

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Т.А. Кулагина

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 20 ____ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность специальность

Тема: «Снижение негативного воздействия плавильного цеха Медного
завода»

Научный консультант _____ д.т.н., профессор кафедры Т.А.Кулагина
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Руководитель _____ старший преподаватель Е.Н.Зайцева
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ Я.В.Стовба
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ Е.Н.Зайцева
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2019

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Т.А. Кулагина
подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 20 ____ г

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Стовба Ярославу Владимировичу

Группа ЗФЭ14-02Б Направление (специальность) 20.03.01

Техносферная безопасность

Тема выпускной квалификационной работы: «Снижение негативного воздействия плавильного цеха Медного завода»

Утверждена приказом по университету № 19636/с от 28 декабря 2018 г

Руководитель ВКР старший преподаватель кафедры Зайцева Елена Николаевна

Исходные данные для ВКР литературные данные, справочная информация

Перечень разделов ВКР 1 Конструкция конвертера; 1.1 Реакция протекающая в конвертере; 2 Обзор известных процессов и технологий для очистки газа; 2.1 Обзор известных аппаратов и агрегатов; 2.2 Физико - химические основы процесса; 2.3 Выбор и обоснование выбранной в проекте технологии; 3 Режимные показатели технологии; 4 Конструкторский раздел; 4.1 Расчет батарейных циклонов; 4.2 Расчет коагуляторов Вентури; 4.3 Расчет электрофильтра ЭГА; 5 Характеристика основного оборудования; 5.1 Вентилятор дутьевой ВВД – 21; 5.2 Труба Вентури; 5.3 Электрофильтр ЭГА; 6 Характеристика вспомогательного оборудования; 6.1 Затвор колокольный; 6.2 Газаход; 6.3 Сборник; 6.4 Отстойник; 6.5 Теплообменник.

Перечень графического материала Конвертер; труба Вентури; электрофильтр ШМК; проектирование участка по очистке газов

конвертерного отделения плавильного цеха Медного завода до предложенного улучшения; Проектирование участка по очистке газов конвертерного отделения плавильного цеха Медного завода после предложенного улучшения .

Руководитель ВКР

подпись

Е.Н.Зайцева
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

Я.В. Стовба
инициалы и фамилия студента

« ____ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения ВКР

Сроки выполнения	Наименование и содержание этапа
11.05.19 – 23.06.19	Сбор и анализ исходной литературы и документов
24.06.19 – 30.06.19	Постановка основной задачи, освоение Расчетных методик
01.07.19 – 06.07.19	Выполнение расчетов, оформление результатов, составление выводов
08.07.19 – 11.07.19	Работа над нормативно – правовой базой, оформление расчетно – пояснительной записки
12.07.19 – 15.07.19	Графическое оформление чертежей
16.07.19 – 17.07.19	Оформление прочей документации

Научный руководитель

подпись

Е. Н. Зайцева

Задание принял к исполнению

подпись

Я. В. Стомба

« ____ » _____ 2019г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Снижение негативного воздействия плавильного цеха Медного завода» содержит 64 страниц текстового документа, 16 таблиц, 11 рисунка, 23 использованных источников, 5 листов графического материала.

КОНВЕРТЕР, КОНСТРУКЦИЯ, РЕАКЦИИ ПРОТИКАЮЩИЕ В НЕМ, ОБЗОР ИЗВЕСТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ, ОБЗОР ИЗВЕСТНЫХ АППАРАТОВ, ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ, КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ.

Объект мероприятия – улучшение газоочистного оборудования

Цели мероприятия:

- снижение негативного воздействия плавильного цеха медного завода.
- степени очистки пыли до уровня ПДК и уменьшения потери цветных металлов с отходящими газами конвертера.

В результате проведения анализа образования отходов промышленности цветной металлургии в России и других странах, а так же в масштабах Красноярского края, было выявлено, что образование отходов цветной металлургии является актуальной проблемой.

В итоге было разработано мероприятие по снижению объёмов образования отходов плавильного цеха медного завода путём добавления газоочистного оборудования к имеющимся оборудованию. В результате был сделан вывод, что предлагаемое мероприятие является эффективным с производственной и экологической точки зрения.

АННОТАЦИЯ
к выпускной квалификационной работе
на тему: Снижение негативного воздействия плавильного цеха медного
завода

ВКР выполнена на 64 страницах, включает 16 таблиц, 11 иллюстраций и 23 литературных источника.

Объектом исследования являются отходящий газ конвертора с содержанием пыли.

Цель—в рамках работы подобрать оборудование для доочистки газа от пыли до уровня ПДК, рассчитать эффективность очистки газа от пыли.

В бакалаврскую работу входит введение, шесть глав и итоговое заключение о работе.

Во введении раскрывается актуальность выпускной квалификационной работы по выбранному направлению, цель, задачи и актуальность.

В первой главе представлены общие сведения, литературный обзор в области конструкции конвертера и краткое описание технологического процесса протекающего при работе конвертера.

Во второй главе обзор известных процессов и технологий для очистки газа.

В третьей главе режимные показатели технологии.

В четвертой главе конструкторский раздел.

В пятой главе характеристика основного оборудования.

В шестой главе характеристика вспомогательного оборудования.

В заключении сформулированы выводы по выпускной квалификационной работе в форме бакалаврской работы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Конструкция конвертера.....	5
1.1 Реакция протекающая в конвертере.....	8
2 Обзор известных процессов и технологий для очистки газа.....	10
2.1 Обзор известных аппаратов и агрегатов.....	13
2.2 Физико - химические основы процесса.....	24
2.3 Выбор и обоснование выбранной в проекте технологии.....	26
3 Режимные показатели технологии.....	28
4 Конструкторский раздел.....	38
4.1 Расчет батарейных циклонов	38
4.2 Расчет коагуляторов Вентури	41
4.3 Расчет мокрого электрофильтра	44
5 Характеристика основного оборудования.....	52
5.1 Вентилятор дутьевой ВВД – 21.....	52
5.2 Труба Вентури.....	54
5.3 Электрофильтр ЭГА.....	54
6 Характеристика вспомогательного оборудования.....	56
6.1 Затвор колокольный.....	56
6.2 Газаход.....	57
6.3 Сборник.....	57
6.4 Отстойник.....	58
6.5 Теплообменник.....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	63

ВВЕДЕНИЕ

Главные источники загрязнения атмосферы являются черная и цветная металлургия, тепловые электростанции сжигающие органическое топливо, химическое производство, машиностроение, добыча и переработка минерального сырья, автотранспорт, теплоцентрали. Основные загрязнители это пыль, оксид азота, оксид углерода, диоксид серы, летучие углеводороды,

В цветной металлургии при плавки медных концентратов в атмосферу выбрасывается большое количество диоксида серы и пыли, которая оказывает огромное антропогенное воздействие на окружающую среду, и приводит к нарушению баланса в экологических системах нашей земли.

Процесс плавки медных концентратов является одним из ключевых процессов в переработке меди из первичного сырья. Под первичным сырьем подразумевается медная руда. Первичную медь можно получать с помощью пирометаллургических и гидрометаллургических процессов. В настоящее время основным сырьем для пирометаллургического процесса получения первичной меди являются медные и коллективные сульфидные концентраты (содержание Cu – от 10 % до 30 %). Пирометаллургическая схема предусматривает применение следующих металлургических процессов: плавка концентратов на штейн, конвертирование медного штейна и огневое рафинирование. Затем следует электролитическое рафинирование, которое относится к гидрометаллургическим процессам.

Металлургические заводы по производству черновой меди задействуют технологию, которая включает в себя только 2 пирометаллургических процесса: плавка медных концентратов с получением медного штейна и конвертирование медного штейна с получением черновой меди.

Проблемы, связанные с нарастанием негативных воздействий предприятий цветной металлургии на окружающую среду и здоровье людей, лежат в первую очередь в плоскости экологической политики и экономики нашего государства. ...

В нашей стране охрана атмосферного воздуха регулируется Федеральным законом РФ «Об охране атмосферного воздуха» (1999 г.), которым установлены правовые основы охраны атмосферного воздуха. Кроме этого, устанавливаются нормы качества воздуха в виде предельно допустимых концентраций (ПДК) на определенный период времени.

Целью дипломной работы является повышение степени очистки пыли до уровня ПДК и уменьшения потери цветных металлов с отходящими газами конвертера, расположенного на Медном заводе.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- Подобрать аппаратное оформление;
- Определить технологические параметры очистки газа;
- Рассчитать эффективность очистки предложенного оборудования;
- Сделать вывод об эффективности данного процесса.

1 Конструкция конвертера

Для переработки никельсодержащих медных штейнов и полученной черновой меди и никелевого шлака применяются горизонтальные конвертера типа КГ-80Ц, имеющие следующую характеристику:

- Емкость конвертера, т - 80
- Диаметр кожуха, м - 3,95
- Длина кожуха, м - 9,5
- Количество фурм, шт - 50
- Угол наклона фурм, град. - от 0 до - 8
- Внутренний диаметр фурменной трубки, мм - 50
- Площадь горловины, м² - 8
- Пропускная способность по воздуху при нормальных условиях, м³/мин - 800
- Давление в воздухопроводе, Па - 11,772 ± 104
- Тип рабочего электродвигателя - МТМ-612-10
- Мощность двигателя, кВт - 60
- Частота вращения двигателя, об/мин - 577
- Тип аварийного электродвигателя - ДП52
- Мощность двигателя, кВт - 32
- Частота вращения двигателя, об/мин - 730
- Тип редуктора - ЦТ2-1900
- Тип тормоза - ТКП-400
- Диаметр тормозного шкива, мм - 400
- Угол поворота дроссельной заслонки, град - 75
- Время закрывания заслонки, с - 5
- Время полного хода выходного вала заслонки, с - 63
- Вес конвертера без футеровки, т - 95
- Вес конвертера с футеровкой, т - 275

Конвертер представляет собой стальной цилиндр длиной 9,5 м, диаметром 3,95 м, имеющий отверстие для загрузки и выгрузки материалов, площадь которого составляет 8 м², отверстия для подачи в него воздуха, установленный на роликовых опорах и снабженный приводом для поворота относительно своей оси.

Основными деталями конвертера являются:

- стальной цилиндр с толщиной стенок 36 мм, который называется кожухом конвертера;
- горловина конвертера, которая состоит из верхних, нижних и боковых чугунных плит, в проектных разработках имеющих название задних, передних, левых и правых стенок, а в практике называющихся «боковиной», «лобовиной» и «сливом» горловины;
- два опорных кольца, с помощью которых конвертер опирается на ролики;
- зубчатый венец конвертера, служащий для передачи вращения привода на кожух конвертера;
- четыре балансира, в которых установлены восемь роликов, четыре из них со стороны привода имеют реборды для предупреждения сдвига конвертера в сторону привода;
- четыре опорные подушки с двумя сквозными отверстиями под шпильки;
- две фундаментные плиты с двумя выступами каждая, в каждом выступе два отверстия под шпильки, с помощью шпилек регулируется зацепление между зубчатым венцом конвертера и ведущей шестерней привода;
- железобетонный фундамент конвертера, состоящий из двух фундаментных груб, на каждой из которых крепится фундаментная плита;
- торцы кожуха, которые закрываются стальными крышками, имеет название днище кожуха.

Днище крепится к кожуху с помощью шпилек и балок жесткости, а на шпильки надеваются пружины, предназначенные для компенсации теплового размещения кладки.

Поворот конвертера производят с помощью привода, состоящего из рабочего и аварийного электродвигателей, трехступенчатого редуктора и командного аппарата.

Основной электродвигатель питается переменным током, аварийный - постоянным током. В случаях поломки двигателя переменного тока или падения давления воздуха в воздуховоде до $0,65 \text{ кгс/см}^2$ включается аварийный электродвигатель постоянного тока, запитанный от двухаккумуляторных батарей емкостью 1440 А/ч каждая.

По образующей цилиндра в кожухе конвертера выполнено 50° отверстий размером $70 \times 100 \text{ мм}$ на расстоянии 152 мм по оси. Они служат для установки фурменных трубок в кладке конвертера. Трубки устанавливаются под углом от 0 до 60 к горизонтальной плоскости.

Воздухораспределительная система состоит из фурменных трубок фурм, фурмоколлектора, воздухоподводящего короба и вертикальных соединительных патрубков. Фурмы крепят внутри полости фурмоколлектора. Фурменные \square трубки соединяют с фурмами сваркой и резьбовым соединением.

Фурма снабжена шариковым клапаном Дибли, автоматически закрывающим фурму после выхода фурмовочного ломика из фурменной трубки. Фурмоколлектор устанавливается на образующей кожуха конвертера фурменной зоне и соединяется четырьмя вертикальными патрубками с воздухоподводящим коробом, установленным параллельно фурмоколлектору. Короб имеет овальное сечение, на конце конвертера под углом 90° поворачивается к оси конвертера, принимает цилиндрическую форму и стыкуется с шаровым соединением. Часть конвертера выше опорных роликов в сторону от цилиндрической части короба в практике носит название «бочки» конвертера. Для защиты воздухо-проводящей системы от деформации

падения настыли с напыльника и прожига расплавом служит фартук, изготовленный из листовой стали. Фартук кренился к лобовине горловины и кожуху конвертера и называется шинельным листом.

