

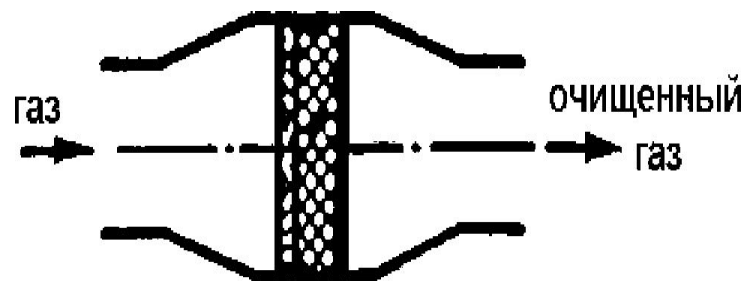
Тема. Очистка газов фильтрованием

План лекции:

1. Процесс фильтрования.
2. Теория фильтрования.
3. Классификация фильтров.
4. Преимущества и недостатки фильтров

Процесс фильтрации

- Фильтрация заключается в пропуске аэрозоля через фильтровальные перегородки, которые допускают прохождение воздуха, но задерживают аэрозольные частицы.
- Процесс фильтрации можно представить как движение частиц вблизи изолированного цилиндра (из волокнистого материала), расположенного поперек потока.
- Влиянием соседних волокон пренебрегают.
- Считают, что поток имеет безвихревое движение, а частицы — сферическую форму, частицы при соприкосновении с цилиндрическими волокнами на их поверхности задерживаются силами межмолекулярного взаимодействия.
- Расстояния между цилиндрическими волокнами весьма значительны по сравнению с размерами частиц (в 5—10 раз превышают размеры частиц).
- Фильтрация запыленного потока через слой пористого материала — весьма сложный процесс, включающий в основном действие гравитации, инерционного столкновения, броуновской диффузии, касания (рис. 1).



Механизмы осаждения

- Пыль при фильтровании в основном задерживается в результате столкновения частиц с волокнами и нитями фильтровального материала и прилипания частиц к волокнам.
- При движении потока через фильтровальный материал часть потока газа обходит волокно, другая часть огибает волокно.
- При этом, более крупные частицы пыли под действием сил гравитации осаждаются на поверхности материала.
- Чуть менее крупные частицы при отклонении потока по инерции сохраняют прежнее прямолинейное направление движения и, сталкиваясь с волокнами, прилипают к ним.
- Мелкие частицы, обладающие малой инерцией, могут вместе с газовым потоком обогнуть волокно.
- Самые мелкие частицы могут столкнуться с волокном, участвуя в броуновском движении, и прилипнуть к поверхности волокна.

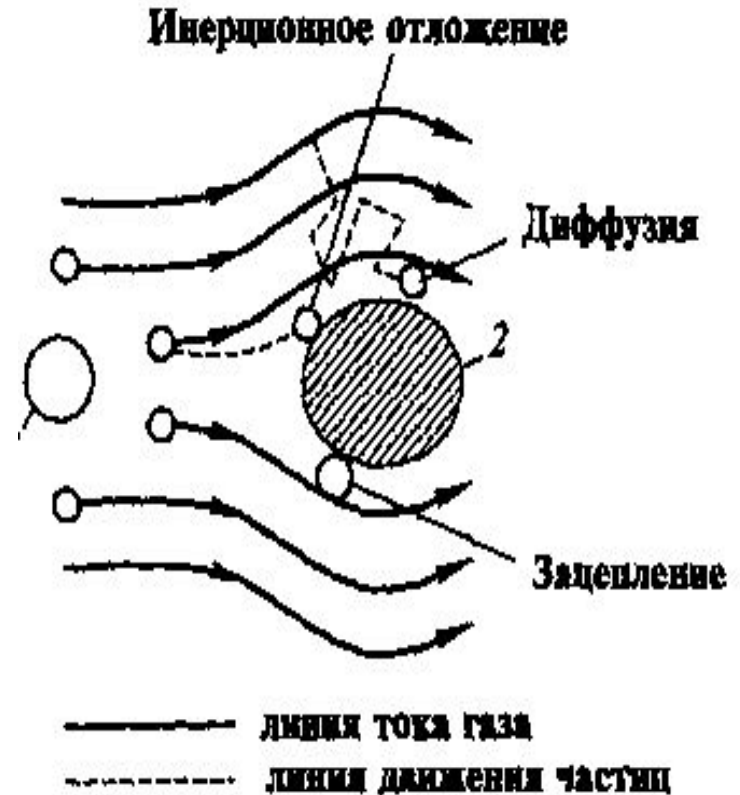


Рис. 4.6. Механизм осаждения частиц на волокне:

1 — частица; 2 — волокно

- Таким образом, выделение из газа твердых и жидких частиц в процессе фильтрации основано на использовании следующих основных механизмов осаждения:
- 1) инерционного, когда частица пыли сталкивается с осаждающим элементом пористой среды (волокно, нити и др.) под действием силы инерции, а не огибает его в своем движении с газовым потоком;
- 2) броуновской диффузии, когда частица пыли соприкасается с осаждающим элементом под действием удара газовых молекул
- 3) зацепления, когда частица пыли соприкасается с осаждающим элементом, проходя с газовым потоком вдоль его поверхности на расстоянии, равном или меньшем радиуса частицы
- 4) гравитационного эффекта.

