

ХОД РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ ПЫЛИ

Бахронов Х.Ш. - профессор Навоийского государственного горного технологического университета, докторант технических наук, bahronov040861@mail.ru, **Ганиева С.У.** - докторант Навоийского государственного горного технологического университета, ganiyevasaboxat929@gmail.com

Аннотация: В данной статье приведены аналитические обзоры существующих аппаратов для очистки газов от пыли, перечислены их основные достоинства по сравнению с другими традиционными аппаратами аналогичного назначения. Рассмотрены используемые до наших дней традиционные пылеуловители и анализ их недостатков, также распространенных методов для очистки газов от пыли. Из них самым эффективным методом очистки газов от пыли является мокрая очистка газов от пыли. Приводятся пылеуловители вихревого типа и особенности их конструктивного исполнения на примере вихревого инерционного пылеуловителя для мокрой очистки запыленного газа. Полезная модель относится к технике очистки газа от взвешенной в нем пыли путем контакта пылегазового потока с жидкостью.

Ключевые слова: химосорбенты, центробежные скрубберы, циклоны, вихревой пылеуловитель, гидравлическая сопротивляемость, мелкодисперсные пыли, запыленный газ, завихритель, тангенциальный патрубок.

Abstract. In this article are given analytical reviews of existing devices for cleaning gases from dust, lists their main advantages compared to other traditional devices of a similar purpose. Considered traditional dust collectors used to this day and an analysis of their shortcomings, as well as common methods for cleaning gases from dust. Of these, the most effective method of cleaning gases from dust is wet scrubbing of gases from dust. Swirl-type dust collectors and features of their design are given on the example of a vortex inertial dust collector for wet cleaning of dusty gas. The utility model relates to the technique of cleaning gas from dust suspended in it by contacting the dust-gas flow with a liquid.

Keywords: chemical sorbents, centrifugal scrubbers, cyclones, vortex dust collector, hydraulic resistance, fine dust, dusty gas, swirler, tangential branch pipe.

Аннотация: Ушбу мақолада газларни чангдан тозалаш учун мавжуд аппаратларнинг аналитик намуналари келтирилган, уларнинг бошқа шунга ўхшаш вазифасидаги аъъанавий аппаратлари билан солиштириш бўйича асосий устунлиги келтирилган. Бизгача ишлатиб келинаётган аъъанавий чангтутгичлар ва уларнинг камчиликлар таҳлиллари, ҳамда газларни чангдан тозалашнинг кенг тарқалган усуллари кўриб чиқилган. Уларнинг ичида энг самарали усул газни чангдан тозалашнинг ҳўл усули ҳисобланади. Уюрмали турдаги чангтутгичлар ва уларнинг конструктив ишлатилиши хусусиятлари чангланган газларнинг ҳўл усулда тозалаш учун уюрмали инерцион чангтутгич мисолида келтирилган. Фойдали модели суяқлик билан чанггазли оқимининг алоқаси йули орқали ундаги муаллақ чангни газдан тозалаш техникасига тегишли

Калит сўзлар: кимёвий сорбентлар, марказдан қочма скрубберлар, циклонлар, уюрмали чангтутгичлар, гидравлик қаршилик, майда ажралувчи

чанглар, чангланган газ, тангенциал тармоқланган кувир.

Источники загрязнения газов в следствие производственных процессов.

Крупные промышленные предприятия и автомобильный транспорт выбрасывают в атмосферу огромное количество газов. К примеру, можно отнести тепловую электростанцию с мощностью 2400 Мвт, работающую на угле средней зольности, выбрасывает в атмосферу около 9 млн. м³/час дымовых газов, содержащих 180 т золы. Загрязнены отходящие газы металлургических предприятий, цементных заводов, тепловых электростанций химических и нефтехимических заводов. В результате содержащаяся в отходящих газах тонкая пыль нередко обогащается этими металлами настолько, что становится выгодным их извлечение. Такой побочный концентрат в виде пыли является единственным промышленным сырьём для получения многих редких элементов. При неполном сгорании топлива в состав дыма входит также сажа. Твёрдые частицы выпадают из отходящих газов, засоряют воздух, вредно действуют на организм человека, растительность, загрязняют почву.

