дата публикации патента: 27.04.1996</p>	<p>Изобретение относится к защите окружающей среды от промышленных выбросов токсичных газов в атмосферу, в частности к очистке отходящих,</p>

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
			<p>топочных и топливных газов барьерным разрядом. Использование: для защиты окружающей среды от промышленных выбросов токсичных газов в атмосферу, в частности для очистки отходящих, топочных и топливных газов барьерным разрядом. Сущность изобретения: поток очищаемой газовой смеси пропускается через зону барьерного разряда, в которую одновременно противотоком подается вода или содержащий воду раствор.</p>
<p>Способ очистки газов от примеси аммиака</p>	<p>Россия, Патент №: 1664379 B01D53/32</p>	<p>Дахина Галина Леонидовна (Ru), Трусов Александр Станиславович (Ru), Тябин Николай Васильевич (Ru), Голованчиков Александр Борисович (Ru), Дата подачи заявки: 06.04.1992 Дата публикации патента: 27.04.1996</p>	<p>Изобретение относится к технологии очистки отходящих газов, применяемой в химической и металлургической отраслях промышленности и позволяющей повысить производительность процесса. Воздух с примесями аммиака пропускали через электрическое поле положительного коронного разряда при напряженности</p>

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
			поля 3100 - 6900 В/см.
Способ очистки газов от сероводорода	Россия, Патент №: 1662645 B01D53/14	Мазгаров Ахмет Мазгарович (Ru), Садыков Айдар Рустемович (Ru), Фахриев Ахматфаиль Магсумович (Ru), Дата подачи заявки: 06.07.1989 Дата публикации патента: 15.07.1991	Изобретение относится к абсорбционной очистке газов от сероводорода и может найти применение в нефте-, газоперерабатывающей и химической отраслях промышленности для очистки малосернистых природных и попутных газов, газов нефтепереработки и отходящих газов от сероводорода. Для повышения степени очистки газов от сероводорода и скорости окислительной регенерации насыщенного абсорбента используют способ очистки газов от сероводорода путем абсорбции N-алкилзамещенным амидом с добавкой органического амина с последующей регенерацией насыщенного абсорбента контактированием с кислотосодержащим газом, в котором абсорбцию проводят в присутствии аммиака, взятого в количестве 1,0 - 1,1 моль/моль

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
Способ очистки газов от оксидов серы и азота	Россия, Патент №: 2104754 B01D53/14	Кобяков Анатолий Иванович (Ru), Кобяков Антон Анатольевич (Ru), Дата подачи заявки: 06.05.1996 Дата публикации патента: 12.11.2000	Изобретение относится к способам очистки газов от вредных примесей оксидов серы и азота и может быть использовано при очистке дымовых газов, полученных при сжигании твердых топлив, а также в химической промышленности, в частности в производстве серной кислоты нитрозным или комбинированным контактно-нитрозным методом. Задача предложенного изобретения состоит в исключении вредных выбросов в атмосферу, а также комплексная очистка дымовых газов, полученных при сжигании твердых топлив, и отходящих газов нитрозного или контактно-нитрозного производства серной кислоты.
Способ очистки газовых выбросов от окислов азота	Россия, Патент №: 2102123 B01D53/56	Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности, Дата подачи заявки: 24.02.1996 Дата публикации патента: 07.04.1999	Использование: в промышленной экологии. Сущность изобретения: способ предусматривает обработку газовых выбросов, содержащий окислы азота, в щелочном

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
<p>Установка для очистки и обезвреживания газовых выбросов</p>	<p>Россия, Патент №: 2106904 B01D53/14</p>	<p>Друцкий Алексей Васильевич (Ru), Дата подачи заявки: 06.03.1995 Дата публикации патента: 05.05.1999</p>	<p>растворе в поле ультразвуковых колебаний. Изобретение относится к промышленной экологии и может быть использовано при очистке газовых выбросов от окислов азота. Техническим результатом изобретения является упрощение состава используемой жидкости. Изобретение относится к технике очистки газовых выбросов. Цель изобретения заключается в уменьшении габаритов установки при сохранении высокой эффективности ее работы и расширении области применения. Поставленная цель достигается за счет того, что в установке для очистки и обезвреживания газовых выбросов, включающей абсорбер 1 с входным 2 и выходным 3 газовыми патрубками, поддоном 4 с абсорбентом, расположенным над ним рабочим объемом 5 и</p>

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
			<p>электролизер 6, абсорбер 1 дополнительно содержит входную 7 и выходную 8 газовые камеры, расположенные соответственно со стороны выходного 3 и входного 2 газовых патрубков, газораспределительную 9 и газосборную 10 системы, выполненные из трубок с пористой структурой и расположенные соответственно в поддоне 4 и верхней части рабочего объема 5, причем каждая из трубок имеет с одной сторону заглушку, с другой стороной трубки газораспределительной системы 9 выполнена короче всех остальных трубок, а электролизер 6 выполнен из двух вертикальных пластин, установленных в поддоне 4 со стороны заглушенного торца короткой трубки, и в качестве абсорбента используется водный раствор солей щелочных и/или щелочноземельных металлов. 2 ил.</p>

Проведя анализ патентов, представленных в таблице, видно что существующие способы газоочистки имеют разные направления: очистка газовых выбросов от окислов азота, оксиды серы, от токсичных примесей, от сероводорода и примесей аммиака [56]. В основном все эти газы токсичны, имеют резкий запах и требуют более мощные средства защиты. Подводя итог, можно сказать, что на данный момент не существует метода по очистке газовых выбросов от сульфата аммония. В настоящий момент эта проблема остро стоит в производственных цехах, так как избышек этого элемента в воздухе приводит к серьезным болезням дыхательных путей у работников.

1.3 Технологический процесс производства сульфата аммония.

Выдаваемый из цеха лактама раствор сульфата аммония представляет собой водный раствор с массовой долей сульфата аммония 38-42%. Раствор подвергается упариванию и кристаллизации с последующим разделением суспензии на кристаллы сульфата аммония и маточный раствор на пульсирующих центрифугах; сушкой кристаллов сульфата аммония в сушилках «кипящего» слоя [17]. Технологическое оборудование цеха сгруппировано в двух аналогичных технологических линиях. Каждая из технологических линий включает в себя две нитки выпаривания. Система выпаривания представляет собой каскад последовательно соединенных между собой предварительного испарителя, работающего под избыточным давлением и испарителя-кристаллизатора, работающего под вакуумом [13].

Процесс производства кристаллического сульфата аммония из водного раствора сульфата аммония, являющегося отходом производства капролактама, включает следующие стадии:

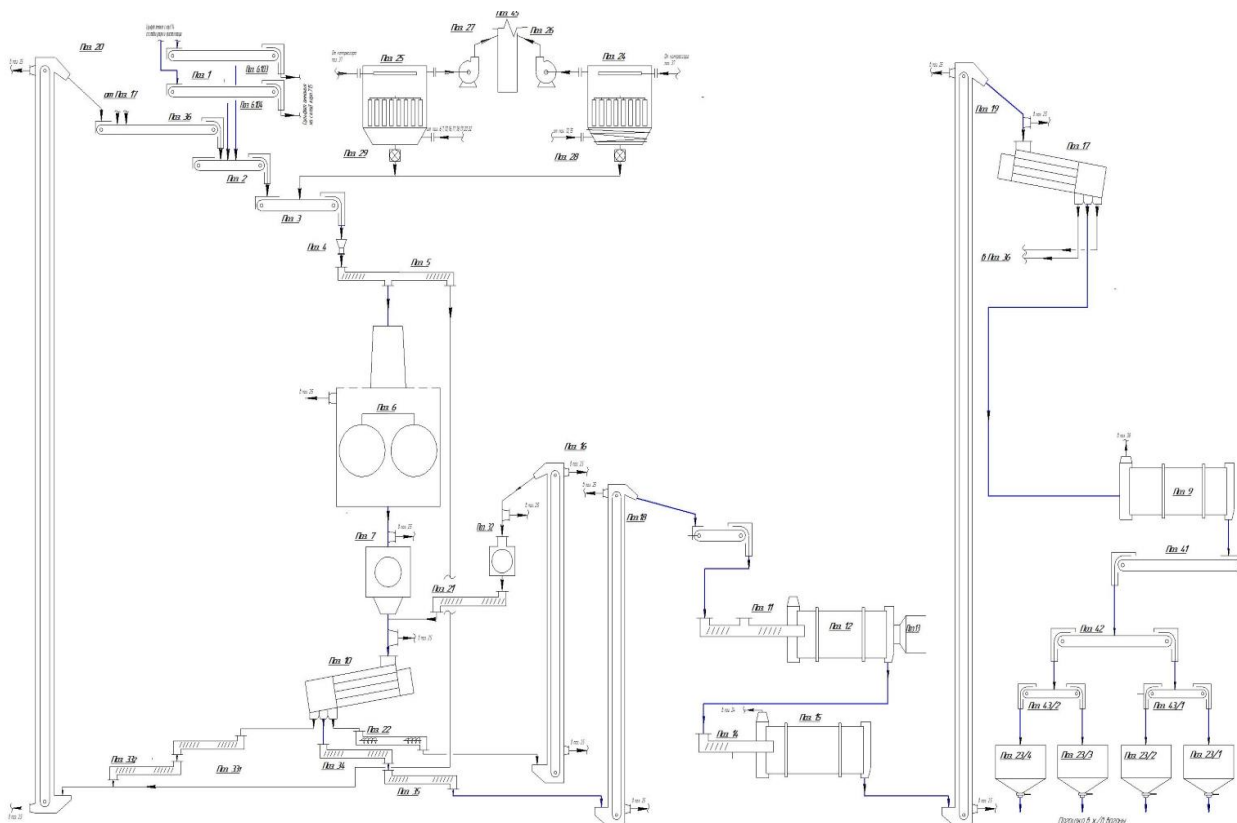
- приготовление рабочего раствора
- выпаривание раствора сульфата аммония под избыточным давлением не более 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) в предварительных испарителях
- выпаривание и кристаллизация сульфата аммония под вакуумом в испарителях кристаллизаторах

- отделение кристаллов сульфатов аммония от маточного раствора на пульсирующих центрифугах

- сушка кристаллов сульфата аммония в сушилках «кипящего слоя» и подача готового продукта на склад

- хранение готового продукта в складе насыпью и отгрузка сульфата аммония навалом в железнодорожный подвижной состав (полувагоны, минераловозы), контейнера. Фасовка готового продукта в мешки весом 50кг и погрузка их в крытые вагоны [15]. Сырьем для производства сульфата аммония является раствор сульфата аммония, получающийся в процессе производства капролактама на стадиях оксимирования и экстракции цеха лактама с содержанием 35-42% сульфата аммония.

На рисунке 2 представлен технологический процесс изготовления сульфата аммония.



где 1. Узел передачи сульфата аммония; 2. Конвейер; 3. Конвейер; 4. Бункер промежуточный; 5. Шнековый конвейер; 6. Компактор; 7. Гранулятор; 8. Ленточный конвейер; 9. Барабан для нанесения покрытия; 10. Вибросито; 11. Шнековый конвейер; 12. Барабанная сушилка; 13. Горелочное устройство; 14. Шнековый конвейер; 15. Барабанный охладитель; 16. Элеватор; 17. Вибросито; 18. Элеватор; 19. Элеватор; 20. Элеватор; 21. Шнековый конвейер; 22. Спиральный транспортер; 23. Бункер для сульфата аммония; 24. Фильтр; 25. Фильтр; 26. Вентилятор; 27. Вентилятор; 28. Шлюзовой питатель; 29. Шлюзовой питатель; 30. Емкость; 31. Емкость; 32. Дробилка; 33/12. Шнековый конвейер; 34. Шнековый конвейер; 35. Шнековый конвейер; 36. Конвейер ленточный желобчатый; 37. Компрессор; 38. Вентилятор; 39. Вентилятор; 41. Конвейер выдачи готовой продукции; 42. Конвейер раздаточный верхний; 43. Конвейер раздаточный нижний; 44. Дозировочный насос; 45. Труба дымовая; 46. Насос; 47. Насос.

Рисунок 2 - Процесс изготовления сульфата аммония

Рабочий раствор готовится в сборнике поз. 6/01(1) путем перемешивания с помощью лопастной мешалки «свежего» раствора сульфата аммония и циркулирующего маточного раствора в соотношении близком 3:1 по весу.

«Свежий» раствор с концентрацией сульфата аммония 35-42% подается непрерывно из корп.713 цеха №24 в сборник поз. 6/01(1) в количестве до 55 м³/час, где смешивается с маточным раствором с концентрацией сульфата аммония до 51%, поступающим из центрифуг поз. 6/09(1,3,5).

Показания, регистрация уровней раствора сульфата аммония в хранилищах поз. 11/01(1-2) цеха №24 лактама продублированы на ЦПУ цеха №25 получения сульфата аммония – поз. LIR-502(2-3). Уровень в сборнике поз. 6/01(1) поддерживается автоматически регулятором уровня поз. LRCA-501, клапан которого установлен на линии подачи «свежего» раствора сульфата аммония в сборник поз.6/01(1) [7].

Замер и регистрация количества поступающего «свежего» раствора осуществляется с помощью диафрагмы и вторичного прибора поз. FR-101.

