

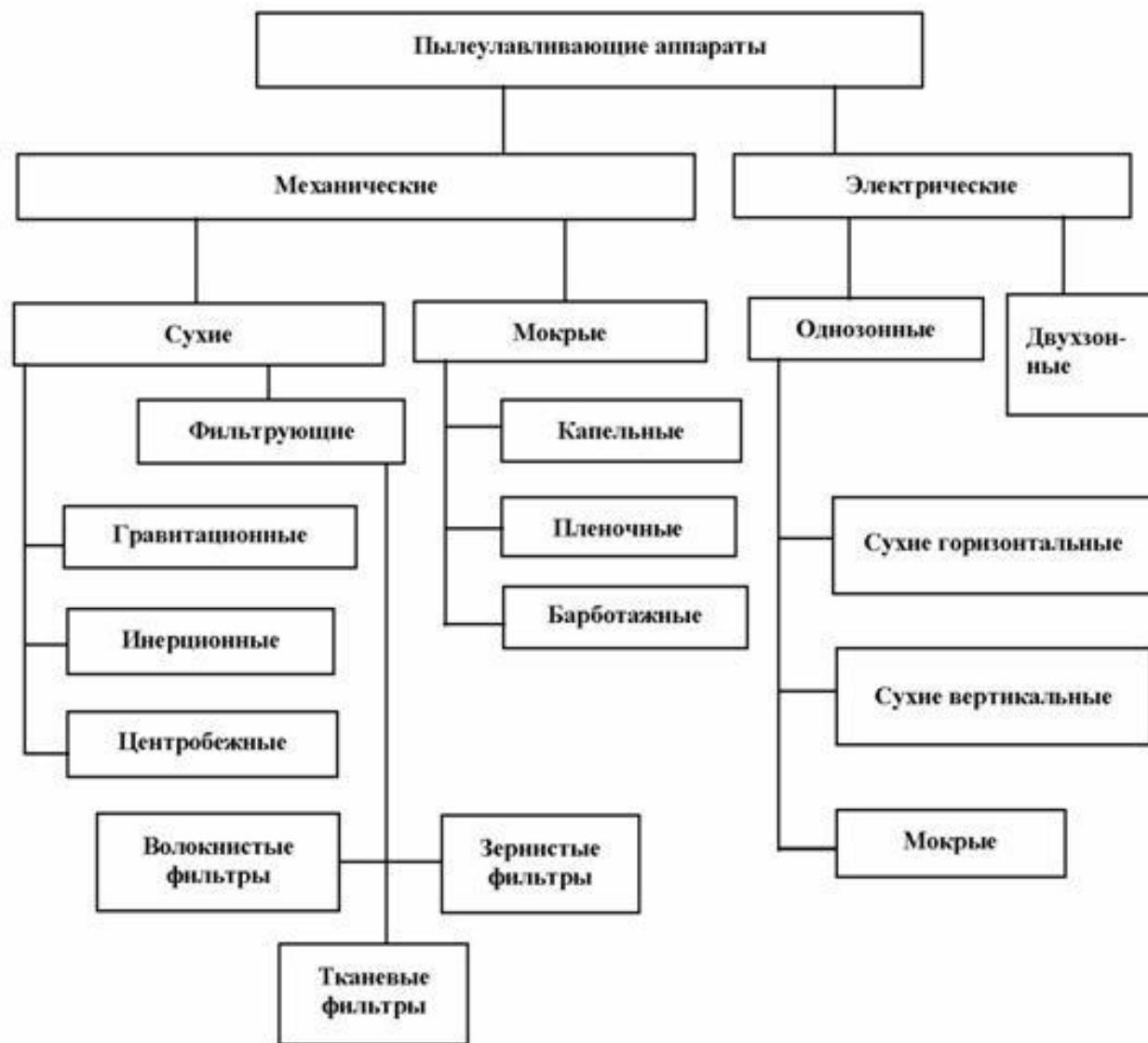


ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА

Методы очистки газообразных отходов



Методы очистки газов от пыли

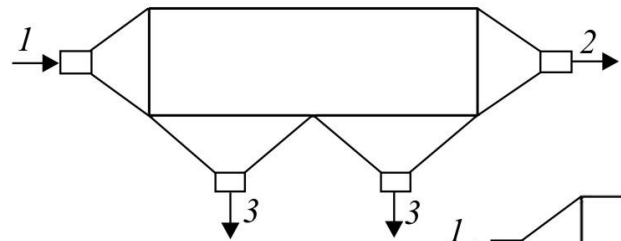




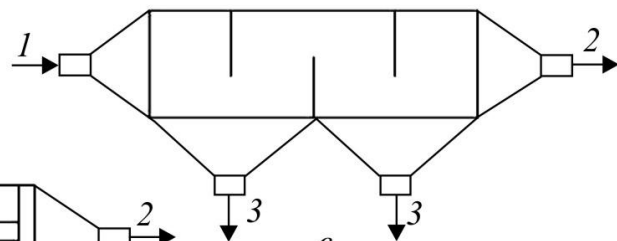
Сухие пылеуловители

Сухие пылеуловители.

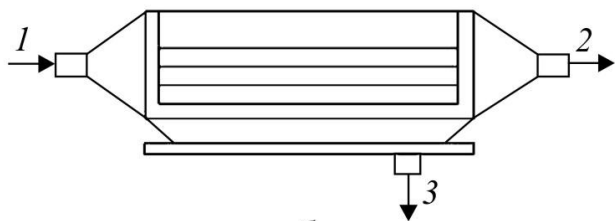
Аппарат	Размер частиц	Эффективность	Принцип действия
Пылеосадительные камеры	Пыль 40–1000 мкм	40–50 % (< 20 мкм) 80–90 % (50 мкм)	Гравитационный
Инерционные пылеуловители	Пыль > 25–30 мкм	65–80 % 90 (30 мкм)	Инерционный
Жалюзийные аппараты	Пыль > 20 мкм	65–80 %	Инерционный
Циклоны	Пыль > 5 мкм (5–1000 мкм)	50–80 % (10 мкм)	Инерционный (центробежные силы)
Циклоны: – групповые – батарейные	5–1000 мкм	90 % (5 мкм)	
Вихревые пылеуловители	5–1000 мкм	98–99 % (2 мкм)	
Динамические пылеуловители	Пыль > 15 мкм	80–90 % (2 мкм)	
Тканевые фильтры	0,9–100 мкм	92%	Фильтрация газа через механическую преграду
Волокнистые фильтры	0,05–100 мкм	99 %	
Зернистые фильтры Насадочные жесткие (пористые)	0,05–100 мкм	99 %	



a

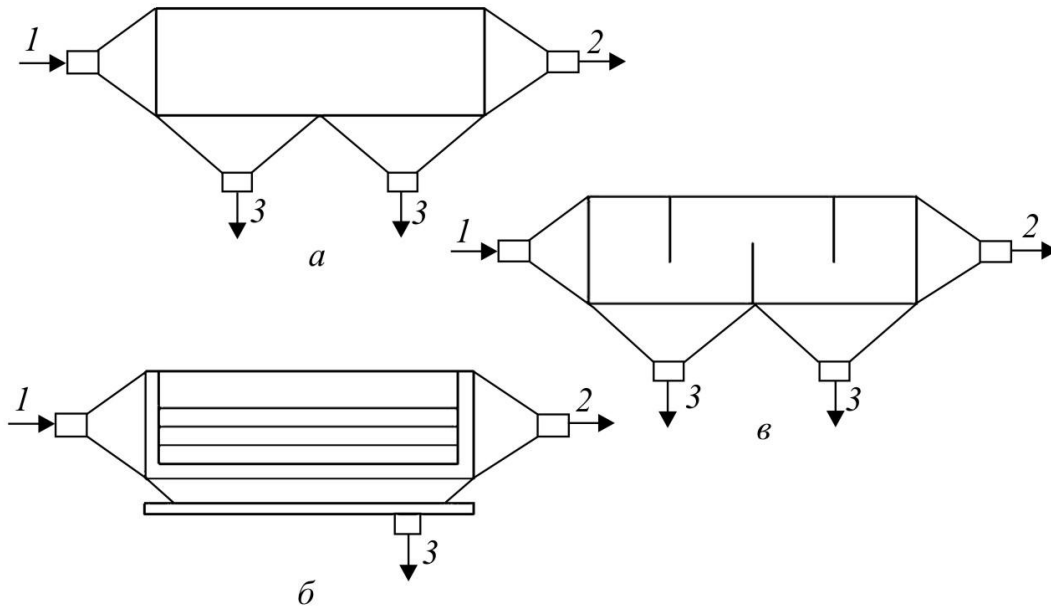


б



б

Пылеосадочные камеры



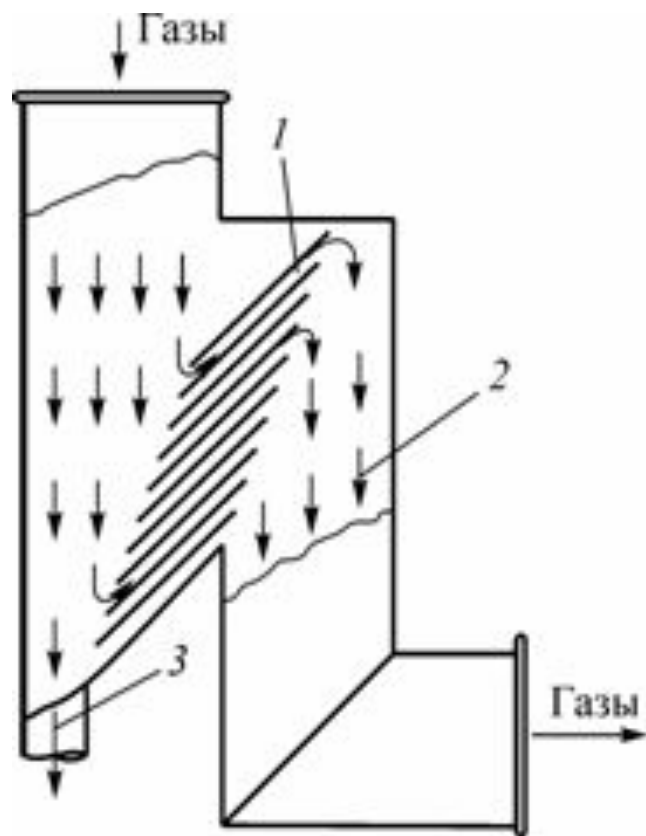
Типы пылеосадочных камер: *а* – полая;
б – с горизонтальными полками;
в – с вертикальными перегородками. На входе в аппарат: *1* – запыленный газ; на выходе из аппарата: *2* – очищенный газ; *3* – пыль

Недостатки:

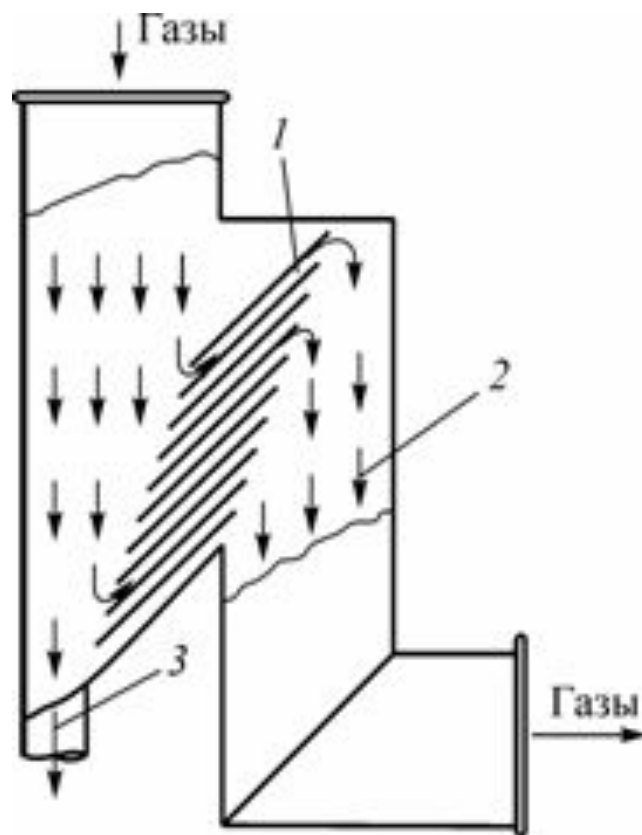
- Размер
- Трудоемкость очистки полок
- Низкая эффективность в отношении частиц менее 40 мкм
- Подсос воздуха

Достоинства:

- Дешевизна



Жалюзийный пылеуловитель



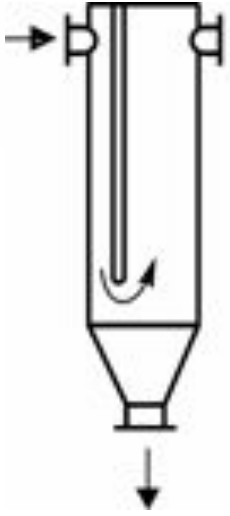
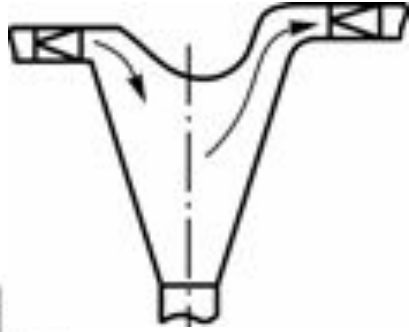
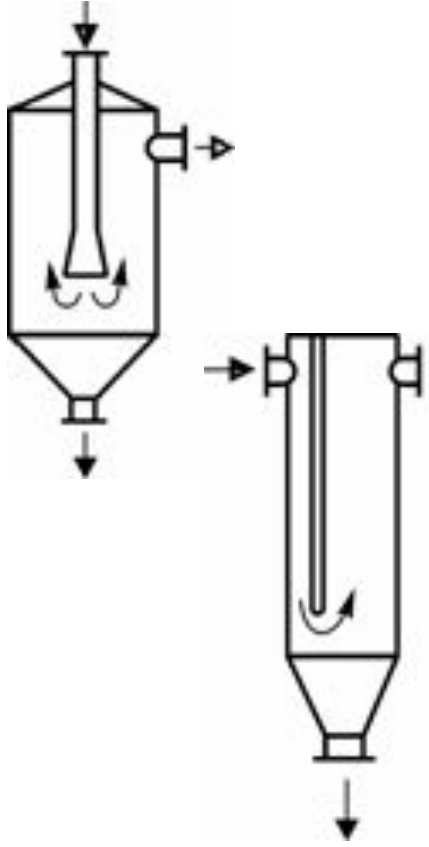
Недостатки:

- Низкая эффективность в отношении частиц менее 20 мкм
- В блоке с циклоном

Достоинства:

- Простота
- Компактность

Схема пылеуловителей: а – динамические; б – вихревые; в – инерционные; г – жалюзийные



Прочие инерционные пылеуловители

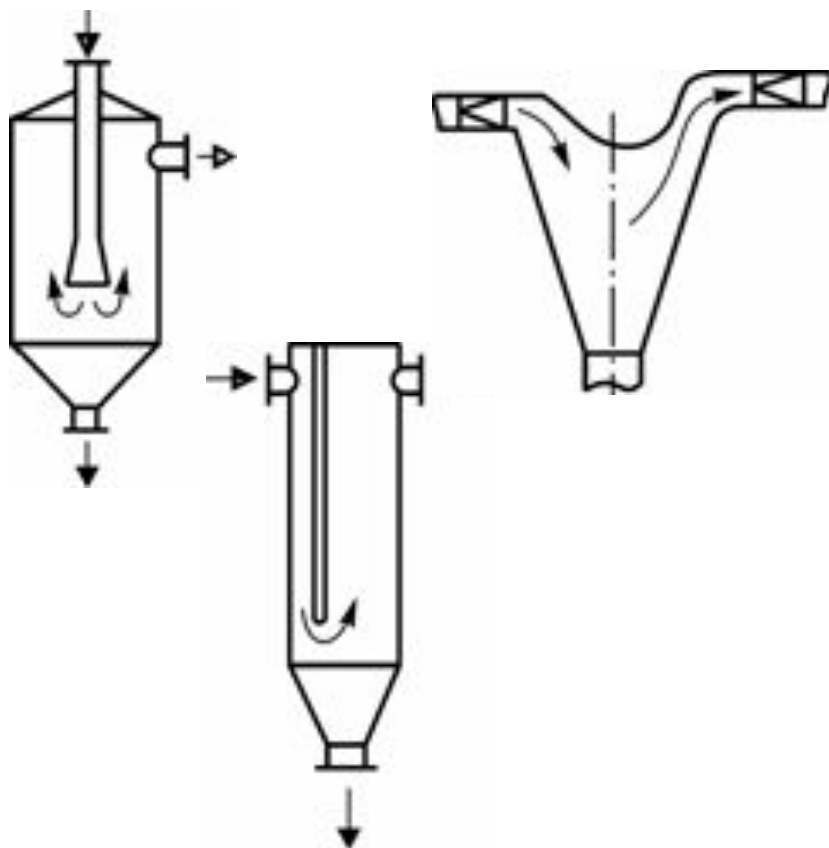


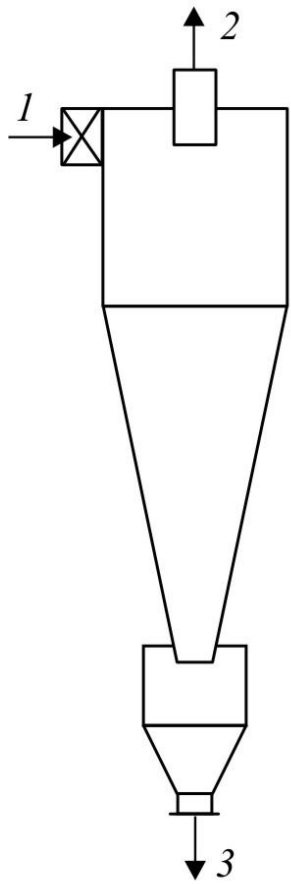
Схема пылеуловителей: б – вихревые; а, в – инерционные

Недостатки:

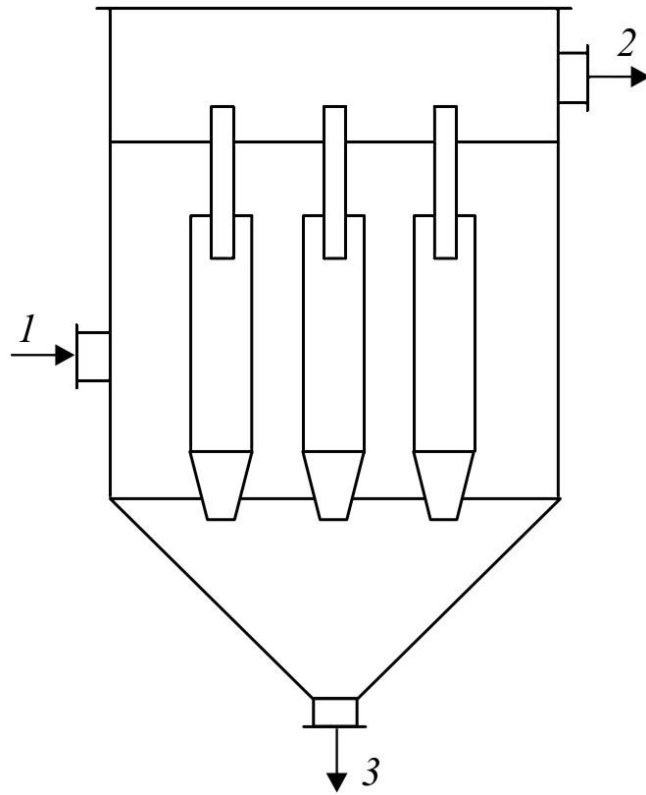
- Низкая эффективность в отношении частиц менее 20 мкм
- Громоздкие

Достоинства:

- Простота

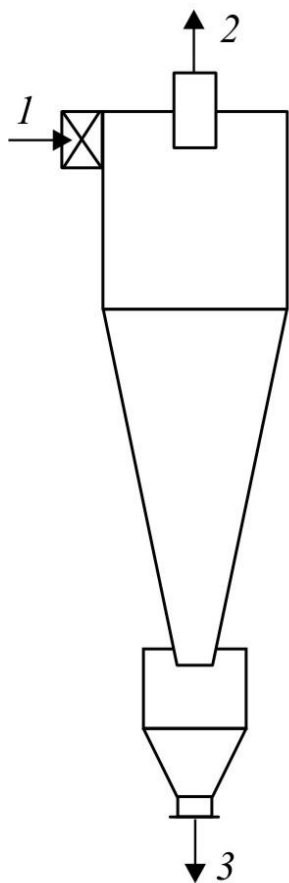


a

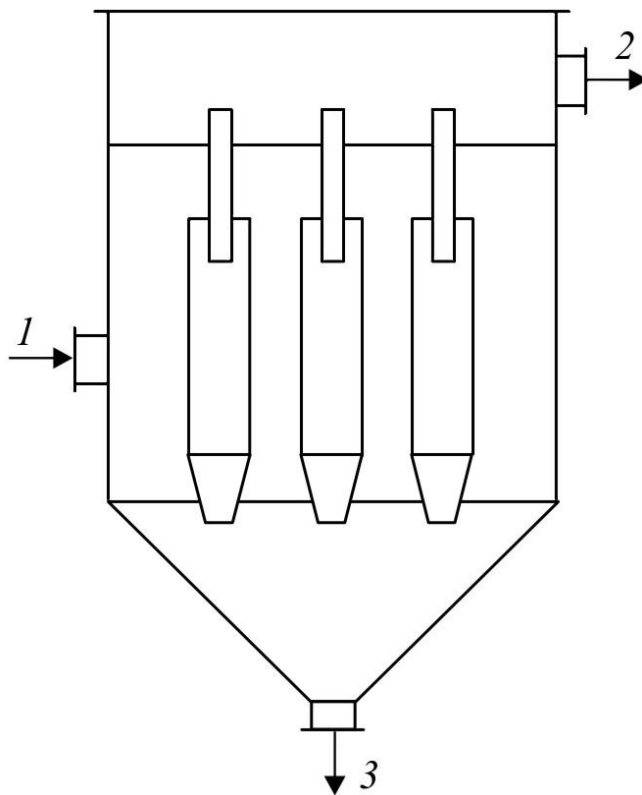


б

Циклоны



a



б

Недостатки:

- Низкая эффективность в отношении частиц менее 5 мкм
- Прилипание
- Износ абразивами

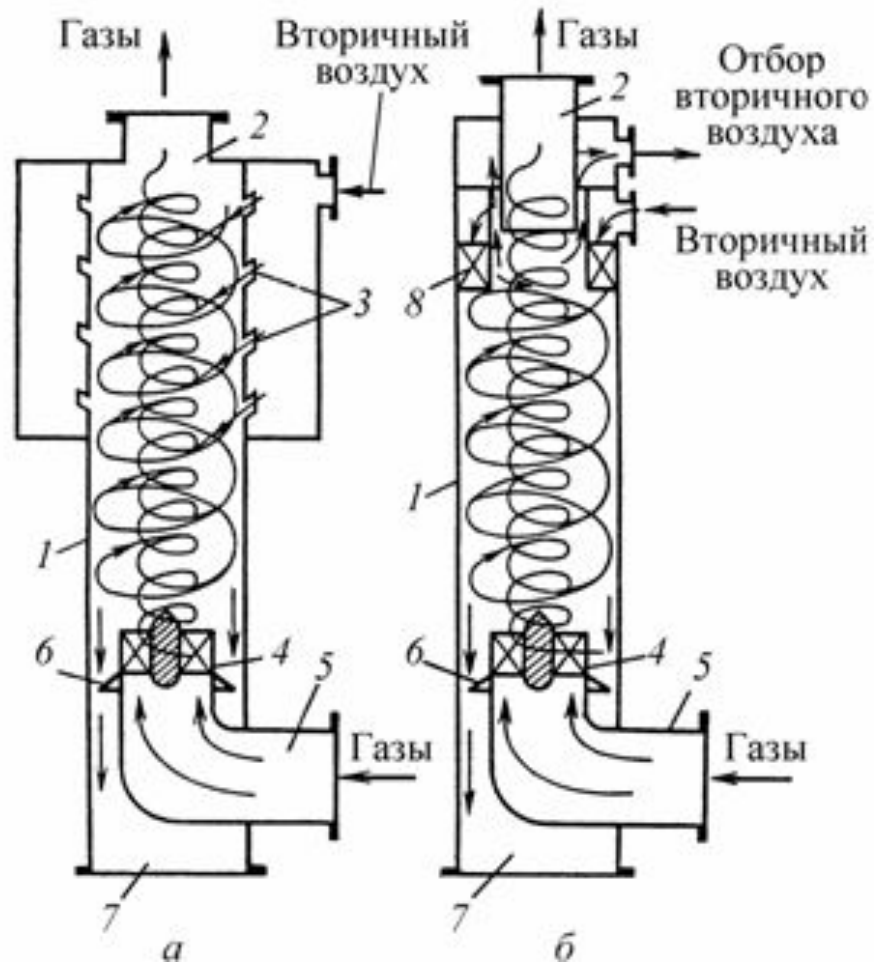
Достоинства:

- Высокая эффективность в отношении частиц более 20 мкм
- Простота работы

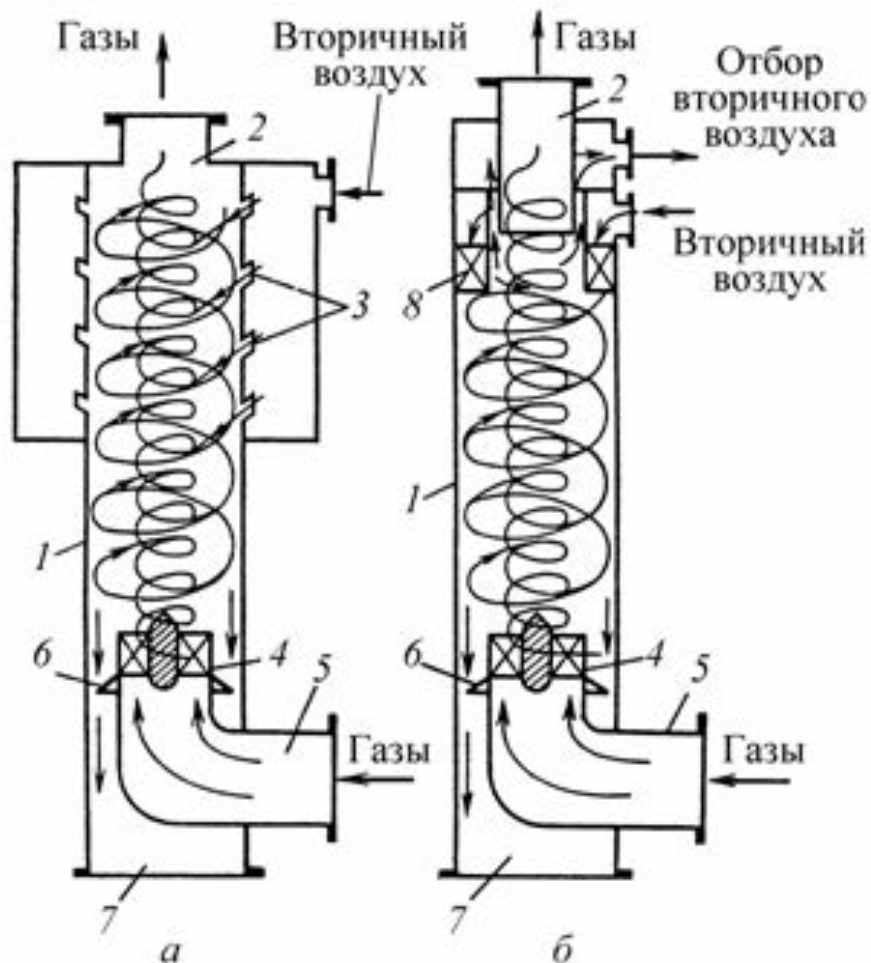
Циклоны: *a* – простые; *б* – батарейные.

На входе в аппарат: 1 – запыленный газ;

на выходе из аппарата: 2 – очищенный газ; 3 – пыль



Вихревые пылеуловители



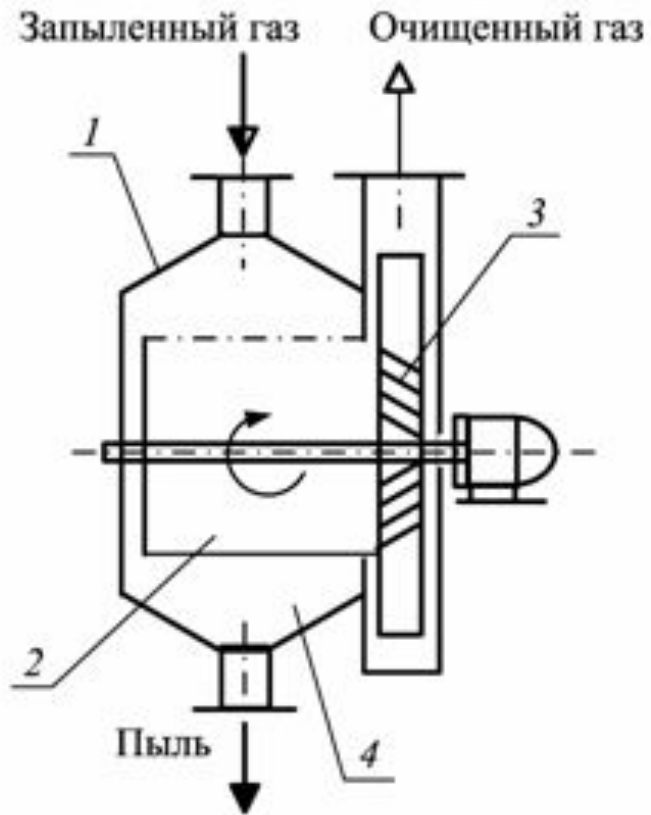
Недостатки:

- Низкая эффективность в отношении частиц менее 5 мкм
- Прилипание
- Износ абразивами

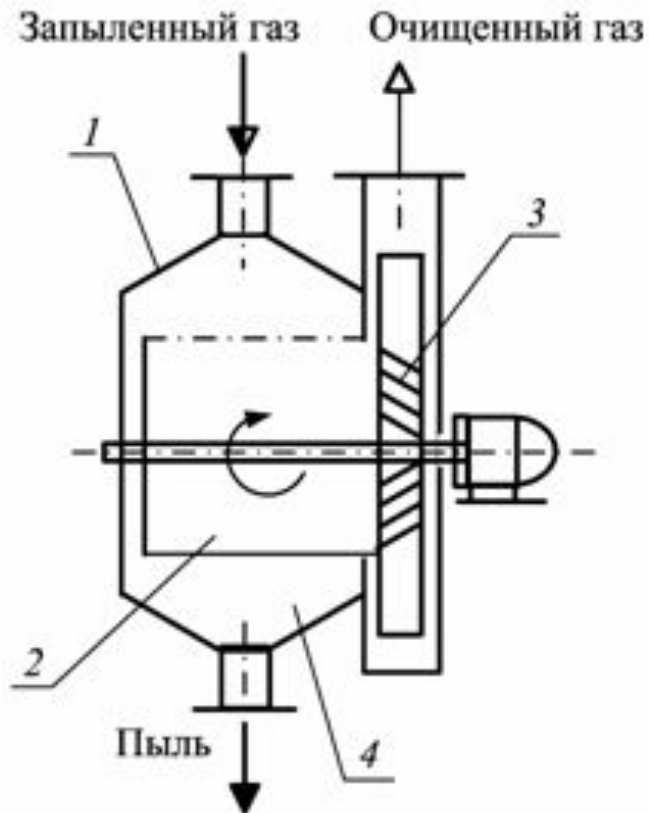
Достоинства:

- Высокая эффективность в отношении мелких частиц
- Компактность

Противоточный ротационного пылеотделитель



Противоточный ротационного пылеотделитель



Недостатки:

- опасность абразивного износа лопаток дымососа, возможность образования отложений на лопатках и, как следствие, дисбаланс ротора;
- низкая эффективность при улавливании частиц пыли размером менее 10 мкм и сложность в изготовлении.

Достоинства:

- Компактность и сокращение металлоемкости
- совмещение в одном устройстве дымососа и сепаратора.

1 – кожух; 2 – полый ротор с перфорированной поверхностью; 3 – колесо вентилятора; 4 – бункер



Теория удаления пыли на фильтрах

Механизм осаждения частиц?

Виды материалов?

Температурные ограничения?

Факторы влияющие на процесс?