За шаровым соединением на воздуховоде установлена дроссельная заслонка, предназначенная для регулирования подачи воздуха в конвертер во время работы и полного его отключения в течение 5 секунд. Привод дросселя заслонки электрический, крайнее положение дросселя определяется конечным выключателем; для того, чтобы вручную закрыть дроссельную заслонку, на приводе установлен маховичок.

1.1 Реакции, протекающие в конвертере

Продувка штейна в конвертере типичный окислительный процесс, осуществляемый для получения черновой меди.

Общая характеристика процесса кратко сводится к следующему. При продувке штейна воздухом в конвертере в присутствии кварцевого флюса происходит интенсивное окисление сернистого железа с образованием закиси железа и сернистого ангидрида. Закись железа соединяется с кремнеземом кварцевого флюса и образует шлак, а сернистый газ удаляется с отходящими газами. По мере шлакования железа штейн обогащается медью. Из-за различия в удельных весах и ограниченной взаимной растворимости конверторного шлака и обогащенного медью штейна они при остановке конвертора разделяются по слоям. Шлак периодически из конвертера сливают. Переработку штейна чаще всего производят до полного заполнения емкости конвертора белым штейном или белым матом (Cu_2S), содержащего меди не менее 75% и иногда лишь десятые доли процента железа.

При переработке медного штейна, полученный в результате первого периода белый матт во втором периоде продувается воздухом без присадки кварца до получения черновой, меди, в которой концентрируется золото и серебро. В этом периоде преимущественно происходит выгорание серы из

полусернистой меди, часть которой переходит сначала в закись меди и затем взаимодействует с остающейся полусернистой медью с образованием металлической меди.

В результате экзотермических реакций, имеющих место при окислении серы и железа штейна, а также реакции шлакообразования в конверторе выделяется тепло, достаточное, для ведения процесса, конвертирования без затраты топлива.

2 Обзор известных процессов и технологий для очистки газа

Очистку газов производят с целью дальнейшего использования самого газа или содержащихся в нём примесей. Так же выбрасываемые в атмосферу промышленные газы очищают с целью охраны воздушного пространства от загрязнений вредными веществами. Способы очистки газа в промышленности условно можно разделить на три основные группы:

- Механическая;
- Электрическая;
- Физико-химическая.

Механическая очистка газов

Основана на осаждении частиц под действием силы тяжести, центробежной силы, промывкой газа водой или промывочным раствором и фильтрацией сквозь волокнистые и пористые материалы. Сухой способ газоочистки основан на установке в трубах фильтров. В основе мокрого способа – взаимодействие с водой или промывным раствором и последующее осаждение примесей. Фильтрование получило распространение для улавливания тонко-дисперсных компонентов.

Сухие способы. Наиболее распространены уловители, в которых осаждение твердых или жидких частиц происходит вследствие резкого изменения направления или скорости газового потока (аппараты типа «ВЗП» встречные закрученные потоки), циклоны, пылеосадительные камеры). Среди этих аппаратов газоочистки, применяемых, как правило, только для улавливания сравнительно крупных частиц (≥ 5 мкм), максимальной эффективностью обладают аппараты очистки газов от пыли типа «ВЗП» с эффективностью очистки до 99%.

Мокрые способы очистки газов. Основаны на контакте газового потока с промывной жидкостью (обычно водой или промывным раствором). Большинство схем газоочистки имеют оборотное водоснабжение:

- жидкость вместе с шламом из газопромывателей направляют в отстойники для отделения от твердых частиц и повторного использования;
- при наличии в шламе ценных веществ его обезвоживают, а уловленные ценные твердые вещества используют.

Метод используют для улавливания тонкодисперсной пыли или туманов.

Фильтрация. При этом способе газоочистки газовые потоки проходят через пористые фильтрующие системы, пропускающие газ, но задерживающие твердые частицы. Фильтры служат для улавливания весьма тонких фракций пыли (< 1 мкм) и характеризуются высокой эффективностью при очистке газов, однако, требуют частой замены или очистки фильтрующих материалов.

Электрическая очистка газов.

Основано на ионизации электрическим зарядом под действием постоянного электрического тока (напряжением до 90 кВ) взвешенных в газах твердых и жидких частиц с последующим осаждением их на электродах.

Очистка газов осуществляется, в частности, с целью технологической подготовки газов, газовых смесей и извлечения из них ценных веществ, а также для предотвращения загрязнения атмосферного воздуха вредными отходами.

Физико-химический способ очистки газа

Предназначен для удаления газообразных примесей из газового потока и основан на:

- промывке газов растворителями (абсорбция);
- промывке газов растворами реагентов, связывающих примеси химически (химическая абсорбция);
- поглощение примеси твердыми активными веществами (адсорбция);
- физическом (низкотемпературная сепарация (НТС), низкотемпературная конденсация (НТК)).

Принцип действия физико-химической очистки газа. Абсорбция газообразных примесей растворителями производится путем промывки газа в орошаемых аппаратах типа скрубберов либо в барботерах. В барботерах газ

проходит сквозь жидкий растворитель, хорошо растворяющий газообразные примеси и плохо остальные компоненты газа. В том случае, если необходимо использовать уловленные продукты, их извлекают из насыщенного ими растворителя путем десорбции. При химической абсорбции газовые примеси химически связываются растворами реактивов. Затем растворы регенерируют, в результате выделяют связанные примеси, а свойства растворов восстанавливают. Адсорбция газообразных примесей производится с помощью различных пористых активных веществ (активного угля, силикагеля, бокситов, цеолитов). Вредные примеси адсорбируются на поверхности поглотителя, а после его насыщения отгоняются продувкой горячим воздухом, газом или перегретым паром.

Как мы видим наличие большого числа газоочистных аппаратов, весьма отличающихся друг от друга, как по конструкции, так и по принципу действия. По способу очистки существующие пылеуловители делят на группы сухой, мокрой и электрической очистки.

Для сепарации частиц пыли из газового потока в сухих аппаратах используют принципы инерции или фильтрования. В мокрых аппаратах это достигается промывкой запыленного газа жидкостью или осаждением частиц пыли на жидкостную пленку. В электрофильтрах осаждение происходит в результате сообщения частицам пыли электрического заряда.

В мокрых пылеуловителях очистка газа осуществляется, при соприкосновении газа с жидкостью. При этом взвешенные в газе частицы пыли смачиваются жидкостью, утяжеляются и выпадают из газового потока либо под действием сил веса и инерции, в том числе центробежных сил, либо захватываются жидкостью и выводятся из аппарата в виде шлама. По сравнению с сухими аппаратами мокрые пылеуловители более эффективны так как очищают газ от мелко дисперсной пыли. Их применяют в тех случаях, когда уловленная из газа пыль может быть использована в мокром виде и когда необходимо охладить газ независимо от его очистки.

2.1 Обзор известных аппаратов и агрегатов

Пылеосадительная камера

Пылеосадительные камеры применяют для предварительной грубой очистки газов от пыли сравнительно больших размеров ($>50-100$ мкм). Выделение частиц пыли из газа осуществляется здесь вследствие гравитации. Для гравитационного осаждения пыли необходимо, чтобы частички пыли успели осесть в камере за время пребывания в ней.

Достоинством пылеосадительных камер является простота конструкции. Недостатком – громоздкость. Для гравитационного осаждения пыли необходимо достаточно длительное пребывание пыли в камере, а, следовательно, небольшие скорости газа, что увеличивает поперечное сечение пылеосадительной камеры и размеры камеры в целом.

Циклоны

Циклоны используются как для предварительной очистки газов и пылеулавливания, так и устанавливаются перед рукавными фильтрами или электрофильтрами.

Выделение частиц пыли из газового потока происходит за счет центробежных сил, возникающих при вращении запыленного потока в циклоне и при изменении направления потока при выходе в выхлопную трубу. Вращение потоку сообщается путем ввода его в аппарат с большой скоростью либо через улиточный вход, либо по касательной к стенке корпуса или с помощью закручивающего устройства. Корпус бывает либо цилиндрическим с конической нижней частью, либо коническим полностью. Пыль, выделяемая при вращении потока на стенки корпуса, далее выводится в бункер через пылевыпускное отверстие в суженном конце конической части, а очищенный газ выходит вверх через выхлопную трубу, концентрически установленную в корпусе.

В зависимости от объема очищаемого газа циклоны устанавливают либо по одному (одиночные циклоны), либо объединяют в группы (групповые циклоны).

Эффективность очистки в циклоне определяется крупностью улавливаемых частиц, т. е. дисперсным составом пыли, и их плотностью, а также вязкостью очищаемого газа. Эффективность циклонов резко снижается при наличии подсосов, в частности, через бункер. Движение газов в циклоне носит весьма сложный характер.

Удаление пыли из газов в циклоне протекает в две стадии. На первой стадии частицы переносятся в зону осаждения. Этот процесс осуществляется за счет центробежной силы. Вторая стадия отделения частиц начинается, когда концентрация частиц в газовом потоке превышает предельную нагрузку, т.е. то количество пыли, которое в состоянии переносить газовый поток.

Принципиально циклон работает по следующей схеме:

Газы, направляющиеся в аппарат, поступают в цилиндрическую часть циклона и совершают движение по спирали с возрастающей скоростью от периферии к центру, спускаются по наружной спирали, затем поднимаются по внутренней спирали и выходят через выхлопную трубу. Обычно в циклонах центробежное ускорение в несколько сот, а то и в тысячу раз больше ускорения силы тяжести. Поэтому, даже весьма маленькие частицы пыли не в состоянии следовать за линиями тока газов и под влиянием центробежной силы выносятся из кривой движения газов по направлению к стенке.

В цилиндрической камере циклона статическое давление, как и в каждом искривленном течении, сильно падает в направлении от периферии к центру. В основном потоке направленные во внутреннюю сторону сжимающие усилия приходят в равновесное состояние с центробежными силами газов. Более медленно текущий у стенки циклона пограничный слой соответственно испытывает меньшие центробежные силы.

Однако у конической стенки циклона и у его крышки начинает уже сказываться перепад давления, сжимающее поток усилие становится

значительно больше центробежной силы, и поток в виде сильного вторичного вихря направляется внутрь, захватывая с собой много частиц пыли. Но так как затем поток еще несколько раз по пути вниз обернется вокруг выхлопной трубы, частицы могут быть вновь отброшены к стенке аппарата.

Вторичный поток, искривленный вдоль конической стенки, захватывает отброшенную к стенке пыль и направляет ее вниз к пылеосадительной камере (бункеру). Без этого потока отдельные частицы, находящиеся у стенки, не смогли бы попасть вниз, поскольку направленная вверх составляющая центробежной силы является большей по сравнению с силой тяжести.

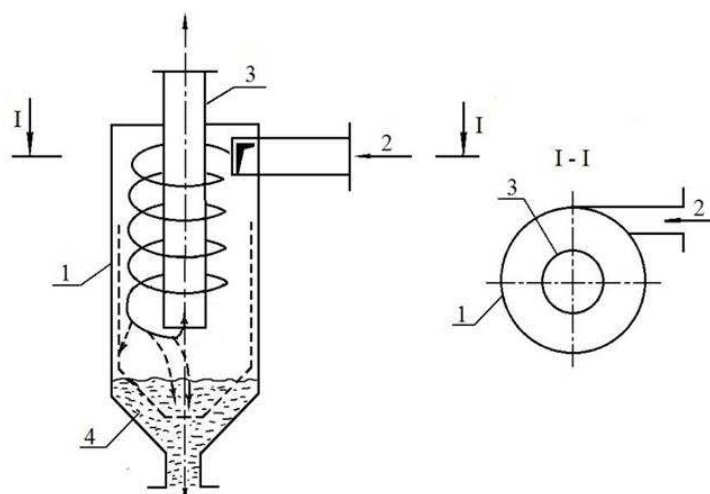
Циклоны можно располагать наклонно и даже горизонтально, так как обуславливающие движение пыли, являются аэродинамические силы, а не силы тяжести, рисунок 1 циклона приведен ниже.

Циклонные пылеуловители имеют следующие достоинства:

- отсутствие движущихся частей в аппарате;
- возможность улавливания абразивных материалов при защите внутренних поверхностей циклонов специальными покрытиями;
- пыль улавливается в сухом виде;
- гидравлическое сопротивление аппаратов почти постоянно;
- аппараты успешно работают при высоких давлениях газов;
- рост запыленности газов не приводит к снижению фракционной эффективности очистки.

Недостатки:

- гидравлическое сопротивление высокоэффективных циклонов достигает 1250-1500 Паскалей (Па);
- частицы размером менее 5+15 мкм улавливаются циклонами плохо;
- подсос воздуха снижает эффективность газоочистки на величину от 1- 4%.



1– цилиндрический корпус; 2– тангенциальный подвод газа; 3 – выход очищенного газа; 4 – бункер для сбора уловленной пыли.

Рисунок 1 – Циклон

Скруббер Вентури

Коагулятор Вентури является наиболее распространенным типом мокрого пылеуловителя, обеспечивающим эффективную очистку газов от частиц пыли практически любого дисперсного состава. Помимо пылеулавливания, в скруббере Вентури может осуществляться абсорбционные и тепловые процессы.