Системой КИПиА предусмотрена сигнализация минимального и максимального уровней раствора, работа электропривода мешалки в сборнике поз. 6/01(1).

При переполнении сборника поз. 6/01(1) раствор сульфата аммония по линии перелива поступает в заглубленный дренажный сборник поз. 6/40.

Большое влияние на качество готовой продукции и степень коррозии трубопроводов и аппаратов оказывает величина pH «свежего» раствора, которая должна быть в пределах 5,5-:-7,5.

Рабочий раствор из сборника поз. 6/01(1) центробежным насосом поз. 6/02(1,3) подается в напорную емкость поз. 6/05(1) для создания равномерного напора рабочего раствора на обе выпарные системы первой технологической линии. Перед поступлением в напорную емкость рабочий раствор нагревается в подогревателе поз. 6/04(1) до температуры не выше 90⁰С конденсатом пара P=0,5МПа (5кгс/см²), поступающего из конденсатоотводчика поз. 6/16(1). Температура раствора после подогревателя поз. 6/04(1) регистрируется на ЦПУ регистратором поз. TR-307 (6-я точка).

Рабочий раствор может поступать в напорную емкость поз. 6/05(1) по байпасу, минуя подогреватель поз. 6/04(1). Уровень в напорной емкости

поддерживается автоматически регулятором уровня поз. RCA-502(1), клапан которого установлен на линии циркуляции рабочего раствора от насоса поз. 6/02(1,3) в сборник поз. 6/01(1). При превышении максимального уровня, а также в случае необходимости опорожнения напорной емкости поз. 6/05(1), раствор сульфат аммония по двум переливным линиям поступает в сборник 6/01(1). Из напорной емкости 6/05(1) рабочий раствор поступает на стадию выпаривания и кристаллизации [2].

Выпаривание и кристаллизация сульфата аммония под вакуумом имеет следующие преимущества:

- Имеется возможность использовать тепло сокового пара после предварительного испарителя;
- Достигается уменьшение количества растворенного сульфата аммония в маточном растворе за счет снижения температуры процесса.

Циркулируя через встроенный подогреватель насыщенный раствор сульфата аммония перегревается и поступает в испарительную часть испарителя-кристаллизатора, где происходит удаление части воды (путем испарения в вакууме) и охлаждение раствора.

Испарение и охлаждение вызывает пересыщение раствора, который по центральной циркуляционной трубе испарителя-кристаллизатора поступает из испарительной зоны в нижнюю часть аппарата, являющуюся основной зоной роста кристаллов. Циркуляция раствора сульфата аммония в испарителе-кристаллизаторе осуществляется за счет разности плотностей парожидкостной эмульсии, образующейся в трубках и пересыщенного раствора в центральной циркуляционной трубе

Основной характеристикой продукта, получаемого при массовой кристаллизации, является размер кристаллов, их однородность и химическая чистота. Эти качества зависят от различных факторов, в частности, от степени пересыщения раствора. С увеличением пересыщения возрастает скорость образования зародышей и скорость их роста.

При очень малых пересыщениях кристалл растет, главным образом, в результате присоединения отдельных ионов (или молекул) к местам нарушения кристаллической решетки: на молекулярных террасах, ступеньках и т.п. Возможен рост кристаллов и через двухмерные зародыши, хотя чаще этот процесс идет при высокой степени пересыщения.

Пересыщение оказывает влияние и на форму образующихся кристаллов. С уменьшением степени пересыщения раствора происходит нивелировка скоростей роста отдельных граней кристалла и он оказывается ограниченным большим числом более равномерно развитых.

С увеличением степени пересыщения увеличивается разница в скорости роста отдельных граней, а также общая скорость роста кристаллов за счет увеличения толщины нарастающих слоев и повышения частоты появления их на грани [11]. При определенном пересыщении наблюдается возникновение и развитие отдельных слоев, причем, часто новые слои возникают раньше, чем предыдущие полностью покрывают всю грань. При большем пересыщении возможно образование и разрастание нескольких плоских зародышей в различных местах одной и той же грани.

Вершины и ребра кристалла находятся в лучших условиях роста, поэтому выступы новых слоев образуются именно здесь. При достаточном сближении этих выступов нарастающие слои могут перекрывать в середине грани маточный раствор.

Экспериментальные данные подтверждают рост среднего размера кристаллов с увеличением температуры кристаллизации. Так при повышении температуры кристаллизации на 20⁰С средний размер кристалла возрастает от 10 до 25% в зависимости от типа кристаллизуемой соли.

При изменении температуры кристаллизации сульфата аммония в вакуум - кристаллизаторах от 30⁰С до 75⁰С средний размер кристаллов увеличивается от 0,45мм до 1,3мм (при массовой концентрации сульфата аммония в поступающих растворах 640 кгс/см²).

Кристаллизация является одним из наиболее эффективных методов получения вещества в чистом виде. Степень чистоты продукта зависит как от условий кристаллизации, так и от последующих вспомогательных операций (промывка, центрифугирование), и характера самих примесей, присутствующих в растворе.

Примеси могут захватываться путем включения маточного раствора, в результате образования смешанных кристаллов, в следствии абсорбции примесей кристаллами.

Увеличение скорости циркуляции растворов при кристаллизации ведет к уменьшению содержания примесей, т.к. уменьшается друзовый рост кристаллов и, как следствие, уменьшает захват маточного раствора между сросшимися кристаллами.

При увеличении температуры также снижается количество примесей, вследствие уменьшения абсорбции вещества кристаллами.

Присутствие в растворе органических примесей, которые накапливаются в растворе в процессе работы, снижает растворимость сульфата аммония, ухудшает процесс кристаллообразования, загрязняет кристаллы, окрашивая их в коричневый цвет.

Высокое содержание свободной серной кислоты приводит к коррозии оборудования, в частности, вымывает хром, образует сульфат хрома, который окрашивает кристаллы сульфата аммония в зеленый цвет.

Рабочий раствор с содержанием 35-42% сульфата аммония из напорной емкости поз. 6/05(1) поступает самотеком в предварительные испарители поз. 6/06(1,3), состоящие из выносных подогревателей поз. 6/06.1(1,3) и испарителей поз. 6/06.2(1,3) [16]. Циркуляция раствора сульфата аммония в которых осуществляется за счет разности температур. Поступление рабочего раствора в предварительные испарители поз. 6/06(1,3) в зависимости от уровня в них регулируется автоматически регуляторами уровня поз. LRC-503(1), LRC-504(1), клапаны которых установлены на линиях подачи рабочего раствора в предварительные испарители поз. 6/06.2(1,2). Контроль

уровня раствора сульфата аммония можно осуществлять визуально по смотровым стеклам по месту.

В выносных подогревателях поз. 6/06.1(1,3) происходит нагрев рабочего раствора паром $P=5$ кгс/см², подаваемым в межтрубное пространство, до температуры не более 125⁰С. Регулирование давления пара осуществляется регуляторами давления PRC-206(1,2), клапаны которых установлены на линиях подачи пара в выносные подогреватели.

Образовавшийся паровой конденсат через конденсатоотводчик поз. 6/16(1) поступает в подогреватель поз. 6/04(1) для подогрева рабочего раствора сульфата аммония.

Выпаривание раствора сульфата аммония производится в испарителях поз. 6.06.2 (1,3) под избыточным давлением соковых паров не более 0,05МПа (0,5кгс/см²). Замер и регистрация температуры осуществляется с помощью термометра сопротивления и регистратора поз. TR-307(1,3 точки).

Образующийся в процессе испарения соковый пар поступает на очистку от унесенных капель раствора и паров аммиака в скрубберы поз. 6.71(1,3), а затем в межтрубную часть в качестве теплоносителя испарителей кристаллизаторов поз. 6/07(1,3). В результате испарения воды из раствора содержание сульфата аммония повышается до 50-51,5% и достигается состояние насыщения [4]. Дальнейшее повышение содержания сульфата аммония нежелательно, потому что может привести к образованию кристаллов и забивке трубопровода вывода насыщенного раствора в испарители кристаллизаторы поз. 6.07(1,3). При опорожнении подогревателей поз. 6.06.1(1,3) и испарителей поз. 6.06.2(1,3), трубопроводов вывода насыщенного раствора из испарителей поз. 6.06.2(1,3) раствор сульфата аммония сливается в сборник 6.01(1).

Линии подсоединения гидрозатворов врезаны в верхнюю часть трубопроводов соковых паров и в случае переброса раствора из испарителей поз. 6.06.2(1,3) в скруббера поз. 6.71(1,3), попадание раствора в гидрозатворы исключено.

Вывод конденсата пара $P=5$ кгс/см² за пределы цеха.

Конденсат пара $P=5$ кгс/см² отводится из межтрубных пространств вынесенных подогревателей поз. 6.06.1(1,3) через конденсатоотводчик поз. 6.16(1), межтрубное пространство подогревателя поз. 6.04(1) и холодильник поз. 6/17, охлаждаемый оборотной водой, в цех получения лактама.

Давление в конденсатоотводчике поз.6/16 (1) замеряется и контролируется с помощью технического манометра поз. PI-205. Температура конденсата после подогревателя поз. 6.04(1) замеряется и контролируется с помощью прибора TIA-327(1).

Подача раствора сульфата аммония в предварительный испаритель 6/06-2(4), в зависимости от уровня в нем, регулируется автоматически регулятором уровня RC-504.2 [31]. Клапаны регулятора уровня установлены на линиях подачи раствора сульфата аммония в предварительный испаритель поз. 6/06-2(4) и выдачи его из предварительного испарителя по линии нагнетания насоса поз. Н-1(1,2) в сборник 6/01(1,2).

Уровень в испарителе контролируется визуально по смотровым стеклам. В выносном подогревателе поз. 6/06-1(4) происходит нагрев рабочего раствора до температуры не более 125⁰С паром $P=0,5$ МПа (5кгс/см²), подаваемым в межтрубное пространство.

Регулирование давления пара осуществляется регулятором давления PRC-229.2, клапаном на линии подачи пара в выносной подогреватель.

Образовавшийся паровой конденсат поступает в конденсатоотводчик поз. 6/16(2) и через подогреватель поз. 6/04(2) и теплообменник для охлаждения конденсата поз. 6/17 в цех№24 лактама.

Выпаривание раствора сульфата аммония производится в испарителе поз. 6/06-2(4) под избыточным давлением не более 0,05МПа(0,5кгс/см²) и температуре не более 125⁰С, TR-308.

Образовавшийся в процессе испарения соковый пар поступает на очистку от унесенных капель раствора и паров аммиака в скруббер поз.

6/71(4), а затем в межтрубное пространство встроенного теплообменника испарителя-кристаллизатора поз. 6/07(4).

В результате испарения воды из раствора содержание сульфата аммония повышается до 38-42%. Раствор сульфата аммония с концентрацией 38-42% выдается самотеком в цех лактама на стадию оксимирования и в сборники поз. 6/01(1,2).

Контроль за концентрацией раствора сульфата аммония на выходе из испарителя поз. 6/06-2 (4) осуществляется по показаниям плотномера поз. ДР-503.

При выпаривании оксимных щелоков в испарителе поз. 6-06-2(4) испаритель-кристаллизатор 6/07(4) заполняется конденсатом сокового пара из сборника поз. 6/81 и регулярно, по мере испарения, производится подпитка испарителя-кристаллизатора конденсатом сокового пара из сборника поз. 6/81 с помощью насосов поз.6/82.

Уровень в испарителе-кристаллизаторе поз. 6/07(4) поддерживается автоматически регулятором поз. RCA-505(1), клапан которого установлен на линии конденсата сокового пара в конусную часть испарителя-кристаллизатора 6/07.4.

Технологической схемой предусмотрена работа четвертой выпарной системы с получением в испарителе-кристаллизаторе поз. 6/07(4) суспензии и одновременной выдачей упаренного раствора сульфата аммония после предварительного испарителя поз. 6/06-2(4) с концентрацией 38-42% в цех№24 лактама [59].

При этом режиме работы раствор сульфата аммония с концентрацией 38-42% после предварительного испарителя 6/06 -2(4) выдается в цех №24 лактама, а избыток его поступает в испаритель-кристаллизатор поз. 6/07(4), где происходит его дополнительное выпаривание под вакуумом с образованием кристаллов.

Выпаривание и кристаллизация сульфата аммония под вакуумом 0,75...0,9 кгс/см² производится в испарителях-кристаллизаторах поз. 6/07(1,3).

Вакуум в системе испарителей-кристаллизаторов создается за счет конденсаторов поз. 6/28(1,3), 6/27(1,3) и отсоса несконденсировавшихся паров и газов с помощью водокольцевых вакуум-насосов поз. 6/26(1,3,5,7).

На водокольцевые вакуум-насосы поз.6/26(1,3,5,7,9) подается охлажденная вода из сборника поз.6/30 насосом поз.6/43.4-(1,2). Вода охлаждается в холодильнике поз. 6/31 захлажденной водой, поступающей из коллектора прямой захлажденной воды, установки получения захлажденной воды кор.724 цеха №25. Слив воды с вакуум-насосов поз. 6/26 производится в сборник поз.6/30 [62]. Уровень в сборнике поз.6/30 замеряется и регистрируется на ЦПУ прибором поз. LIR-561.Избыток воды, образующийся за счет конденсации соковых паров в вакуум-насосах, направляется по переливу в сборник поз.6/81.