Газообразные примеси в промышленных газах образуются в ходе производства этих газов. Газы металлургических печей и продукты горения топлива – дымовые газы почти всегда содержат в том или ином количестве сернистый ангидрид. В связи с возникновением и ростом ряда отраслей промышленности синтетических материалов, потребляющих газы как сырьё, получила распространение тонкая очистка газов от различных, газообразных примесей. Широкое использование природных газов как топлива для промышленных и бытовых нужд вызывает необходимость в ряде случаев подвергать их очистке от сероводорода до установленных санитарных норм.

Методы очистки промышленных газовых выбросов от пыли. В промышленности применяют механический, электрический и физико-химический способы очистки газов. Механическую и электрическую очистку используют для улавливания из газов твёрдых и жидких примесей, а газообразные примеси улавливают физико-химическими способами. Выбор метода очистки зависит от множества факторов: концентрации извлекаемого компонента, объема, температуры, концентрации

примесей, наличия хемосорбентов, возможности использования продуктов рекуперации, требуемой степени очистки.

Механическую очистку газов производят осаждением частиц примесей под действием силы тяжести или центробежной силы, фильтрацией сквозь волокнистые и пористые материалы, промывкой газа водой или другой жидкостью. Инерционный способ осаждения частиц пыли основан на изменении направления движения газа с взвешенными в нём частицами. В некоторых аппаратах используется и сила удара частиц. Всеми такими аппаратами пользуются для улавливания сравнительно крупных частиц, высокой степени очистки газов эти методы не дают. Для очистки газов широко применяют циклоны, в которых отделение от газа твёрдых и жидких частиц происходит под действием центробежной силы. Центробежная сила во много раз превосходит силу тяжести, в циклонах осаждаются мелкая пыль с размером частиц примерно 10-20 мкм.

Очистку газов от пыли промывкой водой применяют в аппаратах различного типа. Наиболее широкое распространение получили скрубберы, мокрые циклоны, скоростные пылеуловители и пенные пылеуловители. В пенных пылеуловителях запылённый газ в виде мелких пузырьков проходит через слой жидкости с определённой скоростью, вследствие чего, образуется пена с высокоразвитой поверхностью контакта между жидкостью и газом. В пенном слое происходит смачивание и улавливание частиц пыли. Благодаря высокой степени улавливания пыли с размерами частиц более 2-3 мкм и малому гидравлическому сопротивлению пенные пылеуловители получили большое распространение.

Промышленные пылеуловители по способу осаждения твёрдых частиц делятся на две группы:

- устройства сухой очистки;
- устройства, применяющие для осаждения пыли жидкость.

Эффективность сухой очистки газов от пыли очень низкая, особенно тогда, когда требуется улавливать мелкодисперсной пыли. В связи с этим рассмотрим процессов и оборудования мокрой очистки газов от пыли.

Мокрая очистка газов. Мокрую очистку применяют для очистки газов от пыли или тумана. В качестве промывной жидкости обычно используют воду, реже – водные растворы соды, серной кислоты и других веществ.

Поверхностью контакта фаз между газом и жидкостью может являться поверхность стекающей жидкой пленки, поверхность капель, пузырьков газа.

Соприкосновение дисперсных частиц с поверхностью жидкости происходит под действием силы, которая движет частицу.

Мокрая очистка газов наиболее эффективна в случаях, когда допустимы увлажнение и охлаждение очищаемого газа, а отделяемые частицы имеют незначительную ценность. Охлаждение газа ниже температуры конденсации находящихся в нем паров жидкости способствует увеличению массы частиц, которые служат центрами конденсации, что облегчает их улавливание. Кроме того, водяные пары могут конденсироваться и на поверхности холодных капель. Возникающее при этом движение молекул пара способствует перемещению частиц пыли к каплям. Во многих случаях мокрую очистку применяют для выделения из газа частиц, имеющих большую ценность.

