МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РК

АТЫРАУСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА

Технологический факультет

КАФЕДРА "ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ"

Курсовая работа

По дисциплине "Основы процессов и аппаратов химической технологии"

На тему: " Технологический расчёт пенного газопромывателя"

Выполнил:

ст. гр. ХТНГ-08 к/о

Проверила:

Преподаватель кафедры Х и ХТ

Атырау - 2010 г.

Содержание

[Введение](#_Toc279917413)

[Гравитационная очистка газов](#_Toc279917414)

[Пылеосадительные камеры](#_Toc279917415)

[Очистка газов под действием инерционных и центробежных сил](#_Toc279917416)

[Очистка газов фильтрованием](#_Toc279917417)

[Мокрая очистка газов](#_Toc279917418)

[Электрическая очистка газов](#_Toc279917419)

[Технологический расчет пенного газопромывателя](#_Toc279917420)

[Заключение](#_Toc279917421)

[Список литературы](#_Toc279917422)

# Введение

Промышленная очистка газов от взвешенных в них твердых или жидких частиц проводится для уменьшения загрязненности воздуха, улавливания из газа ценных продуктов или удаления из него вредных примесей, отрицательно влияющих на последующую обработку газа, а также разрушающих аппаратуру. Очистка отходящих промышленных газов является одной из важных технологических задач большинства химических производств. Поэтому разделение газовых неоднородных систем относится к числу широко распространенных основных процессов химической технологии.В промышленности условиях пыль может образовываться в результате механического измельчения твердых тел (при дроблении, истирании, размалывании, транспортировке и т.д.), при горении топлива (зольный остаток), при конденсации паров, а также при химическом взаимодействии газов, сопровождающемся образованием твердого продукта. Получаемая в таких процессах пыль состоит из твердых частиц размерами 3-70 мкм (ориентировочно). Взвеси, образующиеся в результате конденсации паров (нефтяные дымы, туманы смол, серной кислоты и др.), чаще всего состоят из очень мелких частиц размерами от 0,001 до 1 мкм.Различают следующие способы очистки газов:

1. *осаждение под действием сил тяжести (гравитационная очистка);*
2. *осаждения под действием инерционных, в частности центробежных сил;*
3. *фильтрование;*
4. *мокрая очистка;*
5. *осаждения под действием электростатических сил (электрическая очистка.*

# Гравитационная очистка газов

Отстаивание твердых частиц в газовой среде подчиняется принципиально тем же закономерностям, что и осаждение их под действием сил тяжести в капельной жидкости. Скорость отстаивания пропорциональна, при прочих равных условиях, разности плотностей частиц **** и газа **.** Учитывая, что **** на несколько порядков меньше плотности капельной жидкости ****, можно заключить, что скорость очистки газов в поле сил тяжести будет значительно выше скорости отстаивания в капельно-жидких средах. Несмотря на это, очистка газа отстаиванием является относительно малоэффективным процессом, так как действующие силы в данном случае невелики сравнительно с центробежными и другими силами, используемыми для той же цели.

# Пылеосадительные камеры

Рис.1.Пылеосадительные камеры.

Осаждение взвешенных в газовом потоке частиц в пылеосадительных камерах происходит под действием сил тяжести. Простейшими конструкциями аппаратов этого типа являются отстойные газоходы, снабжаемые иногда вертикальными перегородками для лучшего осаждения твердых частиц. Для очистки горячих печных газов широко применяют многополочные пылеосадительные камеры. Теоретическая скорость осаждения:

w = Re \* v2/d

где: Re - критерий Рейнольдса; v2 - кинематическая вязкость газа; d - диаметр частицы.

Общая высота пылеосадительной камеры:

H = n (h + h1)

где h - расстояние между полками; n1 - толщина одной полки; n - число полок.

Время пребывания газа в камере:

t = L / w где:

L - длина камеры; w - скорость осаждения.

Очистку газов от пыли под действием сил тяжести производят в пылеосадительных камерах. Запыленный газ поступает в камеру 1, внутри которой установлены горизонтальные перегородки (полки) 2. Частицы пыли оседают из газа при его движении между полками, расстояние между которыми обычно составляет 0,1-0,4м. При такой небольшой высоте каналов между полками уменьшается путь осаждающих частиц пыли. Вместе с тем наличие полок позволяет увеличить эффективную поверхность осаждения частиц. Уменьшение пути частиц и увеличение поверхности осаждения способствует уменьшению времени осаждения и, следовательно, повышению степени очистки газа и производительности камеры. Однако скорость потока газа в камере ограничена тем, что частицы пыли должны успеть осесть до того, как они будут вынесены потоком газа из камеры. Газ, пройдя полки, огибает вертикальную отражательную перегородку 3 (при этом из него осаждается под действием сил инерции дополнительно некоторое количество пыли) и удаляется из камеры. Одновременно отражательная перегородка способствует более равномерному распределению газа между горизонтальными полками камеры, так как в этом случае гидравлическое сопротивление каналов между ними одинаково. Пыль, осевшая на полках, периодически удаляется с них вручную специальными скребками через дверцы 4 в боковой стенке или смывается водой. Для непрерывной очистки газа от пыли камеру делят на два самостоятельных отделения или устанавливают две параллельно работающие камеры. В одном отделения (или в одной камере) производится очистки газа, в это же время другое отделение (камера) очищается от осевшей пыли.Под действием силы тяжести удается достаточно полно выделить из газа лишь крупные частицы пыли. Поэтому пылеосадительные камеры используют только для предварительной, грубой очистки газов, содержащих частицы пыли относительно больших размеров (>100 мкм). Степень очистки газа от пыли в этих аппаратах обычно не превышает 30-40%. Эти камеры громоздки и мало эффективны; их используют преимущественно для предварительной грубой очистки газов и заменяют более совершенными газоочистительными аппаратами.