Вакуум в испарителях-кристаллизаторах и регистрируется на ЦПУ прибором поз. PIR-228(1,2), по месту контролируется мановакууметром поз. PI-230(1,3).

Насыщенный раствор с содержанием сульфата аммония 50-:-51,5% и температурой не более 125⁰С из предварительного испарителя поз. 6.06.2(1,3) самотеком поступает в нижнюю часть испарителей-кристаллизаторов поз. 6.07(1,3).

Уровень раствора в испарителях-кристаллизаторах поддерживается автоматически регуляторами уровней поз.RIC-505(1,2) соответственно, клапаны которых установлены на линиях подачи раствора сульфата из предварительных испарителей поз. 6.06.2(1,3) в испарители-кристаллизаторы поз. 6.07(1,3). Испаритель-кристаллизатор представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат со встроенным трубчатым подогревателем, имеющим центральную циркуляционную трубу. Нагрев раствора в

подогревателе до $55\text{--}85^{\circ}\text{C}$ происходит за счет утилизации тепла соковых паров, поступающих с 1 ступени выпаривания.

Для обеспечения производительности испарителей-кристаллизаторов и поддержания температуры в заданных пределах, в межтрубное пространство встроенных подогревателей предусмотрена дополнительная подача пара $P=0,5$ МПа ($5\text{кгс}/\text{см}^2$). Давление пара не выше $0,05$ МПа ($0,5\text{кгс}/\text{см}^2$) поддерживается регулятором давления поз. PIRC-226(1,2), клапаны которых установлены на трубопроводах подачи пара $P=0,5$ МПа ($5\text{кгс}/\text{см}^2$).

Температура раствора сульфата аммония в нижней части испарителя-кристаллизатора поз.6.07, замеряется термометром сопротивления, регистрируется вторичным прибором поз. TIR-307 (точки 2,4).

В результате нагрева раствора в подогревателе происходит циркуляция раствора снизу аппарата вверх по трубам в испарительную часть аппарата, где часть воды из раствора испаряется, а образовавшийся пересыщенный раствор по центральной трубе возвращается в нижнюю часть аппарата, являющуюся основной зоной роста кристаллов [14]. Крупные кристаллы осаждаются в нижней конусной части испарителей-кристаллизаторов 50-55% объемных по наклонному трубопроводу выводятся в барометрические кристаллоприемники с мешалками поз. 6.08(1,3). В целях предотвращения полного спуска суспензии из испарителей-кристаллизаторов поз. 6.07(1,3) предусмотрена блокировка LIRCSA^H_L-507(1,2) по минимальному уровню суспензии в нижней части испарителей с закрытием отсекателей поз. 613(1,2).

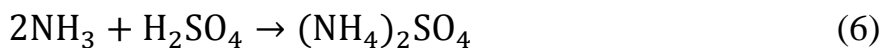
Во избежание кристаллизации сульфата аммония в пьезометрических трубках уровнемеров, в них через регулировочные шайбы подается пар $P=0,5$ МПа ($5\text{кгс}/\text{см}^2$).

Для вывода инертных газов из межтрубного пространства встроенного теплообменника вакуум-кристаллизатора поз. 6.07(1,3) предусмотрена линия, соединяющая межтрубное пространство встроенного теплообменника с испарительной частью вакуум-кристаллизатора поз. 6.07(1,3).

В процессе выпаривания в результате нагрева раствора сульфата аммония в выпарных аппаратах поз. 6.06.2(1,3) и испарителях-кристаллизаторах поз. 6.07(1,3) происходит частичное разложение соли сульфата аммония на свободный аммиак и свободную серную кислоту, которая остается в растворе:



Предусмотрена подача орошающего раствора и помимо холодильника поз. 6.80 по линии байпаса. При контакте орошающего раствора сульфата аммония с парами аммиака, в результате реакции нейтрализации образуется сульфат аммония, который переходит в орошающий раствор:



Уровень в сборниках поз. 6.75, 6.76(1) поддерживается автоматически регуляторами уровня поз. РС-513, РС-514, клапаны которых установлены на линиях подпитки. Образующиеся избытки циркуляционных растворов сульфата аммония по линиям перелива из сборников поз. 6.75, 6.76(1) поступают на нейтрализацию в сборник поз. 6.45 [24]. Процесс нейтрализации свободной серной кислоты в циркулирующих растворах сульфата аммония ведется 5% аммиачной водой до значения рН 5,0-:-8,5. Аммиачная вода с концентрацией 5% поступает из отделения аргона цеха №11 по трубопроводу в сборник поз.6/45. Регулирование подачи аммиачной воды в емкость производится аппаратчиком с помощью вентиля.

Нейтрализация производится при перемешивании циркуляцией по схеме: сборник поз. 6.45 → насос поз. 6.43.10 → сборник поз. 6.45. Уровень в сборнике поз. 6.45 поддерживается автоматически регулятором поз. LIRC-525, клапан которого установлен на линии циркуляции. Нейтрализованный раствор сульфата аммония из сборника поз. 6.45 насосами поз. 6.43.10 подается в напорную емкость поз. 6.25.

Очищенный соковый пар поступает далее на конденсацию в кожухотрубчатые конденсаторы поз.6.28(1,3), 6.27(1,3), охлаждаемые оборотной водой. Не сконденсировавшиеся пары и газы из конденсаторов

поз.6.28(1,3), 6.27(1,3) отсасываются водокольцевыми вакуум-насосами поз.6/26 (1,3,5,7). Инерты с бачков распределителей вакуум-насосов через общий коллектор сбрасываются в атмосферу. Образовавшийся в конденсаторе поз. 6/28(1,3) и поверхностном конденсаторе 6/27(1,3) конденсат сокового пара по трубопроводам самотеком поступает в сборник поз. 6/30. Избыток воды, образующийся за счет конденсации соковых паров в вакуум-насосах поз.6/26(1,3,5,7,9) из сборника поз.6/30 поступает по переливу в сборник поз. 6/81.

В сборник поз.6/81 поступает конденсат сокового пара, образовавшийся в результате утилизации тепла сокового пара 1 ступени выпарки в межтрубном пространстве встроенного подогревателя испарителя-кристаллизатора поз. 6.07(1,3).

В сборнике поз. 6.81 предусмотрен сброс конденсата сокового пара от гидрозатворов поз. 6.70(1,3).

Конденсат сокового пара из сборника поз. 6.81 со значением РН=6-:-9 насосом поз. 6.82(1,2) подается на охлаждение в теплообменник поз. 6.21, охлаждаемый оборотной водой и с температурой не более 65⁰С поступает далее на НДСФ в цех №39 или через стадию нейтрализации на биологическую очистку [27]. Значение РН конденсата сокового пара контролируется с помощью РН - метра поз. QIR-405, установленного на линии нагнетания насосов поз.6/82(1,2).

Уровень конденсата сокового пара в сборнике поз. 6.81 поддерживается автоматически регулятором уровня поз. LIRCA^H-524, клапан которого, установлен на линии выдачи конденсата сокового пара перед холодильником поз. 6.21. Количество конденсата сокового пара, выдаваемое на биологическую очистку, замеряется и регистрируется с помощью прибора поз. FIR-106 [47]. Часть конденсата сокового пара подается в сборник поз. 6/25. Уровень в сборнике поз. 6/25 регулируется регулятором уровня поз. LIRCA-518, с помощью регулирующего клапана, установленного на

линии подачи конденсата сокового пара из сборника поз. 6/81 в сборник поз. 6/25.

Раствор сульфата аммония при переполнении и опорожнении напорной емкости поз. 6.25 по линии перелива поступает в дренажный сборник поз.6.40.

С целью предотвращения возможных забивок трубопроводов, запорной арматуры, смотровых стекол аппаратов кристаллами сульфата аммония, затрудняющих ведение технологического процесса, предусмотрена периодическая промывка, состоящая из:

1. Самоотечной промывки рабочим раствором сульфата аммония, поступающим из напорной емкости поз. 6.05(1).

Рабочий раствор сульфата аммония из напорной емкости поз. 6.05(1) самотеком подается на промывку смотровых стекол предварительных испарителей поз. 6.06.2(1,3) и испарителей-кристаллизаторов поз. 6.07(1,3), конусной части испарителей-кристаллизаторов поз. 6/07(1,3), линий перетока между предварительными испарителями поз.6.06(1,3) и испарителями-кристаллизаторами п. 6.07(1,3), конусной части предварительных испарителей поз. 6.06.2(1,3).

2. Самоотечной промывки слабым (12%) раствором сульфата аммония, поступающим из напорной емкости поз. 6.25. Слабый раствор сульфата аммония (12%) из напорной емкости поз. 6.25, самотеком подается на промывку смотровых стекол предварительных испарителей поз. 6.06.2(1,3) и испарителей-кристаллизаторов поз. 6.07(1,3), линий перетока между предварительными испарителями поз. 6.06.2(1,3) и испарителями-кристаллизаторами поз. 6.07(1,3), верхних тарелок скрубберов поз. 6.71(1,3) и поз. 6.07(1,3), верхних тарелок скрубберов поз. 6.71(1,3) и поз. 6.72(1,3), тыльной части толкателей центрифуг поз. 6.09 (1,3,5), промывку предварительных испарителей поз. 6.06.2(2,3).

3. Промывки под давлением от насоса поз. 6.82(1,2) конденсатом сокового пара, поступающим из сборника поз. 6.81.

Конденсат сокового пара под давлением от насоса поз. 6.82(1,2) из сборника поз. 6.81, подается на промывку конусной части и верхней части испарителей-кристаллизаторов поз. 6.07(1,3), линии перелива из кристаллоприемников поз. 6-08(1,3), шаровых кранов на линиях подачи суспензии сульфата аммония из кристаллоприемников поз. 6.08(1,3) в центрифуги поз. 6.09(1,3,5), верхних тарелок скрубберов поз. 6.71(1,3), промывку сеток сушилок поз. 6.43.5(1-4).

Регулирование расхода растворов на промывку конусной части испарителей-кристаллизаторов поз. 6.07(1,3) производится с помощью блока управления и клапана поз. НС-626, НС-627.

Переливы раствора сульфата аммония из аппаратов, сливы раствора сульфата аммония при опорожнении аппаратов, насосов, собираются в заглубленном дренажном сборнике поз. 6.40 [45]. Уровень раствора сульфата аммония в сборнике поз.6/40 контролируется с помощью прибор поз. LIRA^Н-521. В зависимости от уровня в сборнике, с помощью насоса поз. 6.41, раствор сульфата аммония откачивается в емкость поз. 6.01(1,2). При полном опорожнении систем выпаривания и превышении максимального уровня в сборниках поз.6/01(1,2) раствор сульфата аммония откачивается в хранилища раствора сульфата аммония поз. 11.01(1,2) корпуса 713 цеха получения лактама №24, где смешивается с исходным раствором. В целях предотвращения образования плотного осадка сульфата аммония предусмотрена циркуляция раствора по схеме: сборник поз. 6.40 → насос поз. 6.41 → сборник поз. 6.40.

Количество подаваемой на центрифуги поз.6.09(1,3,5) суспензии регулируется по месту шаровыми кранами, установленными на линиях подачи суспензии к центрифугам [36]. Контроль за величиной подачи суспензии осуществляется визуально с помощью смотровых фонарей. Отделение кристаллов от маточного производится на горизонтальных центрифугах пульсирующего типа, производительностью 9 т/час.

Кристаллы сульфата аммония после центрифуг с содержанием влаги не более 1,5% по течке ссыпаются на наклонный ленточный транспортер поз. 6.101 и далее подается на сушку в сушилку «кипящего» слоя поз.6.43.5(1,3). В нижнем конце, под натяжным барабаном транспортера поз.6.101 установлена приемная воронка, через которую в случае переполнения центрифуги поз.6.09(1,3,5) и подачи суспензии на транспортер, последняя по наклонному трубопроводу стекает в дренажный сборник поз.6.40.

Отделенный от кристаллов маточный раствор после центрифуг по трубопроводу стекает в сборник рабочего раствора поз.6.01(1), где перемешивается со свежим раствором сульфата аммония с помощью рамной мешалки и снова возвращается в цикл выпаривания и кристаллизации сульфата аммония.

Каждой выпарной нитке соответствует две сушилки «кипящего» слоя поз. 6.43.5(1,3), одна из которых резервная.

Кристаллы сульфата аммония после центрифугирования с содержанием влаги не более 1,5% наклонными транспортерами поз. 6.101 подаются в горизонтальную сушилку «кипящего» слоя поз. 6.45.5(1,3) [54]. Сушка кристаллов сульфата аммония производится топочными газами с температурой не выше 190⁰С. Топочные газы образуются в результате смешивания продуктов сгорания природного газа в камере горения поз.6.43.3(1,3) с избытком воздуха, нагнетаемого воздуходувками поз. 6.43.2(1,3). Забор воздуха, предварительно очищенного в фильтре поз. 6.43.1(1,3) от механических примесей, производится из атмосферы.

