

Лекция 5. Методы очистки атмосферы

Наиболее распространенные вредные продукты сгорания органических топлив:

1. Оксид углерода (или угарный газ) CO при попадании в организм, оксид углерода реагирует с гемоглобином крови и препятствует нормальному переносу кислорода.

Диоксид углерода (или углекислый газ) CO_2 сам по себе нетоксичен, не имеет цвета и запаха. Является «парниковым газом».

2. Сернистый ангидрид SO_2 – бесцветный газ с острым запахом, вызывает раздражение дыхательных путей и нарушение обменных и ферментных процессов у людей, является одной из основных причин возникновения смогов.

Серный ангидрид (или триоксид серы) SO_3 также оказывает раздражающее действие на дыхательные пути, кроме того во влажном воздухе способствует образованию аэрозоля серной кислоты, которая активно разрушает конструкции, здания и оборудование.

3. Оксид азота NO – высокотоксичное вещество, оказывающее действие на кровь и нервную систему.

Диоксид азота NO_2 – газ буро-красного цвета. Раздражает и прижигает дыхательные пути, приводит к отеку легких. **Гемиоксид азота N_2O** – бесцветный газ, используемый в медицине в качестве легкого наркоза («веселящий газ»).

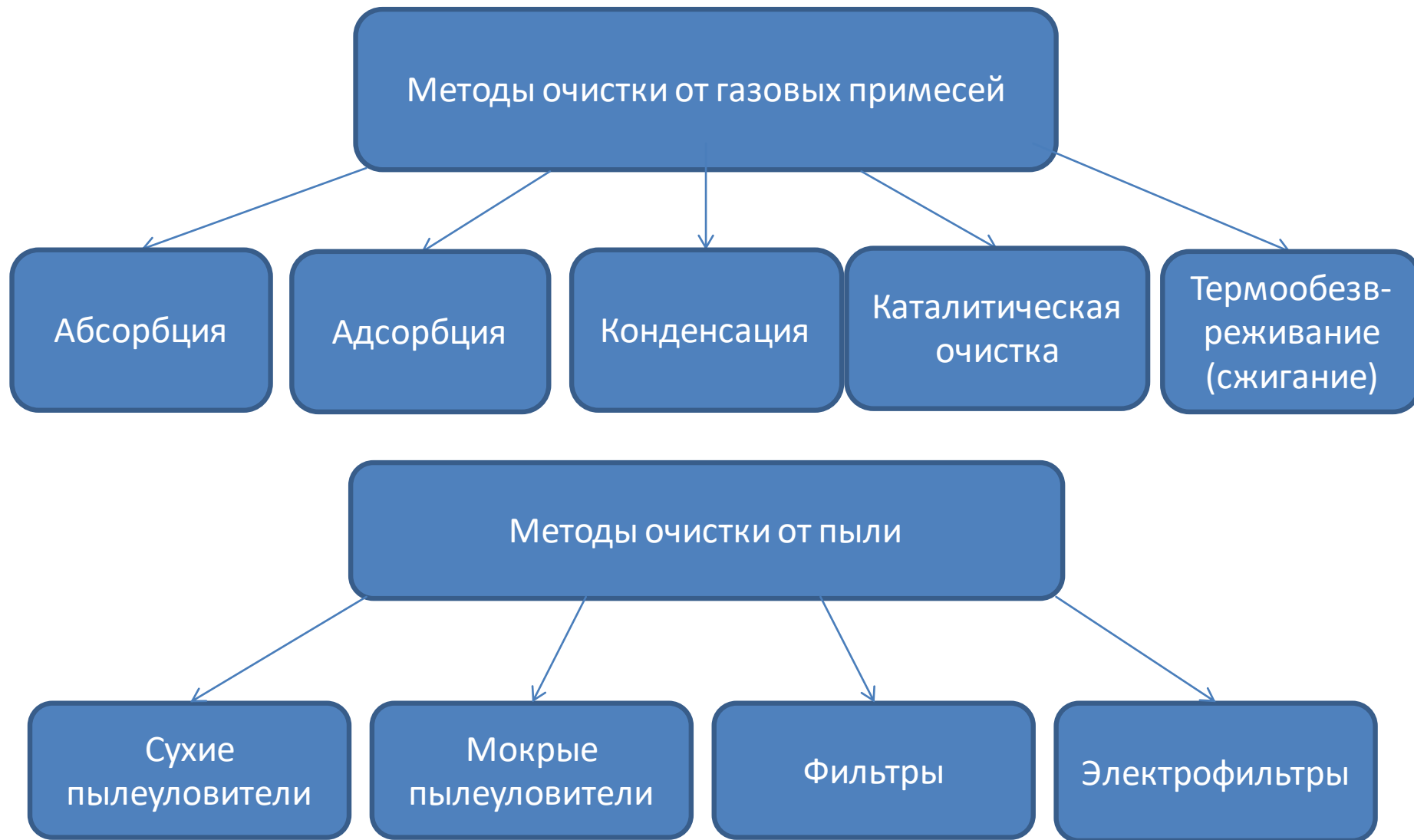
4. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) встречаются в продуктах сгорания углеводородных топлив. Наиболее распространенными из них являются бенз(а)пирен, пирен, антрацен, перилен и др. **Бенз(а)пирен $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$** – твёрдое кристаллическое вещество желтого цвета, которое накапливается в основном в почве. Является сильным канцерогеном, также может оказывать мутагенное воздействие.

5. Сажа (копоть) – продукт неполного сгорания или углеводородов, более чем на 90% состоит из углеродных атомов. При медленном разложении выделяет бенз(а)пирен. При попадании в организм сажистые частицы могут вызвать злокачественные опухоли.

6. Сероводород H_2S – газ, обладающий сильным характерным запахом. Сероводород очень токсичен, при небольшом содержании в воздухе может вызвать головокружение и тошноту, при высокой концентрации – судороги, отек легких и летальный исход.

Аэрозоли – частицы, взвешенные в воздухе:

- **туманы** – аэрозоли с жидкой дисперсной фазой
- **пыли** – аэрозоли с твердой дисперсной фазой



Методы абсорбции и адсорбции

Сорбция – способность одного вещества поглощать (концентрировать) другое. В сорбционных процессах участвует твердое или жидкое вещество, являющееся поглотителем (сорбент) и поглощаемое вещество (сорбат).

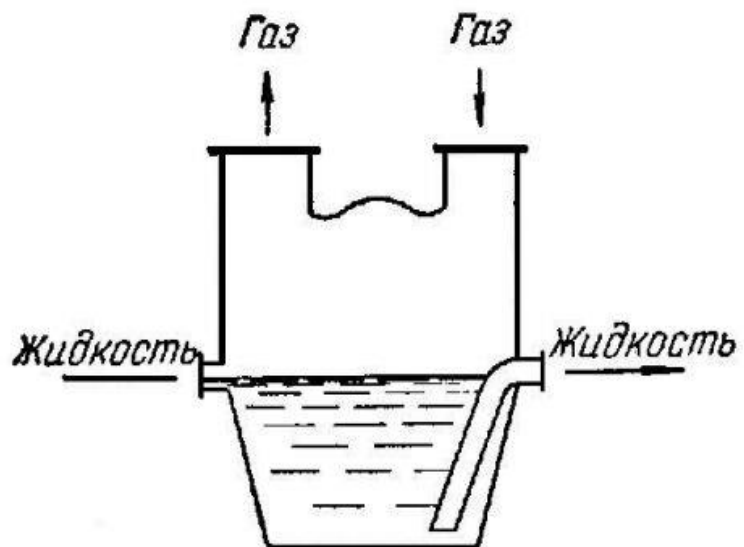
Абсорбция (или объемная сорбция) – это процесс проникновение сорбата по всему объему сорбента.