Более высокая эффективность пылеулавливания по сравнению с полыми газопромывателями достигается в скрубберах Вентури созданием развитой поверхности контакта фаз, что требует и значительно более высоких энергозатрат. Образование тонкодисперсного аэрозоля происходит при этом как за счет механической диспергации промывочной жидкости, так и вследствие интенсивного испарения капель при резком падении давления в горловине.

Для очистки газов от микронной и субмикронной пыли главным образом применяют скоростные скрубберы. Принцип действия этих аппаратов основан на интенсивном дроблении газовым потоком, движущимся со скоростью 40-150 м/с, орошающей его жидкости. Осаждению частиц на каплях орошающей жидкости способствуют также высокие относительные скорости между ними.

Скрубберы Вентури являются наиболее распространенными представителями скоростных скрубберов. Скрубберы Вентури наиболее эффективные из аппаратов мокрой очистки газов. В связи с непрерывно возрастающими требованиями к глубине очистки газовоздушных выбросов промышленных предприятий скрубберы Вентури постепенно становятся доминирующим видом мокрых пылеуловителей. Скруббер Вентури представляет собой трубу-распылитель, в которую подводится орошающая жидкость, и установленный за ней каплеуловитель. Работа скрубберов Вентури основана на дроблении воды турбулентным газовым потоком, захвате каплями воды частиц пыли, последующей их коагуляции и осаждении в каплеуловителе инерционного типа. Простейший скруббер Вентури включает в себя трубу Вентури и прямоточный циклон, рисунок 2 труба Вентури приведен ниже. Труба Вентури состоит из служащего для увеличения скорости газа конфузора, в котором размещают оросительное устройство, горловины, где происходит осаждение частиц пыли на каплях воды, и диффузора, в котором протекают процессы коагуляции, а также за счет снижения скорости восстанавливается часть давления, затраченного на создание высокой скорости газа в горловине. В каплеуловителе тангенциального ввода газа создается вращение газового потока, вследствие чего смоченные и укрупненные частицы пыли отбрасываются на стенки и непрерывно удаляются из каплеуловителя в виде шлама. Коагуляторы Вентури могут работать с высокой эффективностью 96-98 % на пыли со средним размером частиц 1-2 мкм и улавливать высокодисперсные частицы пыли (вплоть до субмикронных размеров) в широком диапазоне начальной концентрации ее в газе — от 0,05 до 100 г/м³. При работе в режиме тонкой очистки от высокодисперсной пыли скорость газов в горловине должна поддерживаться в пределах 100-150 м/с, а удельный расход воды в пределах 0,5- 1,2 дм³/м³. Это обуславливает необходимость большого перепада давления (10-20 кПа) и, следовательно, значительных затрат энергии на очистку газа. В ряде случаев, когда труба Вентури работает только как коагулятор перед последующей тонкой очисткой (например, в

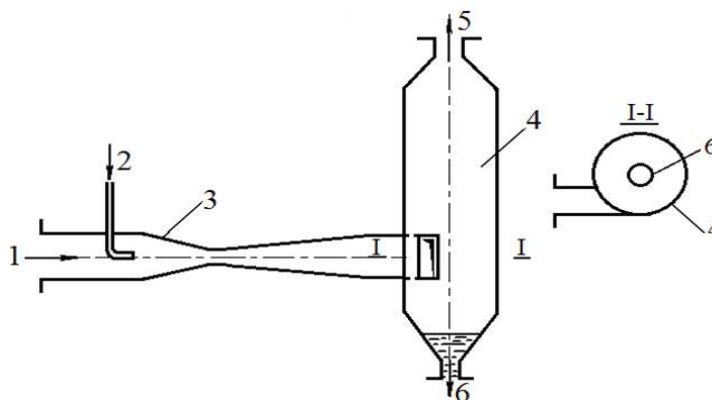
электрофилтрах) или для улавливания крупной пыли размером частиц более 5-10 мкм, скорости в горловине могут быть снижены до 50-100 м/с, что значительно сокращает энергетические затраты.

Достоинства:

- высокая эффективность улавливания взвешенных частиц;
- возможность работы на оборотной воде;
- небольшие капитальные и эксплуатационные затраты;
- могут устанавливаться как вертикально, так и горизонтально с небольшим уклоном;

Недостатки:

- образование больших объёмов шлама;
- абразивный износ стенок скруббера, возникающий вследствие высоких скоростей газа.



- 1 - вход запыленного газа;
2— подвод орошающей жидкости; 3 – труба Вентури; 4 – циклон–
каплеуловитель; 5 – отвод очищенного газа; 6 – отвод шлама.

Рисунок 2 – Скруббер Вентури

Тарельчатые газоочистные аппараты

Простейший тарельчатый пылеуловитель представляет собой аппарат, перегороденный горизонтальной тарелкой с равномерно распределенными

мелкими отверстиями. Запыленный газ подается под тарелку и отсасывается из верхней части аппарата, жидкость подается на тарелку сверху. Отработавшую жидкость можно отводить двумя способами: полным провалом ее через тарелку в бункер или частичным переливом через порог, установленный в конце решетки с краю. Обычно применяют тарельчатые аппараты, работающие в провальном режиме.

Аппарат с провальными тарелками. При малых скоростях газа наблюдается барботажный режим, при котором газ движется отдельными пузырями через слой жидкости. При скорости газа в аппарате 1-1,2 м/с барботажный режим сменяется пенным, при котором жидкость, находящаяся на тарелке, переходит в состояние турбулизированной пены. С момента возникновения пены резко увеличивается межфазная поверхность, и снижаются диффузионные и термические сопротивления. Межфазная поверхность вследствие проникновения вихрей каждой из фаз через границу их раздела непрерывно разрушается и снова восстанавливается, т. е. постоянно обновляется, что способствует отводу уловленной пыли, которая непрерывно осаждается на образующейся пленке жидкости в силу действия уже рассмотренных ранее механизмов осаждения. Образующийся шлам удаляется с жидкостью, протекающей через отверстия тарелки в бункер аппарата. При пенном режиме с увеличением скорости газа сопротивление слоя пены изменяется незначительно.

Аппарат с переливом. Отличительной чертой переливных аппаратов является наличие устройства для слива отработавшей жидкости в сливную коробку. Для фиксирования определенной толщины слоя жидкости аппарат снабжают переливным порогом. Однако в целях предотвращения образования отложений на тарелке часть жидкости (не менее 50 %) отводится через отверстия в бункер. Величина провала зависит от скорости газа в отверстиях тарелки; при скорости равной 10-17 м/с провал совершенно прекращается. Нормальный пенный режим устанавливается при скорости газового потока 6-10 м/с, на рисунке 3 показан тарельчатый аппарат.

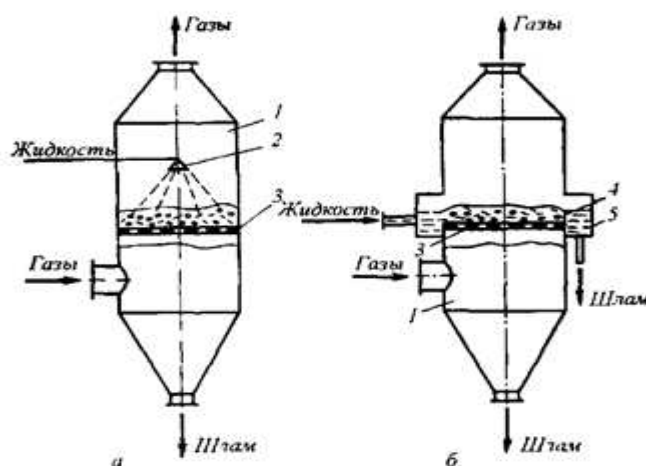
Применение перелива позволяет в два три раза сократить расход воды на очистку.

Достоинства:

- простота конструкции;
- высокая величина очистки;

Недостатки:

- главным недостатком пенных аппаратов является брызгоунос;
- образование жидких стоков;
- громоздкость аппаратного оформления.



а - с провальными тарелками; б - с переливными тарелками
1 - корпус; 2 - ороситель; 3 - тарелка; 4 - порог; 5 - сливной отсек

Рисунок 3 – Тарельчатые аппараты

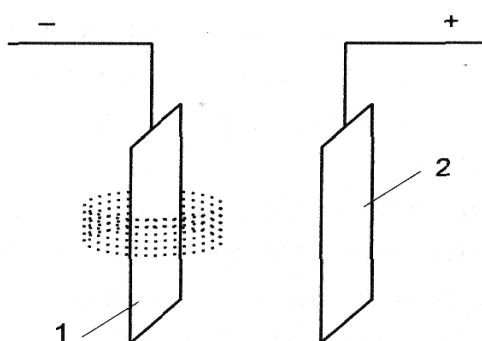
Электрофильтр

Они применяются, когда электрические свойства частиц позволяют достичь высокой степени очистки. Электрофильтры обеспечивают выделение из газовых потоков мельчайших частиц пыли и тумана. Действие электрофильтров основано на ионизации газа между двумя электродами с

образованием положительно и отрицательно заряженных ионов, что показано на рисунке 4 и 5.

Для этого к электродам подводится постоянный электрический ток высокого напряжения мощностью порядка 40-75 кВт. При высокой разности потенциалов газ между электродами ионизируется полностью, и происходит его слабое свечение наподобие короны вокруг электрода 1, присоединенного к отрицательному полюсу источника тока. Такой электрод обычно называют коронирующим электродом. Отрицательно заряженные ионы движутся к противоположно заряженному электроду 2, который называется осадительным электродом.

Если газовый поток содержит частицы пыли или тумана, то отрицательно заряженные ионы адсорбируются на их поверхности и увлекают эти частицы к осадительному электроду. На поверхности электрода частицы отдают свой заряд и отделяются от электрода или падают при механическом встряхивании. Мокрые фильтры представляют собой вертикальные полые аппараты. Они используются в тех случаях, когда частицы пыли, содержащиеся в газовом потоке, хорошо смачиваются водой. В мокрых фильтрах газовый поток поступает снизу аппарата и орошается мелкими каплями воды. При этом частицы пыли хорошо смачиваются водой и поглощаются каплями дождя из газового потока.

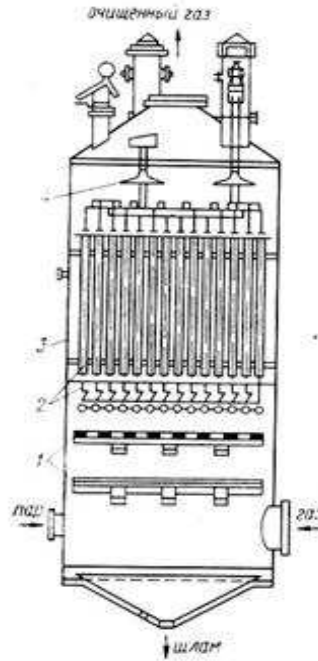


1-коронирующий электрод; 2-осадительный электрод

Рисунок 4 – Схематическое представление электрофильтра

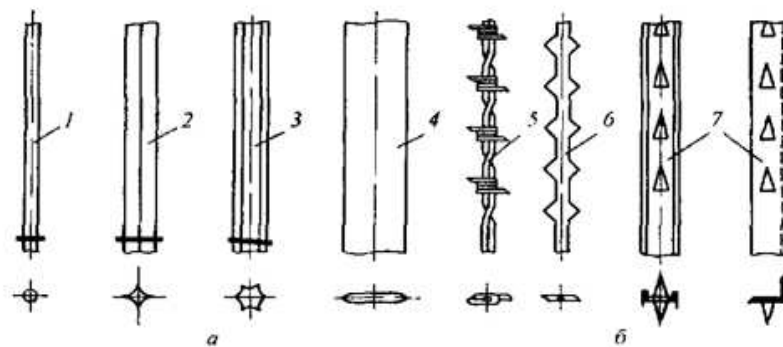
Газ, содержащий взвешенные частицы, проходит через систему заземленных осадительных электродов, к которым подведен выпрямленный электрический ток высокого напряжения. При достаточно большом напряжении, приложенном к межэлектродному промежутку, у поверхности коронирующего электрода происходит интенсивная ударная ионизация газа, сопровождающаяся возникновением коронного разряда (короны), который на весь межэлектродный промежуток не распространяется и затухает по мере уменьшения напряженности электрического поля в направлении осадительного электрода.

Газовые ионы различной полярности, образующиеся в зоне короны, под действием сил электрического поля движутся к разноименным электродам, вследствие чего в межэлектродном промежутке возникает электрический ток, называемый током короны. На поверхности частиц пыли, которые содержатся в газе, адсорбируют ионы, поэтому они приобретают в межэлектродном промежутке электрический заряд и под влиянием сил электрического поля движутся к электродам, осаждаюсь на них. Основное количество частиц осаждается на развитой поверхности осадительных электродов, меньшая их часть попадает на коронирующие электроды. По мере накопления на электродах осажденных частиц их удаляют промывкой.



1-газораспределительная решетка; 2-осадительные электроды; 3-корпус;
4-коллектор периодической промывки.

Рисунок 5 Мокрый электрофильтр



а) гладкие; б) с фиксированными точками разряда;

1- круглого сечения; 2- штыкового сечения; 3 - звездообразный;
4 - ленточный; 5 - колючая проволока; 6 - пилообразный; 7 –игольчатый

Рисунок 6 – Различные типы коронирующих электродов

Достоинства:

- высокая эффективность пылеулавливания;

- высокая рабочая надежность;
- возможность высоких рабочих температур 350 °С – 400 °С;
- простота в обслуживании.