Топочные газы поступают под перфорированную решетку зону сушки сушилки, создавая псевдооживленный («кипящий») слой кристаллов сульфата аммония под решеткой. Зона сушки разделена вертикальной перфорированной стенкой на зону загрузки кристаллов сульфата аммония и собственно зону сушки [34]. За счет перфорированной стенки в зоне загрузки под перфорированной решеткой создается большее давление топочных газов, чем в зоне сушки, тем самым предотвращается образование завалов на

решетке в месте подачи кристаллов сульфата аммония. Для охлаждения кристаллов сульфата аммония перед подачей его на склад, в сушилках предусмотрена зона охлаждения, куда воздуходувками поз. 6.43.2(1,3) подается воздух, засасывается через фильтр поз. 6.43.1(1,3) из атмосферы. Давление воздуха 0,026-:-0,07 кгс/см² (0,0026-:-0,007МПа)на нагнетании воздуходувок поз. 6.43.2(1,3) контролируется, регистрируется с помощью прибора поз. PIRA-250(1) [38]. Давление воздуха 260-:-700 мм вод.ст(0,0026-:-0,007 МПа). подаваемого в зону охлаждения контролируется техническим манометром поз. PI-252(1) по месту. Температура топочных газов перед сушилками поз. 6.43.5(1,3) замеряется прибором поз. TISA-337(1).

Температура в зоне «кипящего» слоя сушилок поз. 6.43.5(1,3) не более 120⁰С поддерживается автоматически регуляторами поз. TIC-335(1), клапаны которых установлены на линиях подачи природного газа в камеры горения поз. 6.43.3(1,3).

Для обеспечения безопасной работы при использовании топочного газа, на газопроводе установлен аварийный отсекающий клапан поз. 645, который срабатывает:

1. При отсутствии (отрыве) пламени горелки;
2. При падении давлением воздуха ниже 0,0025 МПа(0,025 кгс/см²), после воздуходувки поз. 6.43.2;
3. При повышении температуры топочных газов после камеры горения более 200⁰С;
4. При остановке мокрого центробежного вентилятора поз. 6.43.9;
5. При изменении давления топочного газа перед камерой горения «макс» - 0,12 МПа(1,2 кгс/см²) и «мин» - 0,015МПа(0,15 кгс/см²);
6. При падении разрежения на всасе центробежного вентилятора мокрой очистки поз. 6.43.9 менее 0,1МПа(10 кгс/см²).

При пуске воздуходувки поз. 6.43.2 клапан поз. 651 открывается с задержкой по времени в 15 секунд с целью обеспечения продувки воздухом стадии сушки от горючих газов до их отсутствия.

Подача природного газа на запальник камеры сгорания поз. 6.43.3(1,3) осуществляется через клапан-отсекатель поз. 651 и возможно только после включения воздухоудвки поз. 6.43.2(1,3) и срабатывания блокировки по времени [13].

Природный газ из заводской сети с давлением 0,3-:0,5МПа(3-:-5 кгс/см²) поступает на газораспределительные устройства (ГРУ) цеха, где осуществляется его редуцирование до 0,05-:-0,12МПа (0,5-1,20 кгс/см²) с помощью регулятора давления поз. PIRC-267. Расход газа замеряется и регистрируется прибором поз. FIR-108.

Вся запорная арматура, клапаны регуляторов, клапаны-отсекатели на газопроводах расположены на ГРУ. Схемой предусмотрена возможность продувки цеховых газопроводов с помощью гибкого шланга.

Расход воздуха в камеру горения и зону охлаждения, разрежение в сушилке регулируется вручную шиберами, установленными на нагнетании воздухоудвки поз. 6.43.2(1,3), на всасе мокрого центробежного вентилятора поз. 6.43.9(1,3).

Отработанные топочные газы после сушилки поз. 6.43.5(1,3) проходят очистку от унесенного сульфата аммония в двухступенчатой пылеулавливающей установке [9]. Первой ступенью является циклонная батарея поз. 6.43.6(1,3), в состав которой входят 6 циклонов, из которых уловленный сульфата аммония через шлюзовой (секторный) затвор ссыпается на ленточный транспортер поз. 6.136, где смешивается с сульфатом аммония, поступающим из сушилки.

Вторая ступень состоит из центробежного вентилятора мокрой очистки поз. 6.43.9(1,3) и циклонного отделения мокрой очистки. На всас центробежного вентилятора мокрой очистки подается 12% раствор сульфата аммония в количестве не более 9 м³/ч из сборника поз. 6.25. Расход раствора замеряется с помощью прибора поз. FI-121(1). В циклонном мокром отделителе раствор сульфата аммония отделяется от выхлопных топочных газов и самотеком поступает в сборник поз. 6.45, откуда насосом поз.

6.43.10(1) в зависимости от уровня подается в сборник поз. 6.25. В сборник поз. 6.45 по переливной линии поступает избыток орошающего раствора из сборников поз.6.75 и поз. 6.76. После очистки увлажненные топочные газы с содержанием сульфата аммония не более 200 мг/м³ выбрасываются в атмосферу.

Кристаллический сульфат аммония ленточным транспортером поз. 6.136 подается от сушилки поз. 6.43.(1,3) на ленточный транспортер поз. 6.137, с которого ковшовым элеватором поз. 6.102(00;01) подается на ленточный транспортер поз. 6.103 (6.104) и по галерее транспортируется на склад в корпус 715.

С транспортёра поз. 6.103(6.104) сульфата аммония пересыпается на ленточный транспортер поз. 6.105.00(6.105.01), с которого с помощью передвижной сбрасывающей тележки разгружается на склад навалом [5].

На случай выхода из строя конвейерной линии поз. 6.102.00-6.103-6.105.00 предусмотрена резервная линия: 6.102.01-6.104-6.105.01.

Ленточные транспортеры снабжены устройством контроля вращения, тросовыми аварийными выключателями. Система блокировки предусматривает последовательное включение транспортёров навстречу движению потока сульфата аммония. Готовность к включению одного транспортера создается импульсом от датчика вращения последующего транспортера.

При остановке одной из транспортерной линии отключаются все предыдущие транспортерные механизмы. Состояние транспортных механизмов «Работа», «Остановка» контролируется на ЦПУ с помощью световой и звуковой сигнализаций.

Готовый продукт хранится навалом на складе корп.715 напольного типа вместимостью до 15000 тонн.

Сульфат аммония со склада кратцер-краном поз.6.106(00;01) с помощью, передвигаемой вручную, загрузочной тележки (рыхлителя) поз.6/108(00;01;02) подается на ленточный транспортер поз.6.107.

Загрузочные тележки поз.6/108(00;01) имеют приспособление, позволяющее размельчать слежавшийся сульфат аммония.

Загрузочная тележка и транспортер поз. 6.107 находятся в тоннеле на отметке минус 3,0 м. Загрузочные проемы над ленточным транспортером поз.6.107 перекрываются деревянными щитами. Сульфат аммония транспортером поз. 6.107 подается к загрузочной точке ковшового элеватора поз. 6.110, с помощью которого сульфат аммония подается в бункер поз. 6.111.

Элеватор поз. 6.110 снабжен местными аварийными выключателями. В систему блокировки конвейерной линии разгрузки склада включены датчики вращения транспортера поз. 6.107, трансформатор тока электродвигателя элеватора поз. 6.110. Управление конвейерной линией разгрузки склада – ручное по месту и автоматическое со щита управления корпуса 715.

Включение транспортных механизмов последовательное навстречу движению потока сульфата аммония.

1.4. Анализ воздействия пыли сульфата аммония на организм человека

В настоящее время борьба с пылью, которая является наиболее распространенным неблагоприятным фактором производственной среды, представляется чрезвычайно актуальной проблемой, стоящей перед медициной труда в целом и, в том числе, гигиенической наукой [7]. Огромное число технологических процессов и операций в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве сопровождаются образованием и выделением пыли, а ее воздействию подвергаются большие контингенты работающих. Знание происхождения и условия образования производственной пыли, ее физико-химические свойства и особенности действия на организм человека имеют важное значение не только в оздоровлении условий труда работающих, но и в последующей диагностике и лечении заболеваний органов дыхания, а также разработке комплексных

инженерно-технических и санитарно-гигиенических профилактических мероприятий.

Пыль - это взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы, размерами от нескольких десятков до долей мкм. Пыль представляет собой дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются твердые частицы, а дисперсионной средой - воздух. Наиболее широко используется классификация пыли по способу образования, по происхождению, дисперсности и характеру действия (таблица 6).

Таблица 6 - Классификация пыли

По способу образования	По происхождению	По дисперсности	По характеру действия
Аэрозоли дезинтеграции и	Органическая: Растительная Животная Искусственная	Крупнодисперсная видимая, больше 10 мкм	Специфические заболевания органов дыхания (пневмокониозы, пылевые бронхиты)
Аэрозоли и конденсации	Неорганическая:	Среднедисперсная-микроскопическая, от 0,25 до 10 мкм	Неспецифические заболевания кожи, глаз и легких (пневмония, туберкулез)
	Смешанная	Мелкодисперсная ультрамикроскопическая, менее 0,25 мкм	

Аэрозоль дезинтеграции образуется в результате механического измельчения твердых материалов при взрыве, дроблении, помоле; аэрозоль конденсации образуется при возгонке твердых веществ, при использовании электрогазосварки, газорезки, плавки металла, вследствие охлаждения и конденсации паров металлов и неметаллов [27].

Органическая пыль может быть животного или растительного происхождения (шерстяная, комбикормовая, костяная, древесная, хлопковая, льняная и др.); неорганическая пыль может быть минеральной и металлической (кварцевая, силикатная, цементная, цинковая, железная,

медная, свинцовая и др.); смешанная пыль широко встречается в металлургической, горнодобывающей и химической промышленности; искусственная пыль (пыль резины, смол, красителей, пластмасс и др.) характерна для предприятий нефтехимической, лакокрасочной и других видов промышленного производства.

Первостепенное значение для гигиенической характеристики производственной пыли имеет размер частиц или степень дисперсности аэрозолей, определяющих не только скорость оседания пыли, но и ее задержку и глубину проникновения в органы дыхания. По дисперсности пыль разделяется на мелкодисперсную и ультрамикроскопическую (размер частиц пыли до 0,25 мкм); среднedisперсную или микроскопическую (размер от 0,25 до 10 мкм); крупнодисперсную (размером свыше 10 мкм). Физические, физико-химические и химические свойства пыли во многом определяют характер ее токсического, раздражающего и фиброгенного действия на организм человека [12]. Основную роль в характере общетоксического и специфического действия пыли играют не только ее концентрация в воздухе рабочей зоны или атмосферном воздухе, но и плотность и форма частиц пыли, ее адсорбционные свойства, растворимость частиц пыли и электрoзаряженность.

Производственные аэрозоли, по своему повреждающему результирующему воздействию, можно разделить на аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД) и аэрозоли, обладающие преимущественно общетоксическим, раздражающим, канцерогенным и мутагенным действием. Согласно классификации, в зависимости от пневмофиброгенной активности пыли, пневмокониозы разделены на три группы: пневмокониозы от воздействия высокофиброгенной и умереннофиброгенной пыли; пневмокониозы от воздействия слабофиброгенной пыли; пневмокониозы, обусловленные воздействием аэрозолей токсико - аллергенного действия (рисунок 3).



Рисунок 3 - Оценка действия пыли на организм

Многочисленные исследования показывают, что запыленность воздуха рабочих помещений колеблется в широких пределах в зависимости от характера производства, технологического процесса, состояния оборудования, характера производственных операций, состояния технических мер борьбы с пылью [41].

В зависимости от указанных условий в воздухе рабочих помещений можно обнаружить количество пыли от 1 мг/м³ и меньше до десятков и сотен миллиграммов в 1 м³ воздуха и от 200 до десятков тысяч микроскопических пылевых частиц в 1 см³ воздуха, а ультрамикроскопических частиц — до нескольких сотен тысяч. Следует, однако, отметить, что, несмотря на интенсификацию производственных процессов и в связи с этим, увеличение пылеобразования, запыленность воздуха рабочих помещений в настоящее время значительно ниже, чем была 10—20 лет назад. Объясняется это рационализацией технологических процессов и оборудования, а также совершенствованием и широким применением специальных технических мер по борьбе с пылью.

Сульфат аммония – негорючее вещество, относится к III классу опасности. Агрегатное состояние в воздухе в условиях производства – аэрозоль. При нагревании до 235°С способен разлагаться с выделением аммиака и трехоксида серы. Для защиты от пыли сульфата аммония применяют противопыльный респиратор и брезентовые рукавицы. Все рабочие помещения должны быть обеспечены общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией, а места наибольшего скопления укрытиями с

местной вытяжной вентиляцией [37]. Величина ПДК сульфат аммония составляет 10 мг/м³.

Выводы к главе 1:

Рассмотрены основные характеристики производства ОАО «КуйбышевАзот», в том числе работа цеха № 25 по производству сульфата аммония. Определены гигиенические требования к данному продукту.

Выявлена основная проблема производства - сильная запыленность в цехе. Требования нормативно-правовой базы определяют правила работы в цехе по производству сульфата аммония. Производство, хранение, обработка и транспортировка этого продукта представляет серьезную опасность для работников.

Результаты патентного поиска подтвердили необходимость модернизации системы газоочистки в производственном цехе, так как не один из существующих способов не удовлетворяет специфике производства.