# Очистка газов под действием инерционных и центробежных сил

**Инерционные пылеуловлители**. Действие пылеуловлителей такого типа основано на использовании инерционных сил, возникающих при резком изменении направления газового потока, которое сопровождается значительным уменьшением его скорости. Устанавливая на пути движения запыленного газа (например, в газоходе) отражательные перегородки или применяя коленчатые газоходы, изменяют направление движения газа на 90 или . При этом частицы пыли, стремясь сохранитьнаправления своего первоначального движения, удаляются из потока. Для эффективного улавливания пыли скорость потока газа перед перегородками должна состовлять не менее 5-15 м/сек.

*Жалюзийный пылеуловитель* состоит из собственно инерционного первичного пылеуловителя 1 и вторичного пылеуловителя - циклона 2. Запыленный газ поступает в пылеуловитель 1, жалюзи 3 которого представляют собой набор наклонных колец, установленных с зазором 2-3мм и немного перекрывающих друг друга. Жалюзи имеют коническую форму для того, чтобы скорость газа в различных поперечных сечениях аппарата оставалась примерно постоянной. Частицы пыли, ударяясь о кольца жалюзи, отбрасываются к оси конуса, а освобаждаемый от наиболее крупных частиц пыли газ проходит через зазоры в конусе и удаляется через патрубок 4. Небольшая часть газа (примерно 10%), в которой концентртруется основная масса частиц, поступает в циклон 2, где под действием центробежных сил освобождается от основной массы пыли и возвращается на доочистку в первичной жалюзийный пылеуловитель. Пыль удаляется из циклона через патрубок 5. Жалюзийный пылеуловители могут устанавливаться в горизонтальных и вертикальных газопроводах.

Инерционные пылеуловлители отличаются простотой устройства, компактностью и не имеют движущихся частей, однако в них достигается невысокая степень очистки (примерно 60%) пыли (размер удаляемых частиц более 25 мкм). К недостаткам инерционных пылеуловителей относятся также сравнительно большое гидравлическое сопротивление, быстрый износ и забивание перегородок.

**Циклон** - воздухоочиститель, используемый в промышленности для очистки газов или жидкостей от взвешенных частиц. Принцип очистки - инерционный (с использованием центробежной силы), а также гравитационный. Циклонные пылеуловители составляют наиболее массовую группу среди всех видов пылеулавливающей аппаратуры и применяются во всех отраслях промышленности. Собранная пыль может быть в дальнейшем переработана.

Рис.2. Простейший циклонный пылеуловитель (аналог ЦН)

**Принцип действия**

Принцип действия простейшего противоточного циклона таков: поток запылённого газа вводится в аппарат через входной патрубок тангенциально в верхней части. В аппарате формируется вращающийся поток газа, направленный вниз, к конической части аппарата. Вследствие силы инерции (центробежной силы) частицы пыли выносятся из потока и оседают на стенках аппарата, затем захватываются вторичным потоком и попадают в нижнюю часть, через выпускное отверстие в бункер для сбора пыли (на рисунке не показан). Очищенный от пыли газовый поток затем двигается снизу вверх и выводится из циклона через соосную выхлопную трубу.

**Конструкция**

Существует огромное разнообразие типов циклонов. Кроме описанного выше противоточного циклона существуют и менее распространённые прямоточные. Противоточные циклоны различаются размерами, соотношением цилиндрической и конической частей, а также относительной высотой (т.е. отношением высоты к диаметру) цилиндрической части. Чем больше относительная высота, тем меньше коэффициент гидравлического сопротивления и разрежение в бункере (меньше вероятность подсоса пыли в аппарат), но меньше степень очистки. Наиболее оптимальна относительная высота 1,6, что соответствует принципу "золотое сечение".

**Эффективность**

Степень очистки в циклоне сильно зависит от дисперсного состава частиц пыли в поступающем на очистку газе (чем больше размер частиц, тем эффективнее очистка). Для распространённых циклонов типа ЦН степень очистки может достигать:

|  |  |
| --- | --- |
| для частиц с условным диаметром 20 микрон | 99,5% |
| для частиц с условным диаметром 10 микрон | 95% |
| для частиц с условным диаметром 5 микрон | 83% |

C уменьшением диаметра степень очистки возрастает, но увеличивается металлоёмкость и затраты на очистку. При больших объёмах газа и высоких требованиях к очистке газовый поток пропускают параллельно через несколько циклонов малого диаметра (100-300 мм.). Такую конструкцию называют мультициклоном или батарейным циклоном. Возможно также применить Электростатический фильтр, который, напротив, эффективен именно для малых частиц.