Недостатки:

- большие габариты;
- высокая стоимость в связи с применением устройства электрического тока.

2.2 Физико-химические основы процесса

Основная часть коагулятора Вентури это сопло Вентури, в конфузорную часть которого подводится запыленный поток газа и через центробежные форсунки жидкость на орошение. В конфузорной части сопла происходит разгон газа от входной скорости ($w = 15-20$ м/с) до скорости в узком сечении сопла 40-200 м/с и более. Процесс осаждения частиц пыли на капли жидкости обусловлен массой жидкости, развитой поверхностью капель и высокой относительной скоростью частиц жидкости и пыли в конфузорной части сопла. Эффективность очистки в значительной степени зависит от равномерности распределения жидкости по сечению конфузорной части сопла. В диффузоре трубы происходит рост давления и снижение скорости потока до 15-20 м/с, что способствует коагуляции мелких частиц. Из диффузора газовый поток выносит капли жидкости с осевшими на них частицами пыли в каплеуловитель 3, где происходит сепарация взвешенных частиц.

Скрубберы Вентури обеспечивают очистку газов от частиц пыли практически любого дисперсного состава. В зависимости от физико-химических свойств улавливаемой пыли, состава и температуры газа выбирают режим работы скруббера Вентури. Скорость газа в горловине может быть 30-200 м/с, а удельное орошение 0,1-6 м³/м³. Эффективность очистки от пыли зависит от гидравлического сопротивления. Скрубберы Вентури эффективно работают при допустимой запыленности очищаемых газов 30 г/м³, предельной

температуре очищаемого газа 400 °С, удельном орошении 0,5-2,5 м³/м³ и гидравлическом сопротивлении 6-12 кПа.

Электрофильтр

В электрофильтре очистка газов от твердых и жидких частиц происходит под действием электрических сил. Частицам сообщается электрический заряд, и они под действием электрического поля осаждаются из газового потока

Осадительные электроды выполнены из полимерных токопроводящих пластин, имеющих повышенную теплопроводность. Коронирующие электроды изготавливают из оцинкованного провода. Маркировка электрофильтра ШМК означает:

Процесс обеспыливания в электрофильтре состоит из следующих стадий:

- пылевые частицы, проходя с потоком газа электрическое поле, получают заряд;
- заряженные частицы перемещаются к электродам с противоположным знаком;
- осаждаются на этих электродах;
- удаляется пыль, осевшая на электродах.

Зарядка частиц первый основной шаг процесса электростатического осаждения. Большинство частиц, с которыми приходится иметь дело при промышленной газоочистке, сами по себе несут некоторый заряд, приобретенный в процессе их образования, однако эти заряды слишком малы, чтобы обеспечить эффективное осаждение. На практике зарядка частиц достигается пропусканием частиц через корону постоянного тока между электродами электрофильтра. Можно использовать и положительную и отрицательную корону, но для промышленной газоочистки предпочтительнее отрицательная корона из-за большей стабильности и возможности применения больших рабочих значений напряжения и тока, но при очистке воздуха используют только положительную корону, так как она дает меньше азона.

2.3 Выбор и обоснование принятой в проекте технологии

Так как согласно техническим характеристикам электрофильтры и трубы Вентури эффективно очищают газ от мелкодисперстной пыли, а габариты оборудования и себестоимость его, а так же содержание при эксплуатации оборудования и высокая стоимость в связи с применением устройства электрического тока, делает не целесообразное использования дорогостоящего оборудования в виде электрофильтра. Рассмотрев различные типы фильтров и их характеристики, а так же учитывая их достоинства и недостатки, было принято использовать в проекте участка очистки газов коагулятор Вентури.

В основе мокрого пылеулавливания лежит контакт запыленного газового потока с жидкостью, которая захватывает взвешенные частицы и уносит их из аппарата в виде шлама. Метод мокрой очистки газов от пыли достаточно прост и в то же время эффективен.

Достоинства мокрых пылеуловителей:

- сравнительно небольшая стоимость изготовления;
- высокая эффективность улавливания взвешенных частиц, например, скрубберы Вентури могут быть применены для очистки газов от частиц меньше <math><1\text{ мкм}</math>;
- возможность использования при высокой температуре и повышенной влажности газов, а также в случае опасности самовозгорания или взрыва очищаемых газов или улавливаемой пыли;
- возможность одновременного осуществления очистки газов от взвешенных частиц (пылеулавливание), извлечения газообразных примесей (абсорбция) и охлаждения газов (контактный теплообмен).

Недостатки метода мокрого пылеулавливания:

- улавливаемый продукт выделяется в виде шлама, что связано с необходимостью обработки сточных вод и, следовательно, с удорожанием процесса очистки;

- в случае очистки агрессивных газов аппаратуру и коммуникации необходимо изготавливать из антикоррозионных материалов или применять антикоррозионные покрытия.

Особенностью коагулятора Вентури является регулируемая горловина, которая позволяет регулировать производительность данного аппарата, а также предусмотрено плёночное орошение что позволяет более эффективнее очистить технологический газ по сравнению с другими аппаратами этого же типа.

3 Режимные показатели технологии

Характеристика исходных материалов при конвертировании в первом периоде.

Богатый штейн печи Ванюкова (ПВ)

Богатый штейн ПВ (жидкий) представляет собой расплав сульфидов меди и железа (Cu_2S и FeS) с небольшим содержанием сульфидов других металлов. При всей сложности штейнового расплава он в основном состоит из меди, железа и серы. Сумма этих компонентов составляет от 80 до 90 % общей массы штейна. На долю сульфидов цинка, свинца, никеля, а также окислов железа, кремния, алюминия, кальция приходится от 10 до 20 %. В штейне ПВ хорошо растворимы драгоценные металлы.

Физико-химические свойства штейна ПВ:

температура плавления, $^{\circ}\text{C}$ от 900 до 1150;

плотность расплава, г/дм^3 от 4,6 до 5,2.

Температура плавления и удельный вес штейна являются важными его свойствами и зависят от химического состава. Богатые штейны имеют большой удельный вес и более тугоплавки, чем бедные. Химический состав штейнов ПВ приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав штейнов ПВ

Наименование показателя	Значение показателя, %	
	ПВ-2	ПВ-3
Массовая доля никеля Ni	3,46	3,54
Массовая доля меди Cu	62,5	59,7
Массовая доля кобальта	0,06	0,07
Массовая доля железа Fe	10,7	12,7
Массовая доля серы S	22,8	23,2
Прочие, в том числе ДМ и П	0,48	0,79
Итого:	100,00	100,00

Химический и рациональный составы штейна и холодных материалов, принятые в настоящих расчётах, приведены в таблицах 1, 1.1, 1.2

Таблица 1.1 – Химический и рациональный состав штейна

	Элементы												Всего	
	Cu	Fe	Ni	Co	Ca	Si	S	O	C	H	N	Проч.		
Атомная масса	63,55	55,85	58,71	58,93	40,08	28,09	32,06	16,00	12,01	1,00	14,01		%	кг
Соединения	Рациональный состав, %													
Cu ₂ S	60,00						15,26						75,26	75,26
FeS		10,7					6,14						16,84	16,84
NiS			3,46				3,78						7,24	7,24
CoS				0,04			0,02						0,06	0,06
Прочие							-					0,60	0,60	0,60
Итого, %	60,00	10,7	3,46	0,04			25,20					0,60	100,0	
Итого, кг	60,00	10,7	3,46	0,04			25,20					0,60		100,0

Таблица 1.2 – Химический и рациональный состав холодных материалов

Атомная масса	Элементы												Всего	
	Cu	Fe	Ni	Co	Ca	Si	S	O	C	H	N	Прочие		
	63,55	55,85	58,71	58,93	40,08	28,09	32,06	16,00	12,01	1,00	14,01		%	кг
Компоненты	Рациональный состав, %													
Cu	18,00												18,00	1,44
Cu ₂ S	18,00						4,58						22,58	1,83
NiS			2,78				3,04						5,82	0,47
CoS				0,15			0,30						0,45	0,04
FeS		6,60					3,79						10,39	0,84
Fe ₃ O ₄		5,30						2,02					7,32	0,60
2FeO*SiO ₂		14,60				2,01		4,59					21,20	1,72
SiO ₂						2,86		3,26					6,12	0,50
CaO					1,43			0,57					2,00	0,16
Прочие*												6,12	6,12	0,50
Итого, %	36,00	26,50	2,78	0,15	1,43	4,87	11,71	10,44	-	-	-	6,12	100,00	
Итого, кг	2,92	2,15	0,23	0,01	0,11	0,40	0,93	0,85				0,50		8,10

В том числе глинозёма 5,0%.

Песчаник флюсовый после грохочения (крупная фракция)

В песчанике массовая доля, %: оксида кремния SiO_2 – 78,0, оксида кальция CaO – 2,0 оксида магния MgO – 0,5, глинозёма Al_2O_3 – 8,5, гематита Fe_2O_3 – 2,5.

Бедные обороты

В бедных оборотах содержатся, %: медь Cu – 36,0, никель Ni – 2,78, кобальт Co – 0,15, сера S – 8,0, оксид кремния SiO_2 – 7,0 железо Fe – 26,5, КВС – компрессорный воздух сухой. Содержит, % масс.: кислород O_2 – 25, азот N_2 – 75.

Богатая масса

Богатую массу получают в конвертерах в первом периоде конвертирования и при рафинировании шлака никелевого первичного. Представляет собой сплав сульфидов меди, никеля, железа и др. После получения ее сливают в ошлакованные ковши объемом до $10,8 \text{ м}^3$ и при помощи мостового крана транспортируют и заливают в конвертер, находящийся на втором периоде конвертирования либо, ставят конвертер на второй период конвертирования.

- Температура при выдаче в $^{\circ}\text{C}$ – около 1200.
- Плотность расплав в т/м^3 – до 5,2.
- Средняя масса богатой массы в ковше – до 28,0 т.

Богатая масса является основным сырьем для получения черновой меди во втором периоде конвертирования. Химический состав богатой массы приведен в таблице 1.3 и 1.3.1.

Таблица 1.3 – Химический и рациональный состав богатой массы

	Элементы												Всего	
	Cu	Fe	Ni	Co	Ca	Si	S	O	C	H	N	Проч.		
Атомная масса	63,55	55,85	58,71	58,93	40,08	28,09	32,06	16,00	12,01	1,00	14,01		%	кг
Компоненты	Рациональный состав, %													
Cu	1,59						-						1,59	1,41
Cu ₂ S	68,10						17,15						85,25	75,55
NiS			4,08				4,45						8,53	7,56
CoS				0,07			0,04						0,11	0,10
FeS		2,40					1,78						4,18	3,70
Прочие*												0,34	0,34	0,30
Итого, %	69,69	2,40	4,08	0,07			23,42					0,34	100,0	
Итого, кг	61,76	2,13	3,62	0,06			20,75					0,30		88,62

Таблица 1.3.1 – Химический состав богатой массы

Наименование показателя	Значение показателя					
	Ni	Cu	Co	Fe	Собщ.	Итого
Массовая доля, %	5,8	70,3	0,04	2,4	20	98,54

Шлак конвертерный жидкий

По окончании первого периода конвертирования конвертерный шлак сливают в ковш. Ковш со шлаком транспортируют при помощи мостового крана и заливают через заливочный желоб в ПВ для дополнительного извлечения ЦМ.

Конвертерные шлаки представляют собой железосиликатный расплав на основе фаялита с растворенными в нем магнетитом и оксидами ЦМ. В расплаве в небольшом количестве присутствуют сульфиды. Магнетит может присутствовать в концентрации превышающей предел растворимости в фаялите (26-28 %). В этом случае часть магнетита может находиться в виде самостоятельной фазы. ЦМ в шлаках связаны с кислородом и серой. Медь в небольших количествах может присутствовать в виде металла. Рациональный состав конвертерного шлака, принятый в расчётах балансов, приведен в таблице 1.4.

Добавки во втором периоде конвертирования

Обороты богатые ПЦ

В оборотах из плавильного цеха (ПЦ), %: меди Cu -28,0, никеля Ni - 11,0, кобальта Co – 0,22, серы S-1,9, оксида кремния SiO₂ - 6,5, железа Fe – 29,0.

Скрап анодный

В скрапе медь Cu – 99,35 %, никель Ni – 0,55% и кислород O₂-0,1%.

Характеристика продуктов конвертирования второго периода

Медь черновая

Расплав транспортируют в ковшах при помощи мостового крана.

ПУ-3 на огневое рафинирование. Черновая медь содержит примеси: никель, серу, железо, кобальт, селен, теллур, ДМ, а также растворенные газы – диоксид серы (SO₂), кислород (O₂), азот (N₂).