ГЛАВА 2. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ГАЗООЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕХА

2.1 Современные способы очистки воздуха от пыли

Чтобы создать безопасные, нормальные условия труда и предотвратить накопление пыли оборудованием производственного помещения, используются системы аспирации. Они имеют санитарно-гигиеническое, технологическое и экологическое значение, позволяют обеспечивать пожаробезопасность. Если система спроектирована правильно, она выполняет одновременно несколько задач:

1. Возвращает теплый воздух в очищенном состоянии обратно в цех, что позволяет снижать затраты на отопление;
2. Очищает от пыли помещение;
3. Улучшает уровень производства.

Для того чтобы очистка воздуха от пыли была проведена качественно, нужно учитывать множество параметров, к ним относятся агрессивность, температура и влажность очищаемого газа, его объемы, а также концентрация пыли [22]. Принимаются во внимание условия климата, система водоснабжения. Степень очистки зависит от уровня предельной концентрации пыли в выбросах вентиляции по санитарным нормам. Пылеуловители делятся на несколько видов, это зависит от механизма задержания частиц. Они бывают механическими (мокрыми или сухими), пористыми и волокнистыми, также есть электрофильтры.

Выбор метода и аппарата для улавливания аэрозолей в первую очередь зависит от их дисперсного состава (таблица 7).

Таблица 7 – Зависимость аппарата для улавливания от размера частиц

Размер частиц, мкм	Аппарат
40 - 1000	Пылеосадительные камеры
20 - 1000	Циклоны диаметром 1 – 2 м
5 - 1000	Циклоны диаметром 1 м
20 - 100	Скрубберы
0,9 - 100	Тканевые фильтры
0,05 – 100	Волокнистые фильтры
0,01 - 10	Электрофильтры

Промышленные пылеуловители по способу осаждения твердых частиц делятся на 2 группы:

1. Устройства сухой очистки;
2. Устройства, применяющие для осаждения пыли жидкость.

Сухие пылеуловители подразделяются на типы, в зависимости от используемой силы, под воздействием которой происходит осаждение частиц:

- гравитационные;
- инерционные;
- центробежные;
- фильтрационные;
- электрические.

Пылеуловители, применяющие мокрый способ очистки делятся на:

- капельные;
- пленочные;
- барботажные.

Классификация пылеулавливающих установок представлена в таблице

8.

Таблица 8 – Классификация пылеулавливающих установок

Аппараты для пылеулавливания	Механические	Сухие	Гравитационные
			Инерционные
			Центробежные
		Фильтрующие (фильтры)	Волокнистые
			Сухие вертикальные
			Тканевые
			Зернистые
		Мокрые	Капельные
			Пленочные
	Барботажные		
	Электрические	Однозонные	Сухие горизонтальные
			Сухие вертикальные
			Мокрые
Двухзонные			

Мокрые пылеуловители представлены скрубберами и пенными аппаратами [60]. Как правило, эти модели выполняют еще и вторую функцию: очищают воздух от вредных газообразных соединений. Улавливание пыли такими конструкциями осуществляется разными способами. В одном случае частицы захватываются образованной на поверхности аппарата пленкой жидкости, после чего выводится из газового потока (скрубберы и мокрые циклоны) [45]. В другом варианте газовый поток для очистки входит в жидкость и раздробляется на пузырьки, которые во время движения освобождаются от загрязнения путем вымывания. Эти два способа могут комбинироваться в одном аппарате.

К достоинствам мокрых пылеуловителей относятся:

1. Более высокая эффективность улавливания взвешенных частиц;
2. Возможность использования для очистки газов от частиц размером крупнее 0,1 мкм;
3. Допустимость очистки газов при высокой температуре и повышенной влажности, а также при опасности возгораний и взрывов очищенных газов и уловленной пыли;

4. Возможность наряду с пылью одновременно улавливать парообразные и газообразные компоненты.

Недостатки мокрых пылеуловителей:

1. Выделение уловленной пыли в виде шлама, что связано с необходимостью обработки сточных вод, т. е. с удорожанием процесса;

2. Возможность уноса капель жидкости и осаждения их с пылью в газоходах и дымососах;

3. В случае очистки агрессивных газов необходимость защищать аппаратуру и коммуникации антикоррозионными материалами.

К сухим инерционным пылеуловителям относят циклоны. Циклон - аппарат, используемый в промышленности для очистки газов или жидкостей от взвешенных частиц. Принцип очистки - инерционный (с использованием центробежной силы) [17]. Циклонные пылеуловители составляют наиболее массовую группу среди всех видов пылеулавливающей аппаратуры и применяются во всех отраслях промышленности. Но их применение как самостоятельного средства очистки весьма ограничено. В основном их используют в качестве предварительной ступени очистки газов перед высокоэффективными устройствами, например электрофильтрами, рукавными фильтрами или перед аппаратами мокрой очистки газов.

Достоинства циклона:

1. Простота в разработке и изготовлении;

2. Высокая надежность;

3. Высокая производительность;

4. Довольно низкое гидравлическое сопротивление;

5. Возможность использования для очистки агрессивных и высокотемпературных газов и газовых смесей;

6. Отсутствие движущихся частей;

7. Частицы улавливаются в сухом виде;

8. Возможность работы циклонов при высоком давлении, стабильная величина гидравлического сопротивления;

9. Повышение концентрации пыли не приводит к снижению эффективности аппарата.

К недостаткам циклона относится невозможность улавливания частиц с малыми размерами и малая долговечность (особенно при очистке газов от пылей с высокими абразивными свойствами).

Исходя из характеристик сульфата аммония, специфики производства и экономических аспектов, в дальнейшем для модернизации системы вентиляции цеха № 25 будет рассмотрен циклон.

Работа циклона основана на использовании центробежных сил, возникающих при вращении газового потока внутри корпуса циклона [48]. Это вращение достигается путем тангенциального ввода газа в циклон. В результате действия центробежных сил частицы пыли, взвешенные в потоке газа, отбрасываются на стенки корпуса и выпадают из потока. Газ, освобожденный от пыли, продолжая вращаться, совершает поворот на 180° и выходит из циклона через расположенную по оси выхлопную трубу (рисунок 3).

Частицы пыли, достигшие стенок корпуса, под действием перемещающегося в осевом направлении вращающегося потока и сил тяжести движутся по направлению к выходному отверстию корпуса и выводятся из циклона [29]. Ввиду того, что решающим фактором, обуславливающим движение пыли, являются аэродинамические силы, а не силы тяжести, циклоны можно располагать наклонно и даже горизонтально.

Наклон входного патрубка и винтообразная верхняя крышка способствуют направлению вращающегося газового потока вниз, что снижает гидравлическое сопротивление циклона. На выхлопной трубе циклона иногда устанавливают улитку, раскручивающую вращающийся газовый поток [46]. Наклон входного патрубка и крышки, равно как и установка улитки, снижает сопротивление циклона.

Под циклоном устанавливают бункер для сбора уловленной пыли. В конической части циклона пыль не должна скапливаться, во избежание взмучивания и вторичного уноса в выхлопную трубу [55].

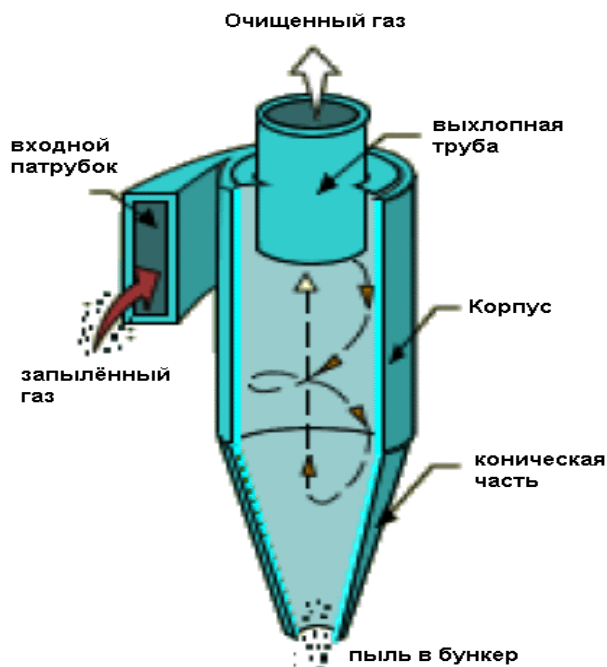


Рисунок 3 - Принцип работы циклона

Перетекание газов происходит со скоростью, недостаточной для противодействия движению частиц к периферии циклона. Несравненно большее влияние на полноту очистки газов оказывает их движение в области пылеотводящего отверстия навстречу выделяющейся пыли. Таким образом циклоны могут нормально работать при любом их положении в пространстве, но циклоны чрезвычайно чувствительны к присосам через бункер из-за увеличения объемов газов, движущихся навстречу пыли [46]. Бункер участвует в газодинамике циклонного процесса, поэтому использование циклонов без бункера или с бункерами с уменьшенными против рекомендуемых размерами приводит к ухудшению эффективности работы аппаратов. Характеристика циклонов представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Классификация циклонов

Название циклона	Характеристика
Возвратно-поточные	Предназначены для сухой очистки газов, выделяющихся при технологических процессах (сушка, обжиг, агломерация, сжигание топлива), а также для очистки аспирационного воздуха. Применение в обычном исполнении недоступно в условиях взрывоопасных сред.
Прямоточные	Используется для предварительной очистки газов перед электрофильтрами и системами золоулавливания. Газ выводится вдоль одной оси, имеют меньшее гидравлическое сопротивление, применяются значительно реже, вследствие меньшей эффективности пылеулавливания.
Спиральный	Относится к высокопроизводительным аппаратам. С увеличением диаметра циклона при постоянной тангенциальной скорости потока центробежная сила, воздействующая на пылевые частицы, уменьшается и эффективность пылеулавливания снижается.
Винтообразный	Применяются для циклонов с высокой удельной производительностью для улавливания грубой пыли с размером частиц более 20 микрон.
Батарейный (мультициклон)	Представляет собой параллельно включенные циклоны малого диаметра. Такие устройства лучше улавливают пыль, т.к. при малом радиусе циклона значительно возрастает центробежная сила.

Размеры циклона определяются окружной скоростью газа в нем и в выхлопной трубе, при заданной степени дисперсности пыли. Скорость газа принимают в диапазонах:

- от 12 до 14 м/сек. в циклоне;
- от 4 до 8 м/сек. в выхлопной трубе;
- от 18 до 20 м/сек. во входном отверстии циклона.

В современных циклонах средний показатель КПД составляет от 75 до 90 %, но может отклоняться от данных значений в зависимости от характеристик осаждаемой пыли. Использование циклонов ограничено величиной взвешенных твердых частиц ($d_{\min} \geq 1 \mu$).

На очистку газа влияет фактор разделения, при его увеличении также увеличивается степень очистки [19]. Повысить данный коэффициент можно,

если радиус вращения газового потока сделать меньше или увеличить его скорость. Однако уменьшение радиуса корпуса снизит производительность установки. В то же время увеличение скорости газа приведет к значительному росту гидравлического сопротивления и увеличению турбулентности газового потока. В этом случае из-за турбулентности твердая фаза будет хуже осаждаться, а очищенный газ начнет перемешиваться с исходным.

Следует отметить, что циклоны имеют ограничения относительно концентрации примесей ввиду того, что это позволяет обеспечить их свободное удаление [31]. При высоком содержании твердых частиц выпускные отверстия быстро закупориваются, что приводит к нарушению работы газоочистителя.

2.2 Анализ существующей системы газоочистки цеха

В цехе по транспортировке сульфата аммония используется приточно-вытяжная система вентиляции. Система состоит из двух видов вентиляции: приточной и вытяжной. Главная задача приточной механической вентиляции – фильтрация поступающего снаружи воздуха и последующее его распределение посредством воздуховодов в помещения [25]. Система снабжается дополнительным оборудованием, которое очищает воздушный поток от пыли, грязи, прогревает его до заданной температуры и увлажняет.

Требования к вентиляции производственных помещений заложены в таком документе, как СНиП «Вентилирование специальных и производственных зданий».

Принцип работы имеющейся в цехе системы вентиляции заключается в следующем: загрязненный воздух проходит через рукавный фильтр, затем поступает в дымосос и выходит через шахту выброса. Существующая система газоочистки представлена на рисунке 5.