При мокрой очистке образуются сточные воды, содержащие уловленные из газа дисперсные частицы. Если последние могут вызвать загрязнение окружающей среды, необходимо предусмотреть их отделение в отстойниках или устройствах циклонного типа. При этом осветленную жидкость повторно используют для мокрой очистки. Таким образом одновременно обеспечиваются защита окружающей среды от загрязнения и экономия свежей воды, которая требуется лишь для подпитки в количестве, теряемом со шламами. Повторное использование осветленной жидкости делает экономически целесообразным отделение от жидкости частиц и в тех случаях, когда они безвредны для окружающей среды.

При мокром улавливании газа эффективно очищаются от частиц размером не менее 3 – 5 мкм.

Частицы меньшего размера улавливаются плохо, что обусловлено двумя причинами. Во-первых, мелкие частицы движутся совместно с газовым потоком и огибают мокрую поверхность, не соприкасаясь с ней. Во-вторых, вблизи мокрой поверхности имеется пограничный газовый слой, который мелкая частица далеко не всегда может преодолеть.

Полые скрубберы. Простейшими аппаратами для мокрой очистки и одновременного охлаждения газов являются полые скрубберы вертикальные колонны круглого или прямоугольного сечения. Колонна орошается водой, которая разбрызгивается через форсунки. Запылённый газ может подаваться как снизу колонны, так и сверху. В этом случае достигается более равномерное распределение газа по сечению колонны и интенсифицируется процесс его охлаждения. Жидкость с уловленной пылью выводится снизу из конического днища.

Если полый скруббер используют главным образом для охлаждения газов, то расход жидкости составляет 0,3 – 0,5 м³ на 1000 м³ газа. Если основная задача – очистка газа от пыли, то расход жидкости составляет от 3 до 10 м³ на 1000 м³ газа.

Степень улавливания пыли тем больше, чем больше расход орошающей жидкости, запыленность газа и размер частиц пыли, но обычно она не превышает 60 – 75%. Гидравлическое сопротивление полых скрубберов невелико и составляет 100 – 250 Па.

В насадочных скрубберах объем колонны заполняется насадкой, которая сверху орошается промывной жидкостью. Жидкость стекает по насадке в виде пленки. Противотоком к ней движется газ, подаваемый в нижнюю часть колонны. Смоченная поверхность насадки и является поверхностью контакта фаз. Вода вместе со шламом поступает в коническое днище колонны и через патрубок выводится через него. Для удобства чистки насадки от загрязнения в насадочных скрубберах применяют регулярную насадку с крупными элементами или хордовую насадку. Гидравлическое сопротивление их, несколько больше, чем полых скрубберов. Степень улова пыли в насадочных скрубберах зависит от тех же факторов, что и в полых. Улавливается до 70 % частиц размером 2–5 мкм, более крупная пыль улавливается на 80-90%. Частицы 1 мкм и меньше улавливаются плохо.

Центробежные скрубберы. Процесс мокрой очистки может быть интенсифицирован при проведении его в поле центробежных сил. Такую очистку осуществляют в циклонах, стенки которых смачиваются непрерывно стекающей пленкой жидкости. В центробежном скруббере (рис. 1) запыленный газ поступает в цилиндрический корпус 1 через входной патрубок 2, расположенный тангенциально, и приобретает вращательное движение. Стенки корпуса орошаются через кольцевое оросительной трубы 3 водой, которая пленкой стекает по внутренней поверхности колонны сверху вниз. Взвешенные в поднимающемся по винтовой линии потоке газа частицы пыли под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам скруббера, смачиваются водяной пленкой и уносятся с водой через коническое днище 4. Очищенный и одновременно охлажденный газ удаляется через выходной патрубок 5. В центробежных скрубберах достигается более высокая степень очистки, чем в полых и насадочных скрубберах. Она превышает 95% для частиц пыли 5–30 мкм и составляет 85–90% для частиц размером 2-5 мкм. Расход жидкости в них составляет 0,1–0,2 м³ на 1000 м³ очищаемого газа. Гидравлическое сопротивление зависит от скорости газа во входном патрубке и диаметра скруббера. При скорости газа при входе в скруббер 20 м/с оно составляет 500–800 Па.