Другие эффекты

- В некоторых случаях частицы пыли выделяются при фильтрации в результате отсеивания (ситовый эффект).
- Влияет на процесс фильтрации также взаимодействие электростатических зарядов, накапливающихся на частицах пыли и осаждающих элементах пористых сред.
- При фильтрации твердые частицы пыли накапливаются в виде пылевого слоя на поверхности фильтрующих (осаждающих) элементов пористых сред, а также в порах между элементами. В процессе подобного накопления улучшается эффективность улавливания пыли, в частности, из-за более значительного влияния отсеивания. В то же время растет гидравлическое сопротивление прохождению газового (воздушного) потока через пористую среду, что приводит к падению производительности фильтрующего аппарата по количеству (расходу) очищаемых газов.
- Поэтому возникает необходимость непрерывного или периодического (что чаще) разрушения и удаления пылевого слоя как на поверхности фильтрующих (осаждающих) элементов, так и между ними (внутри пористой среды). Это может быть выполнено так называемой регенерацией пористой среды.

Классификация фильтров

- Принята следующая условная классификация фильтрующих аппаратов (фильтров):
- **Фильтры тонкой очистки воздуха** (высокоэффективные фильтры). Используются для улавливания с очень высокой эффективностью (более 99 %) высокодисперсных частиц пыли (субмикронного размера) при обычно низкой входной запыленности ($0,5-5 \text{ мг/м}^3$) и малой скорости фильтрации (менее 6 м/мин). Фильтры тонкой очистки обычно не регенерируют.
- **Фильтры для очистки запыленных воздушных потоков** (воздушные фильтры). Используются в основном в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха. Обычно работают при входной запыленности до 50 мг/м^3 . Воздушные фильтры по конструкции подразделяются на регенерируемые и нерегенерируемые.
- **Промышленные фильтры**. Используются в основном для очистки промышленных (технологических) газов с высокой входной запыленностью (до 60 г/м^3 и более), во многих случаях при повышенных температурах и содержании в газах агрессивных компонентов (SO_2) и др.). В качестве пористых сред в промышленных фильтрах применяют в основном рукава из тканей и нетканых материалов, зернистые и другие фильтровальные материалы. Промышленные фильтры, как правило, работают с регенерацией.

Классификация промышленных фильтров

- Конструктивное исполнение промышленных фильтров весьма разнообразно. Основные классификационные признаки:
 1. тип фильтрующих элементов, из которых формируется поверхность фильтрации;
 2. система регенерации фильтровального материала и
 3. тип устройств регенерации

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ТИПУ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

- В промышленных фильтрах (тканевых и из нетканых материалов) применяются два основных типа фильтрующих элементов:
- бескаркасные (рукава), в основном цилиндрические, и жесткокаркасные, состоящие из каркаса, обтянутого тканью или нетканым материалом. Применение бескаркасных элементов предполагает подачу фильтруемого газа внутрь рукава и сохранение формы элемента вследствие подпора давления в нем.
- Применение жесткого каркаса в конструкции фильтрующего элемента позволяет придавать последнему любую форму — цилиндрическую, плоскую, клиновую, звездчатую и другую, сохраняемую неизменной в процессе фильтрации и регенерации; поддерживать постоянное натяжение фильтрующего материала за счет плотного крепления его на каркасе, а также осуществлять фильтрацию газа, подавая его снаружи внутрь фильтрующего элемента. Применение жесткокаркасных элементов позволяет улучшить использование рабочего объема фильтров, а также применять интенсивные способы регенерации ткани, которые невозможно осуществить в бескаркасных рукавных фильтрах.

•

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ТИПУ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

- Жесткокаркасным фильтрующим элементам, однако, присущи серьезные недостатки: повышенная металлоемкость и трудоемкость изготовления, усложнение обслуживания фильтров, особенно замены рукавов (они тяжелы и громоздки). Кроме того, ускоряется износ ткани в местах контакта с каркасом из-за трения о металл, что исключает применение стеклоткани.
- К недостаткам нецилиндрических фильтрующих элементов следует также отнести сложность раскроя и пошива фильтрующего материала, закрепления и герметизации его краев на каркасе.
- В аппаратах с жесткокаркасными элементами стенки необходимо выполнять съемными или предусматривать в них большие проемы для извлечения элементов, что затрудняет герметизацию корпуса.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО СИСТЕМЕ РЕГЕНЕРАЦИИ

- Существенное влияние на конструкцию фильтров оказывает способ регенерации фильтровального материала.
- В промышленных фильтрах регенерацию проводят по двум основным принципам:
- изменение направления хода газа через фильтровальный материал — обратная продувка, во время которой происходит выдувание уловленной пыли из ткани;
- разрушение пылевого слоя на фильтровальном материале его деформацией различными способами — встряхивание рукавов; встряхивание может производиться как с помощью механизмов, так и воздействием на ткань аэродинамических сил и звуковых импульсов.

Тканевые фильтры

- Эти фильтры имеют наибольшее распространение. Возможности их использования расширяются в связи с созданием новых температуростойких и устойчивых к воздействию агрессивных газов тканей. Наибольшее распространение получили рулонные (рис. 13) и рукавные (рис. 14) фильтры.

