Тема лекции 15: Экологические основы при переработке вторичного и техногенного сырья: пылеулавливание и газоочистка на предприятиях, перерабатывающих техногенное сырье

Конспект лекции:

Характеристики аэрозольных выбросов в атмосферу. Под атмосферным загрязнением понимают присутствие в воздухе газов, паров, частиц, твердых и жидких веществ, тепла, колебаний, излучений, которые неблагоприятно влияют на растения, животных, человека, климат, материалы, здания и сооружения.

Загрязнение атмосферы может происходить как вследствие преобразования ее компонентов, так и переноса загрязняющих веществ из других частей биосферы. Эти процессы могут иметь природный или антропогенный характер.

Вещества, попадающие в атмосферу непосредственно из-за человеческой деятельности, обычно относят к антропогенным выбросам и загрязнителям.

Выбросы в атмосферу различают по виду, составу, количеству, агрегатному состоянию, характеру появления и пребывания в атмосфере, влиянию на биосферу и множеству других признаков. Классификации антропогенных выбросов, пригодной для изучения их свойств с целью подбора способов очистки, пока нет. В стандартной классификации загрязнители разделены на 4 класса по агрегатному состоянию: газо- и парообразные, жидкие, твердые и смешанные. По химическому составу они делятся на группы, а в зависимости от размера частиц — на подгруппы. Например, твердые выбросы подразделяются на 4 подгруппы с размерами частиц, мкм: менее 1; 1…10; 10…50 и более 50.

В атмосферу Земли ежегодно поступает 150 млн. тонн различных аэрозолей, около 1 куб. км пылевидных частиц искусственного происхождения. Еще большее разнообразие свойственно органической пыли, включающей алифатические и ароматические углеводороды, соли кислот. Она образуется при сжигании остаточных нефтепродуктов, в процессе пиролиза на нефтеперерабатывающих, нефтехимических и других подобных предприятиях.

В основном существуют два основных источника загрязнения атмосферы:

- стационарные источники (промышленные предприятия, топливно-энергетический комплекс, сельское хозяйство, горнодобывающая про мышленность;
- передвижные источники (транспорт).

Основными источниками искусственных аэрозольных загрязнений воздуха являются ТЭС, которые потребляют уголь высокой зольности, обогатительные фабрики, металлургические, цементные, магнезитовые и сажевые заводы. Аэрозольные частицы от этих источников отличаются большим разнообразием химического состава. Чаще всего в их составе обнаруживаются соединения кремния, кальция и углерода, реже - оксиды металлов: железа, магния, марганца, цинка, меди, никеля, свинца, сурьмы, висмута, селена, мышьяка, бериллия, кадмия, хрома, кобальта, молибдена. Источником пыли и ядовитых газов служат массовые взрывные работы. Так, в результате одного среднего по массе взрыва (250…300 тонн взрывчатых веществ) в атмосферу выбрасывается около 2 тыс.куб.м. условного оксида углерода и более 150 т. пыли.

Твердые компоненты аэрозолей в ряде случаев особенно опасны для организмов, а у людей вызывают специфические заболевания.

Загрязнение воздуха вызывает значительные экономические потери. Запыленность и загазованность воздуха в производственных помещениях приводит к снижению производительности труда, потере рабочего времени из-за увеличения заболеваемости. Во многих производствах наличие пыли в воздушной среде ухудшает качество продукции, ускоряет износ оборудования. В процессе производства, добычи, транспортирования многих видов материалов, сырья, готовой продукции часть этих веществ переходит в пылевидное состояние и теряется (уголь, руда, цемент и др.), загрязняя в то же время

окружающую среду. Потери на ряде производств составляют до 3…5 %.

На предприятиях имеют место организованные (через трубы, вентиляционные шахты и т. п.) и неорганизованные выбросы (через фонари и проемы в цехах, от мест погрузки и разгрузки транспорта, из-за утечек в коммуникациях и др.). Неорганизованные выбросы по мнению специалистов составляют от 10 до 26 % от общего количества выбросов в атмосферу.

Поступление в воздушную среду производственных помещений и выброс в атмосферу аэрозолей и других вредных веществ - результат несовершенства технологического и транспортного оборудования, в первую очередь, его негерметичности, а также отсутствия или недостаточной эффективности пылеулавливающих и локализующих устройств и систем.

Аэрозоль представляет собой дисперсную систему, в которой дисперсной средой является газ, в частности, воздух, а дисперсной фазой — твердые или жидкие частицы.

В атмосфере аэрозольные загрязнения воспринимаются в вид дыма, тумана, мглы или дымки. Значительная часть аэрозолей образуется в атмосфере при взаимодействии твердых и жидких частиц между собой или с водяным паром. Средний размер аэрозольных частиц составляет 1…. 5 мкм.

Классификация методов и аппаратов для очистки аэрозолей. Под обезвреживанием воздушно-газовых выбросов понимают отделение от газа аэрозольных примесей или превращение в безвредное состояние загрязняющих примесей.