Абсорбция эффективно применяется при высоких концентрациях газообразных примесей (свыше 1 %) и меньших концентрациях для газов с высокой растворимостью в жидкости. Если концентрация загрязнителя в выбросах превышает $(1...2) \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$, то степени очистки может быть более 90%.

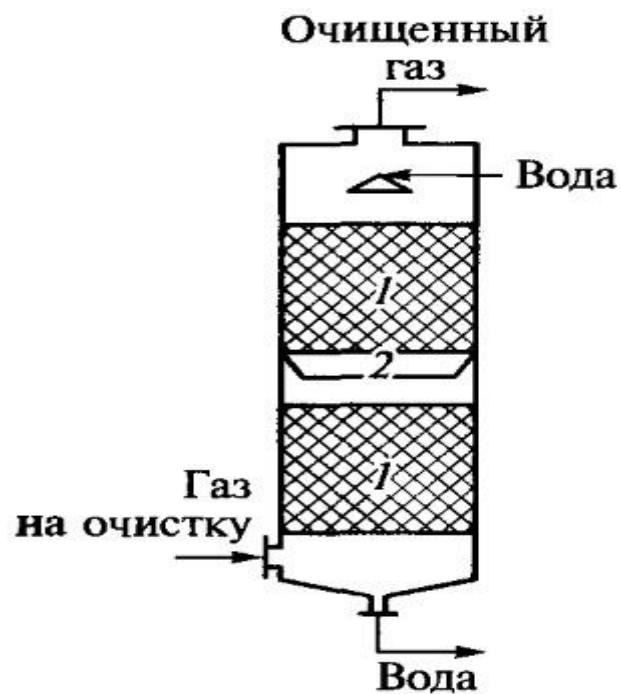
Для очистки выбросов от: сероводорода, других сернистых соединений, паров соляной, серной кислот, цианистых соединений, органических веществ (фенола, формальдегида и др.).

Для осуществления процесса абсорбции необходимо обеспечить непосредственный контакт газа с жидкостью, который достигается путем подачи в аппарат жидкости, распыленной на маленькие капельки, или в виде тонкой пленки, обеспечивающей большую площадь поверхности жидкой фазы, необходимой для массопереноса.

1. Поверхностный абсорбер



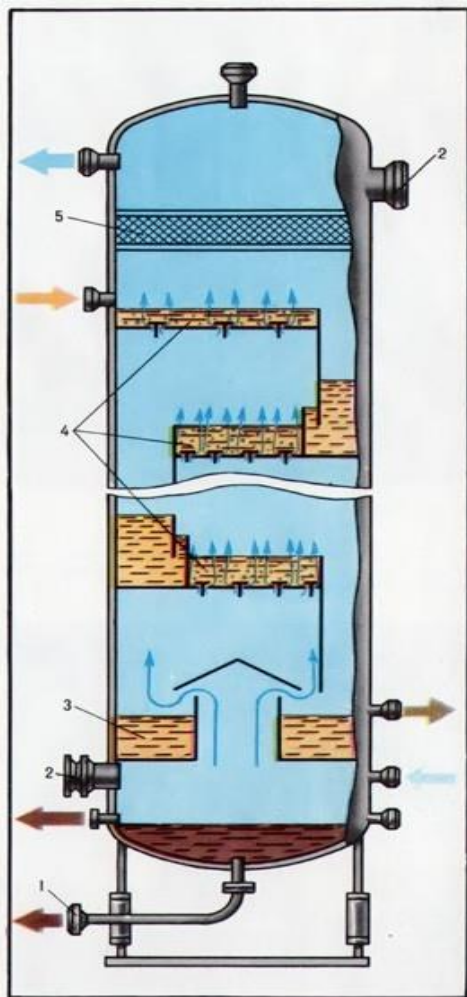
2. Насадочный абсорбер



- 1 – насадка,
2 – направляющий конус

3. Абсорбционная барботажная (тарельчатая)

колонна



Расход газа, м ³ /час	Основные габаритные размеры, мм		
	a	b	h
100	1150	1550	3100
1000	1150	1550	4000
10000	1450	1790	6720
100000	4300	4300	13490

1 – дренаж, 2 – люк-лаз, 3 – глухая тарелка, 4 – тарелки; 5 – отбойная сетка

Адсорбция – процесс накопления одного вещества на поверхности другого вещества в результате диффузии.

Высокой адсорбционной способностью обладают высокопористые твердые вещества с большим размером пор и развитой микроструктурой.

Адсорбируемая молекула газа задерживается на твердой поверхности, причем этот процесс сопровождается выделением тепла в количестве, часто близком к величине теплоты конденсации. Следовательно, при осуществлении адсорбции желательно охлаждение слоя адсорбента или предварительное охлаждение подаваемого газа.

Самое широкое распространение среди адсорбентов получил активированный уголь (его получают из скорлупы кокосового и других видов орехов, фруктовых косточек, битуминозных углей, твердой древесины, а также кокса и остатков процесса нефтепереработки) – неспецифический адсорбент, который адсорбирует все газы, в том числе и влажные. Но при использовании активированного угля необходимо учитывать, что помимо адсорбции того газа, содержание которого необходимо снизить, будут поглощаться и другие примеси.

Конденсация

С ростом давления и снижением температуры скорость абсорбции увеличивается. Абсорбенты, работающие при отрицательных (по Цельсию) температурах, называют хладоносителями, а сам процесс, протекающий в таких условиях, – **контактной конденсацией**.

Включение конденсации газов, содержащихся в выбросах, в технологический цикл обычно происходит в случае, когда процесс сопровождается значительными потерями промежуточных или конечных продуктов. С помощью конденсации часто происходит улавливание и возвращение в технологический процесс паров растворителей, удаляемых с поверхности изделий после нанесения функциональных, защитных и окрашивающих слоев. Также применение конденсации возможно для извлечения из газового потока ценных или особо опасных веществ.

Конденсация очень эффективна для углеводородов и других органических соединений, имеющих достаточно высокие температуры кипения при обычных условиях и присутствующих в газовой фазе в относительно высоких концентрациях.

Экономическая эффективность данного метода заметно уменьшается в связи с необходимостью охлаждения при конденсации.

Очистка газов дожиганием

Очистка отходящих газов может осуществляться и с помощью термического окисления углеводородных компонентов до диоксида углерода CO_2 и вода H_2O .

Методы дожигания обеспечивают высокую степень очистки от углеводородов и оксидов углерода, кроме того теплота, выделяющаяся при сгорании загрязнителей, может быть достаточно легко утилизирована.