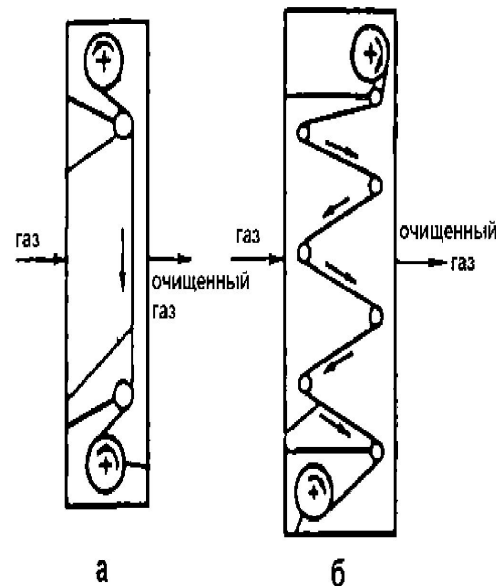


Рис. 13. Рулонные фильтры
обычного типа (а) и компактные (б)

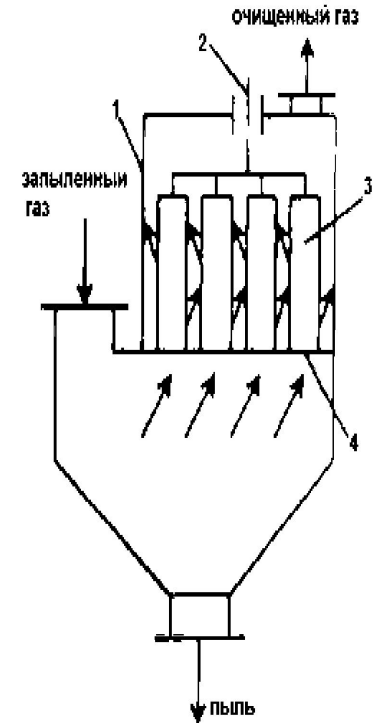


Рис. 14. Рукавный фильтр:
1 – корпус; 2 – встряхивающее устройство;
3 – рукав; 4 – распределительная решетка

Устройство тканевых фильтров

- Корпус фильтра представляет собой металлический шкаф, разделенный вертикальными перегородками на секции, в каждой из которых размещена группа фильтрующих рукавов. Верхние концы рукавов заглушены и подвешены к раме, соединенной с встряхивающим механизмом. Внизу имеется бункер со шнеком для выгрузки пыли. Встряхивание рукавов в каждой из секций производится поочередно.
- В тканевых фильтрах применяют фильтрующие материалы двух типов: обычные ткани, изготавливаемые на ткацких станках, и войлоки, получаемые путем свойлачивания или механического перепутывания волокон иглопробивным методом. В типичных фильтровальных тканях размер сквозных пор между нитями достигает 100-200 мкм.

Требования, предъявляемые к тканям

- 1) высокая пылеемкость при фильтрации и способность удерживать после регенерации такое количество пыли, которое достаточно для обеспечения высокой эффективности очистки газов от тонкодисперсных твердых частиц;
- 2) сохранение оптимально высокой воздухопроницаемости в равновесно запыленном состоянии;
- 3) высокая механическая прочность и стойкость к истиранию при многократных изгибах, стабильность размеров и свойств при повышенной температуре и агрессивном воздействии химических примесей;
- 4) способность к легкому удалению накопленной пыли;
- 5) низкая стоимость.

Условия, определяющие выбор фильтровального материала

- Существующие материалы обладают не всеми указанными свойствами и их выбирают в зависимости от конкретных условий очистки. Например, хлопчатобумажные ткани обладают хорошими фильтрующими свойствами и низкой стоимостью, но недостаточная химической и термической стойкостью, высокой горючестью и влагоемкостью.
- Синтетические ткани вытесняют материалы из хлопка и шерсти благодаря более высокой прочности, стойкости к повышенным температурам и агрессивным воздействиям, более низкой стоимости. Среди них нитроновые ткани, которые используют при температуре 120-130°C в химической промышленности и цветной металлургии. Стекланные ткани стойки при 150-350°C. Их изготавливают из алюмоборосиликатного бесщелочного или магнезиального стекла

Волокнистые фильтры: устройство

- Фильтрующий элемент этих фильтров состоит из одного или нескольких слоев, в которых однородно распределены волокна. Это фильтры объемного действия, так как они рассчитаны на улавливание и накопление частиц преимущественно по всей глубине слоя.
- Сплошной слой пыли образуется на поверхности наиболее плотных материалов. Для фильтров используют естественные или специально получаемые волокна толщиной 0,01-100 мкм.
- Толщина фильтрующих сред составляет от десятых долей миллиметра (бумага) до 2 м (многослойные глубокие насадочные фильтры долговременного использования). Такие фильтры используют при концентрации дисперсной твердой фазы 0,5-5 мг/м³ и только некоторые грубоволокнистые фильтры применяют при концентрации 5-50 мг/м³.
- При таких концентрациях основная доля частиц имеет размеры менее 5-10 мкм.
- Различают следующие виды промышленных волокнистых фильтров:
 - 1) *сухие* - тонковолокнистые, электростатические, глубокие, фильтры предварительной очистки (предфильтры),
 - 2) *мокрые* - сеточные, самоочищающиеся, с периодическим или непрерывным орошением.

Волокнистые фильтры: процесс фильтрации

- Процесс фильтрации в волокнистых фильтрах состоит из двух стадий. На первой стадии (стационарная фильтрация) уловленные частицы практически не изменяют структуры фильтра во времени, на второй стадии процесса (нестационарная фильтрация) в фильтре происходят непрерывные структурные изменения вследствие накопления уловленных частиц в значительных количествах.
- В соответствии с этим все время изменяются эффективность очистки и сопротивление фильтра. Теория фильтрования в таких фильтрах еще недостаточно разработана.