Процесс обеспыливания воздуха в общем виде включает следующие основные этапы:

—предотвращение распространения «исходной» аэродисперсной системы в воздухе рабочей зоны и увеличения устойчивости этой системы в направлении строго ограниченной заранее выделенной области (процесс пылеулавливания);

—разрушение пылевого аэрозоля, заключающегося в выделении пыли из воздуха (процесс пылеочистки);

—дальнейшее снижение устойчивости пылевого аэрозоля, сохранившегося после реализации предыдущих этапов, заключающееся в интенсификации распространения оставшихся в воздухе пылевых частиц и аэрации дисперсной среды в приземном слое атмосферы (процесс рассеивания пыли).

Основным элементом систем пылеочистки является аппарат очистки воздуха от пыли. Наиболее полная классификация аппаратов основывается на использовании следующих способов обеспыливания:

— физические способы включают: механический (аэродинамический, гидродинамический, фильтрационный), электрический, магнитный, акустический, оптический, ионизирующий, термический;
— химический;
— физико-химический;
— биохимический;
— физико-биохимический.

Каждый из указанных способов имеет определенную область применения и широту использования. В своей основе они базируются на одном (или нескольких) из следующих процессов обеспыливания: осаждения, коагуляции, удаления, обеззараживания, сжигания и улавливания.

Для обезвреживания аэрозолей (пылей и туманов) используют сухие, мокрые и электрические методы. В основе сухих методов лежат гравитационные, инерционные, центробежные механизмы осаждения или фильтрационные механизмы. При использовании мокрых методов очистка газовых выбросов осуществляется путем тесного взаимодействия между жидкостью и запыленным газом на поверхности газовых пузырей, капель или жидкой пленки. Электрическая очистка газов основана на ионизации молекул

газа электрическим разрядом и электризации взвешенных в газе частиц.

В основу действия аппаратов для очистки аэрозольных выбросов положен определенный физический механизм. В улавливающих устройствах находят применение следующие способы отделения взвешенных частиц от взвешивающей среды, т. е. воздуха (газа): осаждение в гравитационном поле, осаждение под действием сил инерции, осаждение в центробежном поле, фильтрование, осаждение в электрическом поле, мокрая очистка и др.

По основному механизму отделения частиц аэрозолей и носит название пылеулавливающий аппарат.

Гравитационное осаждение. Частицы аэрозолей осаждаются из потока загрязненного воздуха под действием силы тяжести. Для этого необходимо создать соответствующий режим движения загрязненного воздуха в аппарате с учетом размера частиц, их плотности и т. д.

Инерционное осаждение. Инерционное осаждение основано на том, что частицы аэрозолей и взвешивающая среда ввиду значительной разности плотностей обладают различной инерцией. Аэрозольные частицы, двигаясь по инерции, отделяются от газовой среды.

Осаждение под действием центробежной силы. Происходит при криволинейном движении загрязненного воздушно-газового потока. Под действием возникающих центробежных сил аэрозольные частицы отбрасываются на периферию аппарата и осаждаются.

Эффект зацепления. Частицы аэрозолей, взвешенные в воздушной (газовой) среде, задерживаются в узких извилистых каналах и порах при прохождении воздушно-газового потока через фильтровальные материалы.

Мокрая очистка. Смачивание поверхности элементов аппаратов водой или другой жидкостью способствует задержанию аэрозольных частиц на данной поверхности.

Осаждение в электрическом поле. Проходя электрическое поле, частицы аэрозолей получают заряд. Двигаясь к электродам противоположного знака, они осаждаются на них.

В практике улавливания аэрозольных частиц находят применение и другие методы: укрупнение частиц в акустическом поле, термофорез, фо-тофорез, воздействие магнитного поля, биологическая очистка.

Пылеулавливающее оборудование при всем его многообразии может быть классифицировано по ряду признаков: по назначению, по основному способу действия, по эффективности, по конструктивным особенностям.

Классификация пылеуловителей. Часто в зависимости от коэффициента очистки аппараты делят на две группы: грубой очистки и тонкого обеспыливания. Однако понятие грубой очистки и тонкого обеспыливания являются относительными в зависимости от вида производства и задач обеспыливания.

По ГОСТ 12.2.043—89 все оборудование для санитарной очистки газов и воздуха от взвешенных дисперсных частиц подразделяется на две категории: аппараты сухой очистки и аппараты мокрой очистки.

В свою очередь аппараты, использующие сухие методы очистки, по сущности происходящих в них физических явлений подразделяются на гравитационные, инерционные, фильтрационные и электрические.

Пылеулавливающее оборудование в зависимости от способа отделения пыли от воздушного потока применяют следующих исполнений: оборудование для улавливания пыли сухим способом, при котором отделенные от воздуха частицы пыли осаждаются на сухую поверхность; оборудование для улавливания пыли мокрым способом, при котором отделение частиц от воздушного потока осуществляется с использованием жидкостей.

Пылеулавливающее оборудование по принципу действия подразделяется на группы, по конструктивным особенностям на виды и действует по сухому и мокрому способу.