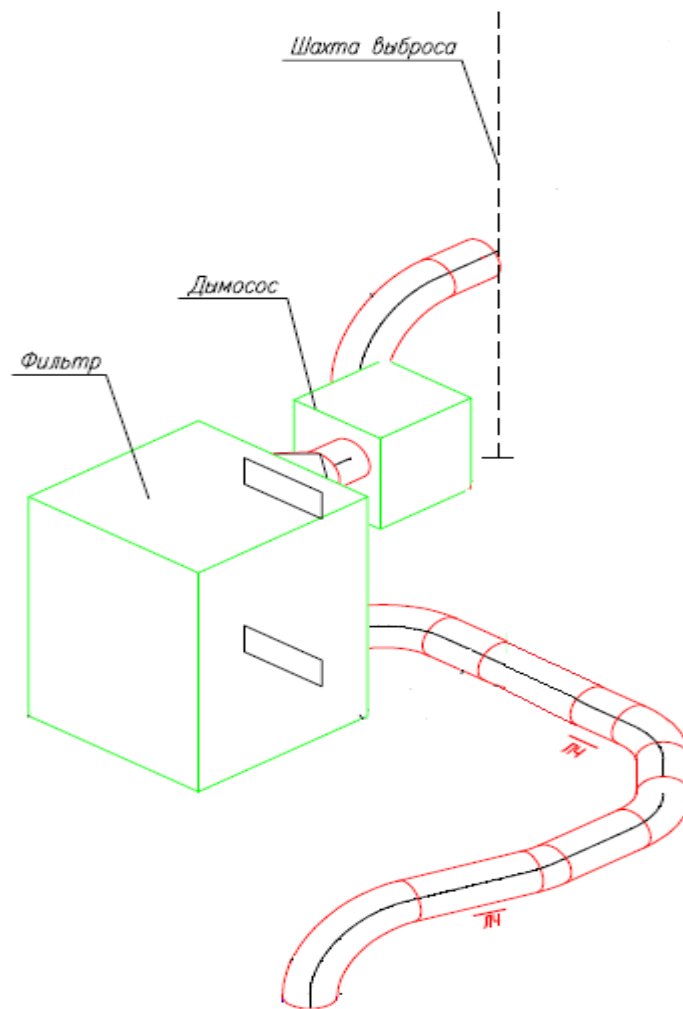
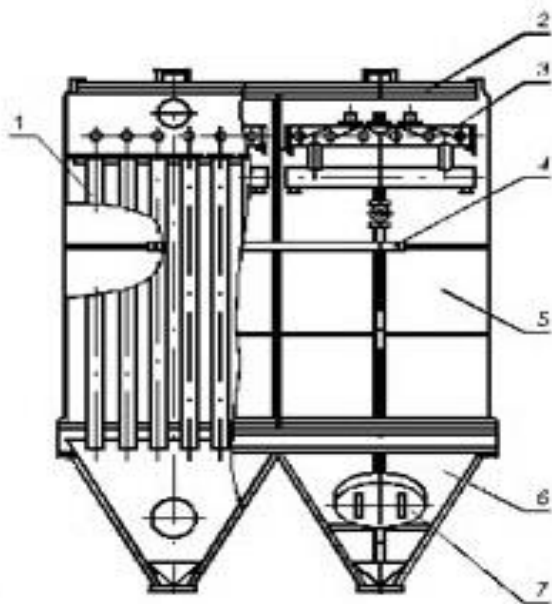


Рисунок 5 – Существующая схема газоочистки

В системе вентиляции установлен рукавный двухсекционный фильтр с импульсной продувкой [53]. Схема данного фильтра представлена на рисунке 6.

Принцип работы данного фильтра заключается в следующем: запыленный воздух поступает в рукавный фильтр по воздуховоду через патрубок в камеру «запыленного» воздуха, проходит через рукава, при этом частицы пыли задерживаются на их наружной поверхности, а очищенный воздух поступает в камеру «чистого» воздуха и отводится из фильтра. К камере «запыленного» воздуха подключен ресивер сжатого воздуха с электромагнитными клапанами [59]. Воздух из ресивера через электромагнитные клапаны поступает в продувочные трубы. Регенерация запыленных рукавов в рукавном фильтре осуществляется импульсом сжатого

воздуха. Пыль, отряхиваемая с рукавов, осыпается в бункер и через устройство выгрузки удаляется из фильтра.



где 1. Рукав; 2. Крышка; 3. Клапанная секция; 4. Коллектор продувочного газа; 5. Корпус; 6. Бункер; 7. Люк

Рисунок 6 – Рукавный двухсекционный фильтр

В двухсекционном фильтре фильтрация происходит попеременно в блоках, которые расположены друг за другом. В процессе фильтрации газ, который загрязнен пылью, направляется в рукава фильтра. Частицы пыли из газа остаются на рукаве, образуют осадок [8]. В тот момент, когда осадок достигает максимальной толщины, газ перестает подаваться в аппарат. После этого в рукав фильтра вдувается воздух, в обратном направлении. А благодаря вибрации осадок отпадает от рукава фильтра. Осадок падает вниз и попадает в конус, а из него выгружается в мешки. Для того, чтобы полностью очистить рукава фильтров, его переводят в режим удаления пыли.

Фильтры рукавные с импульсной системой регенерации предназначены для очистки воздуха от промышленных выбросов – пылей и аэрозолей, образующихся при работе предприятий. В установках реализован принцип регенерации фильтров – продувкой сжатым воздухом. Регенерация фильтра

осуществляется подачей импульса сжатого воздуха, длительностью 0,2 с. внутрь фильтра, фильтр резко расширяется, и «стряхивает» накопившейся на нем слой, при этом происходит продувка фильтровальной ткани в направлении, обратном потоку загрязненного воздуха. Фильтр очищается.

Данный способ регенерации обладает существенными преимуществами перед другими способами регенерации фильтров и позволяет достичь лучшего качества очистки фильтровального материала и как следствие обеспечить более оптимальную работу аспирационной системы и снизить расход электроэнергии при работе аспирационной системы [30]. Высокие результаты достигаются при очистке воздуха от мелкодисперсных пылей, до 0,1 мкм, склонных к слипанию.

Система регенерации включает в себя: программируемый контроллер, дифманометр, ресивер с соленоидными электропневмоклапанами, продувочные трубы. Контроллер осуществляет управление процессом регенерации фильтров. По сигналу контроллера происходит поочередное «открывание» электропневмоклапанов. Контроллером задаются следующие параметры регенерации: длительность импульса, интервал между импульсами, верхний и нижний предел давления. Предусмотрено три режима работы системы регенерации: автоматический, ручной и технологический.

Дифманометр осуществляет контроль перепада давления «до фильтра – после фильтра» [44]. Именно перепад давления служит показателем запыленности фильтра, чем фильтр запыленнее, тем больше его сопротивление и больше перепад давления. При достижении максимального заданного перепада давления подается сигнал на контроллер и контроллер производит запуск цикла регенерации.

Ресивер служит для накопления необходимого количества воздуха, для осуществления продувки. Соленоидные электропневмоклапаны формируют импульс сжатого воздуха с необходимыми параметрами. Через продувочные трубы воздух доставляется непосредственно в фильтр [16].

Система управления состоит из двух систем – система управления процессом регенерации и система управления механизмами установки.

Система управления обеспечивает следующие функции:

1. Регенерацию фильтров в ручном и автоматическом режиме;
2. Регулировку длительности импульса, периода времени между импульсами, периода времени между циклами;
3. Регулировку величины перепада давления для запуска системы регенерации;
4. Регенерацию фильтров после остановки вентиляторов;
5. Автоматическое отключение вентиляторов аспирационной системы;
6. Автоматическое отключение механизма выгрузки из установки при возгорании в установке;
7. Автоматическое отключение электродвигателей механизмов установки при перегрузках, нагреве, перекосе фаз, утечке тока;
8. Управление выгрузкой с основного или выносного пульта управления;
9. Световую сигнализацию состояния блокировок;
10. Световую сигнализацию работы узлов и механизмов установки;
11. Блокировку включения установки при открытых дверцах для обслуживания;
12. Блокировку включения вентиляторов аспирационной системы при открытых дверцах для обслуживания;
13. Блокировку самопроизвольного включения установки, при восстановлении внезапно исчезнувшего напряжения;
14. Возможность подключения дополнительного оборудования.

Основные технические характеристики рукавного двухсекционного фильтра с импульсной продувкой представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Основные технические характеристики рукавного двухсекционного фильтра СФР 15*2

Наименование характеристик	Фильтр рукавный 15*2
Корпус	Нержавеющая сталь
Фильтровальный материал	Полиэстер, антистатический полиэстер
Срок службы, часов	5000 – 8000
Концентрация опилок или пыли на входе в фильтр до г/м ³	100
Минимальный размер улавливаемых частиц, мкм	1
Остаточная запыленность	0,1
Давление продувочного воздуха	6 атм

Гидравлическое сопротивление в установке не более 2000 Па при статическом давлении в фильтре не более 3000 Па.

В таблицах 10 и 11 представлены сводные данные результатов анализов с 01.01.2015г. по 31.12.2015г. по сортировочному цеху № 25 ОАО «КуйбышевАзот». Проанализирован воздух рабочей зоны и промышленные выбросы.

Таблица 10 – Сводные данные результатов анализов по промышленным выбросам

Место отбора	Инвентар. Номер источника выброса	Компонент	Количество замеров	Количество нарушений	MAX	MIN	Норма	Среднее	Отклонение, в %
кор. 714 сушилка 1(132)	0070	Пыль	2	2	130.000	100.000	100.000	115.000	0
кор. 714 сушилка 2(150)	0070	Пыль	3	3	143.000	118.000	100.000	130.500	0
кор. 714 сушилка 3(151)	0070	Пыль	4	4	154.000	114.000	100.000	134.000	0
кор. 714 сушилка 4(152)	0070	Пыль	4	4	149.000	120.000	100.000	134.500	0
Итого по цеху: 1325			13	13					0

Таблица 11 – Сводные данные результатов анализа воздуха рабочей зоны

Место отбора	Компонент	Кол-во замеров	Кол-во нарушений по ПДВ	MAX	MIN	Среднее	Норма ПДВ
к.711 аммиачн. компр. 0м	Аммиак	18	8	35.0000	12.0000	26.5000	10.0000
к.711 аммиачн. компр. 4м	Аммиак	18	9	30.0000	15.0000	23.8333	10.0000
к715А компактир.отм.1 2,0м	диАммоний сульфат	1	1	97.0000	97.0000	97.0000	69.0000
Итого по цеху: 1325		37	18				

Исходя из данных таблиц, можно сделать вывод, что показатели промышленных выбросов и анализов воздуха рабочей зоны превышают нормативные показатели. Несоответствие показателей указывает на то, что в производственном цехе присутствует повышенная запыленность, а это означает, что существующая вентиляция не справляется с очисткой воздуха от газовых выбросов [61]. Соответственно происходит большая нагрузка на очищающий фильтр, из-за того, что он не успевает справляться с большим потоком газообразных выбросов, начинает формироваться слой пыли, который в результате «отфильтровывается» обратно в помещение. Повышенное содержание пыли сульфата аммония в производственном цехе негативно сказывается как на здоровье работников, так и на технологическом процессе, поэтому появляется необходимость в создании дополнительной очистки газового потока.

2.3 Расчет циклона

Для повышения качества очистки воздуха в рабочей зоне цеха по транспортировке сульфата аммония, необходимо произвести расчет циклона исходя из специфики производства.

Исходные данные:

$$Q = 3,9 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\rho = 1,13 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$d_m = 46 \text{ мкм}$$

$$\lg \delta_4 = 0,468$$

$$C_{\text{вх}} = 35 \text{ г}/\text{м}^3$$

$$\rho_4 = 1766 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$\eta = 0,9$$

Исходя из заданного размера частиц пыли, вычисляем d_{50}^T - диаметр частиц осаждаемых с эффективностью 50%:

$$d_{50}^T = \frac{46}{2} = 23 \text{ мкм}$$

Округляем до ближайшего типового значения d_{on}^T по таблице 1 (приложение), $d_{50}^T = 8,5$ мкм. Выбираем циклон, соответствующий этому значению из таблицы 1(приложение). Циклон: ЦН – 24, $\omega = 4,5 \text{ М/с}$, $d_{50}^T = 8,5$ мкм, $lg \delta_{\eta}^T = 0,308$.

Определяем диаметр циклона:

$$D = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*\omega_{on}*N}} \quad (5)$$

где Q – количество очищаемого газа, $\text{м}^3/\text{с}$;

N – количество циклонов;

ω_{onm} - оптимальная скорость движения газа в циклоне, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$\text{Таким образом: } D = \sqrt{\frac{4*3,9}{3,14*4,5*1}} = 1,05 \text{ м.}$$

Полученное значение необходимо округлить до ближайшего типового значения $D_{ц}$ по таблице 2 (приложение), $D_{ц} = 1$ м.

По выбранному диаметру циклона определить действительную скорость движения газа в циклоне:

$$\omega_p = \frac{4*Q}{\pi*D_{ц}^2} \quad (6)$$

где Q – количество очищаемого газа, $\text{м}^3/\text{с}$;

$D_{ц}$ - внутренний диаметр циклона, м.

$$\omega_p = \frac{4*3,9}{3,14*1} = 4,92$$

После определения действительной скорости движения газа в циклоне, проверяем ее отличие от оптимальной:

$$100 * \left| \frac{\omega_p - \omega_{onm}}{\omega_{onm}} \right| \leq 15\% \quad (7)$$

где ω_p - действительная скорость в циклоне, М/с ;

ω_{onm} - оптимальная скорость в циклоне, М/с .

$$100 * \left| \frac{4,92-4,5}{4,5} \right| = 9,3;$$

$$9,3 \leq 15 \%$$

Действительная скорость в циклоне не должна отклоняться от оптимальной более чем на 15%.

Диаметр частиц реально осаждаемых с эффективностью 50%:

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\frac{D_u}{D_T} * \frac{\rho_{4T}}{\rho_4} * \frac{\mu}{\mu_T} * \frac{\omega_T}{\omega_P}} \quad (8)$$

где d_{50} - диаметр частиц осаждаемых с эффективностью 50%.

$$d_{50} = 8,5 * \sqrt{\frac{1}{0,6} * \frac{1930}{1766} * \frac{17,3 * 10^{-6}}{22,2 * 10^{-6}} * \frac{3,5}{4,92}} = 8,68 \text{ мкм}$$

Полученное значение d_{50} , должно быть меньше d_m .