**Достоинства и недостатки**

Циклоны просты в разработке и изготовлении, надёжны, высокопроизводительны, могут использоваться для очистки агрессивных и высокотемпературных газов и газовых смесей. Недостатками являются высокое гидравлическое сопротивление, невозможность улавливания пылей с малыми размерами частиц и малая долговечность (особенно при очистке газов от пылей с высокими абразивными свойствами)

*Циклоны* - наиболее распространенные аппараты пылеочистки. Применяются на предприятиях металлургии, химической и нефтяной промышленности, в энергетике, деревообработке и других отраслях. При небольших капитальных затратах и минимальных эксплуатационных расходах, циклоны обеспечивают стабильную очистку воздуха от частиц и пыли размером более 10 мкм с эффективностью 80% - 95%. Основными элементами циклонов являются цилиндрический корпус, выхлопная труба и бункер. Улавливание пыли происходит под действием центробежной силы, возникающей при движении запыленного воздуха между и выхлопной трубой.В зависимости от пропускной способности по воздуху циклоны могут устанавливаться по одному или объединяться в группы из двух, четырех, шести или восьми циклонов. Циклон конструкции Научно - исследовательского института по санитарной и промышленной очистке газов (НИИОгаз) состоит из вертикального цилиндрического корпуса 1 с коническим днищем 2 и крышкой 3. Запыленный газ поступает тангенциально со значительной скоростью (20-30м/сек) через патрубок 4 прямоугольного сечения в верхнюю часть корпуса циклона. В корпусе поток запыленного газа движется вниз по спирали вдоль внутренней поверхности стенок циклона. При таком вращательным движении частицы пыли, как более тяжелые, перемещаются в направлении действия центробежной силы быстрее, чем частицы газа, концентрируются в слоях газа, примыкающих к стенкам аппарата, и переносятся потоком в пылесборник 5. Здесь пыль оседает, а очищенный газ, продолжая вращаться по спирали, поднимается к верху и удаляется через выхлопную трубку 6. Движение частиц пыли в циклоне обусловлено в основном вращительным движением потока газа по направлению к пылесборнику (влияние сил тяжести частиц имеет в данном случае значительно меньшее значение). Поэтому циклоны можно устанавливать не только вертикально, но также наклонно или горизонтально.

**ЦИКЛОН ЦН-15**

Циклоны ЦН-15 предназначены для сухой очистки газов. Указанные циклоны рекомендуется применять для улавливания золы из дымовых газов; пыли, уносимой из сушилок; пыли, уносимой газом из аппаратов, в которых протекают процессы со взвешенными в газе частицами; пыли, образующейся при пневматической транспортировке материалов; для очистки загрязненного воздуха с начальной запыленностью до 400 г/м3. Для очистки воздуха от взрывоопасной, сильнослипающейся и волокнистой пыли циклоны ЦН-15 применять не следует. В зависимости от расхода очищаемого воздуха циклоны могут применяться как в одиночном исполнении, так и в групповом, состоящем из 2-х, 4-х, 6-и и 8-ми циклонов. При подборе типоразмера циклона надо учитывать, что с увеличением диаметра циклона степень очистки воздуха уменьшается. В связи с этим не рекомендуется применять циклоны с диаметром более 800-1000мм. Конструкция циклона рассчитана на температуру до 400°С и разряжение (давление) 5 (500) кПа (кгс/м2). Циклоны изготавливаются как левого, так и правого исполнения. Они могут устанавливаться как на всасывающей линии вентилятора, так и на нагнетании. В зависимости от этого одиночный циклон комплектуется с улиткой на выходе очищенного воздуха или зонтом. При очистки воздуха от абразивной пыли, вызывающей износ крыльчаток вентилятора, циклоны рекомендуется устанавливать перед вентилятором. В группе циклонов патрубки с выходом очищенного воздуха могут объединяться сборным коллектором с выходом воздуха вертикально и системой улиток каждого циклона, объединенных общим фланцем. В первом случае группа циклонов носит название ЦН-15-СП, во втором случае ЦН-15-УП, где П - форма бункера циклона - пирамидальная; числа 200,300,400 и т.д. соответствуют диаметру циклона Dмм.

При работе циклонов должна быть обеспечена выгрузка пыли. При этом уровень пыли в бункерах должен быть не выше плоскости, расположенной от крышки бункера на 0,5 диаметра циклона.

В технической характеристике приведены значения производительности, отнесенные к скорости в цилиндрической части циклона V=2,5 и 4,0 м/с. В обычных условиях оптимальной считается скорость 4,0 м/с. Скорость 2,5 м/с рекомендуется принимать при работе с абразивной пылью.

**Циклон ЦН15-2СП**

Рис.3. **Циклон ЦН15-2СП**

**Циклон ЦН15-УП**

В центробежных пылеосадителях (циклонах) осаждение взвешенных в газовом потоке частиц происходит в поле центробежных сил. Поступающий на очистку газ подводится к центробежному пылеосадителю по трубопроводу, направленному по касательной к цилиндрической части аппарата. В результате газ вращается внутри циклона вокруг выхлопной трубы. Под действием центробежной силы, возникающей при вращательном движении газа, твердые частицы большей массой отбрасываются от центра переферии, осаждаются на стенке, а затем через коническую часть удаляются из аппарата. Очищенный газ через выхлопную трубу поступает в производство или выбрасывается в атмосферу. С уменьшением радиуса циклона значительно увеличиваются центробежная сила и скорость осаждения частиц. На основе этой зависимости созданы конструкции батарейных циклонов, более эффективных, чем обычные циклоны. Батарейные циклоны состоят из параллельно включенных элементов малого диаметра (150 - 250 мм). Их применяют в широком диапазоне изменения температур очищаемого газа (до 400° С) при относительно небольшой концентрации взвешенных в нем твердых частиц. Батарейные циклоны имеют прямоугольный корпус и состоят из одной или нескольких секций. Общие недостатки центробежных пылеосадителей - недостаточная очистка газа от тонкодисперсной пыли, высокое гидравлическое сопротивление, а следовательно, и большой расход энергии на очистку газа, быстрое истирание стенок пылью, а также чувствительность аппаратов к колебаниям нагрузки.