Группы и виды пылеулавливающего оборудования для улавливания пыли сухим способом

Группа оборудования	Вид оборудования	Область применения	
		воздушных фильтров	пылеуловителей
Гравитационное	Полое	—	+
	Полочное	—	+
Инерционное	Камерное	—	+
	Жалюзийное	—	+
	Циклонное	—	+
	Ротационное	—	+
Фильтрационное	Тканевое	—	+
	Волокнистое	+	—
	Зернистое	—	+
	Сетчатое	+	—
	Губчатое	+	—
Электрическое	Однозонное	—	+
	Двухзонное	+	+

Группы и виды пылеулавливающего оборудования для улавливания пыли мокрым способом

Группа оборудования	Вид оборудования	Область применения	
		воздушных фильтров	пылеуловителей
Инерционное	Циклонное	-	+
	Ротационное	-	+
	Скрубберное	-	+
	Ударное	-	+
Фильтрационное	Сетчатое	+	-
	Пенное	-	+
Электрическое	Однозонное	-	+
	Двухзонное	+	+
Биологическое	Биофильтр	-	+

Примечание. Знак «+» означает применение; знак «-» означает неприменение.

Аппараты мокрой очистки подразделяются на инерционные, фильтрационные и электрические.

Наиболее распространенным оборудованием для улавливания дисперсных частиц из воздушно-газовых потоков являются: сухие гравитационные и инерционные вихревые осадители, фильтры различных конструкций, мокрые пылеуловители, электрофильтры.

Механическое пылеулавливание

Термин «механические осадители» обычно используют для обозначения устройств, в которых частицы осаждаются под действием либо сил тяжести или инерции, либо и тех и других. В гравитационных осадителях частицы осаждаются из потока газа под действием собственного веса. В инерционных осадителях поток частиц, взвешенных в газе,

внезапно подвергается изменению направления движения. Возникающие инерционные силы стремятся выбросить частицы из потока. Циклоны - осадители, в которых используется инерция центробежной силы, являются важным частным случаем инерционных осадителей. Скорость удаления частиц пропорциональна осаждающей силе. Из-за очень малого веса мелких частиц гравитационное осаждение оказывается слишком медленным и малоэффективным процессом для частиц размером менее 100 мкм. При использовании инерционного эффекта скорость улавливания резко повышается. Благодаря этому можно уменьшить размер оборудования и расширить диапазон эффективного улавливания до частиц
размером около 20 мкм. Для некоторых циклонов предельный размер улавливаемых частиц составляет 5….. 10 мкм.

Для осаждения под действием гравитации газ обычно просто медленно пропускают через большую камеру, причем частицы имеют возможность осесть в бункер на дне. Расстояние, требуемое для осаждения частиц, можно уменьшить путем разделения пространства камеры несколькими горизонтальными параллельными поддонами.

Гравитационные камеры можно снабжать отражательными перегородками для изменения направления движения газа и привлечения сил инерции для увеличения осадительного действия. В других конструкциях для создания инерционного эффекта используют заслонки, отбойники.

В циклонных осадителях газу сообщают вращательное или вихревое движение, чтобы подвергнуть частицы воздействию центробежной силы. Это достигается или тангенциальным вводом потока в круглую камеру, или пропусканием газа мимо лопастей, радиально ориентированных по отношению к оси потока.

Устройства всех этих типов характеризуются простотой конструкции и работы. Они относительно дешевы по сравнению с другими типами осадителей. В общем, они не имеют движущихся частей, а для обеспечения рабочих условий можно использовать любой материал. Затраты энергии на работу также относительно малы, что обусловлено малым перепадом давления при течении газа через устройство.

Осадители рассматриваемого типа используются для первичного удаления грубых частиц газового потока. В большинстве случаев защиты воздуха от загрязнения требуется улавливание гораздо более мелких частиц (размером около 1 мкм), поэтому обычно необходимо применять осадители других типов. Однако механические осадители можно использовать как предварительные, располагая их последовательно с устройствами других типов, чтобы уменьшить нагрузку на последние. Это особенно необходимо при сильно запыленных газовых потоках. Механические осадители могут работать долгое время без обслуживания с малыми энергетическими затратами.

Пылеосадительные камеры

Простейшим сепаратором твердых взвешенных частиц является пылеосадительная камера, в которой запыленный газовый поток перемещается с малой скоростью, делающей возможным гравитационное осаждение (седиментацию) транспортируемой взвеси.

Для достижения приемлемой эффективности очистки газов данными устройствами необходимо, чтобы частицы находились в пылеосадительных аппаратах возможно более продолжительное время, а скорость движения пылевого потока была незначительной. Поэтому данное оборудование относится к категории экстенсивного оборудования, рабочие объемы таких аппаратов весьма значительны, что требует больших производственных площадей. Однако пылеосадительные камеры и пылевые мешки обладают очень незначительным гидравлическим сопротивлением (50…300 Па).

В промышленности пылеосадительные камеры используются в качестве устройств предварительной обработки газов, например, для отделения крупных частиц и разгрузки аппаратов последующих ступеней. В связи с этим данное оборудование используют только на первых ступенях систем газоочистки для осаждения частиц крупных размеров (более

100 мкм). Обычно средняя расходная скорость движения газов в пылеосадительных камерах составляет 0,2.… 1 м/с, а в пылевых мешках - 1… 1,5 м/с.

На рис. 1. представлены наиболее распространенные конструкции пылеосадительных камер и пылевых «мешков».

Для равномерного газораспределения по сечению пылеосадительные камеры могут снабжаться диффузорами и газораспределительными решетками, а для снижения высоты осаждения частиц - горизонтальными или наклонными полками. Эффективность улавливания частиц с помощью гравитационного осаждения можно повысить, уменьшая требуемый путь их падения. Это можно осуществить, помещая в камеру горизонтальные пластины, что превращает ее в группу небольших параллельных камер. В некоторых конструкциях пылеосадительных камер для повышения их эффективности предусматривается устройство цепных или проволочных завес и отклоняющихся перегородок. Это позволяет дополнительно к гравитационному эффекту использовать эффект инерционного осаждения частиц при обтекании потоком газов различных препятствий.