НО! В термоокислительных процессах необратимо теряется качество используемого воздуха, а продукты окисления, выбрасываемые в атмосферу, содержат некоторое количество вновь образовавшихся оксида углерода CO и оксидов азота NO_x .

Обычно термообезвреживание применяется только для соединений, в молекулах которых нет других элементов, кроме углерода C , водорода H и кислорода O . Получить нетоксичные продукты реакции любых других соединений с кислородом принципиально невозможно.

Химические методы очистки газов

К химическим методам очистки газовых выбросов принято относить методы, в которых ведущая роль в процессе очистки принадлежит химическим реакциям.

Химические методы сами по себе или в совокупности с основанными на других принципах технологии обеспечивают эффективную очистку выбрасываемых в атмосферу газообразных продуктов, надежность всего производства, снижение энергозатрат и себестоимости.

Методы очистки от пыли

Для оценки эффективности очистки газов от примесей применяют различные показатели, в том числе:

1. общую эффективность очистки:

$$\eta = \frac{C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}}{C_{\text{вх}}}$$

где $C_{\text{вх}}$, $C_{\text{вых}}$ – соответственно, массовые концентрации примесей в газе до и после пылеуловителя или фильтра;

2. фракционную эффективность очистки:

$$\eta_i = \frac{C_{\text{вх}i} - C_{\text{вых}i}}{C_{\text{вх}i}}$$

где $C_{\text{вх}i}$, $C_{\text{вых}i}$ – соответственно, массовые концентрации i -ой фракции примеси до и после пылеуловителя;

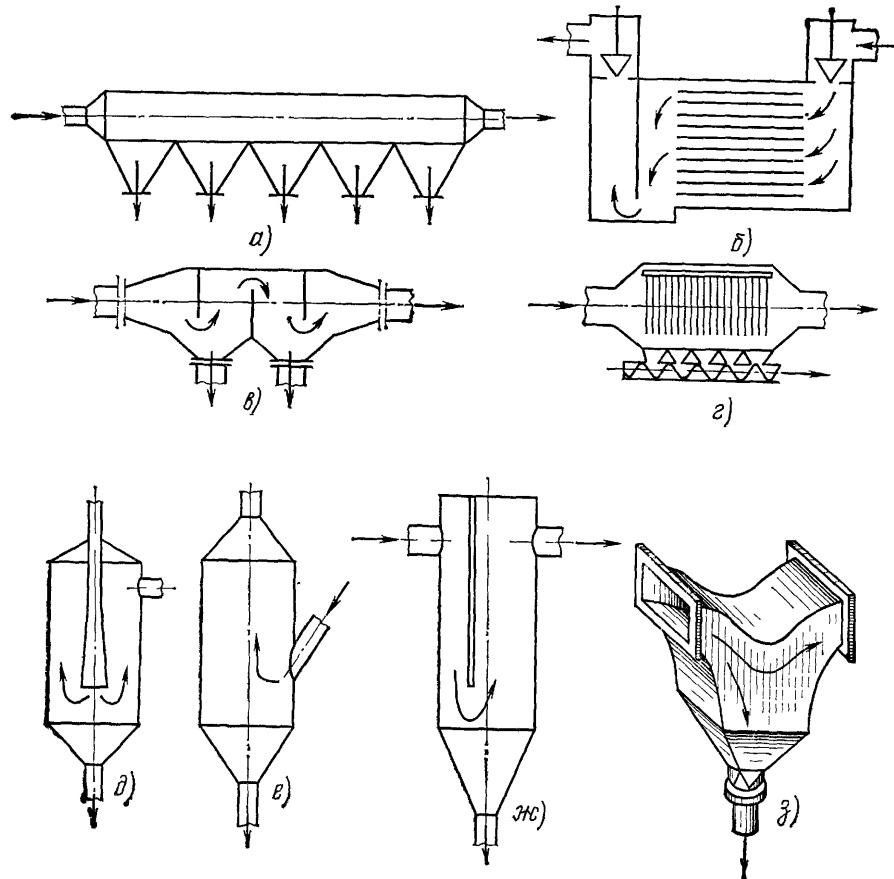
3. коэффициент проскока:

$$K = \frac{C_{\text{вых}}}{C_{\text{вх}}}$$

4. гидравлическое сопротивление пылеуловителей ΔP – определяется как разность давлений воздушного потока на входе ($P_{\text{вх}}$) и выходе ($P_{\text{вых}}$) устройств;
5. удельную пылеемкость пылеуловителей или фильтров;
6. производительность по очищаемому газу;
7. энергоёмкость.

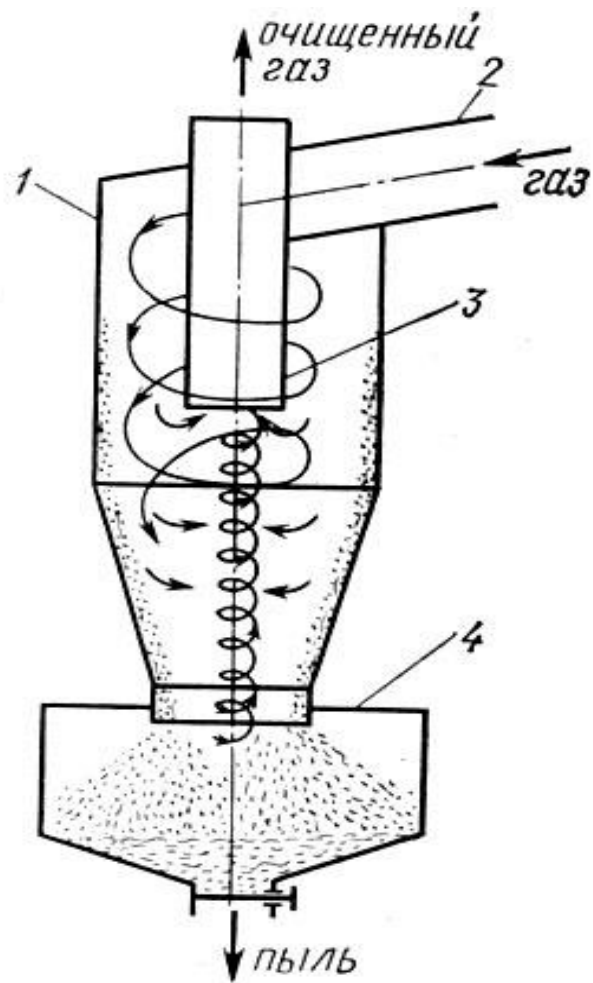
Сухие пылеуловители

В сухих пылеуловителях для осаждения частиц используются силы тяжести и инерции. Все пылеуловители этого типа можно классифицировать в зависимости от сил, благодаря которым происходит осаждение, на гравитационные, инерционные и центробежные.



1. Пылеосадочные камеры: а – простейшего типа; б – полочная; в – лабиринтная, конструкции В. В. Батурина; г – с подвешенными стержнями.