Определяем параметр X:

$$X = \frac{\log(d_M/d_{50})}{\sqrt{\lg^2 \delta_{\eta}^T + \lg^2 \delta_u}} \quad (9)$$

где $\lg^2 \delta_{\eta}^T$ - стандартное отклонение функции распределения парциальных коэффициентов;

$\lg^2 \delta_u^T$ - стандартное отклонение размеров частиц пыли.

$$X = \frac{\log(46/8,68)}{\sqrt{0,308^2 + 0,468^2}} = 1,28$$

По величине параметра X определяем значение нормальной функции распределения $\Phi(X)$ – полный коэффициент очистки газа, выражается в долях:

$$\Phi(X) = 0,3762 * X + 0,5 \quad (10)$$

Подставляем в формулу:

$$\Phi(X) = 0,3762 * 1,28 + 0,5 = 0,98$$

Эффективность очистки газа в циклоне:

$$\eta = \frac{1+\Phi(X)}{2} \quad (11)$$

где $\Phi(X)$ – полный коэффициент очистки газа, выраженный в долях.

$$\eta = \frac{1 + 0,98}{2} = 0,99$$

Полученное выражение должно получиться больше требуемого, $\eta > 0,9$, следовательно $0,99 > 0,9$.

Коэффициент гидравлического сопротивления циклона:

$$\varepsilon = K_1 * K_2 * \varepsilon_{500} \quad (12)$$

где K_1 - поправочный коэффициент на диаметр циклона (табл. 3);

K_2 - поправочный коэффициент на запыленность циклона (табл. 4);

ε_{500} - коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона диаметром 500 мм (табл. 5)

$$\varepsilon = 1 * 0,93 * 75 = 69,75$$

Гидравлическое сопротивление циклона:

$$\Delta P = \varepsilon \cdot \frac{\rho \cdot \omega_{\rho}^2}{2} \quad (13)$$

где ρ – плотность газа, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ω_{ρ} - скорость газа в циклоне, $\text{м}/\text{с}$.

Подставить в формулу:

$$\Delta P = 69,75 * \frac{1,13 * 4,92^2}{2} = 1089 \text{ Па}$$

Расчет мощности привода подачи газа:

$$N = \frac{K_3 * \Delta P * Q}{\eta_M * \eta_B} \quad (14)$$

где K_3 - коэффициент запаса мощности ($K_3 = 1,2$);

η_M - КПД передачи мощности от электродвигателя к вентилятору

($\eta_M = 0,8$);

η_B - КПД вентилятора ($\eta_B = 0,8$).

$$N = \frac{1,2 * 1089 * 3,9}{0,8 * 0,8} = 9\,963 \text{ Вт}$$

Определяем концентрацию пыли на выходе из циклона:

$$C_{\text{вых}} = C_{\text{вх}} (1 - \eta) \quad (15)$$

Подставляем данные в формулу:

$$C_{\text{вых}} = 35 * (1 - 0,9) = 0,35 \text{ г/м}^3$$

В соответствии с произведенным расчетом, для модернизации вентиляционной системы цеха по транспортировке сульфата аммония необходимо установить циклон ЦН – 24 со следующими параметрами:

$\eta = 0,9$; $N = 9963 \text{ Вт}$; $C_{\text{вых}} = 0,35 \text{ г/м}^3$. По полученным данным определяем остальные параметры циклона из таблицы 6 (приложение) и заносим в таблицу 12.

Таблица 12 – Параметры циклона ЦН - 24

Наименование	Обозначение	Величина (м)
Внутренний диаметр выхлопной трубы	d	0,59
Внутренний диаметр пылевывпускного отверстия	d_1	0,3 – 0,4
Ширина входного патрубка в циклоне (внутренний размер)	b	0,2
Ширина входного патрубка на входе (внутренний размер)	b_1	0,26
Длина входного патрубка	l	0,6
Диаметр средней линии циклона	D_{cp}	0,8
Высота установки фланца	$h_{фл}$	0,1
Угол наклона крышки и входного патрубка циклона	α	24°
Внутренний диаметр циклона	$D_{ц}$	1
Высота входного патрубка (внутренний размер)	a	1,11
Высота выхлопной трубы	h_1	2,11
Высота цилиндрической части циклона	$H_{ц}$	2,11
Высота конуса циклона	$H_{к}$	1,75
Высота внешней части выхлопной трубы	h_6	0,4
Общая высота циклона	H	4,26

2.4 Модернизация системы газоочистки

По результатам исследования анализов промышленных выбросов и воздуха рабочей зонный цеха № 25, выявлены следующие факторы указывающие на необходимость модернизации системы газоочистки:

- по результатам патентного поиска не один из существующих способов не удовлетворяет требованиям специфики производства;

- имеющаяся система очистки в цехе не справляется с образующимся объемом пыли, идет большая нагрузка на фильтры, вследствие чего они забиваются.

В работе предлагается провести модернизацию системы газоочистки в цехе по транспортировке сульфата аммония. Для повышения качества очистки воздуха от пыли перед рукавным фильтром поставить циклон ЦН – 24 (рисунок 7).

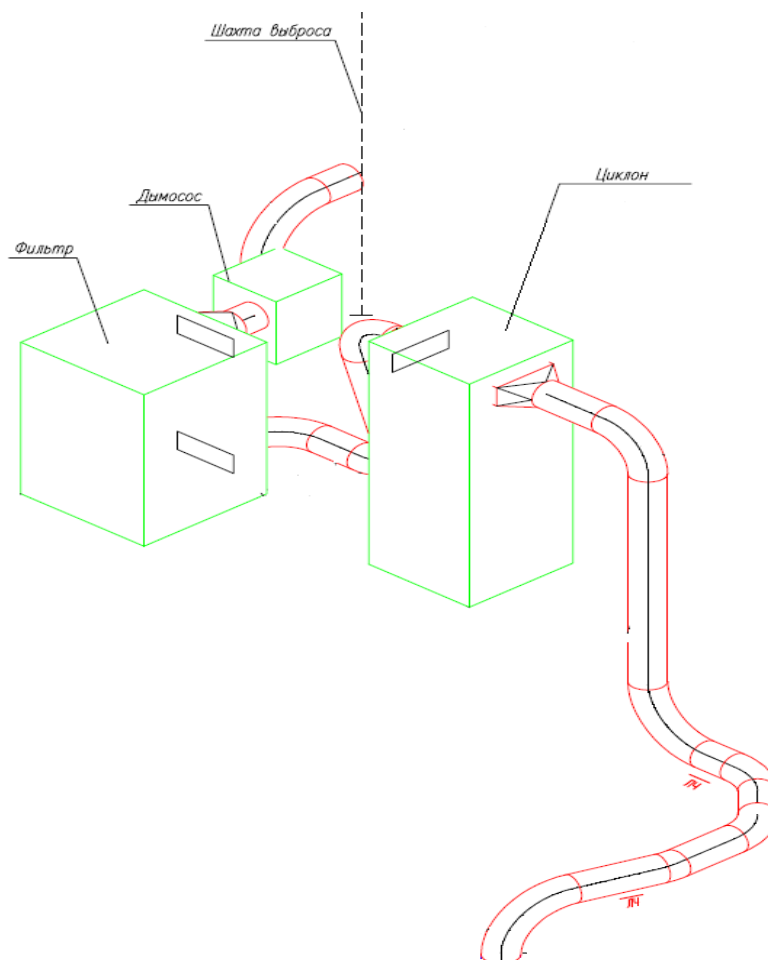


Рисунок 7 – Модернизация системы очистки цеха № 25

Параметры микроклимата и чистоты воздушной среды должны соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [32].

После установки циклона перед рукавным фильтром, он будет использоваться в качестве предварительной очистки газов. Степень очистки аэрозолей с размером частиц более 10 мкм составляет 85 – 99%.

В возвратно-поточных циклонах используется центробежная сила, развивающаяся при вращательно-поступательном движении газового потока. Под действием центробежной силы частицы золы или пыли подводятся к стенке циклона и вместе с частью газов попадают в бункер. Часть газов, попавших в бункер и освободившихся от пыли, возвращается в циклон через центральную часть пылеотводящего отверстия, давая начало внутреннему вихрю очищенного газа, покидающего аппарат [26]. Отделение частиц от попавших в бункер газов происходит при перемене направления движения газов на 180° под действием сил инерции. По мере движения этой части газов в сторону выхлопной трубы к ним постепенно присоединяются порции газов, не попавших в бункер. Последнее не вызывает значительного увеличения выноса пыли в выхлопную трубу, так как распределенное по значительному отрезку длины циклона перетекание газов происходит со скоростью, недостаточной для противодействия движению частиц к периферии циклона [54].

Проведя расчет циклона, было определено, что для модернизации системы вентиляции будет установлен циклон ЦН – 24 (рисунок 8).

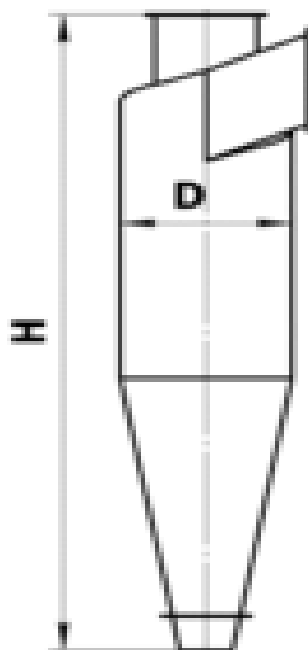


Рисунок 8 – Циклон ЦН-24

Циклоны ЦН-24 являются универсальными и распространёнными аппаратами газоочистки, широко применяемыми для отделения пыли от газов и воздуха (в том числе и аспирационного) в самых различных отраслях промышленности; в чёрной и цветной металлургии, химической и нефтяной промышленности, промышленности строительных материалов, энергетике, деревообработке. Циклоны ЦН-24 применяются при следующих технологических процессах: сушка, обжиг, агломерация, сжигании топлива и т.д.

Применение циклонов типа ЦН-24 недопустимо в условиях токсичных или взрывоопасных сред; их также не рекомендуется использовать для улавливания сильно слипающейся пыли.

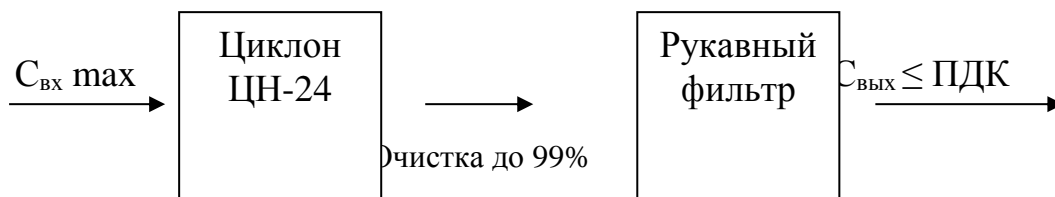


Рисунок 9 – Эффективность очистки циклона

Таким образом, из произведенного расчета по исходным данным следует, что поток пыли после циклона, перед поступлением в рукавный фильтр будет очищаться на 99%, соответственно на выходе, воздух будет меньше ПДК, либо равен (рисунок 9).

Выводы к главе 2:

Проанализированы современные методы очистки воздуха от пыли. Определен аппарат для предварительной очистки от пыли сульфата аммония в соответствии со спецификой производства – это циклон.

Проведен анализ данных по промышленным выбросам и состоянию воздуха в рабочей зоне цеха по транспортировке сульфата аммония. Выявлены превышения ПДК.

Произведен расчет циклона. Из данных расчета определено, что в систему вентиляции будет установлен циклон ЦН – 24.

Предложена модернизация системы очистки воздуха от пыли. Качество очистки после циклона по заданным параметрам может достигать 99% .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования проведен анализ пылевых загрязнений цеха 25 ОАО «КуйбышевАзот». Выявлены основные проблемы очистки воздуха от содержания пыли. Рассмотрены современные методы очистки.