Барботажные пылеуловители. Их используют для очистки сильно запыленных газов. В таких аппаратах жидкость, взаимодействующая с газом, приводится в состояние подвижной пены, что обеспечивает

большую поверхность контакта фаз.

На рис. 1 приведена схема барботажного пылеуловителя. В корпусе 1 круглого или прямоугольного сечения установлена перфорированная тарелка 3. Вода или другая жидкость через приемную коробку 2 поступает на тарелку, а загрязненный газ подается в аппарат через диффузор 4. Проходя через отверстия тарелки, газ барботирует сквозь жидкость и превращает ее в слой подвижной пены 6. В слое пены пыль поглощается жидкостью, основная часть которой удаляется вместе с пеной через порог 7 и сливную коробку (8). Оставшаяся часть жидкости сливается через отверстия в тарелке и улавливает в подтарелочном пространстве более крупные частицы пыли. Образующаяся при этом пульпа стекает в бункер 5 и отводится из него через нижний патрубок. Очищенный газ выходит из аппарата через верхний патрубок. В таких аппаратах применяют также несколько перфорированных тарелок, установленных последовательно по высоте аппарата, число их зависит от требуемой степени очистки газа. Расход жидкости составляет 0,2–0,3 м³ на 1000 м³ газа.

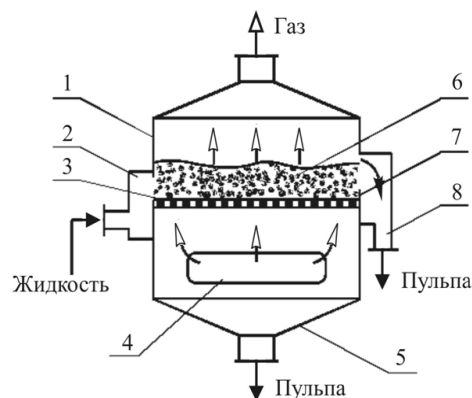


Рис. 1. Барботажный пылеуловитель:

1 – корпус; 2 – приемная коробка; 3 – тарелка; 4 – диффузор для входа запыленного газа; 5 – бункер; 6 – подвижная пена; 7 – порог; 8 – сливная коробка.

Гидравлическое сопротивление однотарелочных аппаратов составляет 500–1000 Па. Частицы пыли размером более 20–30 мкм улавливаются в барботажных аппаратах практически полностью. Частицы размером 5 мкм улавливаются на 80–90%, частицы меньших размеров улавливаются значительно хуже. При работе барботажных пылеуловителей недопустимы значительные колебания расхода газа, так как это может привести к нарушению пенного режима и загрязнению отверстий тарелки.

Скрубберы Вентури. Основным устройством для улова пыли из газа в этих аппаратах является труба Вентури, на основе которой работают и струйные насосы. На рис. 2

приведена схема устройства очистки газа со скруббером Вентури. Запыленный газ поступает в трубу Вентури 1, в конфузоре которой расположен распределитель воды 2. В горловине трубы скорость газа достигает порядка 100 м/с, что обеспечивает высокую турбулентность газового потока. Подаваемая в этот поток газа вода распыляется на мелкие капли и улавливает частицы пыли из газа. При этом происходит коагуляция твердых частиц. Из горловины газо-жидкостный поток с уловленными частицами пыли поступает в диффузор 1б, где скорость газа снижается до 20–25 м/с. В диффузоре капли жидкости коалесцируют и уносятся потоком газа в циклонный сепаратор 3. Здесь капли жидкости под действием центробежной силы отделяются от газа и в виде суспензии стекают в коническое днище, откуда суспензия поступает в отстойник 4. В отстойнике твердые частицы осаждаются, образуя шлам, который отводится из отстойника через нижний патрубок. Осветленная вода поступает в промежуточную емкость 5. Туда же поступает в небольшом количестве и свежая вода, которая компенсирует потери воды со шламом. Из емкости 5 насосом 6 вода вновь подается в трубу Вентури. Такая схема установки со скруббером Вентури позволяет достигнуть значительной экономии промывной воды.