Волокнистые фильтры тонкой очистки

- Используются в атомной энергетике, радиоэлектронике, точном приборостроении, промышленной микробиологии, в химико-фармацевтической и др. Фильтры позволяют очищать большие объемы газов от твердых частиц всех размеров, включая субмикронные.
- Их широко применяют для очистки радиоактивных аэрозолей. Для очистки до 99 % (для частиц 0,05-0,5 мкм) применяют материалы в виде тонких листов или объемных слоев из тонких или ультратонких волокон (диаметр менее мкм).
- Скорость фильтрации составляет 0,01-0,15 м/с, сопротивление чистых фильтров не превышает 200-300 Па, а забитых пылью фильтров 700-1500 Па. Улавливание частиц в фильтрах тонкой очистки происходит за счет броуновской диффузии и эффекта касания.

Зернистые фильтры

- Помимо фильтров в виде слоев волокон, тканей и нетканых материалов из волокон для фильтрации запыленных газов, хотя и значительно реже, но применяются и фильтры в виде слоев из зерен сферической или другой формы.
- Зернистые фильтры используют в газоочистке при невозможности применения тканевых из-за высокой температуры среды. Зернистые фильтры находят все более широкое применение при обработке запыленных выбросов производства строительных материалов, предприятий химической промышленности, при получении редких металлов и в других технологических процессах.
- Однако по сравнению с тканевыми фильтрами они имеют меньшее распространение. Перспективным направлением можно считать использование зернистых фильтров для одновременного улавливания дисперсных и газообразных примесей газовых выбросов.

Зернистые фильтры: процесс очистки, типы

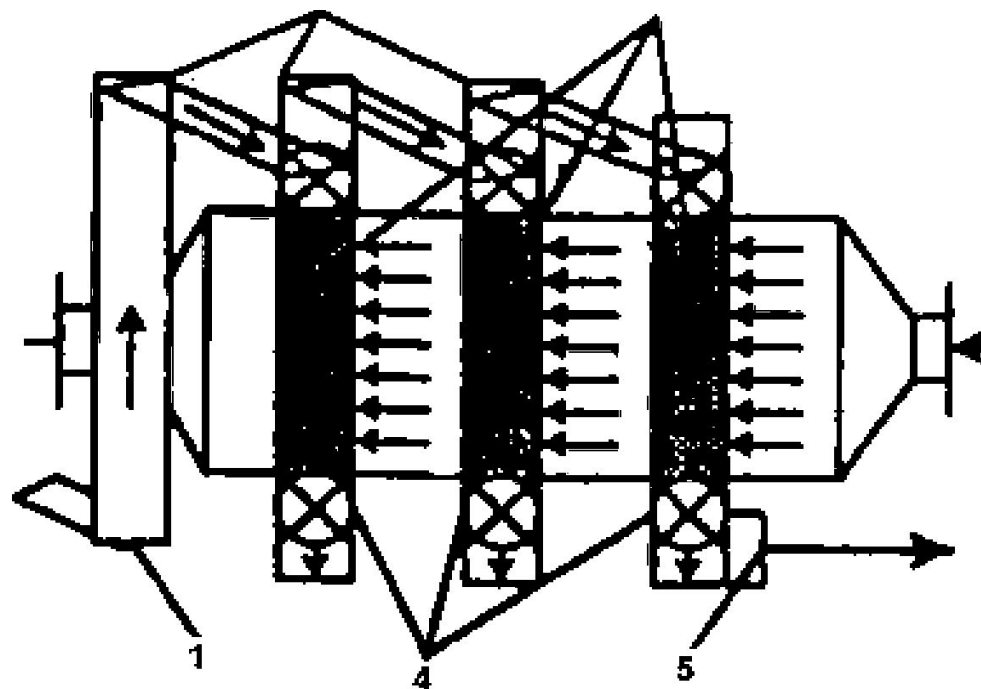
- Улавливание частиц пыли в зернистых фильтрах происходит в соответствии с описанными выше процессами.
- Различают типы зернистых фильтров:
- а) насыпные, в которых осаждающие элементы (гранулы, гравий, кокс, кольца Рашига и др.) не связаны жестко друг с другом; к этим фильтрам относятся: статические (неподвижные) слоевые фильтры; динамические (подвижные) слоевые фильтры с перемещением сыпучей среды; псевдоожиженные слои;
- б) жесткие, в которых зерна прочно связаны друг с другом в неподвижную систему в результате спекания, прессования или склеивания. К этим фильтрам относятся: пористая керамика; пористые металлы; пористые пластмассы.

Зернистые фильтры

Достоинства зернистых фильтров: доступность материала, возможность работать при высоких температурах и в условиях агрессивной среды, выдерживать большие механические нагрузки и перепады давлений, а также резкие изменения температуры. Различают насадочные и жесткие зернистые фильтры.

- В *насадочных (насыпных) фильтрах* улавливающие элементы (гранулы, куски и т.д.) не связаны друг с другом.
- К ним относятся: статические (неподвижные) слоевые фильтры; динамические (подвижные) слоевые фильтры с гравитационным перемещением сыпучей среды (рис.5). В насыпных фильтрах в качестве насадки используется песок, галька, шлак, дробленные горные породы, древесные опилки, кокс, крошка резины, пластмассы, графит и др. Выбор материала зависит от требуемой термической и химической стойкости, механической прочности и доступности

Рис. 5. Фильтр с движущимися слоями зернистого материала:
1 - короб для подачи свежего зернистого материала; 2 - питание; 3 -
фильтрующие слои; 4 - затворы; 5 - короб для вывода зернистого
материала



Слоевые насыпные зернистые фильтры

- Фильтрующий слой в зернистых фильтрах образован зернами сферической или другой формы. Могут использоваться при высоких температурах до 500...800°С, в условиях воздействия агрессивной среды.
- Эти фильтры используют для очистки запыленного воздуха (газов) систем пневмотранспорта от абразивной пыли с относительно крупными частицами и при повышенных температурах (400-500 °С). Эффективность улавливания пыли в этих фильтрах растет с увеличением высоты слоя и уменьшением среднего диаметра его зерен.
- Свойство сыпучести зернистых материалов используют для создания фильтров с движущейся средой и периодическим или непрерывным удалением из фильтра на регенерацию слоя зерен, забитого пылью.
- Обычно материал перемещается между сетками или жалюзийными решетками под действием сил гравитации. Регенерируют выгруженный материал от уловленной пыли в отдельном аппарате грохочением или промывкой в восходящем потоке воды зерен, находящихся в псевдооживленном состоянии.