**Рис.8. батарейный циклон**

1 - корпус; 2,3 - решетки; 4-патрубок для ввода запыленного газа; 5 - элементы; 6 - патрубок для вывода очищенного газа; 7 - конусное днище

Теоретическая скорость осаждения:

w = d2 (r1 - r2) wг2/9 v r2 D

где: d - диаметр частицы; r1 - плотность улавливаемых частиц; r2 - плотность газовой среды; wг - окружная скорость газа в циклон; D - диаметр циклона.

Высота цилиндрической части циклона:

h = 2Vсек / (D - D1) wг

где: Vcек - объем газа, постуающего в циклон в секунду; D1 - наружный диаметр выхлопной трубы.

# Очистка газов фильтрованием

При очистке фильтрованием газы, содержащие взвешенные твердые частицы, проходят пористые перегородки, пропускающие газ и задерживающие на своей поверхности твердые частицы.

В зависимости от вида фильтровальной перегородки различают следующие фильтры для газов: а) *с гибкими* пористыми перегородками из природных, синтетических и минеральных волокон (тканевые материалы), нетканых волокнистых материалов (войлок, картон и др.), пористых листовых материалов (губчатая резина, пенополиуретан и др.), металлоткани;

б) с полужесткими пористыми перегородками (слои из волокон, стружки, сеток);

в) с жесткими пористыми перегородками из зернистых материалов (пористые керамика, пластмассы, спеченные или спрессованные порошки металлов и др.);

г) с зернистыми слоями из кокса, гравня, кварцевого песка и др.

Выбор пористой перегородки обусловлен рядом факторов, из которых основными являются: химические свойства фильтруемого газа, его температура, гидравлическое сопротивление фильтровальной перегородки и размеры взвешенных в газе частиц.

# Мокрая очистка газов

Для тонкой очистки газов от пыли применяют мокрую очистку - промывку газов водой или другой жидкостью. Тесное взаимодействие между жидкостью и запыленным газом осуществляется в мокрых пылеуловителях либо на поверхности жидкой пленки, стекающей по вертикальной или наклонной плоскости (пленочные или насадочные скрубберы), либо на поверхности капель (полые скрубберы, скрубберы Вентури) или пузырьков газа (барботажные пылеуловители).

Мокрая очистка газов наиболее эффективна тогда, когда допустимы увлажнение и охлаждение очищаемого газа, а отделяемые твердые или жидкие частицы имеют незначительную ценность. Охлаждение газа ниже температуры конденсации находящихся в нем паров жидкости способствует увеличению веса пылинок, играющих при этом роль центров конденсации, и облегчает выделение их из газа. Если улавливаемые частицы находятся в высокодиспергированном состоянии и плохо или совсем не смачиваются водой, то очистка газа в мокрых пылеуловителях малоэффективна. В таких случаях для улучшения смачиваемости частиц и увеличения степени очистки к используемой жидкости добавляют поверхностно - активные вещества.

Для повышения экономичности мокрой очистки и извлечения уловленных вредных или ценных веществ воду либо другую промывную жидкость вместе со шламом направляют из пылеуловлителей в отстойники для осветления и последующего ее использования. Если одновременно с очисткой требуется охлаждение газа, то промывную жидкость предварительно охлаждают в градирнях или холодильниках.

Наиболее существенным недостатком мокрой очистки газов является образование большого количества сточных вод (шламов), которые вызывают коррозию аппаратуры и должны подвергаться дальнейшему разделению или очистке.

Мокрую очистку газов производят в гидравлических пылеуловителях: скрубберах (насадочных, центробежных, струйных) и механических газопромывателях со смоченными поверхностями. Из новых конструкций представляют интерес шаровые пылеуловители, обладающие рядом преимуществ по сравнению с распространенными типами механических газопромывателей со смоченными поверхностями. Аппараты шаровидной формы наименее металлоемки. В таких аппаратах обеспечивается хорошее распределение газа по рабочему сечению и уменьшенные потери давления газа; шаровидная форма позволяет удачно расположить основные рабочие элементы. Газовый поток, содержащий мелкодисперсные твердые частицы, поступает через штуцер 1 в пылеуловитель и под действием отбойного щитка 2 меняет направление движения при одновременном снижении скорости. В результате наиболее крупные твердые частицы, содержащиеся в газовом потоке, опускаются и попадают в масло, которым заполнена нижняя часть пылеуловителя. Частично очищенный таким образом газ равномерно распределяется по свободному сечению аппарата и поступает в проволочный лабиринт вращающегося на валу 3 ситчатого диска 4. Последний вращается электродвигателем 5 через редуктор 6*.* Сильно развитая и смоченная маслом поверхность диска *4* задерживает все содержащиеся в газе мелкодисперсные твердые частицы. Удаление твердых частиц с поверхности ситчатого диска, а также смачивание ее маслом происходят при вращении диска. Как видно из схемы, часть поверхности диска, проходя через ванну 7, увлекает своей пористой поверхностью масло. Верхняя часть диска орошается маслом из укрепленных по периметру диска ковшей 8, которые при вращении наполняются маслом в ванне 7. Пройдя диск 4*,* газ поступает в капле-уловитель 9*.* Равномерное распределение газа по сечению капле-уловителя обеспечивается отрегулированным отбойником 10*.*