Механизм осаждения пыли на фильтрах

- *инерционный*, когда частица пыли сталкивается с осаждающим элементом пористой среды (волокно, нить и др.) под действием силы инерции, а не огибает его в своем движении с газовым потоком;
- *зацепление*, при соприкосновении частиц пыли с осаждающим элементом, при проходе с газовым потоком вдоль его поверхности на расстоянии, равном или меньшем радиуса частицы.
- отсеивание (ситовой эффект)*.
- электростатическое притяжение*, при накоплении электростатических зарядов на частицах пыли и осаждающих элементах пористых сред.

Виды фильтрующих материалов

Гибкие пористые перегородки:

- тканевые материалы из природных, синтетических или минеральных волокон;
- нетканые волокнистые материалы (войлоки, клееные и иглопробивные материалы, бумага, картон, волокнистые маты);
- ячеистые листы (губчатая резина, пенополиуретан, мембранные фильтры).

Полужесткие пористые перегородки – слои волокон, стружка, вязаные сетки, расположенные на опорных устройствах или зажатые между ними.

Жесткие пористые перегородки:

- зернистые материалы (пористая керамика или пластмасса, спеченные или спрессованные порошки металлов, пористые стекла, углеграфитовые материалы и другие);
- волокнистые материалы (сформированные слои из стеклянных и металлических волокон);
- металлические сетки и перфорированные листы.

Зернистые слои:

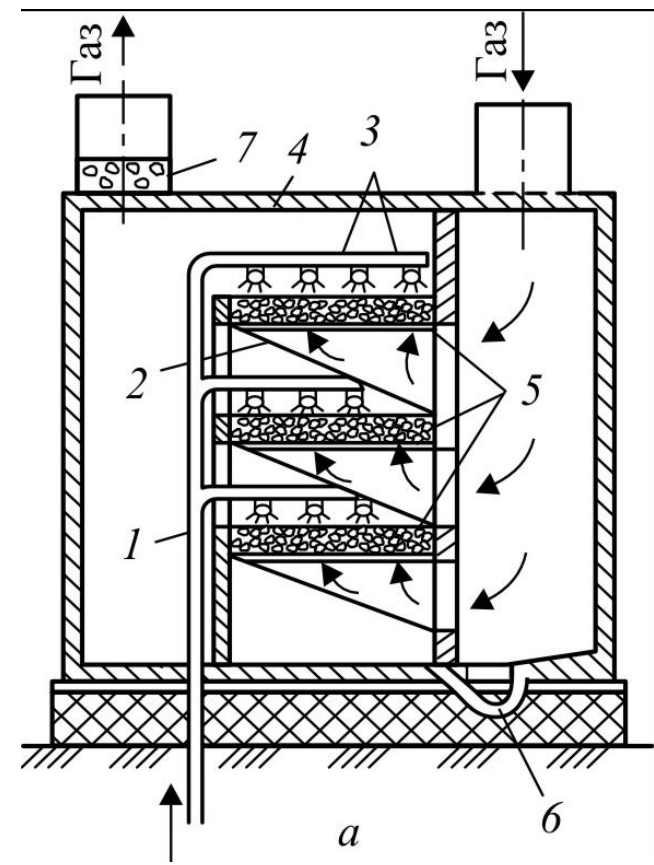
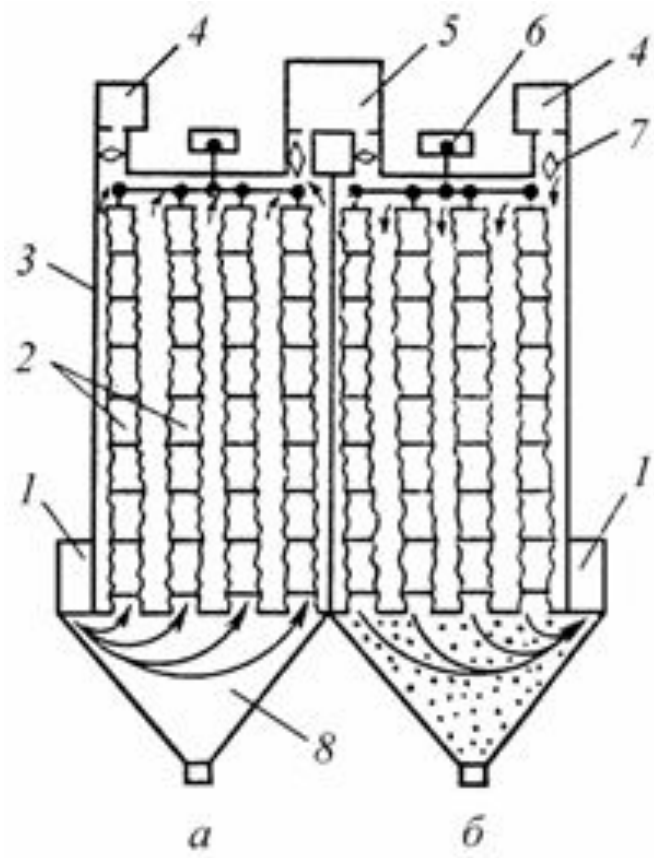
- неподвижные, свободно насыпанные материалы;
- периодически или непрерывно перемещающиеся материалы.

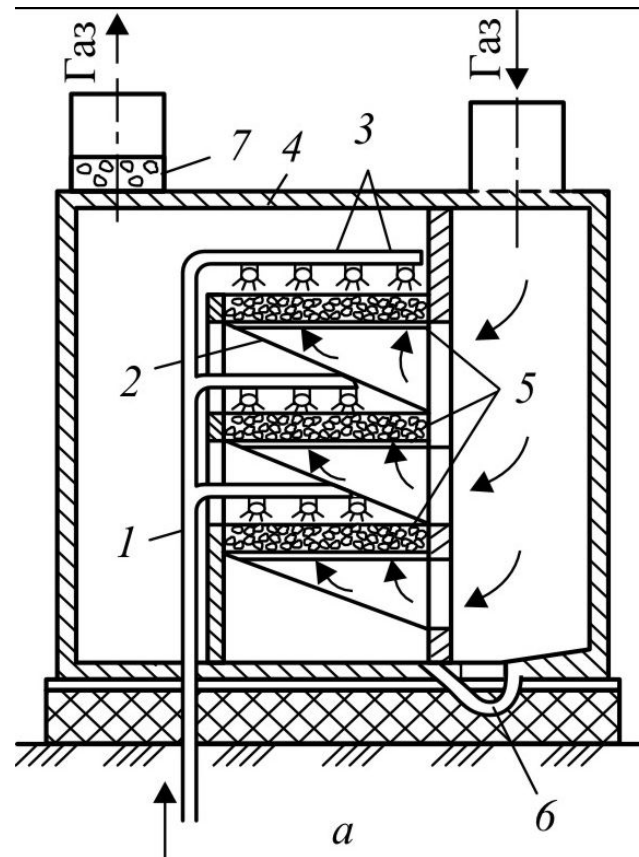
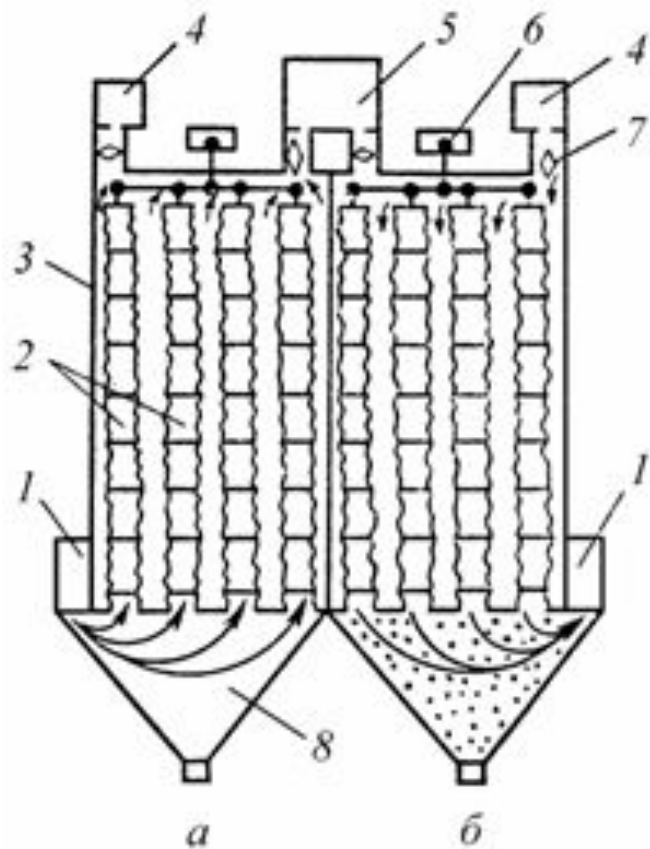
Факторы, влияющие на эффективность фильтрования:

- а) размер частиц (0,3 мкм)
- б) размер пор
- в) температура (большие и мелкие частицы)
- г) режим фильтрации;
- д) слой пыли
- е) площадь поверхности фильтрующего материала

Закономерности применения:

- а) тканевые до 15-100 градусов
- б) асбест до 500 градусов
- в) металлоткань до 600 градусов
- г) пористая керамика до 900 градусов.





Рукавный фильтр:

а) режим фильтрации; б) режим регенерации;

1 – газопровод запыленного газа; 2 – рукава; 3 – корпус;

4 – подвод продувочного воздуха; 5 – газопровод чистого газа;

6 – механизм встряхивания; 7 – клапан; 8 – бункер

Дисперсный состав пылей, образующихся в некоторых технологических процессах

Материал частиц	Запыленность газов x_n , г/м ³	d_m , мкм	$\lg s_q$
Клинкер	25–30	23	0,501
	9–9,6	9,5	0,602
	28,5	14	0,535
	18,5	8	0,494
	40	11	0,345
Гипс	1050	56	0,970
Алюмосиликатный катализатор	10–20	16	0,250
	15	17	0,301
Каменный уголь	–	15	0,334
Цемент	–	20	0,468
Смесь шлака и трепела	20	20	0,652
Оксиды алюминия	1	20	0,352
Магнезит	100–120	43	0,615
Доломит	35–45	28	0,506
Двойной суперфосфат	3–5	80	0,210
	12–16	35	0,360

Мокрые пылеуловители.

Аппарат	Размер частиц	Эффективность	Принцип действия
Полые газопромыватели (скрубберы)	Пыль > 5 мкм 20–100 мкм	–	В результате контакта запыленного газового потока с жидкостью образуется межфазная поверхность контакта
Насадочные газопромыватели	– « –	> 90 % (2 мкм)	
Газопромыватели с подвижной насадкой	–	–	
Пенные газопромыватели (тарельчатые, барботажные)	Пыль > 10 мкм	–	Удар газового потока о поверхность жидкости
Газопромыватели ударно-инерционного действия		95–97 %	
Газопромыватели центробежного действия	–	98–99 %	
Скоростные (скрубберы Вентури)	–	–	



Теория удаления пыли на мокрых пылеуловителях

Целесообразность применения?

Достоинства?

Недостатки?