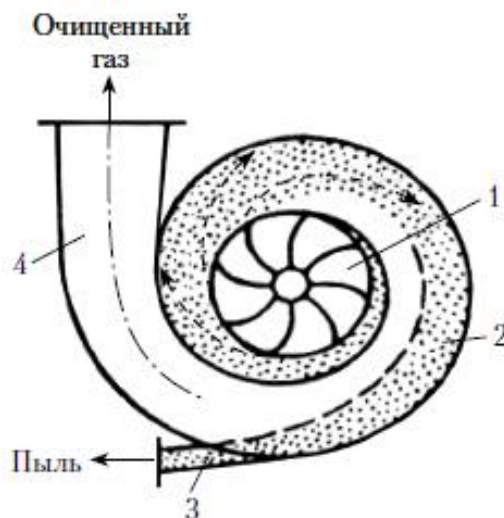
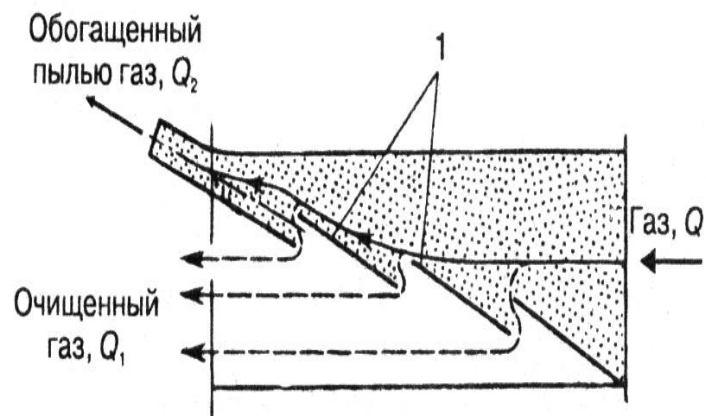
2.1. Простейшие пылеосадители инерционного действия: д – пылевой мешок с центральным подводом газа; е – пылевой мешок с боковым подводом газа; ж – пылеосадитель с отражательной перегородкой; з – пылеосадитель, встраиваемый в газоходы.



Циклон

1 – корпус; 2- патрубок; 3 – труба; 4 – бункер.

Жалюзийный пылеотделитель



Пылеуловитель ротационного действия

1 – вентиляторное колесо;
2 – спиральный кожух;
3 – пылеприёмное отверстие;
4 – отводящий патрубок.

Циклоны



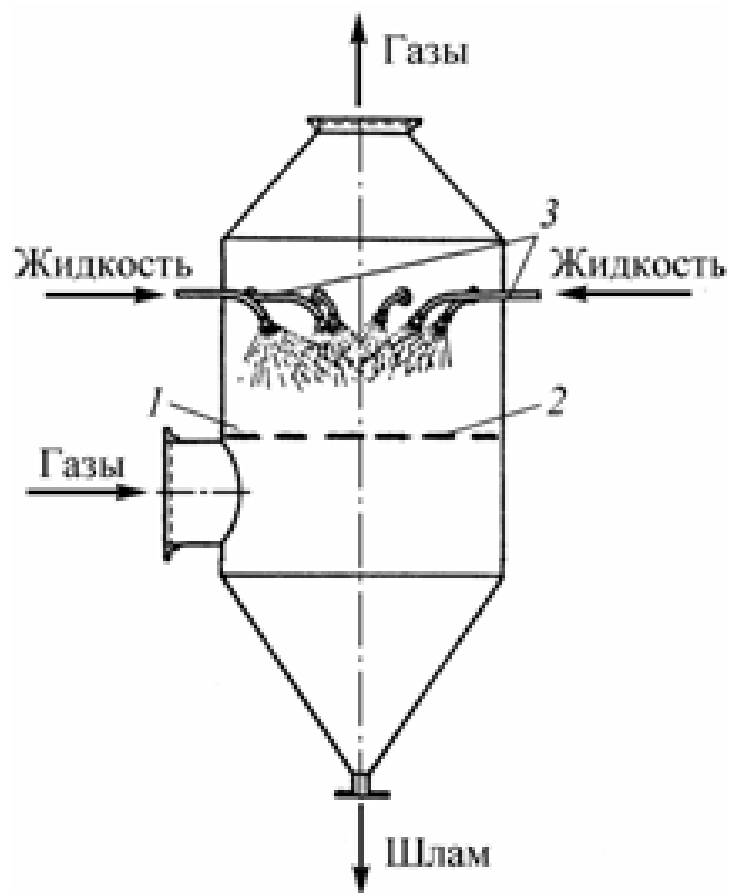
Мокрые пылеуловители

Достаточно широкое применение для очистки газов и воздуха от мелкодисперсной пыли с диаметром частиц $d > (0,3...1,0)$ мкм, а также для очистки от взрывоопасных пылей и имеющих высокую температуру газов нашли мокрые пылеуловители.

Принцип действия мокрых пылеуловителей заключается в осаждении частиц пыли на поверхность капель или пленки жидкости за счет сил инерции и броуновского движения. Силы инерции зависят от массы капель и частиц пыли, а также от скорости их движения. Частицы пыли малого размера (менее 1 мкм) не обладают достаточной кинетической энергией и при сближении с каплями обычно огибают их и не улавливаются жидкостью. Броуновское движение обычно характерно для частиц малого размера.

С учетом конструктивных особенностей мокрые пылеуловители разделяют на:

- форсуночные и центробежные скрубберы;
- аппараты ударно-инерционного типа;
- барботажно-пенные аппараты;
- скрубберы Вентури и др.

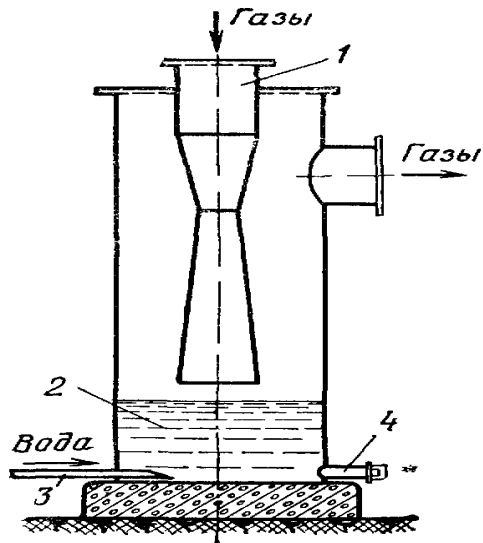


Полый форсуночный скруббер:

1 – корпус;

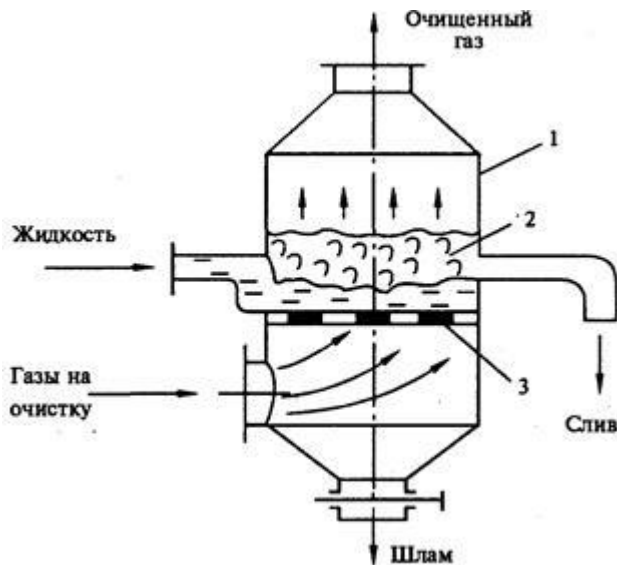
2 – газораспределительная решётка

3 – форсунки.