Действие силы тяжести может быть увеличено инерционными силами, если к потолку камеры прикрепить вертикальный экран. При обтекании газовым потоком нижней кромки экрана частицы будут увлекаться вниз инерционной силой, возникающей при искривлении линий тока газа.

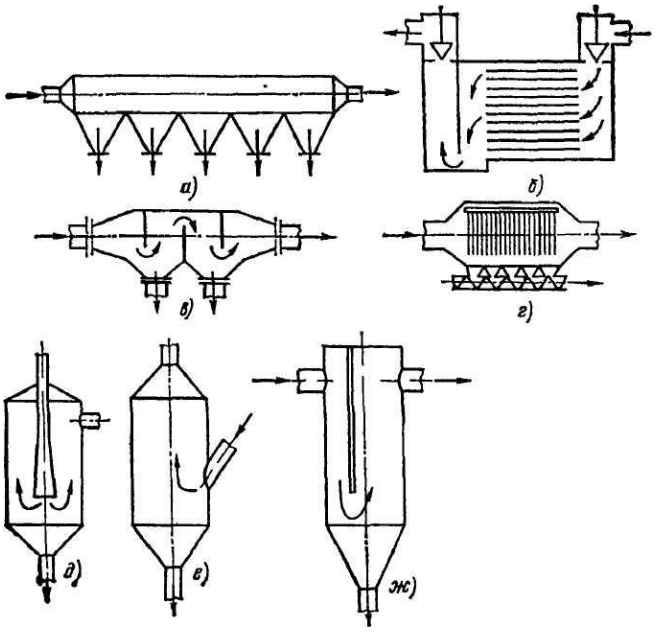


Рис. 1. Пылеосадительные камеры и простейшие пылеосадители инерционного действия: а - простейшая пылеосадительная камера; б - многополочная камера; в - камера с перегородками; г - камера с цепными или проволочными завесами; д - пылевой «мешок» с центральным подводом газа; е - пылевой «мешок» с боковым подводом газа; ж - пылеосадитель с отражательной перегородкой.

Циклонные осадители

Наибольшее распространение в системах пылеочистки получили циклоны. Циклоны широко применяются для очистки от пыли вентиляционных и технологических выбросов во всех отраслях народного хозяйства.

На практике система улавливания частиц создается путем придания запыленному потоку закрученного или вращательного движения, ограниченного цилиндрическими

стенками. Частицы осаждаются при отбрасывании на стенки. Такое устройство называется циклоном.

Циклоны просты в изготовлении, надежны в эксплуатации при высоких давлениях и температурах, обеспечивают фракционную эффективность очистки на уровне 80…95% от частиц пыли размером более 10 мкм. Циклоны в основном рекомендуется использовать перед высокоэффективными аппаратами пылеочистки (тканевыми и электрофильтрами). В ряде случаев циклоны обеспечивают эффективность очистки, достаточную для выброса газов или воздуха в атмосферу.

В России и СНГ для циклонов принят стандартизированный ряд внутренних диаметров *D:* 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2400 и 3000 мм. Для всех одиночных циклонов бункеры выполняются цилиндрическими с коническим днищем. Диаметр бункера принимают 1,5 *D* для цилиндрических и 1,1...1,2 *D* для конических циклонов. Высота цилиндрической части бункера принимается 0,8 *D,* угол конусности стенок днища - 60°.[10].

Циклоны, как правило, используют для грубой и средней очистки воздуха от сухой неслипающейся пыли. Принято считать, что они обладают сравнительно небольшой фракционной эффективностью в области фракций пыли размером до 5… 10 мкм, что является основным их недостатком. Однако циклоны, особенно циклоны высокой эффективности, улавливают не такую уж малую часть пыли размером от 10 мкм - до 80 и более процентов.

Разработано и применяется в технике обеспыливания большое число различных типов циклонов, которые отличаются друг от друга формой, соотношением размеров элементов и т. д. (рис. 2.).

Конструктивно циклоны могут быть выполнены одиночными, групповыми и батарейными. Среди одиночных и групповых циклонов наибольшее распространение получили циклоны НИИОГаза типов ЦН-15 и СК-ЦН производительностью 600…230 000 $м^3$/ч, а среди батарейных циклонов - типов БЦ-2, ПБЦ, ЦБ-254 Р, ЦБ-150у производительностью от 12 000 до 480 000 $м^3$/ч. Эффективность очистки в батарейных циклонах выше, чем в одиночных или групповых, так как в них циклонные элементы имеют значительно меньший диаметр при равных производительностях.

Запыленный воздух поступает в циклон через патрубок, очищенный — удаляется через выхлопную трубу. В зависимости от способа подведения воздуха к циклону различают циклоны с тангенциальным и спиральным подводом воздуха. При прочих равных условиях циклоны со спиральным подводом обладают более высокой эффективностью очистки. Поток запыленного воздуха входит в корпус циклона обычно со скоростью 14…20 м/с.