В каплеуловителе из газа удаляются капельная влага и конденсат, поступившие в пылеуловитель из газопровода, а также капли масла, незначительное количество которых может образовываться при разрыве пузырей масла на выходной стороне диска *4.*

Осажденные в каплеуловителе *9* влага, конденсат и масло стекают в ванну 7, а очищенный газ через штуцер 11 выходит из пылеуловителя.

Все твердые частицы, которые поступают в процессе очистки газа в полость ванны 7, попадакп в нижнюю часть грязевика 14,откуда периодически отводятся через штуцер 13 вместе с грязным маслом. Уровень масла в ванне 7 поддерживается постоянным подводом чистого масла через штуцер 12*.*

Шаровой пылеуловитель состоит из сборных и взаимозаменяемых элементов, позволяющих в процессе его эксплуатации регулировать и заменять отдельные элементы.

Рис.9. Гидравлический пылеуловитель

Секундный объем газа, проходящий через шаровой пылеуловитель:

Vсек = Vсм (tг + 273) / 3600\*293 p

где: Vст - стандартный объем газа, т.е. объем при tг =20о С и давлении p =1,03 кгс/см2;

tг - температура в оС; p - давление в кгс/см2.

**Скрубберы Вентури.**

Для тонкой очистки газов от высокодисперсной пыли применяют струйные турбулентные газопромыватели - скрубберы Вентури. Скруббер Вентури является наиболее распространенным типом мокрого пылеуловителя, обеспечивающим эффективную очистку газов от частиц пыли практически любого дисперсного состава. Помимо пылеулавливания, скруббер Вентури может осуществляться абсорбционные и тепловые процессы.

Скруббер Вентури применяется в различных отраслях промышленности: в черной и цветной металлургии, химической и нефтяной промышленности, промышленности строительных материалов, энергетике и др.

Конструктивно скруббер Вентури представляет собой сочетание орошаемой трубы Вентури и сепаратора. Труба Вентури имеет плавное сужение на входе - конфузор и плавное расширение на выходе - диффузор. Пережим сечения трубы Вентури получил название "горловина". Такая конфигурация трубы Вентури, выполненная с оптимальными с аэродинамической точки зрения соотношениями размеров, положена в основу типо-размерного ряда аппаратов ГВПВ.

В качестве сепаратора наиболее часто используют укороченные циклоны - каплеуловители, положенные в основу типоразмерного ряда КЦТ.

Принцип действия скрубберов Вентури основан на улавливании частиц пыли, абсорбции или охлаждении газов каплями орошающей жидкости, диспергируемой самим газовым потоком в трубе Вентури.

В зависимости от физико-химических свойств улавливаемых пылей, химического состава и температуры газа выбирают режим работы скруббера Вентури. Обычно скорость газа в горловине трубы скруббера - 30-200 м/с, а удельное орошение - 0,1-6,0 л/м3. Эффективность очистки газов зависит от гидравлического сопротивления скруббера Вентури и величины удельного орошения.

Рассчитав режим работы скруббера Вентури (скорость газа в горловине трубы и удельное орошение), можно обеспечить любую требуемую концентрацию пыли в очищенном газе.

# Электрическая очистка газов

В электрофильтрах происходит ионизация молекул газового потока, проходящего между двумя электродами, к которым подведен постоянный электрический ток. Основные элементы электрофильтра-коронирующие и осадительные электроды. Отрицательное напряжение обычно подводят к коронирующему электроду, а положительное - к осадительному. Поэтому к осадительным электродам под действием разности потенциалов движутся только отрицательные ионы и свободные электроны. Последние на своем пути сталкиваются со взвешенными в газовом потоке мелкими твердыми или жидкими частицами, передают им отрицательные заряды и увлекают к осадительным электродам. Подойдя к осадительному электроду, частицы пыли или тумана оседают на нем, разряжаются и при встряхивании отрываются от электрода под действием собственной силы тяжести. Для предотвращения искрового разряда между электродами (короткого замыкания) в электрофильтрах создают неоднородное электрическое поле, напряжение которого уменьшается по мере удаления от коронирующего электрода. Неоднородность поля достигается установкой электродов определенной формы. В зависимости от формы осадительного электрода различают электрофильтры трубчатые и пластинчатые. Трубчатые электрофильтры представляют собой камеры, в которых установлены осадительные электроды в виде круглых или шестигранных труб. Коронирующими электродами служат отрезки проволоки, натянутые по оси труб. Сверху электроды прикреплены к раме, подвешенной на изоляторах, снизу связаны общей рамой для предотвращения колебаний. Равномерное распределение газа по трубам обеспечивается установкой газораспределительной решетки. В пластинчатых электрофильтрах осадительными электродами служат параллельные гладкие металлические листы или натянутые на рамы сетки; между ними подвешены коронирующие электроды, выполненные из отрезков проволоки. Преимущества трубчатых электрофильтров по сравнению с пластинчатыми - создание более эффективного электрического поля и лучшее распределение газа по элементам. Последнее позволяет улучшить очистку или увеличить скорость прохождения газа и производительность аппарата.