Когда применяют мокрые пылеуловители:

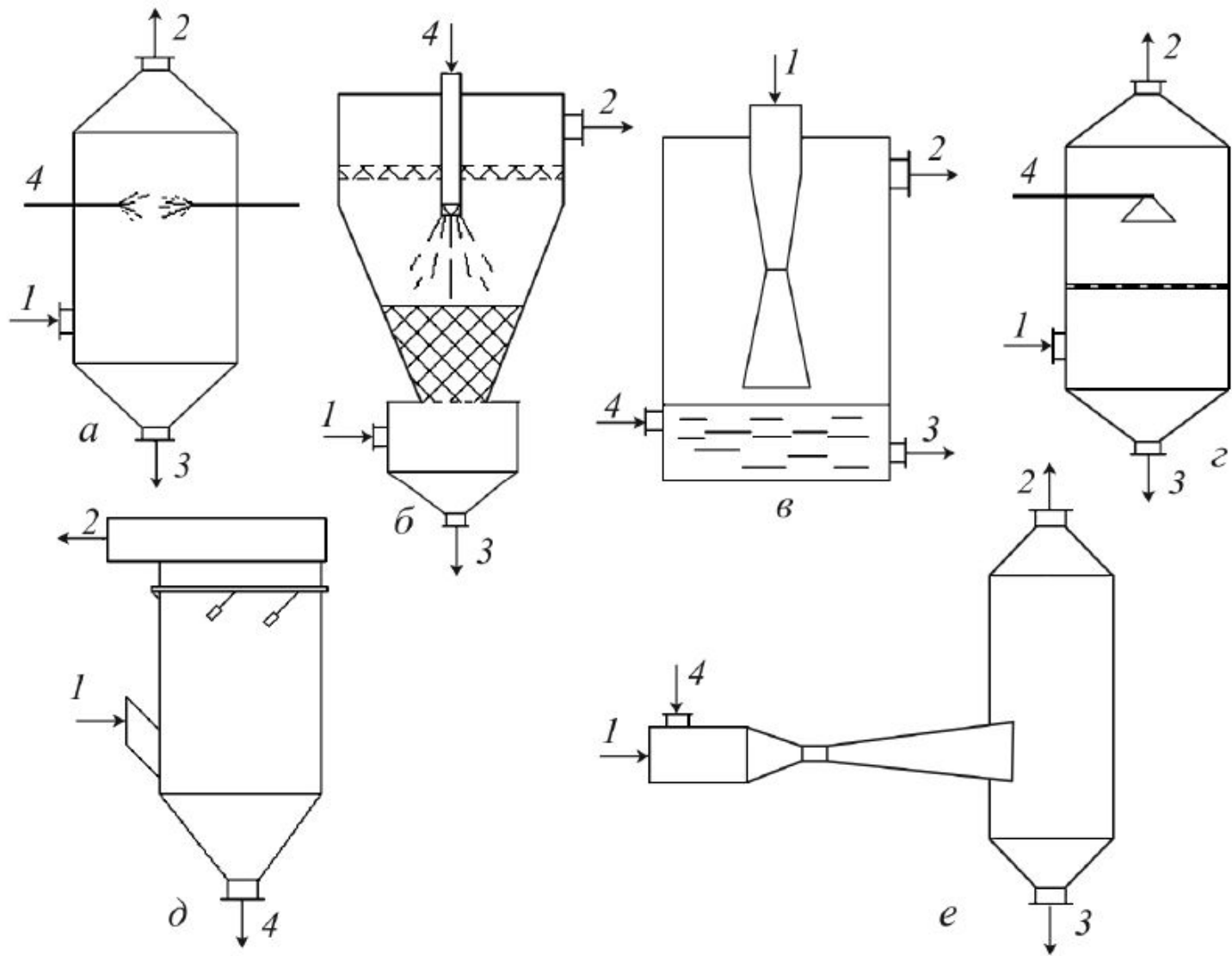
- 1) уловленная пыль далее не используется;
- 2) пыль может быть использована в мокром виде или после обезвоживания;
- 3) необходимо охладить газ независимо от его очистки.

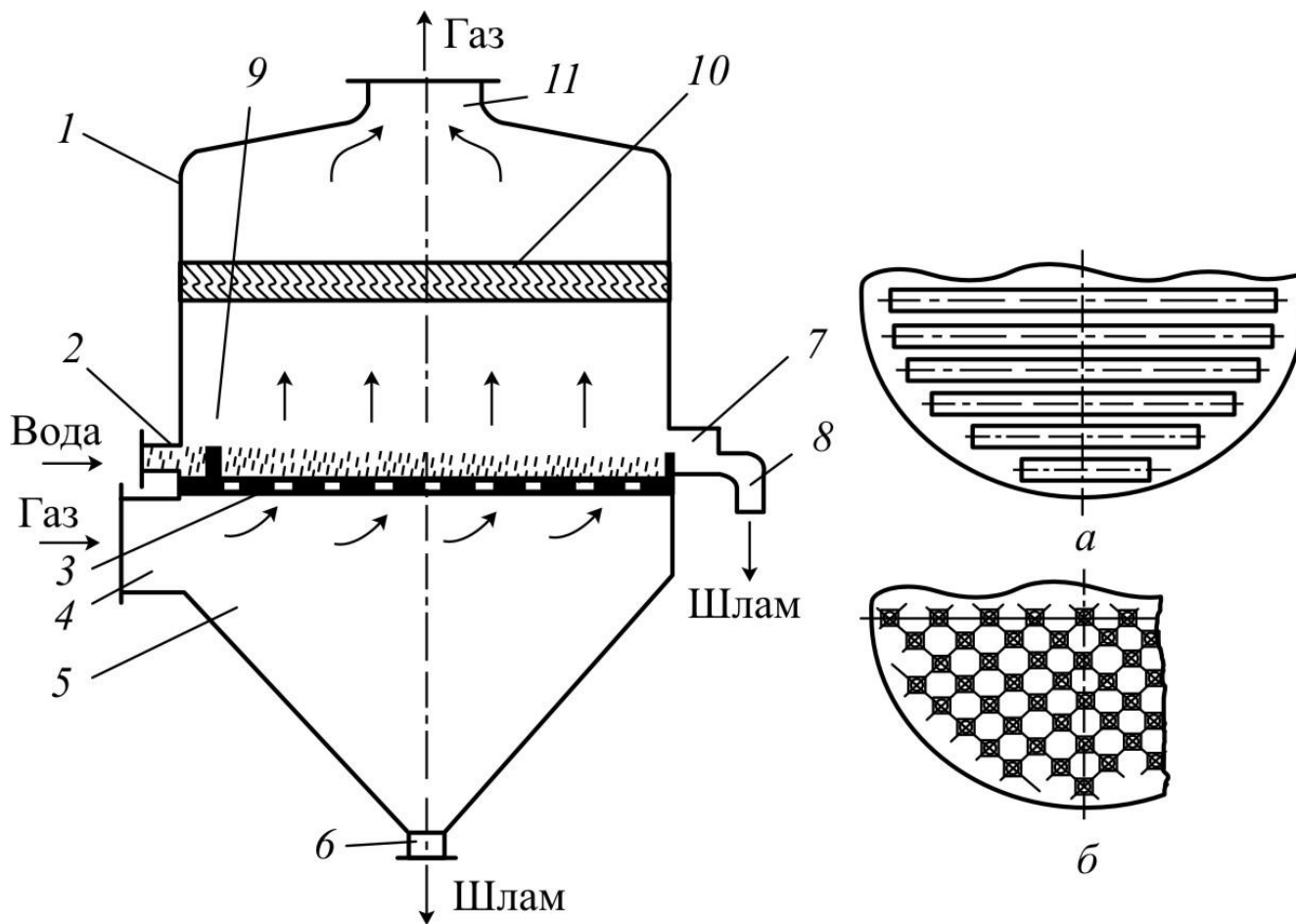
Достоинствам мокрых ПУ:

- сравнительно небольшая стоимость изготовления;
- высокая эффективность улавливания частиц пыли;
- возможность их использования при высокой температуре и повышенной влажности газов, а также в случае опасности самовозгорания или взрыва очищаемых газов или улавливаемой пыли;
- возможность одновременного осуществления очистки газов от взвешенных частиц (т.е. пылеулавливание), извлечения газообразных примесей (абсорбция) и охлаждения газов (т.е. контактный теплообмен).

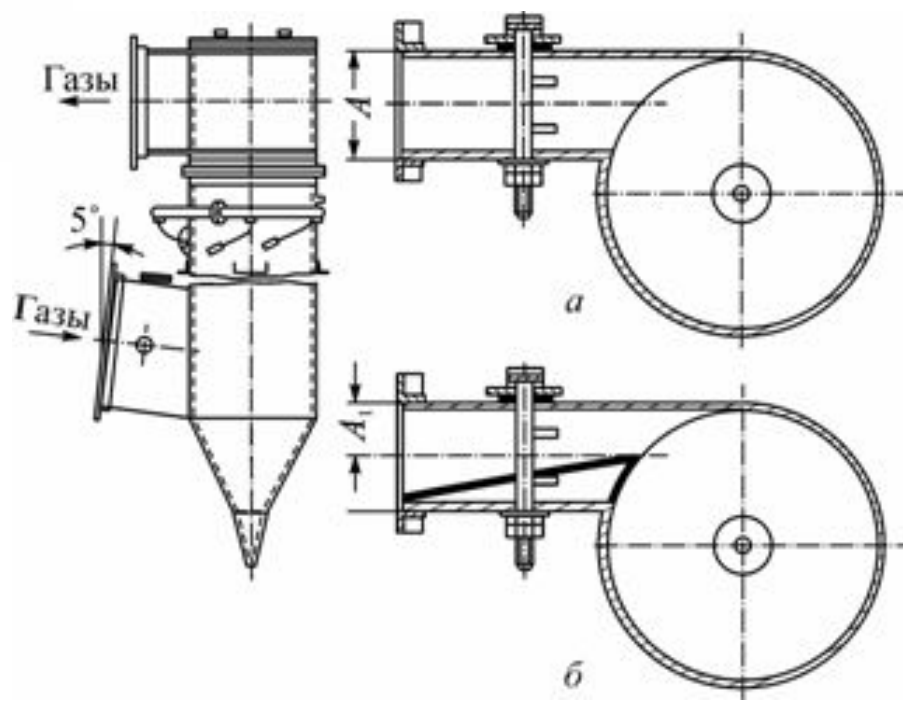
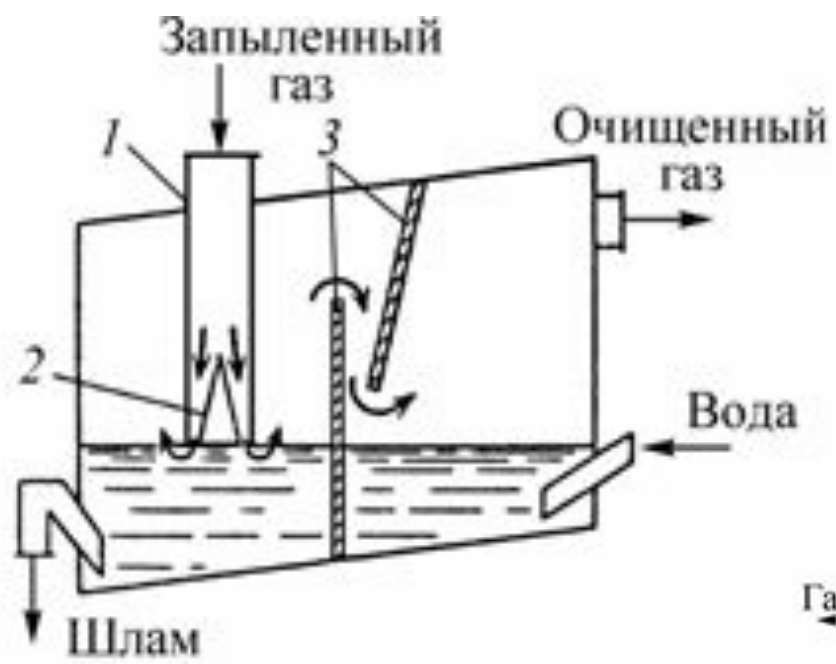
Недостатки:

- улавливаемый продукт выделяется в виде шлама, что связано с необходимостью обработки сточных вод, а следовательно, с удорожанием процесса очистки;
- в случае очистки агрессивных сред аппаратуру и коммуникации необходимо изготавливать из антикоррозионных материалов
- вынос капель
- плохая смачиваемость мелких частиц





2 Типа: провальная решетка и переточная система



Аппарат	Скорость движения газа	Расход воды
Промывная камера	1,5–2,5 м/с	0,2–1 л/м ³ газа
Скруббер полый	0,7–1,5 м/с до 2-2,3 м/с	0,5–0,7 л/м ³
Скруббер насадочный	0,8–1,5 м/с	5–20 м ³
Пенный аппарат	2–2,5 м/с	0,2–0,3 л/м ³ у переточных 0,8-0,9 у провальных
Ударно-инерционные	35–55 м/с.	0,13 л/м ³

Показатель	Размеры частиц, мкм							
	0,01	0,1	1	10	100	1000 (1 мм)	10 000 (1 см)	
Виды загрязнителей		смог		облака и густые туманы			дождь	
			дым смол		удобрения	дробленый известняк		
			дым мазута	летучие золы				
			табачный дым	угольная пыль				
		металлургические пыли и дымы						
			дым NH_2Cl	цементная пыль				
			туман от концентратов H_2SO_4			пляжный песок		
			сажа чистого углерода	распыленный уголь				
			пигменты красок	флотационные руды				
			дымы окислов цинка	пыли инсектицидов				
			коллоидный кремний	дробленый тальк				
				дымы химпроизводства	пыльца растений			
			атмосферные пыли					
			вредные для легких пыли					
		вирусы	бактерии					
	Типы пылеуловителей							пылевые камеры
								циклоны
								скрубберы
							тканевые фильтры	
							фильтры для очистки воздуха	
							воздушные фильтры высокой эффективности	
							импакторы	
							термические преципитаторы	
							механические сепараторы	
							электрофильтры	



Физико-химическая очистка газов

Теоретические основы физико-химической очистки газов

Основные термины и понятия:

1. Абсорбция
2. Сорбтив
3. Абсорбент
4. Хемосорбция
5. Физическая сорбция
6. Уравнение постоянства масс :

$$M_{\Gamma} (y_{\text{H}} - y_{\text{B}}) = M_{\text{Ж}} (x_{\text{H}} - x_{\text{B}})$$

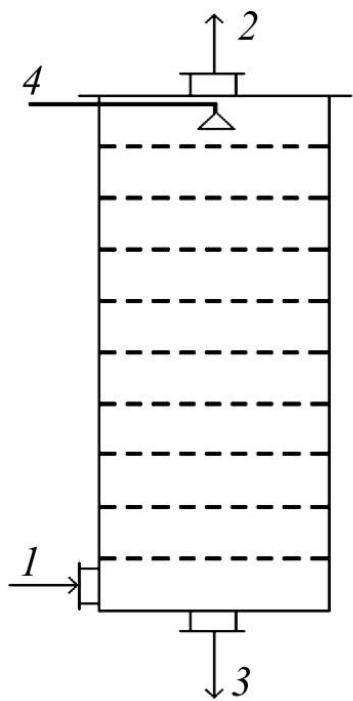
где M_{Γ} , $M_{\text{Ж}}$ – массовые расходы газовой смеси и жидкого абсорбента, кг/с; y_{H} и y_{B} – концентрации поглощаемого компонента (сорбтива) в газовой смеси, внизу и вверху абсорбера, кг/кг; x_{H} и x_{B} – концентрации поглощаемого компонента в поглощающей жидкости (абсорбенте) внизу и вверху абсорбера, кг/кг.

7. Уравнение массопередачи:

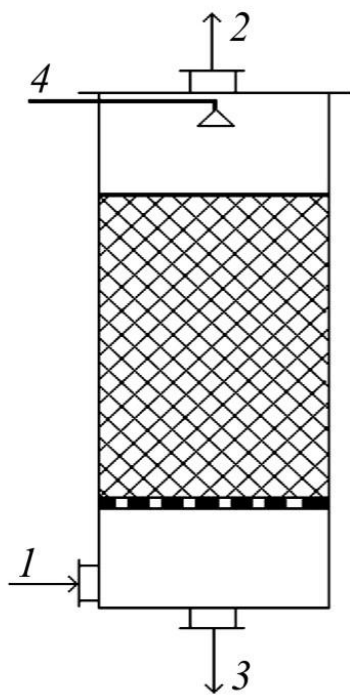
$$M = \beta F \Delta y_{\text{cp}}$$

где M – масса поглощенного компонента, кг/с; F – поверхность, через которую идет абсорбция, м²; β – коэффициент массопередачи, кг/м²; Δy_{cp} – средняя движущая сила процесса абсорбции

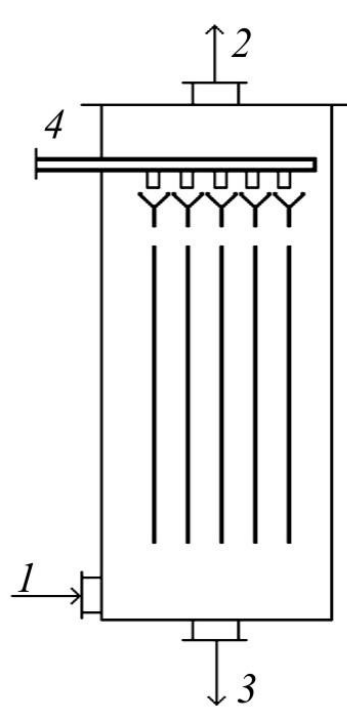
Виды абсорберов



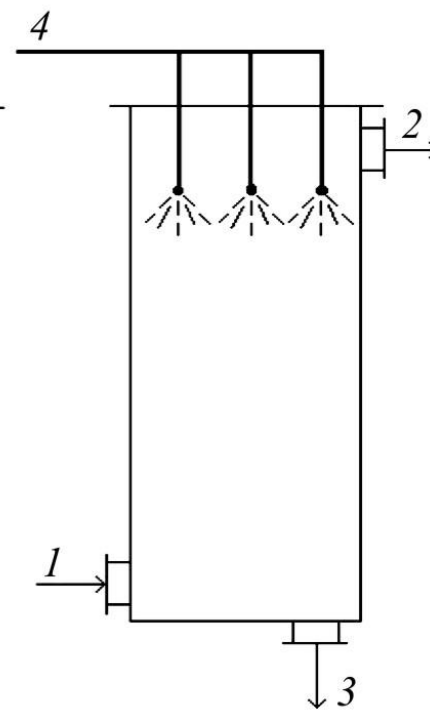
a



б



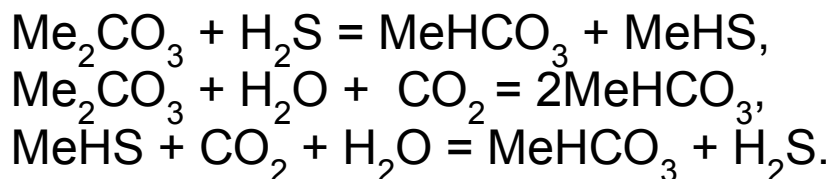
в



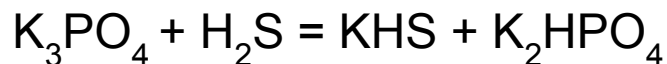
г

Удаление сероводорода

Вакуум-карбонатный

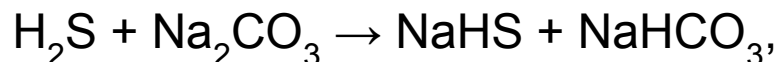


Фосфатный

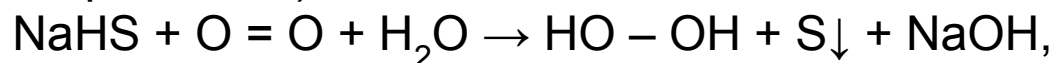


Гидрохиноновый

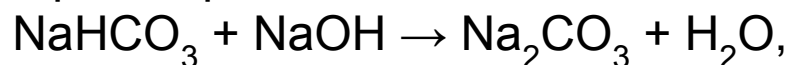
– взаимодействие сероводорода с карбонатом натрия (содой):



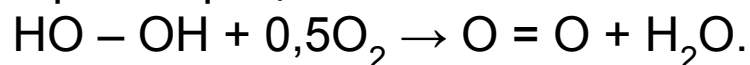
– окисление гидросульфиды натрия хиноном (окисленная форма гидрохинона):



– регенерация соды:



– регенерация хинона:



Удаление оксида серы

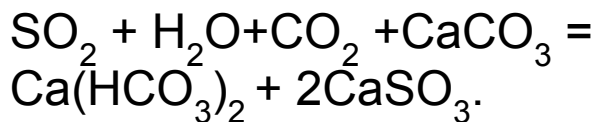
Водой (в провальных полочных абсорберах)



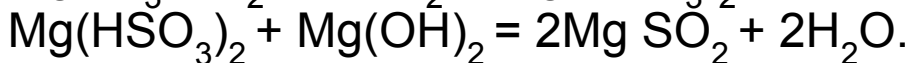
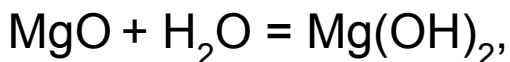
Недостатки:

- малая растворимость в воде;
- высокие энергозатраты на регенерацию
- большой объем абсорбента

Известковый



Магнезитовый



Достоинства магнезитового метода: 1) возможность очищать горячие газы без предварительного охлаждения; 2) получение в качестве продукта рекуперации серной кислоты; 3) доступность и дешевизна хемосорбента; 4) высокая эффективность очистки.

Недостатки: 1) сложность технологической схемы; 2) неполное разложение сульфата магния при обжиге; 3) значительные потери оксида магния при регенерации.