Применяют циклоны правые (вращение потока запыленного воздуха по часовой стрелке, если смотреть сверху) и левые (вращение против часовой стрелки).

Скорость газа в свободном сечении цилиндрической части циклонов должна лежать в пределах 2,5…3,5 м/с. В обычных условиях оптимальной считается скорость 3,5 м/с, а скорость 2,5 м/с рекомендуется принимать при работе с абразивной пылью.

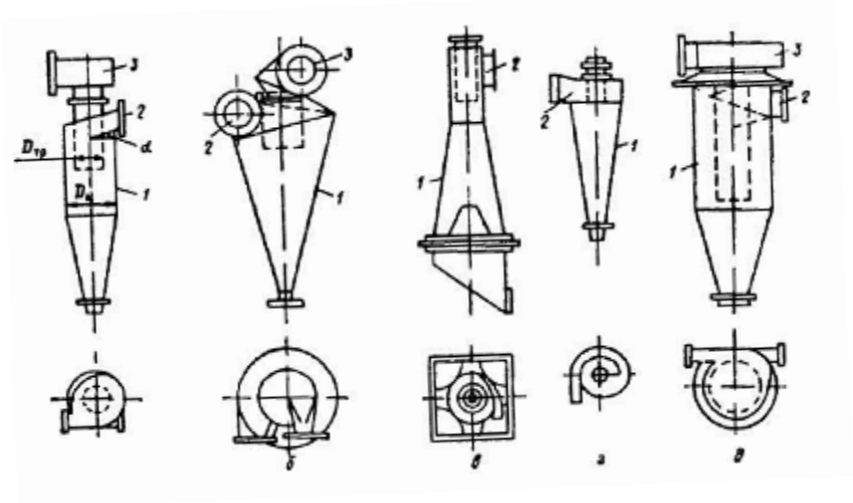


Рис. 2. Основные типы конструкций циклонов:
а - циклон НИИОГаза; б - СИОТ; в - ВЦНИИОТ; г - СК-ЦН-34;
д - ЛИОТ; 1 - корпус; 2 - входной патрубок; 3 – выходная улитка

Запыленные газы подаются в циклоны через тангенциальные или аксиальные завихрители и совершают внутри аппаратов сложное вращатель-но-поступательное движение. На частицы, взвешенные в потоке внутри циклона, действует сила инерции, которая стремится сместить их с криволинейных линий тока по касательным, направленным под некоторым углом вниз и к стенке корпуса. Частицы, соприкасающиеся с внутренней поверхностью стенки, под действием сил тяжести, инерции и опускающегося газового потока скользят вниз и попадают в пылеприемник (бункер). Частицы, не достигшие стенки, продолжают движение по криволинейным линиям тока и могут быть вынесены из циклона газовым потоком, который может захватить и некоторое количество осевших в бункер частиц.

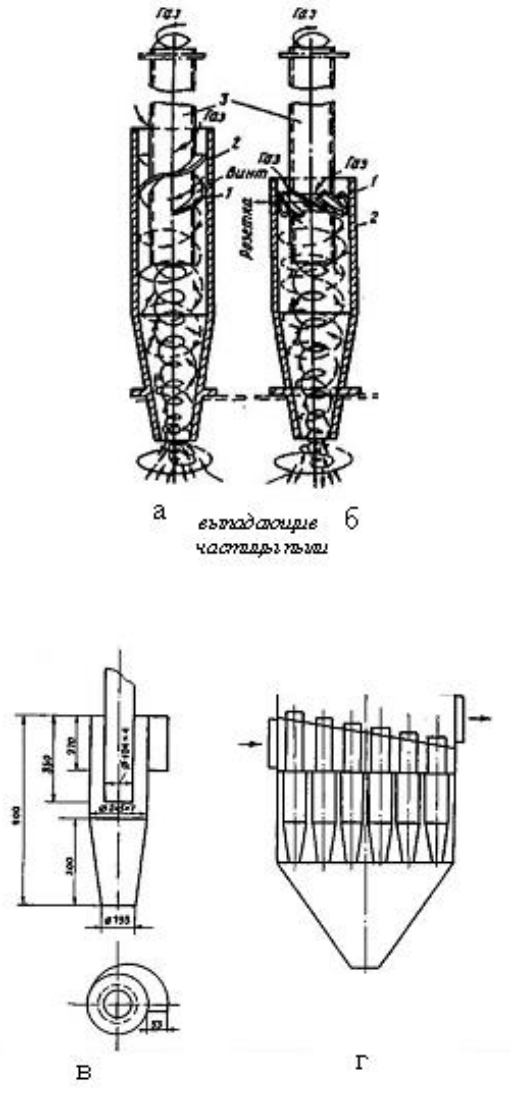


Рис. 3. Циклонные элементы батарейного циклона: *а* - с направляющий аппаратом типа «винт»; *б* - с направляющим аппаратом типа «розетка»; *в* - вход через укороченные улитки; *г* – четырехзаходный улиточный вход.

Фильтрационные установки очистки газа

В фильтрационных установках очистка воздуха (газа) от аэрозольных загрязнений

(пыли, сажи, капельной влаги) происходит при прохождении загрязненного потока через слой пористого материала. В качестве фильтрующего слоя используют ткани, кокс, гравий и др.