**Рис.10. пластинчатый электрофильтр**

1-коронирующие электроды; 2-пластинчатые осадительные электроды; a - входной газоход; б - выходной газоход; в - камера.

К недостаткам трубчатых электрофильтров следует отнести: сложность монтажа, трудность встряхивания корояиру-ющих электродов без нарушения строгого центрирования, а также большой расход энергии на единицу длины электрических проводов.

Преимущества пластинчатых электрофильтров - простота монтажа и удобство встряхивания электродов. Для очистки сухих газов применяют преимущественно пластинчатые электрофильтры, а для очистки трудноулавливаемой пыли, капель жидкости из туманов (не требующих встряхивания электродов) и для обеспечения наиболее высокой степени очистки используют трубчатые электрофильтры.

Критическая напряженность электрического поля, при которой возникает разряд:

E0 = 3,04 (B + 0,0311\* V2B/D1) \*106

где: B - относительная плотность газового потока; D1 - диаметр

корондирующего электрода.

Установка для электрической очистки газов включает обычно электрофильтр и преобразовательную подстанцию с соответствующей аппаратурой.

**6. Технологическая установка**

Твердые частицы из бункера **1** с помощью дозатора 2 поступают в трубопровод 3 и образуют с движущимся в этом трубопроводе воздухом запыленный воздушный поток. Уловленные в циклоне твердые частицы собираются в сборнике 8.

Циклон ЦН-15 является основным аппаратом в представленной схеме; внутренний диаметр его цилиндрической части 170 мм (входной патрубок имеет размеры (115х35 мм); изготовлен из стали (для визуального наблюдения за процессом циклон может быть выполнен из стекла или из органического стекла при обеспечении условий отвода статистического электричества). Циклон соединен с вытяжным вентилятором ***11*** (с электродвигателем ***12***) системой трубопроводов - входным всасывающим *3* к выходным нагнетательным ***4*** (относительно циклона). Расход воздуха регулируется задвижкой ***10***.

В качестве измерителных приборов использованы: для определения расхода воздуха - дифференциальный манометр ***7***, подключенный к диафрагме ***9***, для определения гидравлического сопротивления циклона - дифференциальный манометр ***6***, подсоединенный на входе в циклон и выходе из него. В целях предотвращения запыленностипомещения, где размещена установка, на трубопроводе после вентилятора установлен рукавный фильтр ***13***.

В качестве фильтровального материала могут быть использованы, например, ткани из волокон растительного (лен. хлопок) и животного (шерсть, шелк) происхождения, а также из синтетических волокон (полипропилен, капрон, нейлон, нитрон, лавсан, тефлон, стекловолокно и др.). Из фильтровальных тканей, изготавливаемых на основе волокон естественного происхождения, можно рекомендовать фильтровальное сукно №2, арт 20, выпускаемое отечественной промышленностью в соответствии с ГОСТ 6986-69; из искусственных тканей - нитрон, изготавливаемый из полиакрилонитрильных волокон.

При улавливании пылей, способных накапливать статическое электричество, разработан специальный антистатический фильтровальный материал на основе лавсана с добавлением металлических волокон. Циклоны типа ЦН-15 промышленного назначения изготавливают диаметром от 300 до 1400 мм (300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400 мм).

Исследование работы циклона проводят в два этапа. Сначала определяют гидравлическое сопротивление циклона в зависимости от скорости газового потока, затем - степень очистки в зависимости от скорости газового потока при постоянной концентрации в нем твердых частиц.

В первой части работы исследование проводят на незапыленном воздухе. Включают вентилятор ***11***и устанавливают с помощью задвижки ***10*** необходимый расход воздуха в пределах, заданных преподавателем (6-8 значений расходов). Показания дифманометров 6 и 7 снимают при установленном расходе воздуха одновременно по команде "отсчет" и заносят в отчетную таблицу.

Во второй части работы исследование проводят на запыленном воздухе при тех же значениях расходов воздуха, что и в первом этапе исследований. С целью сохранения постоянной концентрации твердых частиц в газовом потоке в каждом опыте расход твердой фазы регулируют дозатором путем изменения частоты вращения тарелки дозатора 2. Твердой фазой служит сыпучий материал со средним размером частиц 40 / 100мкм, например можно рекомендовать силикатный катализатор, кварцевый песок, а также другие материалы, отличающиеся по плотности от первых двух. Заданную фракцию твердого материала студенты готовят сами, используя ситовой анализ с применением набора различных стандартных сит.

Перед началом работы проверяют наличие твердого сыпучего материала в бункере 1, настраивают на необходимый расход твердой фазы дозатор 2, предварительно продувают систему, включив на некоторое время вентилятор, затем освобождают от твердого материала сборник 8. После этого можно считать установку подготовленной к проведению исследований.