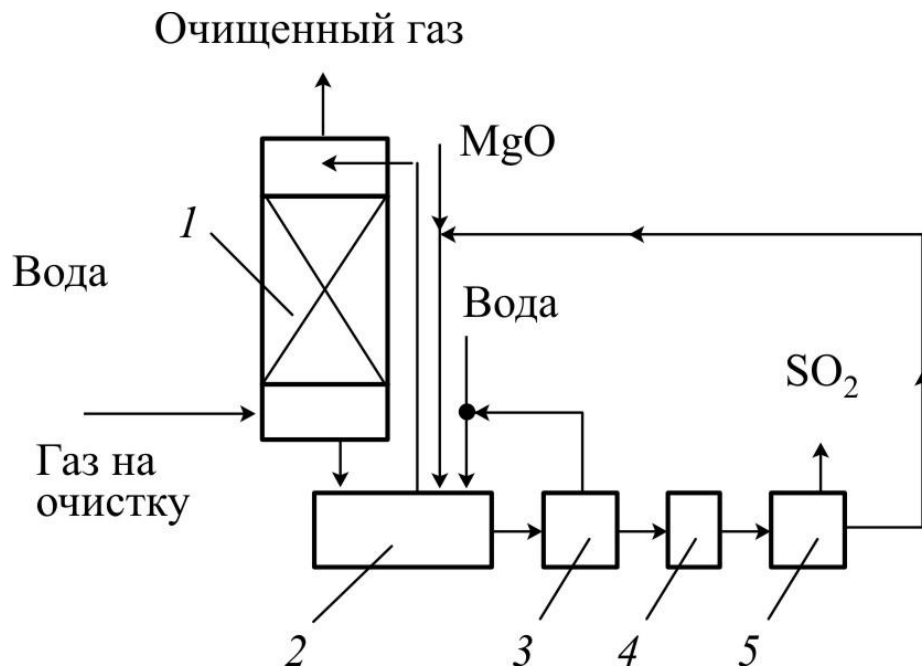
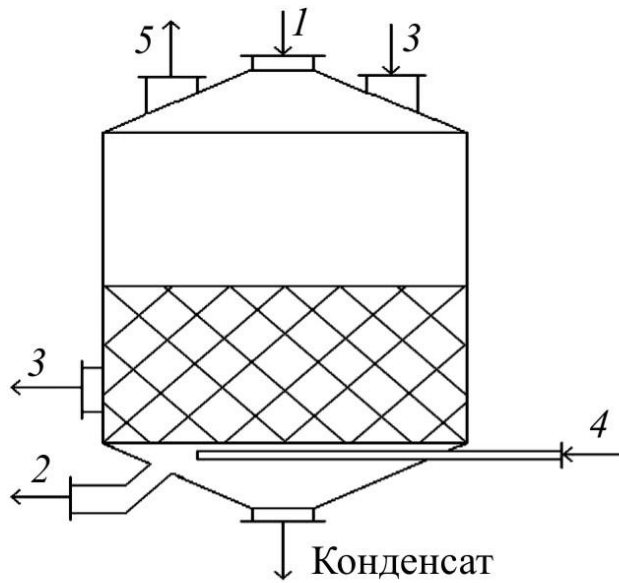


Схема установки очистки газа от диоксида серы суспензией оксида магния: 1 – абсорбер; 2 – нейтрализатор; 3 – центрифуга; 4 – сушилка; 5 – печь

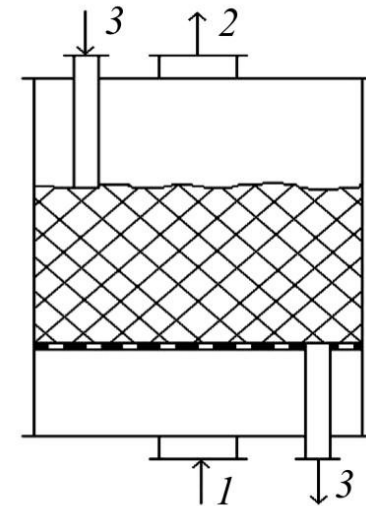
Теоретические основы адсорбционной очистки газов

Основные термины и понятия:

- 1.Адсорбция
- 2.Десорбция
- 3.Стадии работы адсорбера: сорбция, десорбция, сушка, охлаждение



a

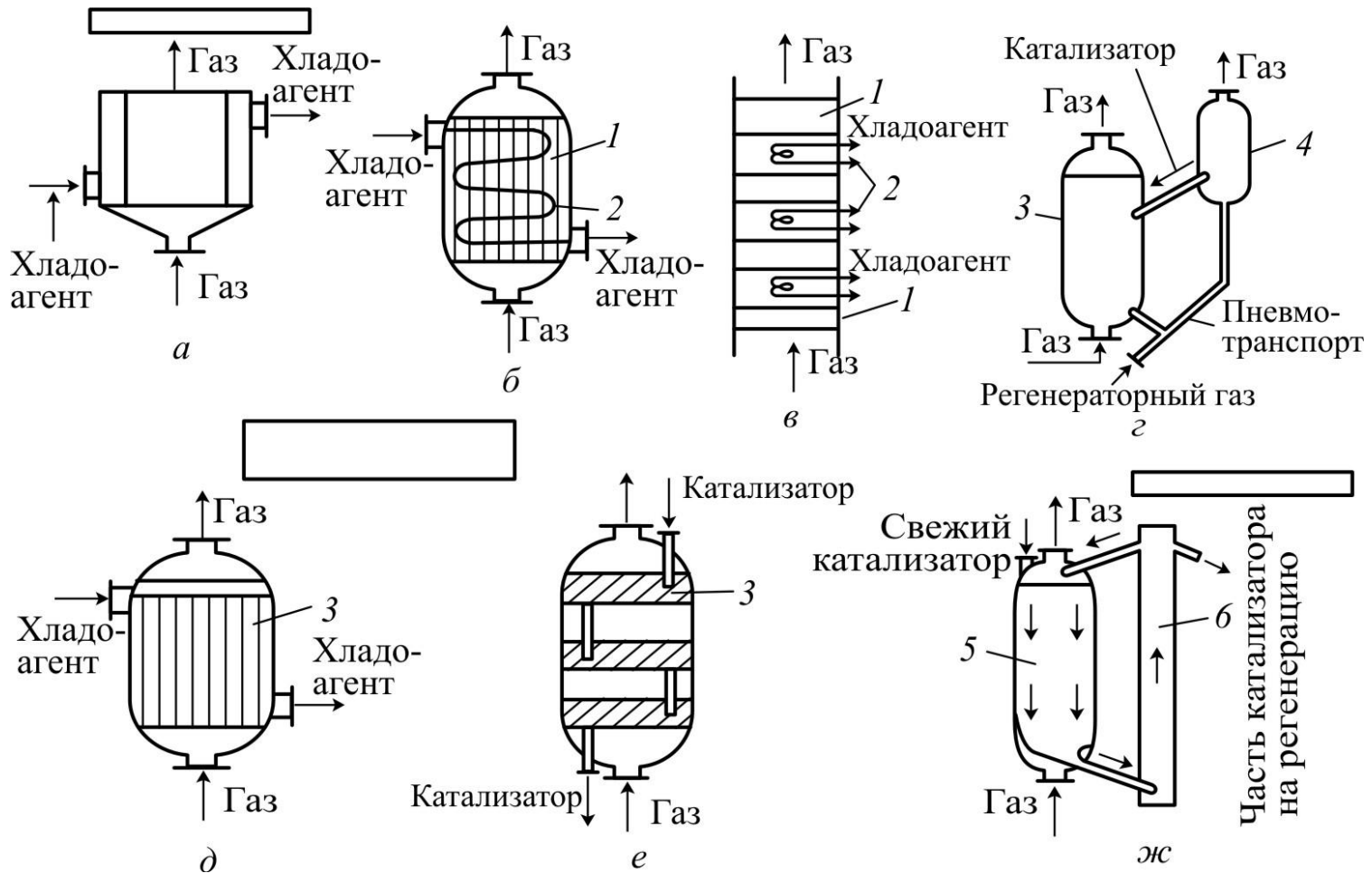


b

Теоретические основы катализа

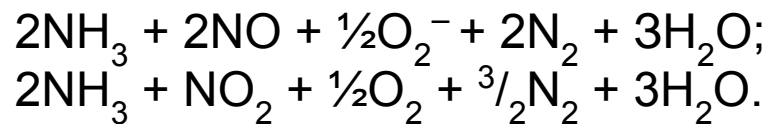
Основные термины и понятия:

1. Гетерогенный катализ
2. Катализатор
3. Требования к катализаторам: селективность, стойкость к ядам, химическая, термическая и механическая устойчивость, дешевизна, развитая поверхность, низкое гидравлическое сопротивление
4. Условия: температура 300-500 градусов, не применим для ВМС
5. Достоинства и недостатки
6. Примеры катализаторов: окислы кобальта, хрома, железа, марганца, никеля, благородные металлы на керамике, нихромовой проволоке, шамоте)
7. На селективных катализаторах гидрируют CO до CH_4 и H_2O , оксиды азота – до N_2 и H_2O . Применяют восстановление оксидов азота в элементарный азот на палладиевом или платиновом катализаторах.



Схемы каталитических реакторов: а – с неподвижным слоем катализатора; б – то же, и охлаждением; в – многослойный с охлаждением; г – с псевдооживленным слоем; д – то же, и с охлаждением; е – многоступенчатый с псевдооживленным слоем; ж – сдвигающимся слоем; 1 – неподвижный слой; 2 – холодильник; 3 – взвешенный слой; 4 – регенератор; 5 – движущийся слой; 6 – элеватор

Гетерогенное каталитическое окисление оксидов азота



Факторы, влияющие на процесс:

- 1) система сжигания – вид топлива;
- 2) состав катализатора;
- 3) активность катализатора, его селективность и время действия (Большинство катализаторов формируется на основе диоксида титана (TiO_2) и пентоксида ванадия (V_2O_5));
- 4) форма катализатора, конфигурация каталитического реактора;
- 5) отношение $\text{NH}_3:\text{NO}_x$ и концентрация NO_x ;
- 6) температура каталитического реактора;
- 7) скорость газового потока.