Таблица 1.4 – Рациональный состав конвертерного шлака

Наименование компонента (химическая формула)	Массовая доля, %									
	Итого	Cu	Ni	Co	Fe	S	O ₂	Оксиды Ca, Mg, Al	SiO ₂	Прочие
Сульфид меди (Cu ₂ S)	4,86	3,88				0,98				
Оксид меди (Cu ₂ O)	0,27	0,24					0,03			
Медь металлическая (Cu)	0,20	0,20								
Сульфид никеля (Ni ₃ S ₂)	0,97		0,71			0,26				
Оксид никеля (NiO)	2,09		1,64				0,45			
Сульфид кобальта (CoS)	0,03			0,02		0,01				
Оксид кобальта (CoO)	0,25			0,2			0,05			
Фаялит (2FeO*SiO ₂)	42,28				23,19		6,64		12,45	
Магнетит (Fe ₃ O ₄)	36,20				26,19		10,01			
Оксид кремния (SiO ₂)	6,54								6,54	
Силикаты Ca, Mg, Al	9,86							2,85	2,01	
Прочие	1,45									1,45
ИТОГО	100,0	4,32	2,35	0,22	49,38	1,25	17,18	2,85	21,0	1,45

Примеси в черновой меди находятся в растворенном состоянии и в виде механических включений. Рациональный состав черновой меди приведен в таблице 1.5.

Плотность расплава черновой меди в т/м³ при температуре 1100 °С-8,2.

Температура плавления черновой меди в °С – 1083.

Никелевый шлак

Никелевый шлак образуется во втором периоде конвертирования. После рафинирования штейном ПВ его выгружают в шлаковни, и отправляют на для охлаждения, дробления, сортировки и отгрузки потребителям.

- Температура никелевого шлака в °С – до 1160.
- Плотность никелевого шлака в т/м³ – до 5,4.

Таблица 1.5 – Рациональный состав черновой меди

Наименование компонентов	Массовая доля, %						
	итого:	Cu	Ni	Co	Fe	S	O ₂
Медь металлическая (Cu)	91,83	91,83					
Сульфид меди (Cu ₂ S)	0,09	0,06			0,03		
Оксид меди (Cu ₂ O)	7,16	6,36				0,8	
Металлический никель(Ni)	0,86		0,86				
Металлическое железо (Fe)	0,03			0,03			
Прочие	0,03						0,03
Итого:	100,0	98,25	0,86	0,03	0,03	0,8	0,03

- Требования к качеству никелевого шлака регламентированы СТП 0401.14.55-2-37.

Химический состав никелевого шлака приведен в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Химический состав никелевого шлака

Наименование показателя	Значение показателя				
	Ni	Cu	Co	Fe	S
Массовая доля, %	9,6	21,9	0,213	36,4	4,8

Конвертерная пыль

Конвертерная пыль образуется в результате очистки в две стадии отходящих газов. Грубая конвертерная пыль после первой стадии очистки и мелкая – после второй смешиваются, и получается конвертерная пыль, которая является обратным продуктом. Пыль конвертерная представляет собой сухой сыпучий мелкокусковой продукт серо-черного цвета с размером частиц до 10 мм.

- Насыпная плотность в т/м³ – 3.2;
- Выход конвертерной пыли составляет до 1,2 % от массы металлов, загруженных с исходным сырьем.

Технологическая схема конвертирования штейна ПВ показана на рисунке

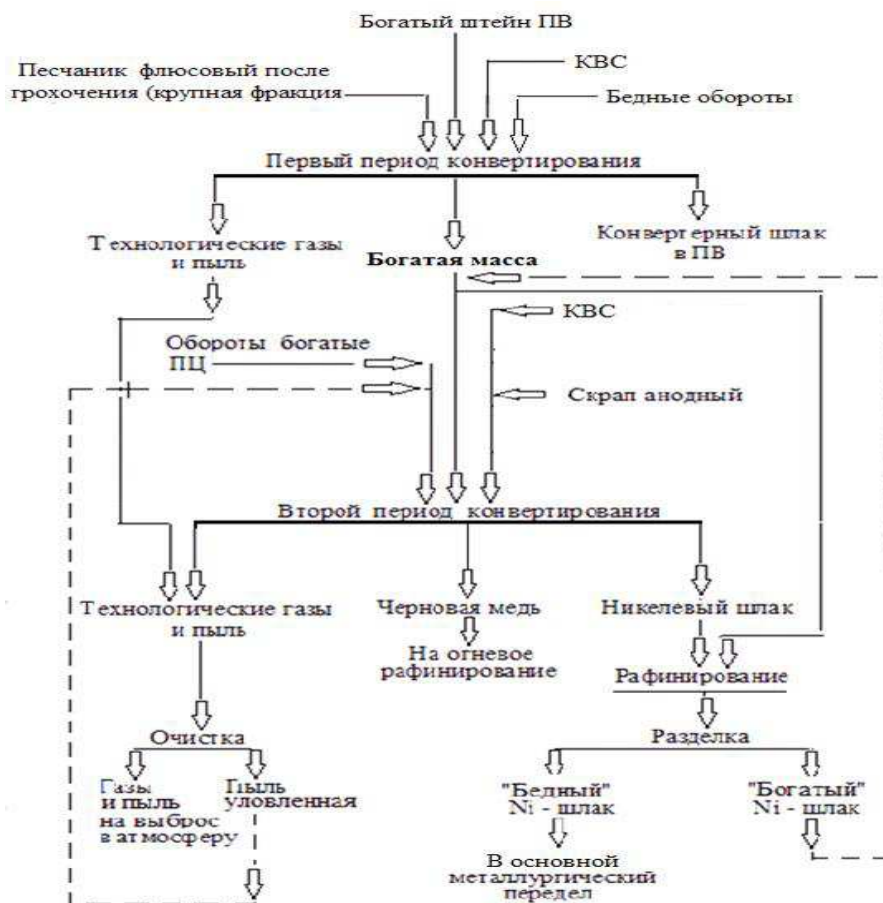


Рисунок 6 – Технологический процесс конвертирования

Газы отходящие конвертерные

В процессе конвертирования образуются отходящие газы, которые очищаются от пыли в две стадии: в пылевой камере, в батарейных циклонах. В данной работе предлагается улучшить очистку газа от пыли путём добавления к имеющимся газоочистным сооружениям дополнительного оборудования в виде труб Вентури и электрофильтра.

Показатели эффективности очистки будут приведены ниже, в результате расчётов.

4 Конструкторский раздел

4.1 Расчёт батарейных циклонов

В циклонах типа НИИОГАЗ очищается от пыли 180000 м^3 газа за 1 час при температуре $320 \text{ }^\circ\text{C}$.

Плотность газа, приведенного к нормальным условиям, составляет $1,39 \text{ кг/м}^3$. Плотность пыли – 6000 кг/м^3 .

Гидравлическое сопротивление группы циклонов НИИОГАЗ не должно превышать 800 Па .

Характеристика подлежащей улавливанию пыли, определённая методом воздушной сепарации, следующая, таблица 1.7.

Таблица 1.7 Фракционный состав пыли

Фракция, мкм	Принятый средний размер частиц, мкм	Содержание фракции % (по массе)
<5	2,5	10
5 – 10	7,5	15
10 – 30	20	26
30 – 50	40	38
>50	70	11

$$\sigma = 2,2$$

Концентрация пыли в газе на входе в циклон 25 г/м^3 .

При необходимости обеспечения большой пропускной способности используют батарейные циклоны (мультициклоны). Они состоят из циклонных элементов, объединенные в одном корпусе и имеющих общий бункер.

динамическая вязкость газа в рабочих условиях равна $\mu = 1.16 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$, расход газа $V = 180000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Принимаем значение оптимальной скорости

$$w_{\text{онт}} = 4.5 \text{ м/с.}$$

Определяем расход газа через один циклонный элемент, принимая его диаметр 250 мм:

$$V = 0,785 \cdot w_{\text{онт}} \cdot D^2, \text{ м}^3/\text{с.}$$

$$V_1 = 0,785 \cdot 4.5 \cdot 0,25^2 = 0,22 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Определяем количество элементов:

$$N = V / V_1$$

$$N = 180000 / (3600 \cdot 0,22) = 50 \cdot 0,22 = 228 \text{ шт.}$$

Выбираем три батарейных циклона типа ЦБ-254Р, составленных из 80 возвратно-поточных элементов с направляющими типа "розетка". При выборе типа циклона, кроме его соответствия по количеству элементов, учитывалось и возможность работы при температуре среды выше 150⁰С, направляющие типа "розетка".

Проверяем скорость потока через 1 элемент:

$$v = V / (0,785 \cdot D^2 \cdot N) = 4,6 \text{ м/с,}$$

$$v = 180000 / 3600 / (0,785 \cdot 0,25^2 \cdot 240) = 50 / (0,785 \cdot 0,25^2 \cdot 240) = 4.2 \text{ м/с,}$$

что близко к оптимальной скорости (4,5 м/с) для выбранного типа батарейного циклона.

Принимаем коэффициент гидравлического сопротивления элемента $\xi = 90$ и вычисляем плотность дымовых газов в рабочих условиях (при 320⁰С)

$$\rho_{\Gamma} = \rho_0 \cdot 273 / (273 + t)$$

$$\rho_{\Gamma} = 1.390 \cdot 273 / (273 + 320) = 0.64 \text{ кг/м}^3$$

Определяем потери давления в циклоне:

$$\Delta P = E(\rho_{\Gamma} \cdot v^2 / 2) = 90 \cdot 0,64 \cdot 3.9^2 / 2 = 438.05 \text{ Па.}$$

Величина потери давления в циклоне приемлема для тягодутьевых устройств, рабочая характеристика циклонных элементов показана в таблице 1.8

Таблица 1.8 Рабочие характеристики циклонных элементов

Характеристика	Тип элемента				
	“розетка” $\alpha=25^\circ$, D=250 мм	“розетка” $\alpha=30^\circ$, D=250 мм	“Энергоуголь” D=250 мм	“Энергоуголь” D=230 мм	Прямоточный ЦКТИ D=250 мм
$\lg D_{50}, \text{мкм}$	3,85	5	3	2,85	4
$\sigma \%$	0,46	0,46	0,325	0,325	0,325

Примечание: значения d_{50} получены для элементов типа “розетка” и “Энергоуголь” при скорости потока 4,5 м/с, динамической вязкости газов $23,7 \cdot 10^{-6}$ Пас, плотности частиц 2200 кг/м³.

Пересчитываем значение d_{50} при рабочих условиях:

$$d_{50} = d_{50}^m (D/D_m \cdot \rho_{ч м} / \rho_{ч} \cdot \mu / \mu_m \cdot v / v_m)^{1/2}$$

$$d_{50} = 5 (250/250 \cdot 2200 / 6000 \cdot 2,38 \cdot 10^{-6} / 23,7 \cdot 10^{-6} \cdot 4,5 / 3,9)^{1/2} = 4,36 \text{ мкм.}$$

Подсчитываем параметр осаждения x и находим соответствующее ему значения интеграла вероятности $\Phi(x)$:

$$x = \frac{\lg \frac{d_m}{d_{50}}}{\sqrt{\lg^2 \sigma_m + \lg \sigma}}$$

$$x_1 = \frac{\lg \frac{40}{4,36}}{\sqrt{0,46^2 + \lg 2,2}} = 2,21$$

$$x_2 = \frac{\lg \frac{20}{4,36}}{\sqrt{0.46^2 + \lg 2.2}} = 1,52$$

$$x_3 = \frac{\lg \frac{5}{4,36}}{\sqrt{0.46^2 + \lg 2.2}} = 0,13$$

Определяем значение $\Phi(x)$, которое представляет собой эффективность очистки газа, выраженную в долях единицы.

$$\Phi_1(x) = 0.9861$$

$$\Phi_2(x) = 0.9357$$

$$\Phi_3(x) = 0.55$$

Эффективность очистки будет равна:

$$\eta = 0,5 \square (1 + \Phi(x)), \%$$

$$\eta_1 = 0,5 \square (1 + 0,98) = 0,99;$$

$$\eta_2 = 0,5 \square (1 + 0,93) = 0,96;$$

$$\eta_3 = 0,5 \square (1 + 0,77) = 0,77.$$

Определяем концентрацию пыли после очистки:

$$C_0 = C_{\text{вх}}(1 - \eta), \text{ мг/м}^3;$$

где C_0 – концентрация пыли после очистки (г/м^3);

$C_{\text{вх}}$ – концентрация пыли до очистки (г/м^3);

η – степень очистки в циклоне.

$$C_{01} = 25(1 - 0,99) \square 1000 = 250 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{02} = 25(1 - 0,96) \square 1000 = 1000 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{O_3} = 25(1 - 0,77) \cdot 1000 = 5750 \text{ мг/м}^3$$

Учитывая, что результат получен при условии равенства степени очистки газов в батарейном циклоне коэффициенту осаждения одиночного элемента, а реальный пропуск выше в 5...6 раз, следует сделать вывод, что батарейные циклоны могут применяться лишь для предварительной очистки дымовых газов заданного состава.

Исходя из заданной производительности 180 тысяч кубических метров в час отходящих газов конвертера, и зная технологические параметры аппаратов, находим количество коагуляторов Вентури

4.2 Расчет коагуляторов Вентури

Исходя из заданной производительности 180 тысяч кубических метров в час отходящих газов конвертера, и зная технологические параметры аппаратов, находим количество коагуляторов Вентури. Труба Вентури с заданными габаритами имеет следующую производительность 26000-30000 тысяч кубических метров в час.