Результаты исследования:

1. На основе нормативно-правовой базы определены требования к количеству пыли в рабочей зоне производственного помещения;
2. Результаты патентного поиска подтвердили необходимость модернизации системы вентиляции для очистки от пыли сульфата аммония;
3. На основе анализа протоколов выявлено превышение концентрации пыли сульфата аммония как в рабочей зоне, так и в промышленных выбросах. Определена степень воздействия на здоровье человека;
4. Выявлен недостаток системы вентиляции сортировочного цеха, а именно имеющийся фильтр не справляется с образующимся объемом пыли сульфата аммония.
5. На основе анализа воздействия пыли сульфата аммония на организм человека, выявлены основные заболевания при работе в помещении с повышенной концентрацией пыли, такие как аллергия и заболевания слизистых оболочек;
6. Произведен расчет циклона. Из данных расчета определено, что в систему вентиляции будет установлен циклон ЦН – 24.
7. Разработана система модернизации газоочистки в цехе 25, а именно предложено перед рукавным фильтром установить циклон.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акимов Т. А. Экология / Т.А. Акимов, А.П. Кузьмин. - М.: Юнити, 2012. – 344 с.
2. Аладьев С.И. Двухфазные потоки с коагуляцией и дроблением капель / С.И. Аладьев. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 160 с.
3. Алексеев С.А. Экология человека / С.А. Алексеев, В.Ю. Пивоваров. – М.: Икар, 2012. – 284 с.
4. Алпатьев А.М. Развитие, преобразование и охрана природной среды / А.М. Алпатьев. - Л.: Наука, 2013. – 239 с.
5. Аникеев В.А. Технологические аспекты охраны окружающей среды / А.В. Аникеев, И.З. Конн, Ф.В. Скалкин. - Л.: Гидрометеоздат, 2012. – 252 с.
6. Анисимова М.П. Экспериментальное измерение дисперсного состава / М.П. Анисимова, Е.В. Стекольников, И.А. Ятчени. – М.: Юнити, 2012. – 125 с.
7. Анцыпович Н.С. Охрана природы на промышленных предприятиях / Н.С. Анцыпович. – М.: Высшая школа, 2013. – 205с.
8. Апостолук С.А. Санитарно-техническое и экологическое обеспечение безопасности труда / С.А. Апосталук. – М.: Стройиздат, 2015. – 189 с.
9. Базлов В.Н. Охрана природы и инженерная защита окружающей среды / В.Н. Базлов. - М.: Юнити, 2012. - 290с.
10. Белов Б.М. Очистка производственных сточных вод / Б.М. Белов. - М.: Стройиздат, 2013. – 216 с.
11. Белова В.С. Охрана окружающей среды / В.С. Белова, Ф.А. Баринов. – М.: Высшая школа, 2013. - 156 с.
12. Бельдеева Л.Н. Экологический мониторинг / Л.Н. Бельдеева. – М.: СТРОЙИЗДАТ, 2012. – 113с.
13. Березин И.В. Окисление циклогексана / И.В. Березин, Е.Т. Денисов. - М.: Химиздат, 2015. – 485 с.

14. Берне Ф.О. Водоочистка / Ф.О. Берне, Ж.Ю. Кордонье. - М.: Химия, 2014. – 288 с.
15. Бобриков В. В. Мокрые пылеуловители для санитарной очистки газов и охраны окружающей среды / В.В. Бобриков. – М. Юнити, 2013. – 352 с.
16. Боголюбов С.А. Экологическое право / С.А. Боголюбов. - М.: Инфрам, 2013. – 434 с.
17. Борисенко А.И. Расчет и экспериментальное исследование газожидкостного сопла при значительном содержании жидкости в газе / А.И. Борисенко, В.Г. Селиванов, С.Д. Фролов. – М.: Луч, 2013. – 96 с.
18. Борщевский П.П. Охрана окружающей среды / П.П. Борщевский. - М.: Акварос, 2014. - 136с.
19. Бринчук М.М. Правовая охрана окружающей среды от загрязнения токсичными веществами / М.М. Бринчук. – М.: ЭКСМО, 2012. – 108 с.
20. Будник Л.И. Проблемы экологической безопасности при эксплуатации современных производственных комплексов/ Л.И. Будник. – М.: Юнити, 2014. – 277 с.
21. Ворошилов Ю.И. Очистка промышленных газов и вопросы воздухораспределения / Ю.И. Ворошилов, В.С. Житков. – М.: ЭКСМО, 2013. – 138 с.
22. Гавриленков А.М. Экологическая безопасность промышленных производств/ А.М. Гавриленков. – СПб.: Гиорд, 2013. -272с.
23. Ганз С.Н. Очистка промышленных газов / С.Н. Ганз, И.Е. Кузнецов. – М.: Луч, 2014. – 167 с.
24. Гирба Е.А. Исследование процесса пылеулавливания в жидкогазовых инжекторах диспергированием рабочей жидкости / Е.И. Гирба. – М.: ВИНТИ, 2012. – 34 с.
25. Горбис З.Р. Теплообмен и гидродинамика дисперсных сквозных потоков / З.Р. Горбис. – М.: Энергия, 2014. – 104 с.

26. Гордон Г.М. Пылеулавливание и очистка газов / Г.М. Гордон. – М.: Стройиздат, 2014. – 162 с.
27. Гурова Т.Ф. Основы экологии и рационального природопользования / Т.Ф. Гурова. – М.: Оникс, 2013. – 23 с.
28. Данилов В.И. Экология, охрана природы и экологическая безопасность / В.И. Данилов. – М.: Стройиздат, 2012. – 202 с.
29. Денисова В.В. Экология / В.В. Денисова. – Ростов: МарТ, 2012. – 640с
30. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Ю.И. Дытнерский – М.: Химия, 2012. – 496 с.
31. Дуганова, Г.В. Охрана окружающей природной среды / Г.В. Дуганова. – М.: ИНФРАМ, 2013. - 165с.
32. Жуков А.И. Очистка промышленных выбросов и утилизация отходов / А.И. Жуков. – М.: Стройиздат, 2014. – 328 с.
33. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И.Л. Иоффе – М.: Химия, 2012. – 352 с.
34. Калверта С.Ю. Защита атмосферы от промышленных загрязнений / С.Ю. Калверта. – М.: Metallurgia, 2013. – 78 с.
35. Ковалева Н.Г. Использование отходов производства и устранение вредных выбросов / Н.Г. Ковалева. – М.: Недра, 2012. – 116 с.
36. Комаров В.И. Проблемы экологии в промышленности / В.И. Комаров, Т.А. Мануйлова. – М.: Юнити, 2012. – 54с.
37. Кузнецов И.Е. Защита воздушного бассейна от загрязнений предприятиями химической промышленности / И.Е. Кузнецов, Т.М. Троицкая. – М.: Химия, 2014. – 474 с.
38. Кукин П.П. Процессы и аппараты химической технологии / П.П. Кукин. – М.: Химия, 2012. – 263 с.
39. Курочкин Э.С. Основы инженерной экологии / Э.С. Курочкин. - М.: ЭКСМО, 2013. - 98с.
40. Лоренц В.И. Эксплуатация промышленных очистных сооружений / В.И.

- Лоренц. – М.: Луч, 2012. – 184 с.
41. Милованов Л. В. Очистка промышленных сточных вод / Л.В. Милованов. – М.: Мир, 2013. – 66 с.
 42. Мухленов А.Е. Основы химической технологии / А.Е. Мухленов. – М.: Луч, 2012. – 196 с.
 43. Наумова Р.П. Разрушение капролактама бактериями / Р.П. Наумова. – М.: СТРОЙИЗДАТ, 2014. – 168 с.
 44. Николаенков А.В. Концептуальный подход к решению экологических проблем промышленных предприятий / А.В. Николаенков, Г.И. Готовец. – СПб.: Гиорд, 2012. – 249с.
 45. Носовский А.Т. Обеспыливание воздуха / А.Т. Носовский. – М.: Луч, 2015. – 228 с.
 46. Павлов К.Ф. Процессы и аппараты химической технологии / К.Ф. Павлов, Н.Г. Романков. – М.: Химия, 2012. – 173 с.
 47. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической технологии / А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Каган. – М.: Химия, 2013. – 84 с.
 48. Проскуряков В.А. Очистка сточных вод в химической промышленности / В.А. Проскуряков, Л.И. Шмидт. – М.: Химия, 2012. – 463 с.
 49. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России / В.Ф. Протасов. – М.: Юнити, 2013. – 125 с.
 50. Родионов А.И. Техника защиты окружающей среды / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, Н.С. Торочников. – М.: Химия, 2013. – 67 с.
 51. Руденко К.Г. Мокрые золоуловители и пылеуловители / К.Г. Руденко. – М.: ИНРАМ, 2013. – 193 с.
 52. Руденко К.Г. Обеспыливание и пылеулавливание на промышленных предприятиях / К.Г Руденко, А.В. Калмыков. – Луч, 2014. – 239 с.
 53. Савенок А.Ф. Основы экологии и рационального природопользования / А.Ф. Савенок, Е.И. Савенок. – М.: Юнити, 2012. – 391 с.
 54. Систер В.Г. Технологические аспекты экологической безопасности / В.Г.

- Систер. – Калуга: изд. Н. Бочкаревой, 2012. – 80 с.
55. Степановских А.С. Экология / А.С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. – 264 с.
56. Страус В.Г. Промышленная очистка газов / В.Г. Страус. – М.: Химия, 2012. – 61 с.
57. Тиноли И.Ю. Поведение химических загрязнителей в окружающей среде / И.Ю. Тиноли. – М.: Мир, 2013. – 280 с.
58. Ужов В.Н. Очистка промышленных газов от пыли / В.Н. Ужов, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков. – М.: Химия, 2012. – 215 с.
59. Хаустов А.П. Природопользование, охрана окружающей среды и экономика / А.П. Хаустов. – М.: Луч, 2014. – 134 с.
60. Чурмасова Л.А. Экологическое управление / Л.А. Чурмасова. – М.: Луч, 2012. – 61 с.
61. Шимова О.С. Основы экологии и экономика природопользования / О.С. Шимова, Н.К. Соколовский. – М.: ВИНТИ, 2012. – 358 с.
62. Юдашкин М.А. Пылеулавливание и очистка газов / М.А. Юдашкин. – М.: ЭКСМО, 2014. – 149 с.
63. Юшин В.В. Техника и технология защиты воздушной среды / В.В. Юшин, В.М. Попов, П.П. Кукин. – М.: Высшая школа, 2013. – 391 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1 – Параметры определяющие эффективность циклонов

Параметры	Тип циклона						
	ЦН-24	ЦН-15У	ЦН-15	ЦН-11	СДК ЦН-	СК ЦН-34	СК ЦН-
$v, м/с$	4,5	3,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0
$d_{50}^T, мкм$	8,50	6,00	4,50	3,65	2,31	1,95	1,13
$lg \delta_{\eta}^T$	0,308	0,283	0,352	0,352	0,364	0,308	0,340

Таблица 2 – Типовые значения внутреннего диаметра циклона

$D_{\text{вн}}, м$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Таблица 3 – Определение поправочного коэффициента K_1

$D_{\text{вн}}, м$	ЦН-11	ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24	СДК ЦН-33, СДК ЦН-34, СДК ЦН-34М
0,2	0,95	0,90	1,00
0,3	0,96	0,93	1,00
0,4	0,99	1,00	1,00
$\geq 0,5$	1,00	1,00	1,00

Таблица 4 – Определение поправочного коэффициента K_2

Тип циклона	Запыленность на входе, ($г/м^3$)						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1,00	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	0,85
ЦН-15	1,00	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-15У	1,00	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
ЦН-24	1,00	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СДК ЦН-33	1,00	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК ЦН-34	1,00	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК ЦН-34М	1,00	0,99	0,97	0,95	-	-	-

Таблица 5 - Определение коэффициента гидравлического сопротивления

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15, ЦН-15У	ЦН-11	СДК ЦН-33	СК ЦН-34, СК ЦН-34М
ϵ_{500}	75	155	245	520	1050

Таблица 6

Размеры	Тип циклона						
	Обозначение	ЦН-15	ЦН-15У	ЦН-24	ЦН-11	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34
Внутренний диаметр выхлопной трубы	d	0,59 $D_{ц}$ Для всех типов				0,334 $D_{ц}$	0,340 $D_{ц}$
Внутренний диаметр пылевывпускного отверстия	d_1	0,3 – 0,4 $D_{ц}$ Для всех типов				0,334 $D_{ц}$	0,229 $D_{ц}$
Ширина входного патрубка в циклоне (внутренний размер)	b	0,2 $D_{ц}$ Для всех типов				0,264 $D_{ц}$	0,214 $D_{ц}$
Ширина входного патрубка на входе (внутренний размер)	b_1	0,26 $D_{ц}$ Для всех типов				-	-
Длина входного патрубка	l	0,6 $D_{ц}$ Для всех типов				0,6 $D_{ц}$	0,6 $D_{ц}$
Диаметр средней линии циклона	$D_{ср}$	0,8 $D_{ц}$ Для всех типов					
Высота установки фланца	$h_{фл}$	0,1 $D_{ц}$ Для всех типов				0,1 $D_{ц}$	0,1 $D_{ц}$
Угол наклона крышки и входного патрубка циклона	α	15 ⁰	15 ⁰	24 ⁰	11 ⁰	-	-
Внутренний диаметр циклона	$D_{ц}$	-	-	-	-	-	-
Высота входного патрубка (внутренний размер)	a	0,66 $D_{ц}$	0,66 $D_{ц}$	1,11 $D_{ц}$	0,48 $D_{ц}$	0,535 $D_{ц}$	0,2–0,3 $D_{ц}$
Высота выхлопной трубы	h_1	1,74 $D_{ц}$	1,5 $D_{ц}$	2,11 $D_{ц}$	1,56 $D_{ц}$	-	-
Высота цилиндрической части циклона	$H_{ц}$	2,26 $D_{ц}$	1,51 $D_{ц}$	2,11 $D_{ц}$	2,06 $D_{ц}$	0,55 $D_{ц}$	0,515 $D_{ц}$
Высота конуса циклона	$H_{к}$	2 $D_{ц}$	1,5 $D_{ц}$	1,75 $D_{ц}$	2,0 $D_{ц}$	3 $D_{ц}$	2,11

Продолжение таблицы 6

Высота внешней части выхлопной трубы		0,3	0,3	0,4	0,3	0,2 – 0,3	0,515
Общая высота циклона		4,56	3,31	4,26	4,38	-	-
Высота заглоблений выхлопной трубы		-	-	-	-	0,535	0,515
Угол развертки входного патрубка		-	-	-	-		