Пылеуловитель ударно-инерционного типа:

- 1 – входной патрубок;
- 2 – резервуар с жидкостью;
- 3 – смывное сопло;
- 4 – труба для удаления шлама.

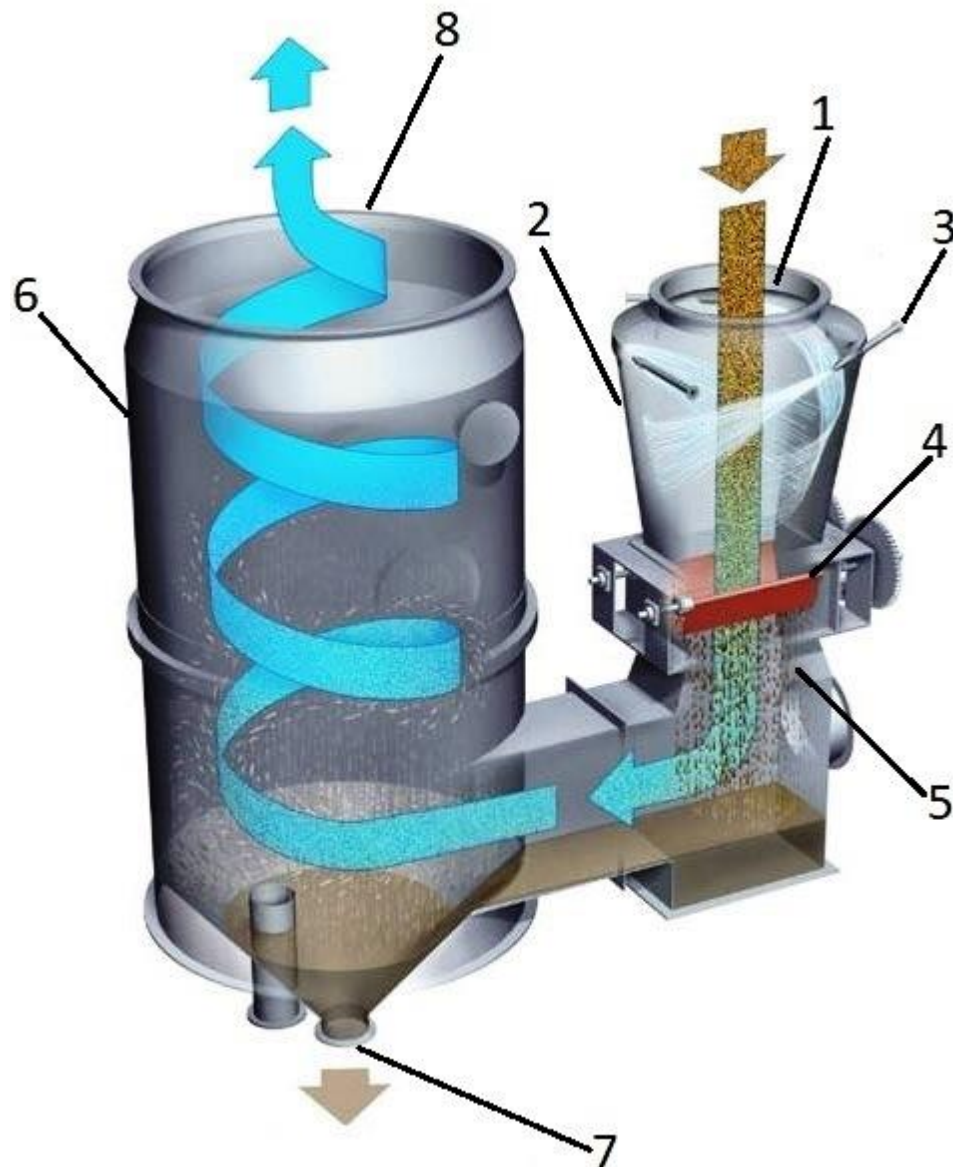


Барботажно-пенный аппарат:

- 1 – корпус;
- 2 – слой пены;
- 3 – провальная тарелка.

Оптимальная с точки зрения гидравлического сопротивления тарелка должна иметь толщину 4 - 6 мм.

Скруббер Вентури



- 1 – загрязнённый газ;
- 2 – конфузор;
- 3 – форсунка;
- 4 – горловина;
- 5 – диффузор;
- 6 – каплеуловитель;
- 7 – узел вывода шлама;
- 8 – патрубок выхода.

степень очистки: 96-99%;
запылённость очищаемого воздуха:
90-100 г/м³,
фракция улавливаемых твёрдых
частиц: 0,5-1 мкм,
скорость движения газового потока в
горловине: 170 м/с,
средний расход воды: 0,5-1,5 л/м³,

Фильтры

Процесс очистки газов от твердых или жидких частиц с помощью пористых сред называется **фильтрацией**.

Фильтры для очистки газовых выбросов делятся на:

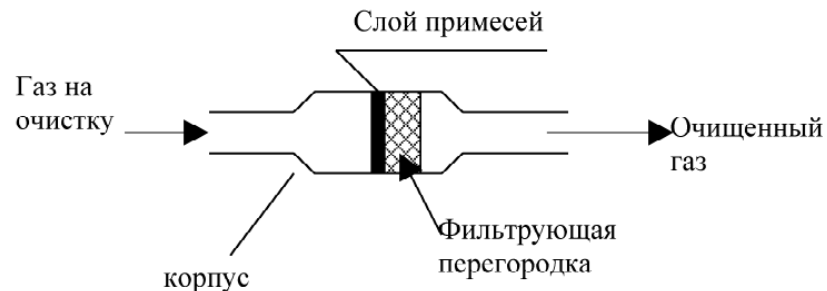
- волокнистые
- тканевые
- зернистые.