Учитывая коэффициент использования оборудования (КИО) $330 / 365 = 0,9$ найдем теоретический объем газа, на который в дальнейшем рассчитаем необходимое количество коагуляторов:

$$V_{\text{теор}} = 180000 \div 0,9 = 200000 \text{ м}^3$$

Найдем количество необходимых труб Вентури:

$$N_{\text{коагуляторов}} = 200000 \div 28000 = 7,14 \text{ штук}$$

Расчет скруббер Вентури для очистки отходящих газов конвертера, определить размеры скруббера, эффективность и гидравлическое сопротивление.

Исходные данные:

$$\text{расход газов} - V_0 = 180000 \text{ м}^3/\text{ч};$$

температура газов на входе в скруббер – $t_1=150^\circ\text{C}$;

разрежение газа перед скруббером - $p_r=5\text{кПа}$;

плотность газа при нормальных условиях - $\rho_0=1,29\text{ кг/м}^3$;

концентрация пыли в газе на входе в скруббер - $z_1=11,5\text{ г/м}^3$;

напор поступающей на орошение воды - $p_{\text{ж}}=300\text{ кПа}$;

необходимая концентрация пыли в газе на выходе из скруббера - $z_2=0,5\text{мг/м}^3$.

Определяем требуемую степень очистки газа

$$\eta = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1};$$

$$\eta_{40} = \frac{250 - 0.5}{250} = 0.99;$$

$$\eta_{20} = \frac{1000 - 0.5}{1000} = 0.99;$$

$$\eta_5 = \frac{5750 - 0.5}{5750} = 0.99.$$

с учетом коэффициентов B_1 и x , вычисляются затраты энергии на очистку газа:

$$K = \sqrt[0.466]{-\frac{1}{B_1} \ln(1 - \eta)};$$

$$K_{40} = \sqrt[0.466]{-\frac{1}{9.88 \cdot 10^{-2}} \ln(1 - 0.2)} = 5,5 \text{ кДж/1000м}^3$$

$$K_{20} = \sqrt[0.466]{-\frac{1}{9.88 \cdot 10^{-2}} \ln(1 - 0.8)} = 426 \text{ кДж/1000м}^3$$

$$K_5 = \sqrt[0.466]{-\frac{1}{9.88 \cdot 10^{-2}} \ln(1 - 0.96)} = 1754 \text{ кДж/1000м}^3$$

Общее гидравлическое сопротивление скруббера Вентури определяется по формуле, в которой удельный расход орошающей жидкости m принят $0,001 \text{ м}^3 / \text{м}^3$ газа:

$$\Delta p_{\text{ан}} = K - m \cdot p_{\text{ж}};$$

$$p_{\text{ан}} = 1754 - 0,001 \cdot 300000 = 1454 \text{ Па.}$$

Плотность газа с учетом действительных условий составит:

$$p_{\text{д}} = p_0 \frac{273(101,3 - p_{\text{г}})}{(273 + t_1) \square 101,3}, \text{ кг/м}^3;$$

$$p_{\text{д}} = 1,29 \frac{273(101,3 - 5)}{(273 + 150) \square 101,3} = 0,79 \text{ кг/м}^3.$$

где $101,3$ – давление газа при нормальных условиях, кПа

Объемный расход газа поступающего на очистку при действительных условиях:

$$V_{\text{д}} = V_0 \frac{p_0}{p_{\text{д}}} \text{ м}^3 / \text{ч};$$

$$V_{\text{д}} = 180000 \frac{1,29}{0,79} = 293924,06 \approx 294000 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Расход орошающей жидкости (вода)

$$M = m \cdot V_{\text{д}} \text{ кг/ч}$$

$$M = 0,001 \square 294000 = 294 \text{ кг/ч}$$

Гидравлическое сопротивление циклона-каплеуловителя Δp_k на основании опыта работы аналогичных установок принимается 100 Па.

Гидравлическое сопротивление трубы Вентури определяем по формуле:

$$\Delta p_{тр} = \Delta p_{ан} - \Delta p_k;$$

$$\Delta p_{тр} = 1754 - 100 = 1654 \text{ Па.} \approx 1,6 \text{ кПа.}$$

Температура насыщенного влагой газа на выходе из скруббера Вентури: определяется по формуле:

$$t_2 = (0,133 - 41 \cdot m) \cdot t_1 + 35;$$

$$t_2 = (0,133 - 41 \cdot 0,001) \cdot 150 + 35 = 48,8 \text{ }^\circ\text{C.} \approx 48^\circ\text{C.}$$

Плотность газа на выходе из трубы Вентури:

$$p_2 = p_0 \cdot \frac{273 \cdot [101,3 - (p_r + \Delta p_{тр})]}{(273 + t_2) \cdot 101,3} \text{ кг/м}^3$$

$$p_2 = 1,29 \cdot \frac{273 \cdot [101,3 - (5 + 3,4)]}{(273 + 48) \cdot 101,3} = 1,006 \text{ кг/м}^3$$

Выбирается труба Вентури с центральным подводом орошающей жидкости в конфузоре. При этом значение коэффициента гидравлического сопротивления ξ_1 сухой трубы без орошения принимается средней в интервале $0,12 \div 0,15$, т.е. $\xi_1 = 1,25$.

Гидравлическое сопротивление орошаемой трубы определяется по формуле с учетом соответствующих значений А и В₂ таблица 1.9.

$$\xi_2 = A \cdot \xi_1 \cdot m^B;$$

$$\xi_2 = 0.63 \cdot 0.125 \cdot 0.001^{-0.3} = 0.63$$

где A и B₂ – эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в табл. 1.12.

Вычисляется скорость газа в горловине трубы Вентури, м/с

$$U_{\Gamma} = \left(\frac{2 \cdot \Delta p_{\Gamma}}{(\varepsilon_1 \cdot \rho_{\Gamma}) + (\varepsilon_2 \cdot m \cdot \rho_{\text{ж}})} \right)^{0.5}$$

Таблица 1.9 – Значение коэффициентов A и B₂

Способ орошения трубы Вентури	Скорость газа в горловине, м/с	Длина горловины l ₂ , м	Коэффициенты	
			A	B ₂
центральное орошение перед конфузором и пленочное орошение	>80	(0,15-12,0)d ₂	1,68(l ₂ /d ₂)0,290	1-1,12(l ₂ /d ₂)-0,045
	<80	0,15d ₂	3,49(l ₂ /d ₂)0,266	10,98(l ₂ /d ₂)0,020
Центральное орошение в конфузор	40÷150	0,15d ₂	0,63	-0,3
периферийное орошение в конфузор	>80	0,15d ₂	13,4	0,024
	<80	0,15d ₂	1,4	-0,316

$$U_{\Gamma} = \left(\frac{2 \cdot 3414}{(0.125 \cdot 1.006) + (0.63 \cdot 0.001 \cdot 1000)} \right)^{0.5} = 95 \text{ м/с}$$

где ρ_г и ρ_ж – соответственно, плотность очищаемого газа и орошающей жидкости, кг/м³.

Объемный расход газа на выходе из трубы Вентури составит:

$$V_2 = V_0 \cdot \left(\frac{p_0}{p_2} \right);$$

$$V_2 = 180000/3600 \cdot (1.29/1.006) \approx 230000 = 64.5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Диаметр горловины трубы Вентури составит:

$$d_2 = 1.13 \cdot \left(\frac{V_2}{U_\Gamma} \right)^{0.5} \text{ м};$$

$$d_2 = 1.13 \cdot \left(\frac{64.5}{95} \right)^{0.5} = 0.93 \text{ м}.$$

Полученное значение диаметра горловины значительно превышает наибольший диаметр горловины типоразмерного ряда высоконапорных труб Вентури: 115, 135, 155, 180, 200, 240, 280, 320, 370, 420.

В связи с этим следует установить несколько параллельно работающих труб Вентури. Принимается число труб $n=7$. В этом случае диаметр горловины каждой из четырех идентичных труб составит:

$$d_2 = 1.13 \cdot \left(\frac{V_2}{n \cdot U_\Gamma} \right)^{0.5} \text{ м}$$

$$d_2 = 1.13 \cdot \left(\frac{64.5}{7 \cdot 95} \right)^{0.5} = 0.35 \text{ м}$$

При этом длина горловины составит: $l_2 = 0,15 \cdot d_2 = 0,15 \cdot 0,35 = 0.0525 \text{ м}$.

Скорость газа в горловине трубы в этом случае составит:

$$U_\Gamma = \frac{1.13 \cdot V_2}{d_2^2 \cdot n} \text{ м/с};$$

$$U_\Gamma = \frac{1.13 \cdot 64.5}{0.35^2 \cdot 7} = 96.04 \text{ м/с}.$$

Принимается скорость газа на входе в конфузор и на выходе из диффузора трубы Вентури равной 20 м/с. При этой скорости диаметр входного сечения конфузора составит:

$$d_1 = \frac{294000}{3600 \cdot 7 \cdot 20} = 0.86 \text{ м.}$$

а диаметр выходного сечения диффузора составит:

$$d_3 = \frac{1}{13} \cdot \left(\frac{64.5}{20}\right)^{0.5} = 0.77 \text{ м.}$$

Угол сужения конфузора принимается $\alpha_1=25^\circ$. Длина конфузора составит:

$$l_1 = [(d_1 - d_2)/2]: \text{tg}(\alpha_1/2);$$

$$l_1 = [(0.86 - 0.35)/2]: \text{tg}(25/2) = 1,0 \text{ м.}$$

Угол раскрытия диффузора принимается $\alpha_2=6^\circ$. Длина диффузора составит:

$$l_3 = [(d_3 - d_2)/2]: \text{tg}(\alpha_2/2);$$

$$l_3 = [(0.77 - 0.35)/2]: \text{tg}(6/2) = 4 \text{ м.}$$

Определяем диаметр циклона – каплеуловителя:

$$D_{\text{ц}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V_2}{W_{\text{ц}}}} \text{ м;}$$

$$D_{\text{ц}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{64,1}{2,5}} = 5,7 \approx 6 \text{ м};$$

где $W_{\text{ц}}$ скорость газа в циклоне – каплеуловителе (принимается равной 2,5 м/с).

Определяем высоту циклона – каплеуловителя:

$$H = 2,5 \cdot D_{\text{ц}} \text{ м};$$

$$H = 2,5 \cdot 6 = 15 \text{ м}$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 1.10

Таблица 1.10 Результаты расчета скруббера Вентури

Наименование показателей	Обозначение	Величина м
1	2	3
Размеры скруббера:		
диаметр входного сечения конфузора, м	d_1	0,86
длина конфузора, м	l_1	1,0
угол сужения конфузора, град.	α_1	25
диаметр горловины, м	d_2	0,35
длина горловины, м	l_2	0,05
угол раскрытия диффузора, град.	α_2	6
длина диффузора, м	l_3	4
диаметр выходного сечения диффузора, м	d_3	0,77
Эффективность (степень) улавливания пыли	η	0,99
Гидравлическое сопротивление:		
трубы Вентури, Па	$\Delta p_{\text{тр}}$	1,6
циклона-каплеуловителя, Па	$\Delta p_{\text{к}}$	100
скруббера Вентури в целом, Па	$\Delta p_{\text{ан}}$	1454
диаметр циклона- каплеуловителя	$D_{\text{ц}}$	6
высота	H	15

С учетом возможности выхода из строя коагулятора Вентури или изменения технологического режима предлагается установить в качестве запасного аппарата дополнительный коагулятор. Таким образом, на участке мокрой очистки газов предлагается установить восемь коагуляторов Вентури минимальной производительностью 28000 м³/ч и максимальной до 200000 м³/ч.

4.3 Расчет электрофильтра марки ЭГА

Учитывая технологический режим и рассчитанную производительность 180000 м³/ч по технологическому газу рассчитаем необходимое количество электрофильтров марки с электродами на 45000 м³/ч учитывая коэффициент использования оборудования (КИО) $330 / 365 = 0,9$

$$V = 180000 \div 0,9 = 200000 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Найдем количество необходимых мокрых электрофильтров:

$$N_{\text{электрофильтров}} = 200000 \div 45000 = 4,4$$

Для заданной производительности потребуется пять электрофильтров. Минимальной производительностью от 20000 м³/ч и максимальной до 140000 м³/ч что удовлетворяет условиям.

Электрический ток 45-75кВт,

Расстояние между электродами Н=300 м.,

Скорость газа в активном сечении $v_r = 1$ м/с.

Динамическая вязкость сернистого газа при температуре 250°С $\mu = 2,19 \cdot 10^{-6}$

Определяют напряженность электрического поля:

$$E = U/H, \text{ В/м};$$

$$E = 75000/0.3 = 250000 \text{ В/м.}$$

Напряженность электрического поля в ходе очистки примем равной $30 \cdot 10^4$ В/м, что характерно для электрофильтров:

Определяем величину скорости дрейфа частиц от 5 до 40 мкм.

$$w_{д(5)} = 0,059 \cdot 10^{-10} \cdot E^2 \cdot \frac{d_{ч}}{\mu}, \text{ м/с};$$

$$w_{д(5)} = 0,059 \cdot 10^{-10} \cdot (30 \cdot 10^4)^2 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6}}{2,19 \cdot 10^{-6}} = 1,21 \text{ м/с};$$

$$w_{д(40)} = 0,059 \cdot 10^{-10} \cdot (30 \cdot 10^4)^2 \cdot \frac{40 \cdot 10^{-6}}{2,19 \cdot 10^{-6}} = 9,6 \text{ м/с};$$

Скорость газа в активном сечении $v_r = 1 \text{ м/с}$.