Зернистые жесткие фильтры

- Для тонкой очистки горячих и агрессивных газов от пыли применяют керамические и металлокерамические зернистые жесткие фильтры с более высокой термо и кислотостойкостью, чем ткани и нетканые фильтровальные материалы из натуральных и синтетических волокон.
- Особенно перспективны металлокерамические фильтры, устойчиво работающие при температуре, близкой к 400 °С. Существенные недостатки жестких фильтров по сравнению с тканевыми — их высокая стоимость, большое гидравлическое сопротивление и трудность регенерации. Последняя сокращает срок их службы. Затруднения с регенерацией обусловлены глубоким проникновением высокодисперсных частиц пыли в поры, откуда они не удаляются. В результате остаточное сопротивление фильтров непрерывно увеличивается, что приводит к необходимости демонтировать фильтрующие элементы для промывки или очистки другими способами.
- Жесткие зернистые фильтры редко применяют для установок большой производительности.

Фильтры тонкой очистки воздуха

- Фильтры тонкой очистки воздуха (высокоэффективные фильтры). Используются для улавливания с очень высокой эффективностью (более 99 %) высокодисперсных частиц пыли (субмикронного размера) при обычно низкой входной запыленности ($0,5-5 \text{ мг/м}^3$) и малой скорости фильтрации (менее 6 м/мин). Фильтры тонкой очистки обычно не регенерируют.

Воздушные фильтры

- Фильтры для очистки запыленных воздушных потоков (воздушные фильтры). Используются в основном в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха.
- Обычно работают при входной запыленности до 50 мг/м^3 . Воздушные фильтры по конструкции подразделяются на регенерируемые и нерегенерируемые.

Промышленные фильтры.

- Промышленные фильтры. Используются в основном для очистки промышленных (технологических) газов с высокой входной запыленностью (до 60 г/м^3 и более), во многих случаях при повышенных температурах и содержании в газах агрессивных компонентов (SO_2) и др.).
- В качестве пористых сред в промышленных фильтрах применяют в основном рукава из тканей и нетканых материалов, зернистые и другие фильтровальные материалы. Промышленные фильтры, как правило, работают с регенерацией.

Промышленные фильтры.

- В промышленных фильтрах (тканевых и из нетканых материалов) применяются два основных типа фильтрующих элементов: бескаркасные (рукава), в основном цилиндрические, и жесткокаркасные, состоящие из каркаса, обтянутого тканью или нетканым материалом.
- Применение бескаркасных элементов предполагает подачу фильтруемого газа внутрь рукава и сохранение формы элемента вследствие подпора давления в нем.
- Применение жесткого каркаса в конструкции фильтрующего элемента позволяет придавать последнему любую форму — цилиндрическую, плоскую, клиновую, звездчатую и другую, сохраняемую неизменной в процессе фильтрации и регенерации; поддерживать постоянное натяжение фильтрующего материала за счет плотного крепления его на каркасе, а также осуществлять фильтрацию газа, подавая его снаружи внутрь фильтрующего элемента.
- Применение жестко каркасных элементов позволяет улучшить использование рабочего объема фильтров, а также применять интенсивные способы регенерации ткани, которые невозможно осуществить в бескаркасных рукавных фильтрах.

- Жесткокаркасным фильтрующим элементам, однако, присущи серьезные недостатки: повышенная металлоемкость и трудоемкость изготовления, усложнение обслуживания фильтров, особенно замены рукавов (они тяжелы и громоздки). Кроме того, ускоряется износ ткани в местах контакта с каркасом из-за трения о металл, что исключает применение стеклоткани.
- К недостаткам нецилиндрических фильтрующих элементов следует также отнести сложность раскроя и пошива фильтрующего материала, закрепления и герметизации его краев на каркасе. В аппаратах с жесткокаркасными элементами стенки необходимо выполнять съемными или предусматривать в них большие проемы для извлечения элементов, что затрудняет герметизацию корпуса.