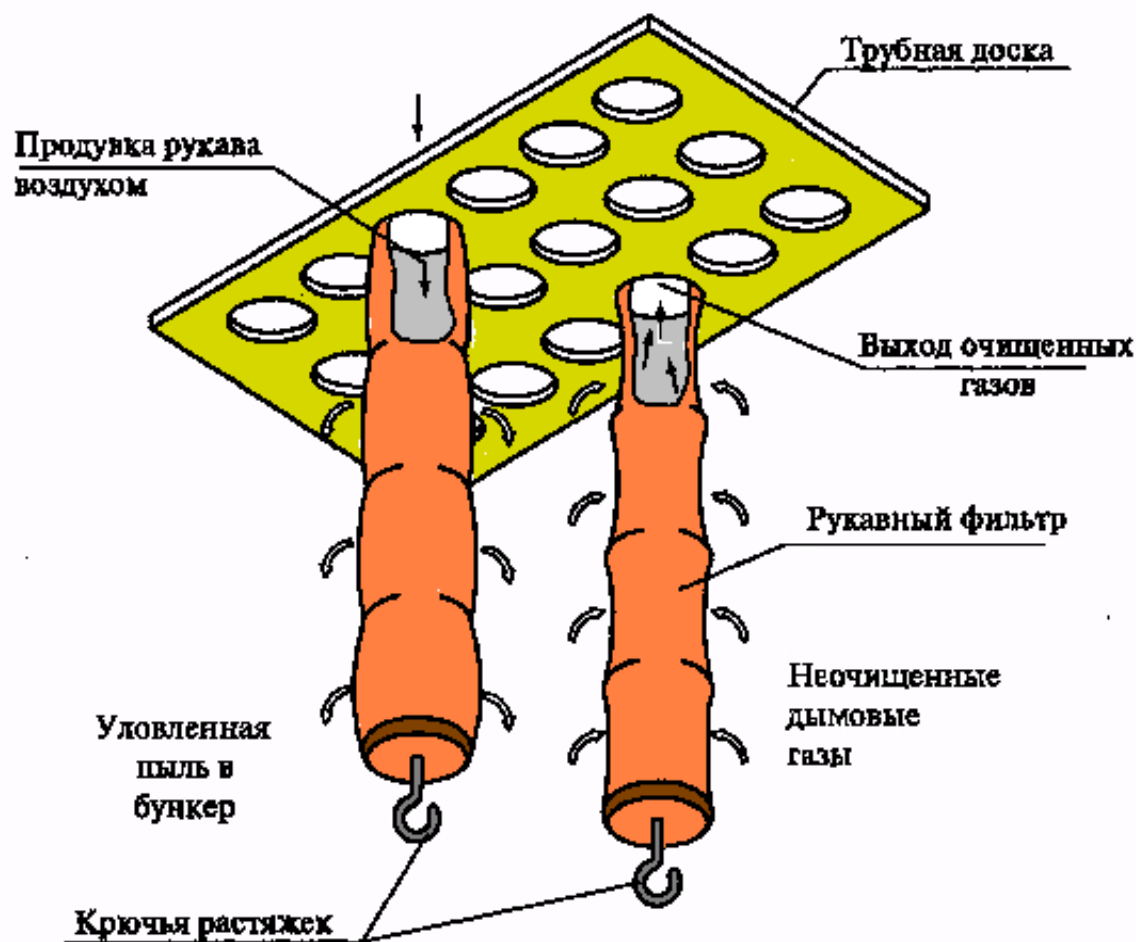
Различают 2 типа зернистых фильтров:

зернистые насадочные (насыпные) фильтры, в которых улавливающие элементы (гранулы, куски и т. д.) не связаны жестко друг с другом. В качестве насадки в насыпных фильтрах используют песок, гальку, шлак, дробленые горные породы, древесные опилки, кокс, крошку резины, пластмасс и графита и другие материалы;

жесткие пористые фильтры, в которых зерна прочно связаны друг с другом в результате спекания, прессования или склеивания и образуют прочную неподвижную систему. К этим фильтрам относятся пористая керамика, пористые металлы, пористые пластмассы.

Фильтрация вне конкуренции, когда речь идет об обеспечении исключительно высокой эффективности улавливания очень мелких частиц ценой умеренных затрат.

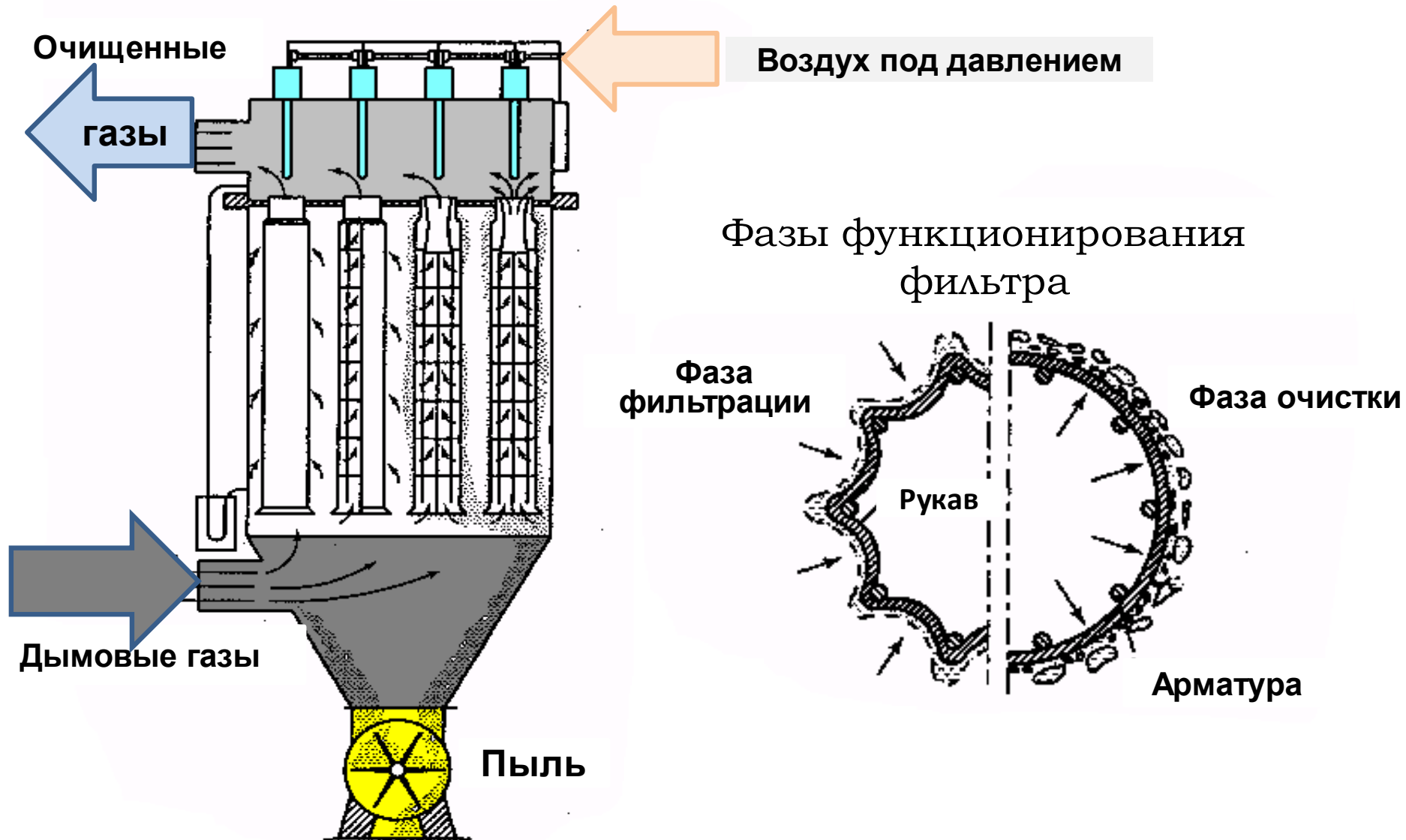




Ткань для фильтров изготавливается из нитей диаметром 100...300 мкм.
Ткань должна выдерживать температуру 130...260 °С.