Определяем время, необходимое для осаждения частиц размером 5 мкм, так как они имеют в 8 раз меньшую скорость дрейфа.

Предварительно выбираем электрофильтр типа ЭГА 1-10-6-4-2-300-5. ЭГА - это горизонтальные многопольные пластинчатые электрофильтры с S – образными электродами и ланчато – игольчатыми коронирующими элементами, собранными в рамной конструкции. Расстояние между коронирующим и осадительным электродами 300 мм.

Расчет времени необходимого для того что бы улавливаемая частица достигла осадительного электрода:

$$\tau_{ос} = \delta / wd$$

$$\tau_{ос} = \delta / wd(5) = 0,3 / 1,21 = 0,24 \text{ с};$$

$$\tau_{ос} = \delta / wd(40) = 0,3 / 9,6 = 0,031 \text{ с}.$$

где δ – расстояние между коронирующим и осадительным электродами, м.

wd – скорость дрейфа (средняя условная скорость движения частиц по направлению к осадительным электродам), м/с.

Напряженность электрического поля в ходе очистки примем равной $30 \cdot 10^4$ В/м, что характерно для электрофильтров

Определим необходимую величину активного сечения электрофильтра:

$$S = \frac{V_{\Gamma}}{3600 \times 1} = \frac{180000}{3600} = 50 \text{ м}^2$$

Определим удельную поверхность осаждения электрофильтра:

$$f = \frac{F_{oc}}{V_{\Gamma}}, \text{ м}^2 / (\text{м}^3 \cdot \text{с})$$

$$f = \frac{5652}{\frac{180000}{3600}} = 113,04 \text{ м}^2 / (\text{м}^3 \cdot \text{с})$$

где F_{oc} – площадь осаждения м^2

Степень очистки сушильного реагента в данном электрофильтре определяем по уравнению:

$$E = [1 - \exp(-w_{\Gamma} \cdot f)] \cdot 100\% = [1 - \exp(-1,21 \cdot 113,04)] \cdot 100\% = 99,9\%$$

Полученная величина степени очистки выше заданной, поэтому выбранный тип электрофильтра обеспечит необходимую степень пылеочистки.

Проверяем необходимое условие осаждения частиц в данном электрофильтре. Средняя скорость движения в электрофильтре с горизонтальным движением потока запыленного газа лежит в пределах 0,5... 1 м/с. Для проверки необходимого условия осаждения примем верхний предел скорости движения газового потока, тогда:

$$\tau_{\Pi} = 1/v_{\Gamma} = 8,5/1,0 = 8,5 \text{ с.}$$

Таким образом, $\tau_{oc} < \tau_{\Pi}$ что говорит о том, что фильтр выбран правильно.

5 Характеристика основного оборудования

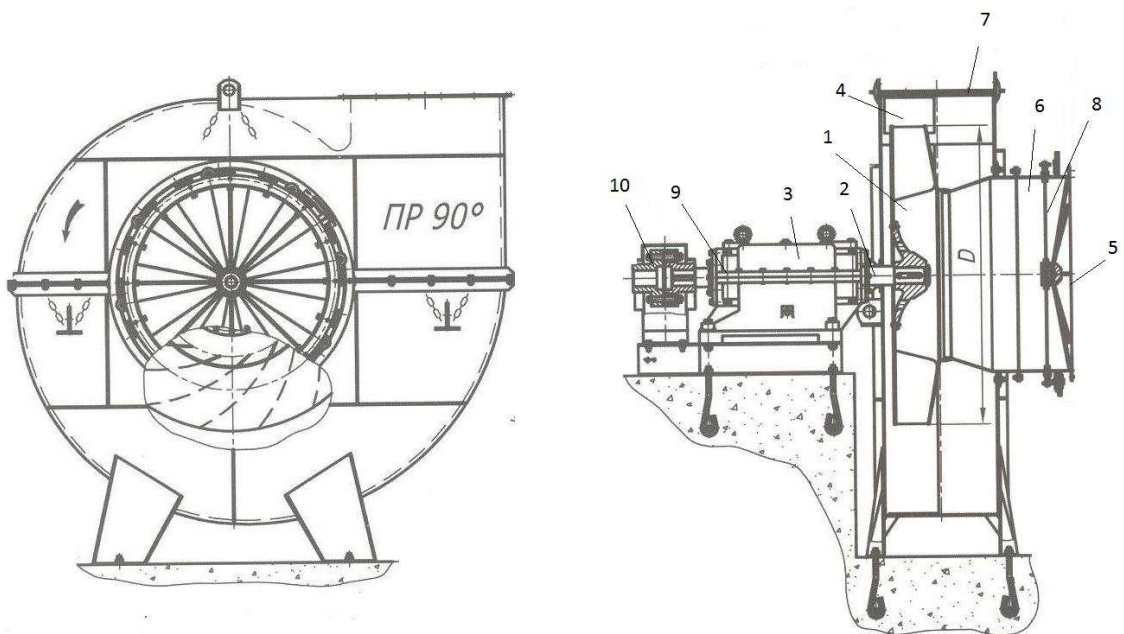
К основному оборудованию относятся дымососы трубы Вентури и мокрые электрофильтры марки ШМК и источниками питания электрофильтров АТФ-250.

5.1 Вентиляторы дутьевые ВДН 21

Дутьевые вентиляторы ВДН 21 крупные центробежные дутьевые машины среднего давления с односторонним всасыванием, на рисунке 7 показан вентилятор. Дутьевые вентиляторы предназначены перемещения не взрывобезопасных пылегазовоздушных смесей и воздуха температурой от минус тридцати до плюс двухсот градусов Цельсия, для нагнетания воздуха или газовой смеси в топку паровых и водогрейных котлов. Вентилятор состоит из рабочего колеса, кожуха из металла, ходовой части с валом. В нижней части кожуха врезан сливной патрубок (штуцер) диаметр 96 мм для удаления накопившейся жидкости. Вентилятор комплектуют осевым направляющим аппаратом, предназначенным для регулирования производительности вентилятора и облегчения запуска его в работу. Управление направляющим аппаратом дистанционное, от электромеханического привода МЭО-250/63-063. Через соединительные полумуфты вентилятор приводят во вращение электродвигатель, в таблице 1.11 показаны технические характеристики вентилятора.

Таблица 1.11 – Техническая характеристика вентиляторов

Показатель	Значение
Производительность, м ³ /ч	135000
Скорость вращения, об/мин	1000
Полное давление, Па	7200
Материал	титан
Тип электродвигателя	ДАЗО4-450У-6
Привод направляющего аппарата	МЭО-250/63-063 ГОСТ 7192-80
Мощность электродвигателя, кВт	400



1-рабочее колесо; 2-вал; 3-ходовая часть; 4-улитка; 5-всасывающий патрубок;
 6-коллектор; 7-выходной патрубок; 8-направляющая аппарат; 9-
 соединительные полумуфты; 10-электродвигатель.

Рисунок 7 – Вентелятор ВДН 21

5.2 Труба-коагулятор Вентури

Коагуляторы выполнены из титана марки ВТ1-0, данный материал стоек к коррозии и износоустойчивый, а так же термоустойчивый что позволяет снизить затраты на ремонт оборудования и использовать данный аппарат в процессе очистки технологического газа от пыли.

Коагуляторы Вентури устанавливаются непосредственно в газоход, так как у нас заданная производительность выше производительности одного коагулятора предлагается разбить газоход на семь отдельных газоходов и перед каждым установить автоматически регулируемый колокольный затвор позволяющий регулировать технологический процесс в зависимости от

изменения технологического режима, в таблице 1.12 занесены данные характеристики коагулятора Вентури.

Таблица 1.12 – Характеристика коагулятора Вентури

Наименование показателей	Параметры
Температура газа на входе, град. С°	40 - 150
Производительность, м ³ /ч	26000 - 30000
Орошающая жидкость	Вода промышленная
Максимальный расход воды на пленочное орошение , л/м ³	4
Максимальный расход воды на орошение, л/ч	15
Гидравлическое сопротивление, кгс/м ²	400
Тип исполнительного механизма	30МЭП-5/24-400
Усилие исполнительного механизма, кг	500
Скорость перемещения штока исполнительного механизма, мм/с	24
Рабочий ход исполнительного механизма, мм	400
Основной конструкторский материал	Титан ВТ1-0
Степень очистки газов, %	До 98

5.3 Электрофильтр

Электрофильтр представляет собой вертикальный односекционный аппарат, изготовленный из титана. Обслуживание электродной системы электрофильтра производят при помощи двух люков-лазов: среднего и верхнего диаметром 600 мм, снабженных электро-блокировочными замками, обеспечивающими безопасность обслуживающего персонала. Питание электрофильтра осуществляют подачей высокого напряжения (до 70 кВ) на одну из четырех тяг системы коронирующих электродов. Для замера температуры в изоляторной коробке предусмотрено гнездо для термопары. Изоляторные коробки теплоизолированные. Электрофильтры комплектуют источниками питания АТФ-250, в таблице 1.14 показаны характеристики электрофильтра ШМК, а в таблице 1.15 основного электрооборудования.

Таблица 1.14 – Характеристика электрофилтра марки ЭГА

Наименование показателей	Параметры
Площадь активного сечения, м ²	49
Число секций, шт.	1
Число полей, шт.	3
Активная длина поля, м	3,5
Общая площадь осаждения осадительных электродов, м ²	5625
Габаритные размеры, мм	22740x7990x16900
Количество осадительных электродов, шт.	120
Активная длина коронирующих электродов, мм	6 -12 м
Разрежение в электрофилтре, Па (кгс/м ²)	5(500)
Температура газа, максимальная, °С	330
Гидравлическое сопротивление, Па (кгс/м ²)	100-200(10-20)
Производительность, (м ³ /ч)	42 000-47 000
Степень очистки газов, %	99,6

Таблица 1.15 – Характеристика основного электрооборудования

п/п	Позиция	Наименование	Характеристики
1	В-1,В2	Вентилятор ВДН – 15,5	Q = 95000 м ³ /ч
2	Н1	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
3	Н1А	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
4	Н2	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
5	Н2А	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
6	Н3	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
7	Н4	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
8	Н3-4	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
9	Н5	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
10	Н7	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
11	Н5-7	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
12	Н6	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
13	Н8	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
14	Н6-8	ХНЗ 10/35	Q = 50 м ³ /час, Н = 25 м.
15	13	Насос Х 45/54 Т-2Д	Q = 45 м ³ /час, Н = 54 м.
16	17	Насос ТХИ 8/40 - К	Погружной

6 Характеристика вспомогательного оборудования

К вспомогательному оборудованию относятся сборники, теплообменники, газоход, колокольные затворы.

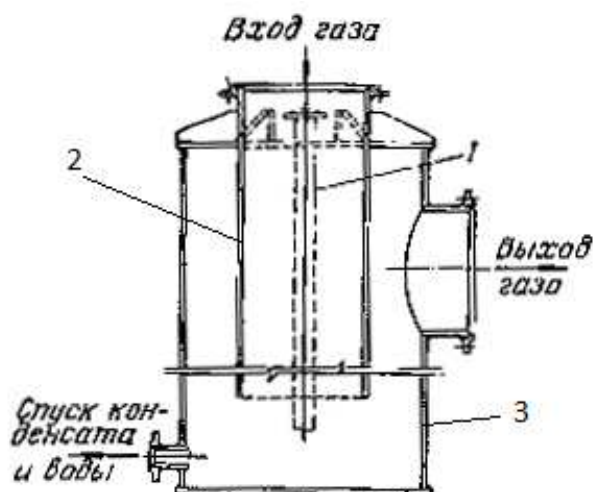
6.1 Затвор колокольный

Затвор колокольный с условным проходом 1200 мм является запорным устройством. Колокольный затвор представляет собой вертикальное цилиндрическое устройство, на рисунок 8 показан колокольный затворный.

Основным элементом колокольного затвора является запирающийся клапан в виде колокола 2. Затвор снабжен двумя патрубками диаметром 1220 мм, входным и выходным. Входной нижний патрубок 1 входит внутрь корпуса 3 на глубину 600 мм. Выходной патрубок в закрытом положении находится в слое проточной воды циркуляционной прямой, уровень которой регулируют подводным и сливным штуцерами, имеющими диаметр соответственно 32 и 89 мм. Запирающийся колокол диаметром 1350 мм, с толщиной стенок 5 мм и высотой 600 мм, укреплен на штоке диаметром 89 мм, вертикальное перемещение которого осуществляют через уплотняющие элементы в крышке корпуса аппарата. Для перекрытия потока производят отключение привода и колокол под действием груза опускается на выступающую часть входного патрубка. Вода, находящаяся между стенками патрубка, колокола и корпусом аппарата, препятствует возможным утечкам газа.

6.2 Газоходы

Газоходы служат для транспортирования отходящих газов от места их образования, до места их использования и удаления в дымовую трубу за счет тяги, создаваемой вентилятором. Газоход диаметром 2000 мм выполнен из стали 12X18Н 10ТС, на всех остальных участках из титана.