Промышленные фильтры. Регенерация

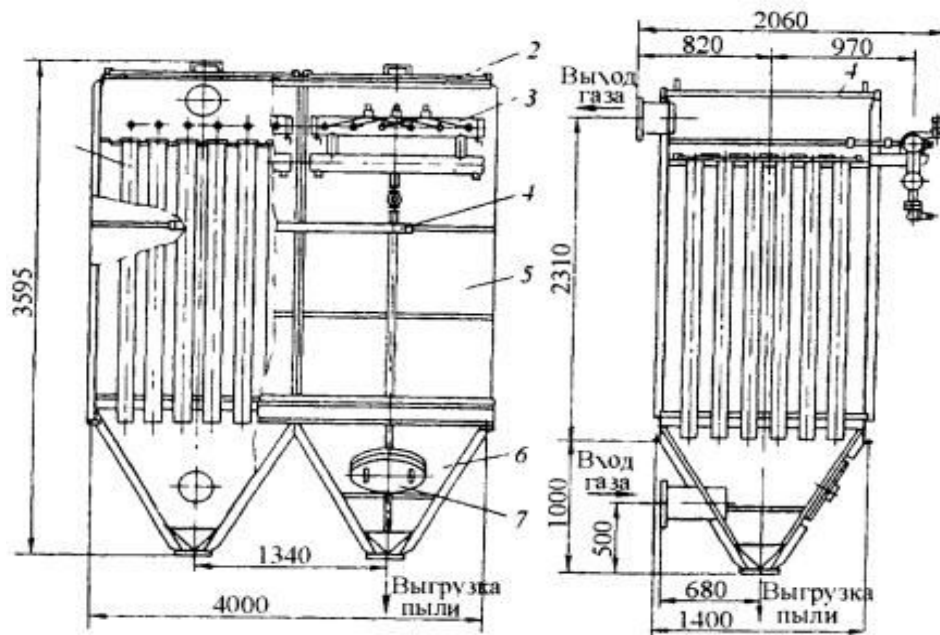
- Существенное влияние на конструкцию фильтров оказывает способ регенерации фильтровального материала.
- В промышленных фильтрах регенерацию проводят по двум основным принципам: • изменение направления хода газа через фильтровальный материал — обратная продувка, во время которой происходит выдувание уловленной пыли из ткани; • разрушение пылевого слоя на фильтровальном материале его деформацией различными способами — встряхивание рукавов; встряхивание может производиться как с помощью механизмов, так и воздействием на ткань аэродинамических сил и звуковых импульсов.
- Обратная продувка — более универсальное средство, так как при любой обратной продувке происходит одновременно и некоторая деформация пылевого слоя, т. е. имеется определенный эффект механического разрушения этого слоя.

- Современные рукавные фильтры снабжены системами регенерации, включающими устройства для обратной продувки или сочетающими устройства обратной продувки с устройствами для встряхивания рукавов. Фильтры с посекционной системой регенерации фильтровального материала характеризуются тем, что регенерации подвергается целая секция многосекционного фильтра. На период регенерации секцию отключают от подачи в нее газа. В фильтрах с поэлементной системой регенерации обратной продувке подвергают не всю секцию фильтра, а последовательно отдельные фильтрующие элементы или их группы. Конструктивное исполнение фильтров с поэлементной продувкой сложнее, чем фильтров с посекционной продувкой, вследствие введения каркасных фильтрующих элементов, устройства сложных подвижных систем внутри фильтров и т.д.

- Существенное преимущество поэлементной регенерации состоит в том, что она весьма интенсивна, так как воздействует непосредственно на запыленные участки ткани и поэтому продолжительность регенерации значительно сокращается по сравнению с посекционными способами, а это в свою очередь ведет к сокращению количества продувочного газа.
- Регенерацию ткани осуществляют, не прекращая подачи запыленного газа в фильтр пыли в отдельные его участки. При этом на регенерацию и очистку продувочного газа отвлекается незначительное число элементов и таким образом эффективно используется вся фильтрующая поверхность.
- Интенсификация процесса регенерации позволяет использовать в фильтрах с поэлементной системой регенерации плотные фильтровальные материалы (например, войлоки), которые в фильтрах с посекционной продувкой регенерировать трудно или невозможно, а также дает возможность повысить нагрузки на ткань.

Рукавные фильтры

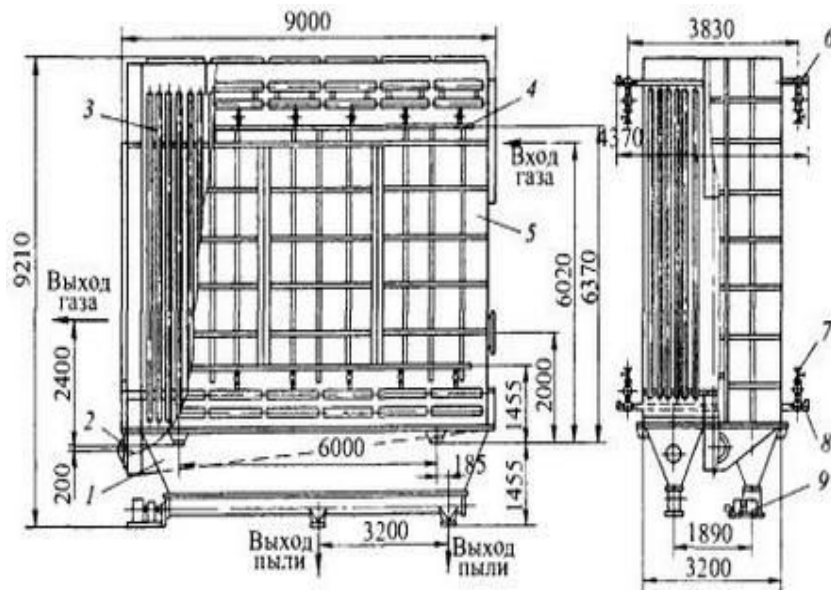
- Рукавные фильтры типа ФРКИ
- Фильтры типа ФРКИ (фильтр рукавный каркасный, импульсный) общепромышленного применения предназначены для улавливания пыли в различных металлургических переделах, а также в других отраслях промышленности.
- Применяются в условиях сред, не являющихся токсичными, пожаро или взрывоопасными, для очистки сравнительно небольших объемов газа (максимальная фильтрующая поверхность 360 м^2) при температуре очищаемого газа не выше 130°C . В корпусе фильтра размещаются жесткокаркасные фильтрующие элементы диаметром 135 мм и высотой 2-3 м. Фильтрующие элементы закреплены своим верхним концом в перегородке. Фильтруемый газ подается в нижнюю часть фильтра и фильтруется снаружи внутрь рукава. Пройдя фильтрацию, газ выходит в верхнюю камеру чистого газа. Регенерация осуществляется импульсами сжатого воздуха давлением 0,6 МПа длительностью 0,1-0,2 с. Подача импульсов обеспечивается электромагнитными клапанами при помощи системы автоматики. Применяемые фильтровальные материалы: лавсановая ткань или иглопробивной войлок. Фильтры ФРКИ предназначены для эксплуатации в отапливаемом помещении.