Пыль поочередно удаляется из рукавов встряхиванием.
Степень улавливания пыли до 99,9%.

Тканевый рукавный фильтр



Тканевый рукавный фильтр



Электрофилтры

В различных отраслях промышленности для очистки газо-воздушных смесей от взвешенных в них частиц пыли и тумана используются электрофилтры.

Электрофилтры – это высоковольтные аппараты, в которых используется коронный разряд для зарядки взвешенных в газе частиц и их улавливания в сильном электрическом поле. Для этого **электрофилтры** питаются от повысительно-выпрямительных агрегатов с номинальным выпрямленным напряжением 80кВ, 110кВ и 150кВ.

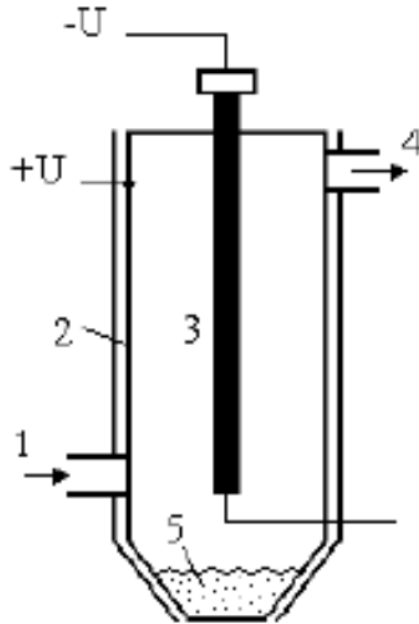


Электрофилтры

В различных отраслях промышленности для очистки газо-воздушных смесей от взвешенных в них частиц пыли и тумана используются электрофилтры.

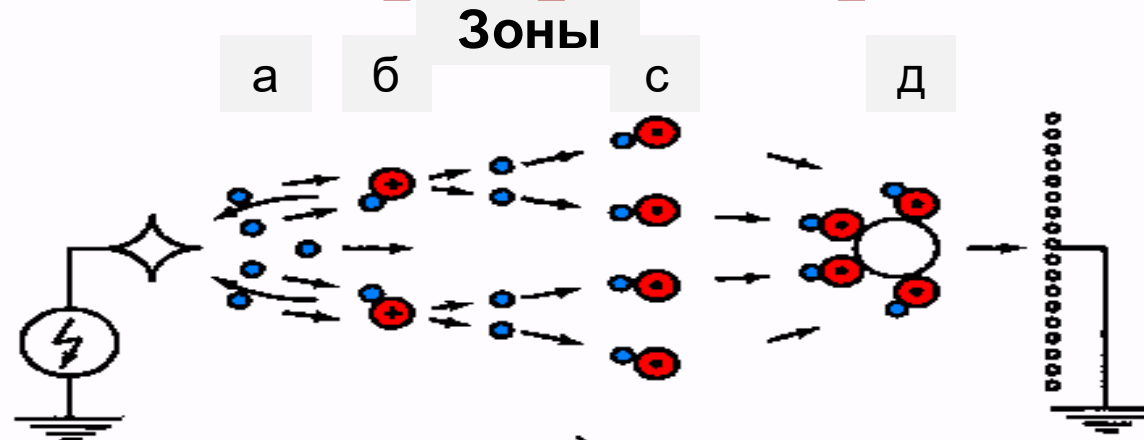
Электрофилтры – это высоковольтные аппараты, в которых используется коронный разряд для зарядки взвешенных в газе частиц и их улавливания в сильном электрическом поле. Для этого **электрофилтры** питаются от повысительно-выпрямительных агрегатов с номинальным выпрямленным напряжением 80кВ, 110кВ и 150кВ.

Принципиальная схема электрофилтра



Принцип действия электрофилтров основывается:
На передаче заряда ионов частицам примесей;
На осаждении этих частиц на осадительных и коронирующих электродах.