По типу структурных элементов пористого слоя различают волокнистые, тканевые и зернистые фильтры. В волокнистых фильтрах осаждение взвешенных частиц происходит на слоях волокон, удерживаемых конструкциями в виде прямоугольных рам, колец и др.

Волокнистые фильтры

В волокнистых фильтрах фильтрующий слой образован относительно равномерно распределенными тонкими волокнами фильтрующих материалов. Эти фильтры предназначены для улавливания частиц мелкодисперсной и особо мелкодисперсной пыли при ее концентрации в очищаемом воздухе (газе) в пределах 0,5…5 мг/м^3.

Волокнистые фильтры могут быть подразделены на тонковолокнистые, глубокие и грубоволокнистые фильтры.

Тонковолокнистые фильтры имеют диаметры волокон менее 5 мкм и используются для улавливания высокодисперсной пыли и других аэрозольных частиц размером 0,05… 0,1 мкм с эффективностью по субмикронным частицам не менее 99 %. В качестве фильтровального материала используется ФП (фильтр Петрянова).

Фильтры с материалом ФП часто используются для улавливания опасных (высокотоксичных, радиоактивных, бактериологически зараженных и др.) аэрозолей с последующим уничтожением или захоронением.

Основного недостатка тонковолокнистых фильтров (короткий срок службы фильтрующего слоя из-за неприменимости регенерации) лишены *глубокие фильтры* (фильтры долговременного пользования). Первый слой фильтра на пути движения очищаемой среды состоит из грубых волокон, последний слой - из тонких. Диаметр грубых волокон 8… 19 мкм. Фильтры имеют высоту фильтрующего слоя от 0,3 до 2 м и рассчитаны на работу при давлении до 0,3 МПа. Фильтр применяется в системах стерилизации воздуха в производстве антибиотиков, витаминов и других био- и медицинских препаратов. Они могут применяться и для тонкой очистки некоторых видов технологических газовых выбросов. Фильтр периодически стерилизуют острым паром, затем просушивают сухим воздухом. Они рассчитаны на срок службы 10…. 20 лет.

Грубоволокнистые фильтры. Эти фильтры называют также пред-фильтрами, так как их устанавливают перед тонковолокнистыми фильтрами для предварительной очистки воздуха (газов). Благодаря этому снижается стоимость очистки, поскольку стоимость грубоволокнистых фильтров почти в 10 раз ниже тонковолокнистых, их легче заменять или регенерировать. Фильтровальный материал предфильтра состоит из смеси волокон диаметром от 1 до 20 мкм. Фильтр марки ФГ показан на рис. 7. Грубоволокнистые фильтры отличаются низким начальным сопротивлением (порядка 100 Па) и высокой пылеемкостью. При удельной нагрузке 0,05...1 м^3/(м^{2}с) фильтры должны полностью улавливать частицы крупнее 1 мкм.

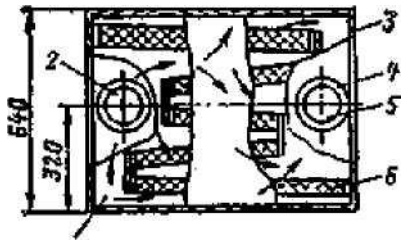


Рис. 4. Фильтр грубой очистки ФГ:
1 - форкамера; 2 - входное отверстие; 3 - корпус; 4 - выходное отверстие; 5 - уплотнительное кольцо; 6 - фильтрующий элемент

Тканевые фильтры

Широко распространены тканевые фильтры. Рукавные тканевые фильтры применяются для очистки больших объемов воздуха (газов) со значительной концентрацией пыли. Фильтрующими элементами в этих аппаратах являются рукава из специальной фильтровальной ткани.

Рукавные фильтры обеспечивают тонкую очистку воздуха от пылевых частиц, имеющих размер менее 1 мкм. Наряду с циклонами рукавные фильтры являются одним из основных видов пылеулавливающего оборудования и широко применяются на предприятиях черной и цветной металлургии, химической промышленности, промышленности строительных материалов, пищевой промышленности, в энергетических установках и др.

В настоящее время выпускается и эксплуатируется множество разнообразных конструкций тканевых фильтров. По форме фильтровальных элементов и тканей они могут быть рукавные и плоские (полотняные), по виду опорных устройств - каркасные, рамные и т.д., по наличию корпуса и его форме -цилиндрические, прямоугольные, открытые (бескамерные), по числу секций -одно- и многосекционные. Фильтры могут также различаться по способу регенерации и ряду других признаков.

Фильтровальные ткани

В тканевых фильтрах применяются тканые или валяные материалы, выполняющие роль подложки для фильтрующей среды, которой является первичный слой уловленной пыли. Ткани для фильтров изготавливают из натуральных, или синтетических волокон диаметром 10...30 мкм, скручиваемых в нити диаметром около 0,5 мм. Размеры пор между нитями обычно составляют 100...200 мкм.

Эффективность очистки воздуха (газов) в рукавных пылеуловителях в основном зависит от свойств фильтровальной ткани, из которой изготовлены рукава аппарата, а также от того, в какой мере эти свойства соответствуют свойствам очищаемой среды и взвешенных в ней частиц.

При прохождении запыленного воздуха (газа) через ткань пылевые частицы задерживаются между нитями и ворсом. Сетка образуется нитями основы и утка и дополнительно переплетается ворсинками. Наличие ворса повышает эффективность фильтрации.