Включают вентилятор и с помощью регулирующей задвижки 10 устанавливают нужный расход воздуха. Затем включают в работу одновременно дозатор твердой фазы и секундомер. По мере накопления определенного объема материала в сборнике 8 останавливают дозатор с одновременной отсечкой секундомера. Вентилятор продолжает работать в заданном режиме еще некоторое время (3 - 5 мин), а затем его останавливают. Твердый материал, уловленный из газового потока за время опыта в сборнике 8, взвешивают на технических весах. После этого приступают к подготовке установки для проведения очередного опыта (исследования проводят при 6-8 значениях расхода воздуха). Полученные в каждом опыте данные заносят в отчетную таблицу.

# Технологический расчет пенного газопромывателя

Определить основные размеры пенного газопромывателя для очистки от пыли 30000/ч газа приС. Запыленность газа на входе в аппарат

= 0,03кг/ (при нормальных условиях), степень очистки 0,99.

1. Объемный расход газа, V= 30000ч

2. Температура, = С

3.Запыленность газа на входе аппарата, = 0,03кг/

4. Степень очистки,= 0,99.

**Решение.** Поскольку скорость газа в полном сечении аппарата является основным фактором, от которого зависит хорошее пенообразование и, следовательно, эффективность очистки, важно правильно выбрать расчетную скорость. Верхним пределом допустимой скорости газа является такая его скорость, при которой резко усиливается унос воды в виде брызг. По экспериментальным данным в газопромывателях, имеющих слой пены высотой 30-100 мм, струйный прорыв газа, вызывающий разрушение пены и сильный брызгоунос, начинается при скоростях газа в полном сечении аппарата (под решеткой) от 2,7 до 3,5 м/с.

Чем выше слой пены на решетке и чем больше свободное сечение решетки, тем большая скорость газа возможна без брызгоуноса. Уменьшение диаметра отверстий (при сохранении постоянного свободного сечения решетки) также способствует уменьшению брызгоуноса. Обычнр верхним пределом является скорость газа под решеткой ~ 3 м/с.

Нижним пределом скорости газа для пенного аппарата является такая скорость, при которой сильно уменьшается пенообразование.

Для пенных газопромывателей с большим свободным сечением решетки и большим диаметром отверстий нижним пределом является такая скорость газа, при которой большая часть жидкости протекает через отверстия, в результате чего высота пены становится ничтожно малой. Для обычных условий нижним пределом расчетной скорости можно считать 1 м/с.

Примем среднюю скорость газа w = 2 м/с.

Определяем площадь поперечного сечения аппарата:

f **= ;**

f== 3,6

Газоромыватель может быть круглого или прямоугльного сечения. В коуглом аппарате обеспечивается более равномерный поток газа, в прямоугольном - лучшее распределение жидкости.



Примем аппарат прямоугольного сечения размером 3х2 м с подачей воды посередине (рис.10). Для лучшего распределения газа по площади аппарата ввод газа осуществляется через диффузор. Расчет количества подаваемой воды проводится различно, в зависимости от температуры поступающего газа. Для холодного газа наибольшее влияние на расход оказывают гидродинамические факторы, для горячего газа расход воды определяется тепловым балансом. При очистке от пыли газов, имеющих температуру ниже С, расчет количества подаваемой воды проводят, исходя из гидродинамики процесса и материального баланса газоочистки. В обычных условиях для сохранения достаточной равномерности пенообразования по всей решетке необходимо, чтобы через отверстия протекало не больше 50% подаваемой воды, так как слишком сильная утечка создает неравномерность высоты слоя воды на решетке. Расход воды в газопромывателе складывается из расхода воды, идущей в утечку, и расхода воды, идущей на слив с решетки. Испарением воды при заданной температуре газа можно пренебречь.

Количества воды, протекающей через отверстия решетки, определяется массой уловленной пыли и заданным составом суспензии, а затем подбирается решетка с таким свободным сечением, диаметром отверстий и прочими данными, чтобы обеспечивать установленную утечку.

При заданной степени очистки концентрация пыли в газе после газопромывателя  определяется по формуле:

 =  (1-) = 0,03 (1 - 0,99) = 0,0003кг/

Количество улавливаемой пыли:

 =  ( - ) = 30000 (0,03 - 0,0003) = 730,5 кг/ч

Если известна концентрация суспензии с = Т: Ж (в кг/кг), то утечка , т.е. объем воды, необходимый для образования суспензии (в /ч), определяется по уравнению:

** = **

Концентрация пыли  отнесена к объему газа перед аппаратом  приведенному к нормальным условиям. Она незначительно отличается от запыленности газа (в кг/) после аппарата, так как количество газа после апарата увеличивается на 1 - 2 % за счет испарения воды в газопромывателе.

Где К - коэффицент распределения пыли между утечкой и сливной водой, выраженный отношением количества пыли, попадающей в утечку, к общему количеству уловленной пыли; обычно К = 0,6: 0,8

Концентрация суспензии, как правило, находится в пределах отношения Т: Ж = (1: 5): (1: 10). Получение суспензии с Т: Ж >1: 5 может вызвать забивание отверстий решетки (особенно мелких). Получение суспензии с Т: Ж<1: 10 нерационально ввиду ее слишком больших объемов.

с = 1: 8= 0,125кг/кг и К = 0,7.