Фильтр ФРКИ (однорядный):
1 — рукав; 2 — крышка; 3 —
клапанная секция;
4 — коллектор; 5 — корпус; 6
— бункер; 7 — люк

Рукавные фильтры типа ФРКДИ

- Фильтры типа ФРКДИ (фильтр рукавный, каркасный с двухсторонней импульсной продувкой), как и фильтры ФРКИ, являются фильтрами общепромышленного применения. Выпускаются с площадью фильтрующей поверхности от 550 до 1100 м², т. е. большей единичной производительности, чем фильтры ФРКИ. Применяются в условиях сред, не являющихся токсичными, пожаро или взрывоопасными, при температуре до 130°С.
- Особенность фильтров ФРКДИ — двусторонняя подача импульсов сжатого воздуха в рукав при регенерации. Соответственно высота жесткокаркасных рукавов увеличена до 6 м при диаметре их 135 мм. Помимо верхней сборной камеры очищенного газа, к которой прикрепляются верхние концы рукавов, в нижней части фильтра над бункером имеется система сборных коллекторов очищенного газа, к которым крепятся нижние концы рукавов. Остальные характеристики аналогичны фильтрам ФРКИ: давление сжатого воздуха — 0,6 МПа; длительность импульса — 0,1-0,2 с; фильтровальные материалы — лавсановая ткань или иглопробивной войлок. Фильтры ФРКДИ предназначены для эксплуатации в отапливаемом помещении.



- 1 — бункерная часть корпуса; 2 — люк; 3 — рукав; 4 — коллектор; 5 — корпус; 6 — клапанная секция; 7 — фланцевый вентиль D 50; 8 — клапанная секция; 9 — винтовой транспортер

Металлокерамические и керамические фильтры

- Металлокерамические фильтры. Эти фильтры изготовляют прессованием или прокаткой с последующим спеканием при высокой температуре (800-1300 °С) из металлических порошков с частицами шарообразной формы с гладкой поверхностью или из порошков с частицами несферической формы и шероховатой поверхностью. Порошки изготовляют из низкоуглеродистых и нержавеющей сталей (12Х18Н9) и других металлов.
- Металлокерамические фильтрующие материалы получают в виде цилиндров высотой 80-100 мм с толщиной стенок 2-5 мм, трубок разного диаметра, лент шириной 300-400 мм и листов больших размеров толщиной от 0,35 до 2,5 мм. Фильтрующие элементы соединяют сваркой или спеканием в длинные трубы (до 2 м). Фильтрацию в металлокерамических цилиндрических трубах ведут снаружи внутрь.
- Регенерацию фильтрующих элементов ведут посекционно обратной продувкой сжатым воздухом, подаваемым внутрь секции при избыточном давлении около 200 кПа. Сопротивление металлокерамического фильтра перед регенерацией при улавливании пыли с медианным размером частиц 0,9 мкм составляет (при скорости фильтрации от 0,4 до 0,6 м/мин) от 2000 до 3000 Па. При этом достигается высокая эффективность улавливания пыли: 99,99 %.

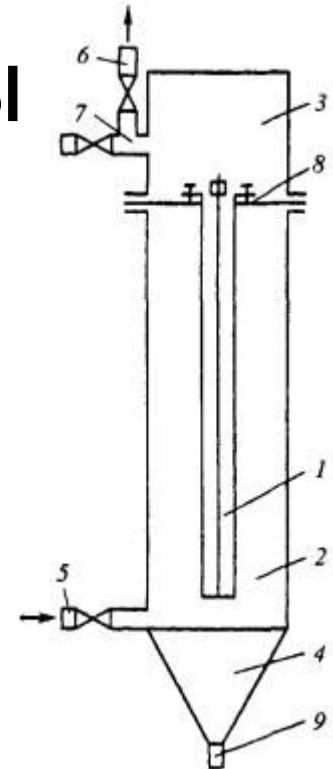


Схема металлокерамического фильтра:
1 — фильтр; 2 — камера запыленного газа; 3 — камера чистого газа;
4 — бункер; 5 — штуцер входа; 6 — штуцер выхода чистого газа;
7 — штуцер продувочного воздуха; 8 — трубная решетка; 9 — выпуск пыли

Низкоскоростные и высокоскоростные мокрые волокнистые фильтры

- В этих фильтрах используется принцип фильтрации на волокнах жидких частиц. Уловленная жидкость непрерывно выводится из фильтра. Механизмы процесса осаждения жидких частиц на волокнах не отличаются от улавливания твердых частиц — пыли. Отличительная особенность мокрых волокнистых фильтров состоит в коагуляции (коалесценции) осажденных на поверхности жидких частиц в крупные капли или пленку жидкости, которые удаляются из слоя под действием силы тяжести, увлечения газовым потоком или капиллярных сил.
- Обычно для этого не требуется какого-либо механического воздействия на фильтры, работающие в режиме саморегенерации с постоянным сопротивлением. Недостаток мокрых волокнистых фильтров — возможность их зарастания твердыми частицами, содержащимися в тумане (при образовании нерастворимых солевых отложений CaCO_3 , CaSO_4 и др.).
- Мокрые фильтры подразделяют на низкоскоростные (скорость фильтрации < 9 м/мин), работающие в диффузионном режиме осаждения на тонкие волокна, и высокоскоростные, работающие в инерционном режиме осаждения на грубые волокна и сетки.