1-входной патрубок; 2-колокол; 3-корпус;

Рисунок 8 – Затвор колокольный

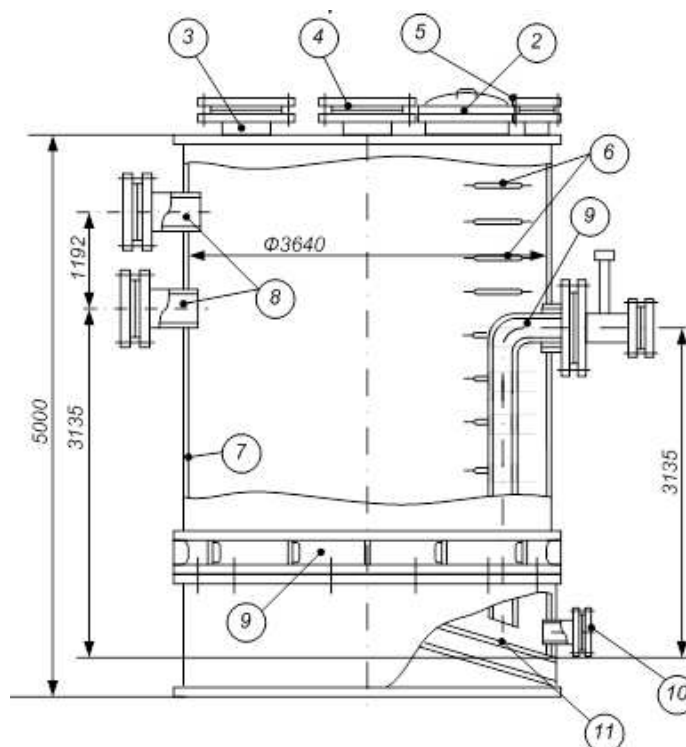
Соединения отдельных звеньев газопроводов между собой и фасонных частей осуществляют на сварке, газоочистным аппаратом на фланцах. Для компенсации тепловых удлинений предусмотрены коробчатые компенсаторы. Для регулирования объемов газов, для отключения оборудования на газопроводах предусмотрена установка дроссель-клапанов.

6.3 Сборник

Прием и накопление циркуляционного промывного раствора с различным содержанием твердого происходит в сборниках вместимостью 45 м³. Сборник представляет из себя вертикальную цилиндрическую емкость, на рисунке 11 показан сборник, диаметром 3640 мм, с толщиной стенки 6 мм и высотой 5000 мм, выполненную из титана и установленную на опорной юбке 1. В крышке сборника расположен закрывающийся люк-лаз 2 диаметром 600 мм, патрубки подачи раствора диаметром 250 мм 3, патрубки отвода, поступающего вместе с раствором сернистого газа 4, и патрубки для установки

контрольно-измерительных приборов диаметром 15 и 150 мм. Для доступа внутрь сборника со стороны люк-лаза имеются скобы 6.

В корпусе сборника 7 предусмотрены патрубки перелива раствора 8 диаметром 300 мм, патрубки установки сифонов 9 диаметром 400 мм и опорожнения 10 диаметром 100 мм. Для полного удаления раствора при ревизии или ремонте корпуса сборника снабжен наклонным днищем 9.



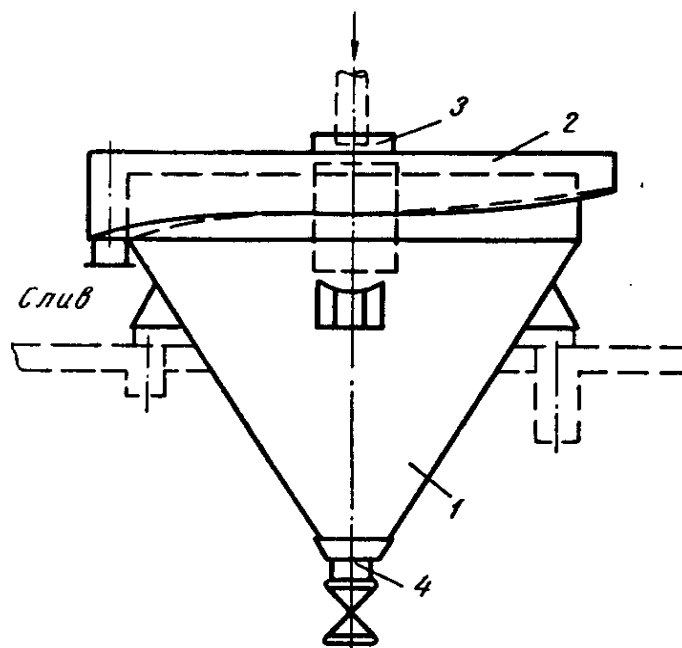
1-опорная юбка; 2-люк-газ; 3-патрубок подачи раствора; 4-патрубок выхода газа; 5-патрубок установки КИП; 6-скобы; 7.-корпус; 8-патрубки перелива; 9-патрубки установки сифонов; 10-патрубок опорожнения; 11-наклонное днище

Рисунок 9 – Сборник

6.4 Отстойник

Отстойник предназначен для приема пульпы поступающих с трубокоагуляторов Вентури и МШК, для последующей очистки воды и ее использования дальше.

Шламовые отстойники рекомендуется устраивать радиального типа с подачей воды в центральную трубу и отведением осветленной воды в кольцевой желоб. Отстойники - железобетонные их внутренняя поверхность должна быть защищена кислотоупорной изоляцией. Отстойник представляет конический резервуар с габаритными размерами: 5000×4500 мм, на рисунке 10 показан отстойник.



1-конический резервуар; 2-кольцевой желоб; 3-патрубок для приема шламовой воды; 4-патрубок для выпуска сгущенной воды

Рисунок 10 Отстойник

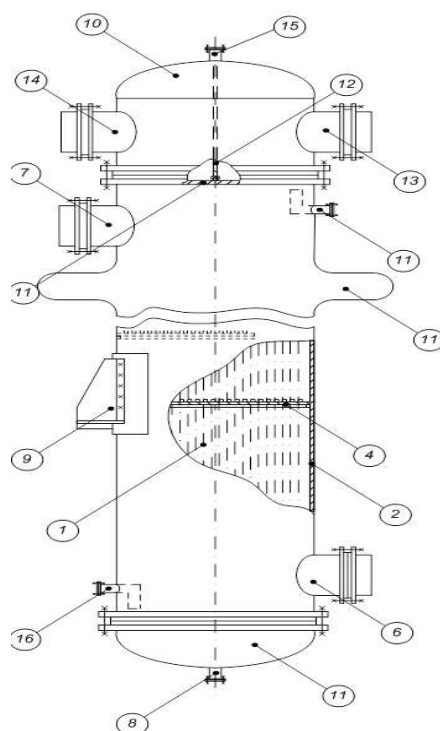
6.5 Теплообменник

Кожух отрубный теплообменник предназначен для охлаждения циркуляционного раствора перед подачей его на орошение в трубу коагулятор Вентури и представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат с габаритными размерами: 6928x2226x2070 мм, выполненный из титана. Основным элементом теплообменника рисунок 11 является трубчатка 1.

Трубочатка длиной 5096 мм состоит из жесткого кожуха и пучка трубок 3, жестко закрепленных в двух трубных решетках 4 для создания двух проточных каналов.

Первый канал предназначенный для охлаждающей воды циркуляционной прямой, находится в межтрубном пространстве, объемом 3,66 м³. Он снабжен шестью сегментными перегородками 5. Перегородки изменяют направление движения охлаждающей воды таким образом, что наружная поверхность трубок омывается преимущественно в поперечном направлении, улучшая процесс теплопередачи.

Второй канал, предназначенный для охлаждения циркуляционного промывного раствора, находится в трубном пространстве объемом 5,11 м³, ограниченном неразъемной камерой 11 и нижней крышкой 12. В неразъемной камере установлена вертикальная перегородка 5, разделяющая трубное пространство теплообменника для входа и выхода охлаждаемого раствора через штуцеры 14,15 диаметром 350 мм.



1-трубный пучек; 2-обечайка; 3-трубная решетка; 4-перегородка сегментная;
 5-штуцер входа воды; 6-штуцер выхода воды; 7-штуцер воздушник; 8-штуцер
 слива воды; 9-опора; 10-камера неразъемная; 11-крышка нижняя; 12-
 перегородка вертикальная; 13-штуцер входа раствора; 14-штуцер выхода
 раствора ; 15-воздушник; 16-штуцер опорожнения; 17-температурный
 компенсатор

Рисунок 11 Теплообменник

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно проведенной работы можно сделать следующий вывод. При работе конвертера осуществляется продувка штейна и окисляется содержащая в штейне сера и железо воздухом. Через горловину конвертера в газод выходит большое количество газов с содержанием пыли. Использование оборудования в виде пылиосадительной камеры и батарейных циклонов позволяет произвести механическую очистку газа сухим методом. Гравитационное осаждение частиц и инерционное и центробежное пылиулавливание действительно лишь для крупных частиц пыли и степень очистки составит 50 – 70 %, а мелко-дисперсная пыль будет продолжать выбрасываться с отходящими газами в атмосферу и причинять вред окружающей среде. Такой метод пригоден лишь для предварительной грубой очистки газов. Для того что бы улучшить очистку газа от мелко дисперсной пыли, следует применить к сухой методу очистки от пыли, мокрый метод, что существенно повысит очистку газа до уровня ПДК по пыли и снизит негативное воздействие на окружающую среду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баттан Л.-Д. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий/ - М., 1972, 124 с.
2. Борбат В.Ф. Новые процессы в металлургии никеля и кобальта / И. Ю.Лещ. - М.: Металлургия , 1976.-316 с.
3. Воронов А.Б. Гидрометаллургические процессы в технологии никеля и кобальта: Сборник.-М.,1986.-115 с.
4. Карапетьянц М.Х. Химическая термодинамика.- М., 1975-149с.
5. Карапетьянц М.Х. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ/Карапетьянц М.Л.-М.: Изд-во “Химия”, 1968.-155с.
6. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов/Под ред.А.Я.Соколова-М.:Пищпромидат.1960.-98с
7. Гичев Ю.А. Очистка газов. Часть 1: Конспект лекция. - Днепропетровск:НМетАУ, 2015.- 51 с.
8. Кохан, Л.С. Механическое оборудование цехов по производству цветных металлов: Учеб. пособие для вузов / Л.С. Кохан, А.Г. Навроцкий. -М.: Металлургия, 1985. -312 ст.
9. Притыкин, Д.П. Механическое оборудование заводов цветной металлургии: Учебник для вузов. В 3-х частях. 4.1. - М.: Металлургия, 1988. – 392 с.
10. Охрана окружающей среды. /Под ред. С.В.Белова. - М.: Высшая школа, 1991.
11. Тимонин А.С.Основы расчета и конструирования химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник: В 3 т. Т.2. Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2002.
12. Штокман Е.А. Очистка воздуха. - М.: Изд-во АСВ, 1999.
13. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. В 2-х ч. Ч.1: /Под ред. Калверта С., Инглунда Г.М. - М.: Металлургия, 1988.

14. Систер В.Г., Муштаев В.И., Тимонин А.С. Экология и техника сушки дисперсных материалов. - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 1999.
15. Страус В. Промышленная очистка газов. - М.: Химия, 1981.
16. Оборудование, сооружения, основы проектирования химико-технологических процессов защиты биосферы от промышленных выбросов. /А.И.Родионов, Ю.П.Кузнецов, В.В.Зенков, Г.С.Соловьев. - М.: Химия, 1985.
17. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли. - М.: Химия, 1981.
18. Очистка промышленных газов от пыли. /Ужов В.Н. и др. М.: Химия, 1985.
19. Справочник по пыле- и золоулавливанию. /Под ред. Русанова А. А. — М.: Энергоатомиздат, 1983.
- Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. — М.: Стройиздат, 1974.
- лиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. — М.: Металлургия, 1986.
20. Белевицкий А.М. Проектирование газоочистительных сооружений. - Л.: Химия, 1990.
21. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1987.
22. Квашнин И.М., Юнкеров Ю.И. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу промышленными предприятиями. - Пенза: ПГАСА, 1998. 173 с.
23. Еремкин А.И., Квашнин И.М., Юнкеров Ю.И. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. - М.: Ассоциация строительных Вузов, 2000. - 176 с.


Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

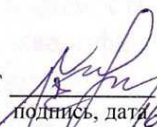

подпись
« 14 » 07 20 19 г.
Т.А. Кулагина
инициалы, фамилия

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность специальность

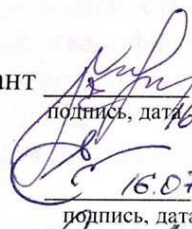
Тема: «Снижение негативного воздействия плавильного цеха Медного
завода»

Научный консультант


подпись, дата 16.07.19 г.
д.т.н., профессор кафедры
должность, ученая степень

Т.А.Кулагина
инициалы, фамилия

Руководитель


подпись, дата 16.07
старший преподаватель
должность, ученая степень


Е.Н.Зайцева
инициалы, фамилия

Выпускник

Стовба 16.07
подпись, дата

Я.В.Стовба
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата 16.07

Е.Н.Зайцева
инициалы, фамилия

Красноярск 2019