Тогда

****==4,1/ч

На всю решетку или

4,1/3,6 = 1,14/ (/ч) на 1 решетки.

Коэффицент запаса ~1,5

****= 1,5 2,14 3,3 /ч, или

0,55/ (/ч)

Количество сливной воды определяется по формуле:  = ib

Слив на обе стороны:

= 12 2 =4/ч

Общий расход воды:

L = 3,3 + 4 = 7,3 /ч

Удельный расход воды:

 = =0,24 / газа

Утечка составляет от общего расхода воды L:

****= 100 = 45 %

Скорость газа = 12м/с

Отношение площади свободного сечения решетки  к площади сечения аппарата f составит:

= = = 0,2

z = 0,95 - коэффицент, учитывающий, что 5% площади свободного сечения занимают опоры решетки, переливные стенки и т.д.

При разбивке отверстий решетки по шестиугольнику с шагом t заштрихованная площадь:

S = tx = t 2 = 1,73

На эту площадь приходится два отверстия диаметром . Площадь отверстий:

= 2 0,785

Отношение / S должно составлять 0,2:

= 0,2

Откуда

t = 

При диаметре отверстий = 5мм

t = = 10,7 11мм

Коэффицент скорости пылеулавливания

 = = = 4,5м/с

Связь между коэффицентом  и высотой слоя пены Н при улавливании гидрофильной пыли со средним размером частиц 15 - 20 мкм выражается эмпирической формулой:

Н =  - 1,95w + 0,09 = 4,5 - 1,95 2,3 + 0,09 = 0.1м

С другой стороны, для пылеуловлителей

Н = 0,806

где  - высота исходного слоя воды на решетке, м.

= + h

Высоту порога (в мм) можно рассчитать по формуле:

= 2,5 - 7,5

В нашем случае: w = 2,3 м/с, i= 1/ (мч)

Тогда высота порога:

= 2,5 13 - 7,5= 25 мм

Для обеспечения работы аппарата при колебаниях его режима примем высоту порога 30 мм.

Общая высота газопромывателя складывается из высот отдельных частей его: надрешеточной , подрешеточной  и бункера . Эти высоты определяются конструктивно:  - в зависимости от брызгообразования и размеров брызгоуловителя,  - в зависимости от конструкции подвода газа,  - в зависимости от свойств суспензии.

# Заключение

В практике химических производств нередко приходится подвергать разделению неоднородные газовые системы (пыли и туманы). Газы можно очищать от взвешенных в них твердых или жидких частиц под действием сил тяжести, центробежных и электростатических сил, а также промывкой и фильтрацией газов. Промышленное осуществление каждого из этих способов связано с применением соответствующей аппаратуры: газовых отстойников, центробежных пылеосадителей, электрических фильтров, гидравлических пылеуловителей и газовых фильтров.Выбор аппарата для очистки газов определяется рядом факторов, главными из которых являются размеры улавливаемых частиц и заданная степень очистки газов. Исходя из этих параметров, можно ориентировочно выбирать газоочистительные устройства по данным, приведенным в таблице.

Таблица

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Аппарат | Размеры улавливаемых частиц в мкм  | Степень очистки в %  |
| Пылеосадительные камеры | 5-20000  | 40-70  |
| Центробежные пылеосадители  | 3-100  | 45-85  |
| Электрофильтры  | 0,005-10  | 85-99  |
| Гидравлические пылеуловители  | 0,01-10  | 85-99  |
| Газовые фильтры  | 2-10  | 85-99  |

Приведенные данные дают представление лишь о порядке соответствующих величин, которые могут изменяться в широких пределах в зависимости от состояния, состава и свойств поступающего на очистку запыленного газа. Как видно из таблицы, пылеосадительные камеры и центробежные пылеосадители можно применять только для сравнительно грубой очистки газа. При этом следует отдавать предпочтение циклонам как более компактным аппаратам, обеспечивающим относительно высокую степень очистки. Более полная степень очистки газов может быть достигнута при использовании гидравлических пылеуловителей, газовых фильтров и электрофильтров.

Мокрая очистка газов в гидравлических пылеуловителях (скрубберах - насадочных, центробежных и струйных) и механических газопромывателях обеспечивает высокую степень очистки газов (98-99%). Однако этот способ ограниченно применяют в химической промышленности, так как мокрая очистка сопровождается охлаждением, увлажнением, а иногда и окислением газа; кроме того улавливаемые при мокрой очистке частицы не всегда можно использовать в производстве.

Получившие в последнее время некоторое распространение на химических заводах пенные аппараты обеспечивают высокую степень очистки газов от пыли, дыма, туманов (до 90%), но они также не лишены присущих гидравлическим пылеуловителям недостатков.

Электрофильтры - наиболее эффективные пылеочиститель-ные устройства, но применение их экономически выгодно только при больших объемах очищаемого газа. Использование газовых фильтров возможно в тех случаях, когда температура очищаемого газа составляет 80-90° С.

# Список литературы

1. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд.2-е. В 2-х кН.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия, 1995. - 400 с.

2. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В двух книгах. - М.: Химия, 1981 - 812 с.

3. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. - Л.: Химия, 1991. - 352 с.

4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.М., "Химия", 1973. - 752 с.

5. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии - Л: Химия 1981. - 560 с.