Электрофилтры

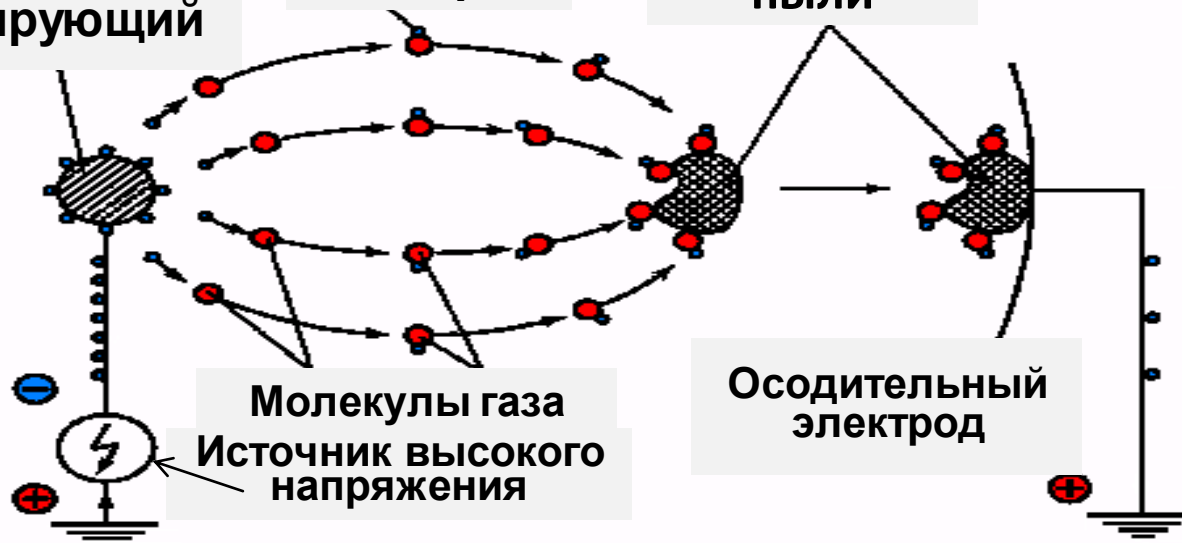


а) процесс ионизации

Электрон

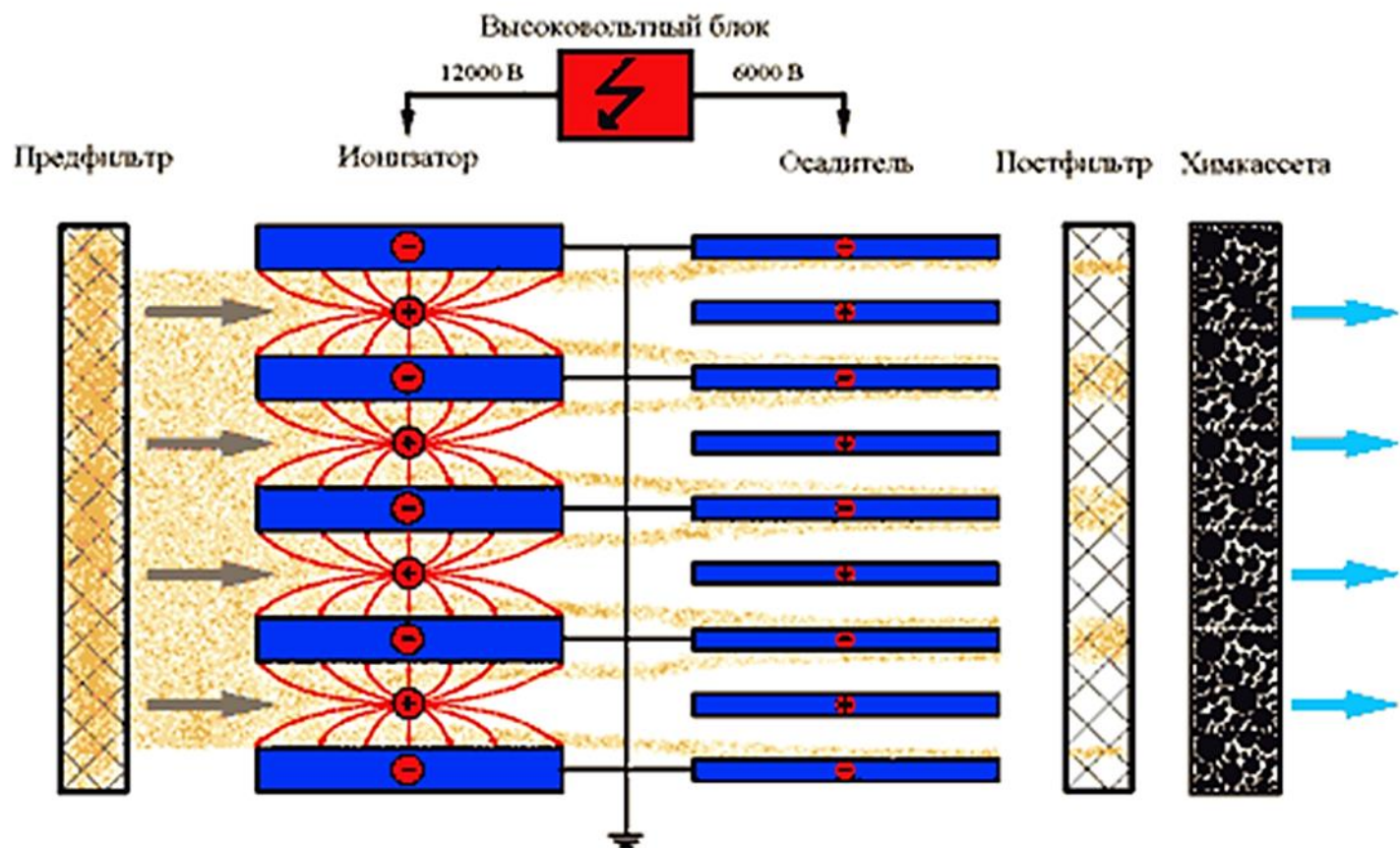
Частицы
пыли

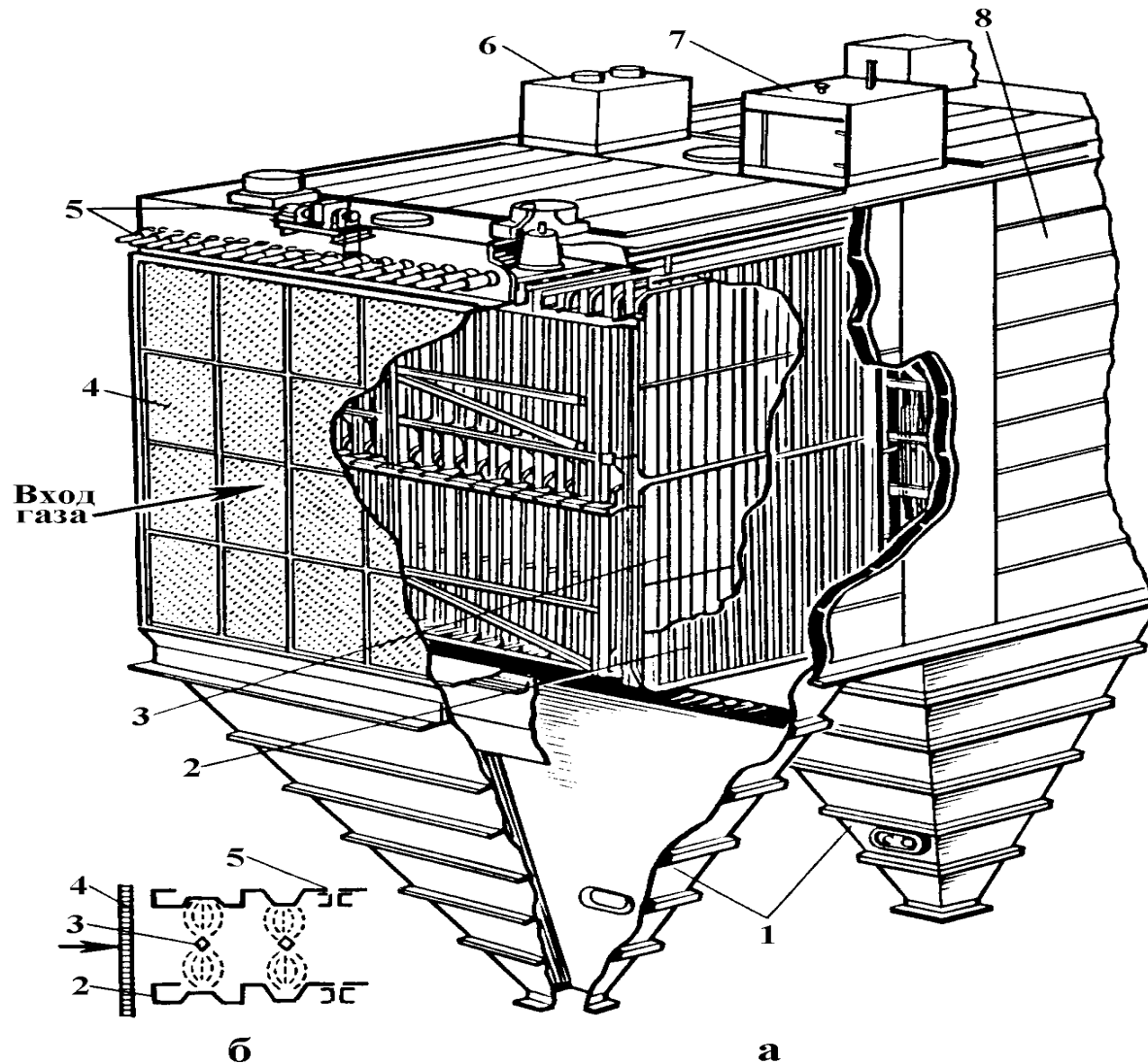
Коронирующий



б) Принцип действия электрофилтра

Электрофилтры





В металлическом корпусе 8 на расстоянии 100-150 мм расположены коронирующие 3 и осадительные 2 электроды, собранные в секции.

1 – бункер; 4 – направляющие решётки; 5, 7 – встряхивающие устройства; 6 – источник питания.