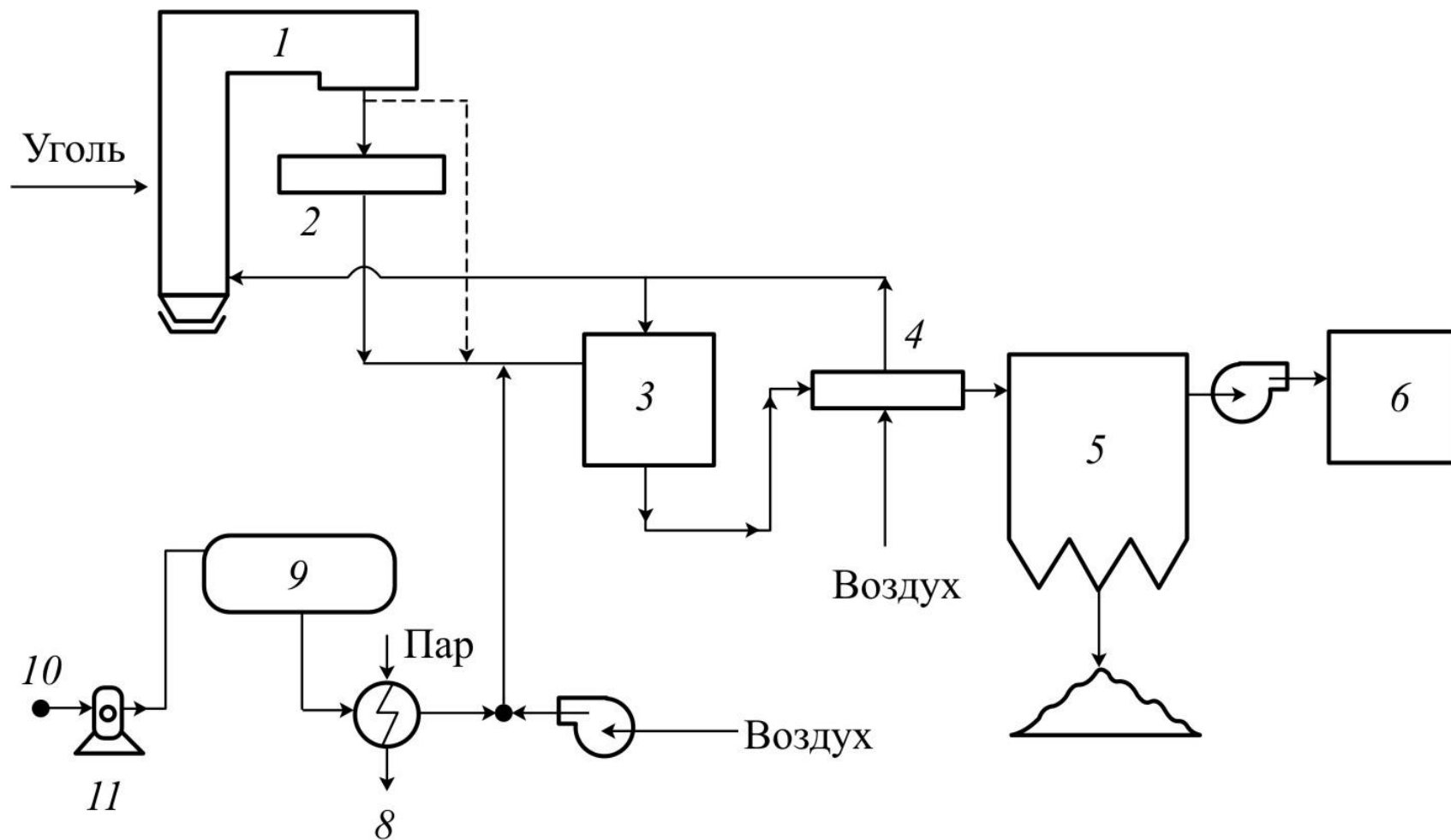


Схема процесса селективного каталитического восстановления окислов азота

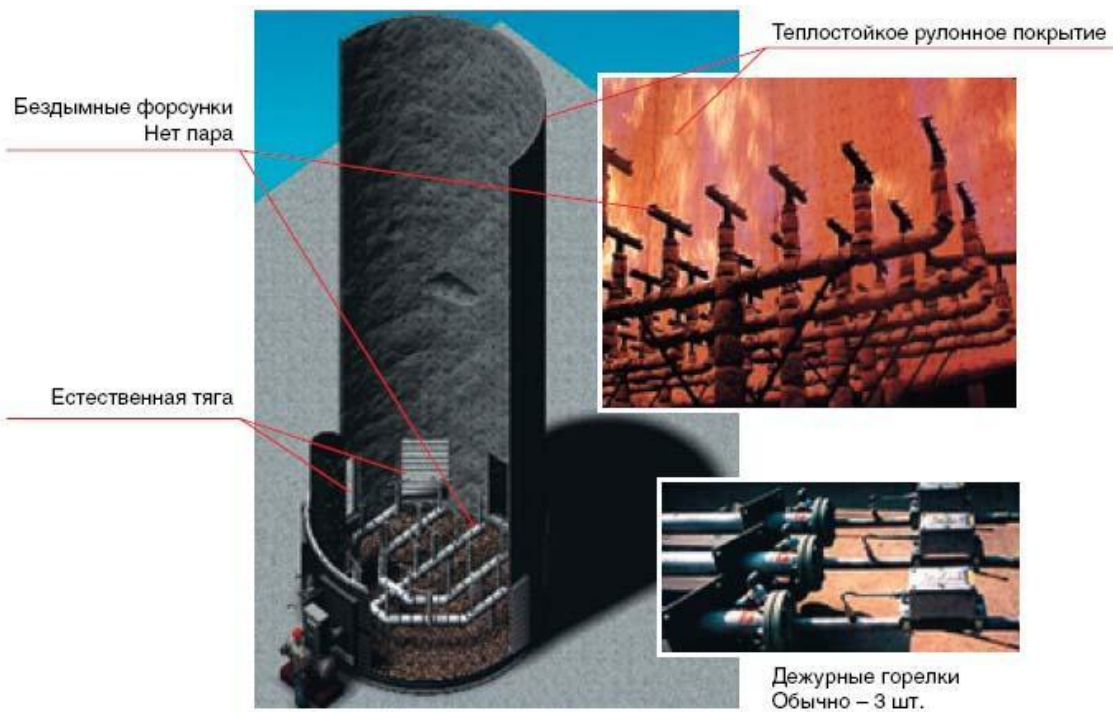
1 – топка котла; 2 – экономайзер; 3 – реактор; 4 – теплообменник для нагрева воздуха; 5 – электрофильтр; 6 – блок обессеривания топочного газа; 7 – дымовая труба; 8 – испаритель аммиака; 9 – емкость для хранения аммиака; 10 – выгрузка аммиака с железной дороги или автотранспорта; 11 – компрессор



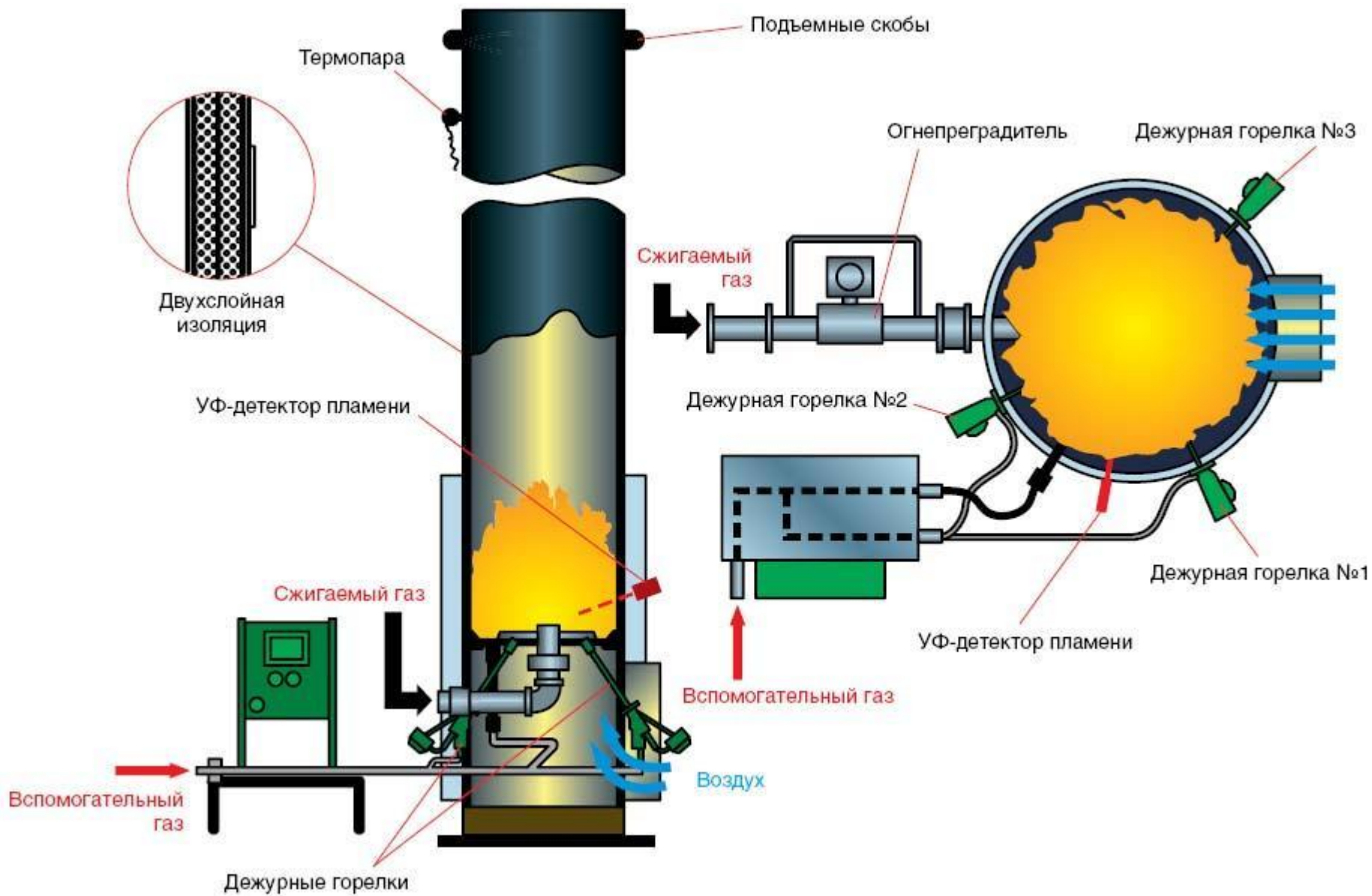
Термические методы

- Применимы в отношении горючих соединений
- Возможно обезвредить лишь вещества, молекулы которых не содержат каких-либо других элементов, кроме водорода H_2 углерода C и кислорода O_2 .
- При наличии серы, фосфора, галогенов, металлов и др., нельзя подавать газы на термоокислительную обработку





- Полнота сгорания газа и паров до 99,99%.
- Простота в обслуживании.
- Надежная защита экологии.
- Низкий уровень шума.
- Отсутствие видимого пламени.
- Отсутствие необходимости в подаче пара для бездымного сжигания большинства вредных выбросов.



Алгоритм выполнения практического задания/подготовки презентаций

0. Принцип действия, варианты конструкций (материалов исполнения), для каких выбросов применимы, особенности эксплуатации

1. Тип и мощность аппарата (обоснование выбора от чего зависит мощность, ограничения по применению)

2. Помещение/открытая площадка – требования к зданию и фундаментам
Потребность в дополнительных зданиях и сооружениях (реагентное хозяйство, АБК, очистные, котельная, генератор, скважина...)

3. Ресурсы:

Вода, электроэнергия, канализация (очистные сооружения), реагенты, топливо, сжатый воздух, нагрев, расходные материалы (сорбенты, катализаторы).....

4. Персонал: сколько? Функционал?

5. Отходы? Сточные воды? Выбросы? Продукты?

6. Хранение и накопление продуктов, реагентов, расходных материалов

7. Режим работы, годовая производительность

8. Аварийные ситуации

9. Потенциальные виды опасности, производственный экологический контроль (маркерные вещества)