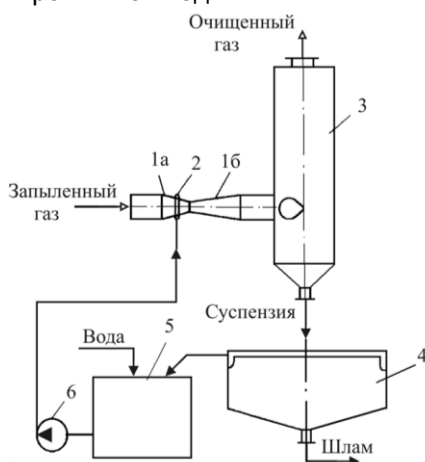


Рис. 2. Установка очистки газа со скруббером Вентури:

1 – труба Вентури (1а – конфузор, 1б – диффузор); 2 – распределительное устройство для подачи воды; 3 – циклонный сепаратор; 4 – отстойник для суспензии; 5 – промежуточная емкость; 6 – насос.

Для эффективной работы скруббера Вентури необходимо очищаемый газ предварительно охладить и насытить водяными парами, например в полном скруббере. В противном случае в трубе Вентури будет происходить испарение мелких капель жидкости, которые наиболее активно взаимодействуют с частицами пыли.

Расход воды в скрубберах Вентури относительно высок, высоко и гидравлическое

сопротивление. В скрубберах Вентури улавливаются весьма мелкие частицы пыли: на 95–99% – твердые частицы размером 1–2 мкм и капли тумана диаметром 0,2–1 мкм. Такие аппараты применяют для очистки газов с преимущественным содержанием фракций мелких частиц.

Перспективные аппараты для очистки газов от пыли

Циклоны высокой эффективности для очистки пылегазовых выбросов. Конструктивной особенностью этого циклона является наличие конической вставки, снабженной щелевыми улавливающими отверстиями, общий вид которой представлен на рис.3. Конструкция была апробирована в лабораторных и производственных условиях. Перепад давлений в исследуемом аппарате определяли как разность давлений во входном и выходном воздуховоде и измеряли с помощью датчиков давления, массовую концентрацию пыли для определения эффективности работы определяли прямым методом с применением заборной трубки с внешней фильтрацией отбираемой пробы пылегазового потока. Анализ дисперсного состава пыли осуществляли с помощью ступенчатого импактора НИИОГАЗ в сочетании с микроскопическим анализом. Скорость движения и расход пылегазового потока измеряли с помощью термоанемометра.

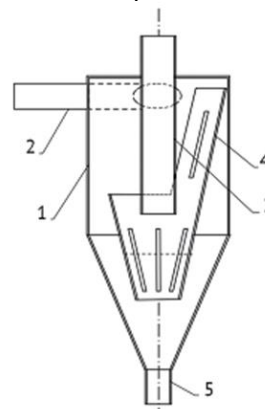


Рис.3. Схема циклона:

1 — корпус; 2 — входной патрубок; 3 — выхлопная труба; 4 — вставка; 5 — патрубок для удаления пыли.

За счет того, что один поток движется вниз, а другой вверх, возникает область их соприкосновения 4, которая выступает как область захвата мелких частиц пыли и как «область торможения», которая повышает общий перепад давления аппарата.

Размер данной области зависит от геометрических параметров аппарата. Снижения гидродинамического сопротивления в циклонах достигается применением организатора потока, который разделяет потоки, движущиеся вниз и вверх.

Кроме того, существует и другая схема движения вторичных потоков, представленная на рис. 4, б, которая также влияет на аэродинамическую картину внутри циклона, но в этом случае организатор потока не захватывает область ввода пылегазового потока в циклон. Для исключения образования кольцевых вертикальных потоков требуются конструктивные решения, отличные от представленных ранее.