Низкоскоростные мокрые волоконистые фильтры.

- Конструкция низкоскоростного фильтрующего элемента, состоящего из двух соосно расположенных цилиндрических сеток из проволоки диаметром 3,2 мм, приваренных ко дну и входному патрубку — фланцу. Пространство между сетками заполнено волокном. В дне элемента имеется гидрозатвор для перетока уловленной жидкости в корпус аппарата.
- К опорной перегородке корпуса элементы на прокладках крепятся шпильками и гайками. В одном корпусе монтируют от 5 до 100 элементов. Наиболее распространены элементы диаметром 450 мм и высотой 2,4 м. Эффективность улавливания в описанных элементах до 99,99 % для частиц <3 мкм и до 100 % для частиц >3 мкм при гидравлическом сопротивлении 3800 Па.

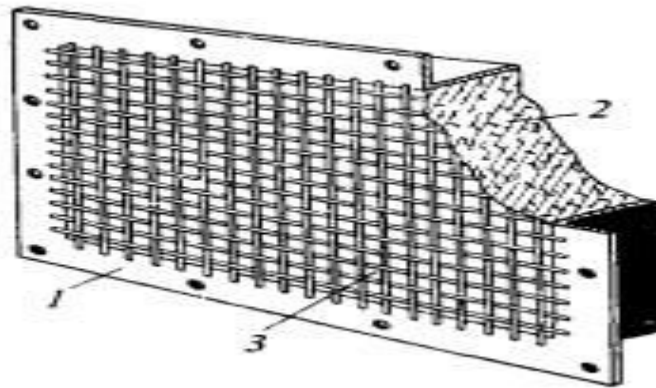
- Фильтрующие слои в отечественных низкоскоростных фильтрах чаще всего состоят из набивки стекловолокном диаметром от 7 до 30 мкм, волокон лавсана, полипропилена и других полимеров диаметром от 12 до 40 мкм. Толщина слоя составляет от 5 до 15 см; скорость фильтрации от 3 до 12 м/мин.
- Гидравлическое сопротивление сухих фильтров — от 200 до 1000 Па, а в режиме самоочищения — от 1200 до 2500 Па. Плотность набивки для стекловолокна — от 60 до 150 кг/м³, а для синтетических волокон ниже (в зависимости от плотности полимера).

Высокоскоростные мокрые волокнистые фильтры.

- В этих фильтрах определяющим механизмом осаждения является инерционный, эффективность которого растет с увеличением скорости. Габариты высокоскоростных фильтров меньше, чем низкоскоростных. Высокоскоростные фильтры обычно состоят из отдельных элементов, в которых волокно уложено между двумя плоскими решетками. Рекомендуемые скорости фильтрации составляют 120-150 м/мин при эффективности улавливания 98-99 % для частиц размером <3 мкм при гидравлическом сопротивлении 1500-2000 Па. Для фильтрующих слоев наиболее пригодны иглопробивные нетканые полотна (войлоки), например, из полипропилена. Эти войлоки успешно применяют для улавливания туманов разбавленных и концентрированных кислот (например, H_2SO_4 , HCl , HF) и крепких щелочей.
- При брызгоуносе из слоя, что наблюдается при скорости фильтрации 100-150 м/мин, за фильтрами устанавливают сетчатые пакеты — брызгоуловители, набираемые из четырех плоских и трех гофрированных перфорированных винилпластовых листов, чередующихся между собой. Высота гофр 8 мм, общая толщина пакета 15-20 мм. При скорости потока газов через них 150-180 м/мин сопротивление составляет 200-250 Па. Пакеты из винилпласта применимы до 60-70 °С; при более высоких температурах используют полипропиленовые или лавсановые войлоки или пакеты из вязаных полипропиленовых или металлических сеток.

- Разработано несколько типов конструкций фильтров, оснащаемых полипропиленовыми и лавсановыми иглопробивными материалами. На рисунке ниже показан фильтр с цилиндрическим фильтрующим элементом, установленным в слой уловленной кислоты. Слой кислоты находится в пространстве, образованном входящим внутрь элемента патрубком и стенками корпуса фильтра. Фильтрующий элемент представляет перфорированный или решетчатый барабан с тухой крышкой. Соосно с ним установлен брызгоулавливающий элемент большего диаметра.
- На решетчатом барабане крепится пакет из винипластовых сеток или складчатый грубоволокнистый войлок толщиной 3-5 мм. Газы вводятся в фильтр внутрь фильтрующего элемента и на его внешнюю поверхность. Фильтры периодически промывают при очистке загрязненных туманов (например, серной кислотой).

Элемент высокоскоростного фильтра:
1 — короб с фланцем; 2 — стекловолокно;
3 — решетка



Элемент высокоскоростного фильтра:
1 — короб с фланцем; 2 — стекловолокно;
3 — решетка

Керамические фильтры

Волокнистый туманоуловитель:

- 1 — цилиндрический фильтрующий элемент;
- 2 — фильтрующий войлок;
- 3,4 — брызгоуловители,
- 5 — патрубок