Ворс должен быть обращен навстречу запыленному потоку. При движении запыленного потока воздух прижимает ворсинки к ткани. При обратной продувке происходит выпучивание ворсинок, и накопившиеся пылевые частицы удаляются (рис. 8.). Если же ворс будет направлен в противоположную сторону, то количество задержанной пыли уменьшается,
поскольку происходит выпучивание ворсинок. Затрудняется и регенерация, так как ворсинки прижимаются к нитям и препятствуют отделению пыли от ткани.

Фильтровальные ткани должны обладать рядом положительных свойств: обеспечивать эффективную очистку, допускать достаточную воздушную нагрузку, обладать необходимой пылеемкостью, способностью к регенерации, высокой долговечностью, стойкостью к истиранию и другим механическим воздействиям, низкой гигроскопичностью, невысокой стоимостью. К тканям могут быть предъявлены дополнительные требования, обусловленные свойствами очищаемой среды: стойкость к определенным химическим веществам и высокой температуре.

Наибольшее распространение получили фильтры с гибкими фильтрующими перегородками.

В фильтровальных тканях применяются следующие виды волокон: естественные волокна животного и растительного происхождения (шерстяные, льняные, хлопчатобумажные, шелковые); искусственные органические (лавсан, нитрон, капрон, хлорин и др.); естественные минеральные

(асбест); искусственные неорганические (стеклоткань, металлоткань). Данные о свойствах волокон приведены в таблице.

Основные свойства текстильных волокон, применяемых для фильтровальных тканей

Исходный полимер или сырье	Название волокна	Плотность кг/м^3	Термостойкость, °С		Химическая стойкость в различных средах	
			при длительном воздействии	при кратковременном воздействии	кислоты	щелочи
1	2	3	4	5	6	7
Целлюлоза	Хлопок	1520	65-85	90-95	ОП	Х
Протеины	Шерсть	1320	95-100	120	У	ОП
Полиамид	Капрон	1140	80-90	120	ОП	ох
	Номекс	1380	220	260	У	ох
Полиэфир	Лавсан	1380	130	160	Х	У - П
Полиакрилонитрил	Нитрон	1170	120	150	Х - У	У
Полиоле-фин	Полипропилен	920	85-95	120	ОХ	ОХ
Поливинилхлорид	Хлорин, ацетохлорин, пвх	1380-1470	65-70	80-90	ОХ	ОХ
Политетрафторэтилен	Фторопласт, полифен	2300	220	270	ОХ	ОХ
Полиоксидиазол	Оксалон	-	250	270	Х	
Алюмобо-росиликат-ное стекло	Стеклянное волокно	2540	240	315	Х	У - П

Условные обозначения: ОХ - очень хорошая; Х - хорошая;

Продолжение табл. 11.

Стойкость в средах		Горючесть	Прочность на разрыв, МПа	Разрывное удлинение, %	Стойкость к истиранию	Влагоемкость, %, при 20°С	
Окисляющие агенты	Растворители					при φ= 65%	при φ = 90-95 %

8	9	10	11	12	13	14	15
У	ОХ	Да	360-530	7-8	У	7-8,5	24-27
У	Х	Да	130-200	30-40	У	13-15	21,9
У	Х	Да	450-600	18-32	ОХ	3,5-4,5	7-8,5
Х	Х	Нет	400-800	14-17	ОХ	-	-
Х	Х	Да	450-700	15-25	ОХ	0,4	0,5
Х	-	Да	300-470	15-17	У	0,9-2	4,5-5
Х	Х	Да	440-860	22-25	ОХ	0	0
ОХ	У - Х	Нет	180-230	15-30	ОП- П	0,17-0,3	0,7-0,9
ОХ	ОХ	Нет	350-400	50	У - П	0	0
-	-	-	-	-	Х	-	-
ОХ	ОХ	Нет	1600-3000	3-4	ОП	0,3	-

У - удовлетворительная; П - плохая; ОП - очень плохая.

Хлопковое волокно на 94…95 % состоит из целлюлозы, оно гигроскопично. При относительной влажности воздуха 65 % это волокно поглощает до 8 % влаги, при влажности 93…94 % - 25 % влаги. При нагревании до 120…130°С заметных последствий не наблюдается, при более высокой температуре происходит разрушение волокна. Слабые растворы едкой щелочи (0,5…5%-ные) не оказывают существенного влияния на хлопковое волокно, при более сильных растворах происходит его разрушение. Многие кислоты действуют на хлопковое волокно разрушающе. Так, 1,5%-ная соляная кислота при температуре 90…100°С разрушает волокно в течение 1 ч. Так же действуют азотная и серная кислоты.

В *шерстяных волокнах* содержится 90 % каротина. При нагревании свыше 170°С они разрушаются. В отличие от хлопкового волокна шерстяные волокна менее стойки к кислотам и более стойки к щелочам. Шерстяное волокно при влажности воздуха 65 % интенсивно поглощает до 15,5 % влаги, при влажности 100 % - 34 % влаги. На шерстяную ткань разрушающе действует вода температурой свыше 70°С и серная, соляная, азотная кислоты концентрацией раствора более 5…7 %. При воздействии воздуха температурой 80°С шерсть становится жесткой и ломкой. Механическая прочность шерстяного волокна ниже, чем хлопкового, однако шерстяные волокна более пригодны для изготовления фильтровальных тканей благодаря большей упругости.