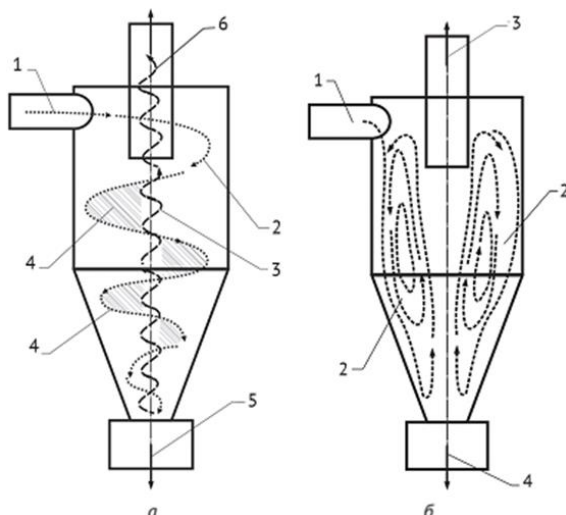


Рис.4. Схема распределения потоков в циклоне:

а: 1 – запыленный пылегазовый поток; 2 – основной внешний закручивающийся вихрь; 3 – внутренний закручивающийся вихрь; 4 – зоны соприкосновения вихрей; 5 – осажденная пыль, 6 – выходной патрубок; б: 1 – входной патрубок; 2 – кольцевые вертикальные потоки; 3 – выходной патрубок; 4 – выход осажденной пыли.

Необходимую конструкцию имеет коническая вставка с щелевыми улавливающими отверстиями, в частности с вырезом определенного размера, размещенная таким образом, что обеспечивает разделение потоков, начиная с области ввода запыленного газа в циклон (см. рис. 3).

Как показывают опыты, коническая вставка с щелевыми улавливающими отверстиями обеспечивает не только снижение гидравлического сопротивления в циклоне, но и повышает эффективность улавливания мелкодисперсной пыли. Это достигается за счет следующего. Частицы пыли внешнего сильно запыленного потока, коснувшись стенки циклона по спиральной траектории, направляются к патрубку выгрузки, минуя коническую вставку. Частицы пыли, движущиеся вне сильно запыленного периферийного потока, достигая поверхности вставки, улавливаются щелевыми улавливающими отверстиями и также движутся вниз к патрубку.

Таким образом, можно заключить, что предложенное конструктивное решение циклона (рис. 3, а) не только способствует значительному

повышению эффективности в циклоне при невысоких материальных затратах на его усовершенствование, но и снижает его гидравлическое сопротивление.

Вихревой инерционный пылеуловитель для мокрой очистки запыленного газа.

Полезная модель относится к технике очистки газа от взвешенной в нем пыли путем контакта пылегазового потока с жидкостью, например, водой, и может найти применение в различных отраслях промышленности, например, при очистке пыли с адсорбированными на ней парами химических веществ и газов.

Известен вихревой инерционный пылеуловитель для мокрой очистки запыленного газа от взвешенной в нем пыли.

Сущность полезной модели заключается в том, что в вихревом инерционном пылеуловителе для мокрой очистки запыленного газа от взвешенной в нем пыли, содержащем цилиндрический корпус, по крайней мере один тангенциальный входной патрубок запыленного газа, верхнюю осевую выхлопную трубу, нижний центральный входной газопровод с завихрителем, обтекатель, устройство для подачи воды и бункер для сбора пыли и воды, устройство для подачи воды выполнено в виде форсунок, установленных в корпусе тангенциально по ходу потоков газопылевой смеси сверху и снизу по крайней мере с двух диаметрально расположенных сторон корпуса.

На рис. 5 показан пылеуловитель, общий вид в разрезе. Вихревой инерционный пылеуловитель для мокрой очистки запыленного газа от взвешенной в нем пыли, а также пыли, содержащей пары химических веществ, содержит цилиндрический корпус 1, тангенциальный входной патрубок 2 запыленного газа, нижний центральный входной газопровод 4 с завихрителем 5, обтекателем 6, устройство для подачи воды в виде форсунок 7, установленных в корпусе 1 тангенциально по ходу загрязненной газопылевой смеси сверху и форсунок 8, установленных снизу тангенциально по ходу загрязненной газопылевой смеси. Форсунки 7 и 8 располагаются с двух диаметрально противоположных сторон корпуса 1. Пылеуловитель имеет бункер 9 для сбора пыли и воды.

Запыленный газ поступает снизу по центральному входному газопроводу 4 в корпус 1 и закручивается завихрителем 5. Навстречу подается тангенциально запыленный газ через входной патрубок 2. Вода для орошения газового потока поступает через форсунки 7, тангенциально с двух диаметрально расположенных сторон корпуса 1. Увлекаемая газовым потоком вода распыляется в корпусе 1, омывая частицы пыли, смачивает их, что способствует их слипанию в конгломераты, а

также растворяет адсорбированные на пылевых частицах химические вещества.

Другая часть жидкости распыляется снизу через форсунки 8 также расположенных тангенциально с двух диаметрально противоположных сторон корпуса 1. Вода попадает на завихритель 5 под обтекатель 6, активно разбрызгивается по корпусу 1 и вместе с запыленным газом, подаваемым через нижний центральный входной газопровод 4 движется в корпусе 1 навстречу потоку газа подаваемого сверху. Происходит очистка газа от пыли с одновременным отмыванием из пыли химических веществ, которые растворяются в воде. Частицы пыли оседают в бункере 9, куда также поступает вода с растворенными химическими соединениями. Очищенный газ выводится через верхнюю осевую выхлопную трубу 3.

Подача воды в форсунки регулируется таким образом, чтобы обеспечить необходимое время контакта пыли с водой для смачивания частичек пыли и поглощения паров химических соединений, уносимых с пылью из технологического оборудования.

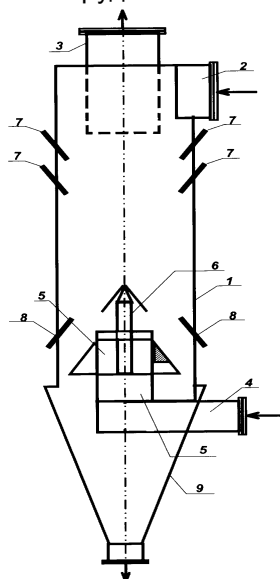


Рис. 5. Вихревой инерционный пылеуловитель для мокрой очистки запыленного газа от взвешенной в нем пыли:

1 – цилиндрический корпус; 2 – тангенциальный входной патрубок; 3 – верхняя осевая выхлопная труба; 4 – нижний центральный входной газопровод; 5 – завихритель; 6 – обтекатель; 7 – устройство для подачи воды в виде форсунки; 8 – форсунок, установленных снизу тангенциально по ходу загрязненной газопылевой смеси; 9 – бункер.

Вода с растворенными химическими продуктами и осевшей пылью из бункера 9 подается в промежуточную емкость и может быть направлена на обезвреживание, либо вновь подаваться в корпус 1 вихревого инерционного пылеуловителя на орошение.

Вихревой инерционный пылеуловитель для мокрой очистки запыленного газа, содержащий цилиндрический корпус, тангенциальный входной патрубок запыленного газа, верхнюю осевую выхлопную трубу, нижний центральный входной газопровод с завихрителем, обтекатель, устройство для подачи воды и бункер для сбора пыли и воды, отличающийся тем, что устройство для подачи воды выполнено в виде форсунок, установленных в корпусе тангенциально по ходу потоков запыленной газовой смеси сверху и снизу, по крайней мере, с двух диаметрально расположенных сторон корпуса.

Литература

- [1]. Журнал Градостроительство и архитектура | 2018 | Т. 8, №3 Повышение эффективности работы вихревых пылеуловителей
- [2]. Журнал Безопасность в техносфере, №4 (июль-август), 2014 Циклоны высокой эффективности для очистки пылегазовых выбросов
- [3]. Учебное пособие А.Г.Ветошкин Процессы и аппараты пылеочистки Пенза 2005 УДК 628.5 ББК 20.1
- [4]. Межотраслевой журнал «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА» №15 – 2018 (январь-июнь)
- [5]. Апарушкина М.А., Автореферат, Исследование процессов в вихревых скрубберах и разработка инженерных методов расчета
- [6]. Коньков О.А., Автореферат, Пылеочистка газовых выбросов в вихревых аппаратах с ударными пневмогидравлическими распылителями