Значительными преимуществами обладают фильтровальные ткани из *нитрона* и *лавсана.* Нитроновое волокно характеризуется прочностью, эластичностью, малой гигроскопичностью. При влажности воздуха 65 % оно поглощает из воздуха лишь 1 % влаги. Нитрон неограниченно долго без заметных последствий выдерживает температуру 120…130°С и ограниченное время 180°С. По сравнению с хлопком нитрон в несколько

раз устойчивее к кислотам, органическим растворителям. Он устойчив также к действию микроорганизмов, моли. Ткань из нитрона не подвергается усадке.

Лавсановое волокно обладает прочностью, устойчивостью к истиранию и температуре примерно такими же, как нитроновое волокно, однако более устойчиво к химическим реагентам. Лавсановое волокно обладает малой гигроскопичностью, устойчиво к действию микроорганизмов.

Основное достоинство *волокон асбеста:* обладают высокой термостойкостью, не загнивают, стойки по отношению к растворам щелочей и кислот. Прочность невелика.

Стеклянное волокно обладает высокой термостойкостью, химической стойкостью, выдерживает значительные разрывные нагрузки. Стеклоткани стойки при температуре до 150…300°С. Фильтровальные стеклоткани обычно изготовляют из волокон диаметром 6…8 мкм. Стеклоткани аппретируют - покрывают кремнийорганическим соединением - силиконом и графитируют. Благодаря этому срок службы стеклоткани увеличивается.

Фильтровальные материалы могут быть тканными и неткаными, а в зависимости от состояния поверхности - ворсованными и гладкими.

Срок службы фильтровальных тканей в зависимости от условий эксплуатации (вид пыли, ее концентрация, температура, уровень эксплуатации и др.) может составлять от нескольких месяцев до нескольких лет.

Рукавные фильтры

Конструктивно гибкая фильтрующая перегородка выполняется в виде рукава, поэтому и фильтры с гибкими фильтрующими перегородками получили название «рукавные».

В нормально работающих рукавных фильтрах концентрация пыли на выходе из аппарата обычно не превышает 20 мг/м^3. При использовании высокоэффективных фильтровальных материалов и улавливании волокнистых пылей концентрация на выходе может снижаться до 1 мг/м^3 и менее. Общий вид рукавного фильтра показан на рис. 9.

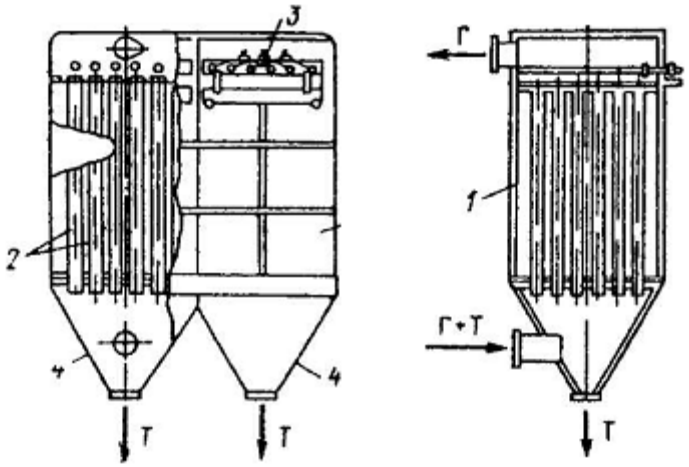


Рис. 5. Рукавный фильтр:
1 - корпус; 2 - фильтрующие рукава; 3 - коллектор сжатого воздуха; 4 - сборник пыли.

Регенерация фильтровальной ткани рукавов производится путем механического или аэродинамического воздействия на фильтровальную ткань с целью разрушения и удаления слоя осевшей пыли.

При выборе способа регенерации имеют значение вид ткани, конструкция аппарата, характеристики пыли и технологического процесса, другие факторы.

Механическое встряхивание может выполняться несколькими способами. Нестойкие на

изгиб ткани (например, из стекловолокна) регенерируют быстрым покачиванием из стороны в сторону без изменения натяжения. Фильтры из более эластичных и нетолстых тканей можно отряхивать, придавая материалу волнообразные колебания. Широко используемые для обработки газовых выбросов рукавные фильтры (аппараты с вертикальными фильтрующими элементами в виде тканевых рукавов) встряхивают волнообразным изменением натяжения ткани, поднимая и опуская вверх рукава. Большинство встряхивающих устройств снабжается электроприводом. Иногда встряхивание комбинируют с продувкой тканей.

В настоящее время выпускается и эксплуатируется множество разнообразных конструкций тканевых фильтров. По форме фильтровальных элементов и тканей они могут быть рукавные и плоские (полотняные), по виду опорных устройств - каркасные, рамные и т.д., по наличию корпуса и его форме - цилиндрические, прямоугольные, открытые (бескамерные), по числу секций -одно- и многосекционные. Фильтры могут также различаться по способу регенерации и ряду других признаков. Однозначных или научно обоснованных критериев выбора типа фильтра среди этого многообразия конструкций нет. Рекомендуется, по возможности, использовать фильтры, разработанные для соответствующих отраслей промышленности.