

# Оборудование пылеулавливания

- На предприятиях цветной металлургии приходится иметь дело с технологическими газами и вентиляционным воздухом, содержащими в себе пыль и газообразные вещества.
- Улавливание указанных веществ необходимо по техническим, экономическим и санитарно-гигиеническим соображениям.

- Образование пылей может происходить в результате:
- а) уноса газовым потоком мелких частиц (механический унос);
- б) конденсации паров при охлаждении газов
- в) химических реакций.
- Образование газообразных веществ происходит только в результате химических процессов и испарения.

## Санитарные нормы допустимых концентраций загрязняющих воздух веществ

Загрязняющие вещества	Предельно допустимая концентрация мг/м <sup>3</sup>		Загрязняющие вещества	Предельно допустимая концентрация мг/м <sup>3</sup>	
	максимальная разовая	средне- суточная		максимальная разовая	средне- суточная
Сернистый ангидрид . . . . .	0,5	0,15	Фтористые соединения . . . . .	0,03	0,01
Хлор . . . . .	0,10	0,03	Серная кислота . . . . .	0,30	0,10
Сероводород . . . . .	0,03	0,01	Фенол . . . . .	0,30	0,10
Серовуглерод . . . . .	0,50	0,15	Мышьяк (неорганические соединения, кроме мышьяковистого водорода) в пересчете на As . . . . .	—	0,003
Окись углерода . . . . .	6,0	2,0	Свинец и его соединения (кроме тетраэтилсвинца) в пересчете на Pb . . . . .	—	0,0007
Окислы азота в пересчете на N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,5	0,15	Ртуть металлическая . . . . .	—	0,0003
Сажа (копоть) . . . . .	0,15	0,05			
Фосфорный ангидрид . . . . .	0,15	0,05			
Марганец и его соединения в пересчете на Mn . . . . .	0,03	0,01			
Пыль нетоксическая . . . . .	0,5	0,15			

- Наиболее важной характеристикой пыли, с точки зрения пылеулавливания, является дисперсность и химический состав, поскольку они в значительной степени обуславливают удельный и насыпной вес, слипаемость, электрические и другие свойства.

- Дисперсность пылей определяется механизмом и условиями их образования:
- Пыли, образовавшиеся за счет воздействия газового потока на мелкие частицы, что в свою очередь, может быть сопряжено с дроблением, обжигом, пересылкой материалов, обычно называются механическим уносом. Крупность этих пылей определяется скоростью и другими параметрами газового потока и крупностью исходного материала и процессами, приводящими к его размельчению. Обычно эти пыли имеют размеры от 3—10 *мкм* до частиц в несколько сотен микрон и более.
- Пыли механического происхождения по химическому составу часто оказываются идентичными исходному материалу или шихте, из которой они получились при воздействии газового потока.

- Пыли, образовавшиеся в результате конденсации паров при охлаждении газов или при реакции газовых компонентов, при которой образуется вещество с низкой упругостью пара, что приводит к образованию твердых частиц.
- Такие аэрозоли называются дымами, а в цветной металлургии — условно возгонами.
- В большинстве случаев первичные частицы таких пылей имеют размеры в десятые или сотые доли микрона и в основном монодисперсны.
- По химическому составу возгоны могут значительно отличаться от шихты и обогащены более летучими компонентами.

# ОСНОВНЫЕ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИЕ АППАРАТЫ

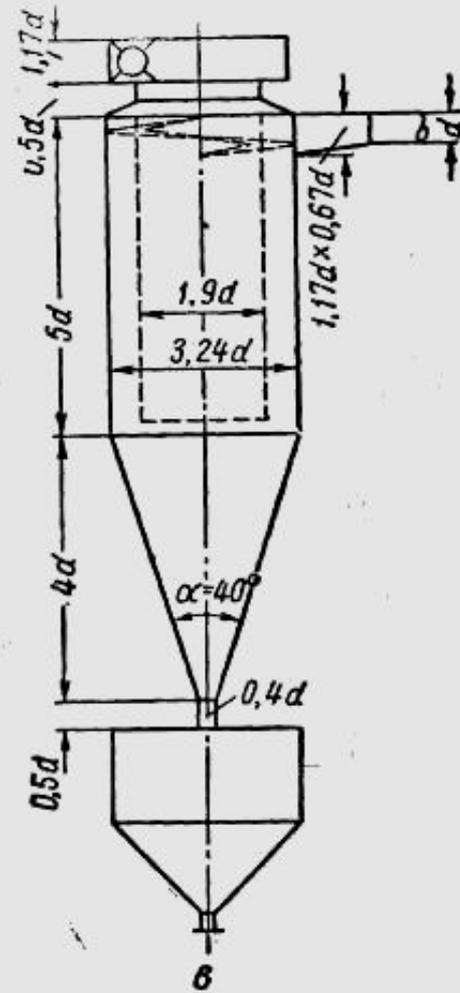
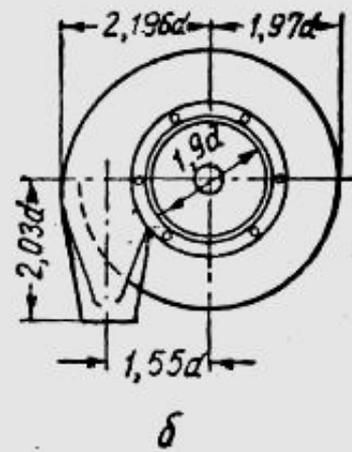
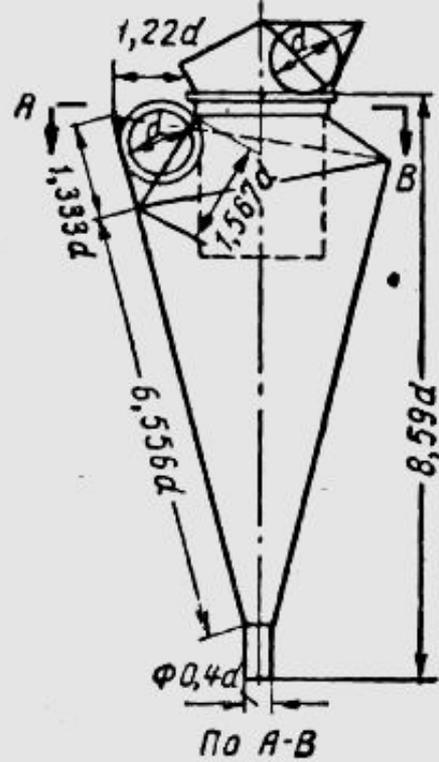
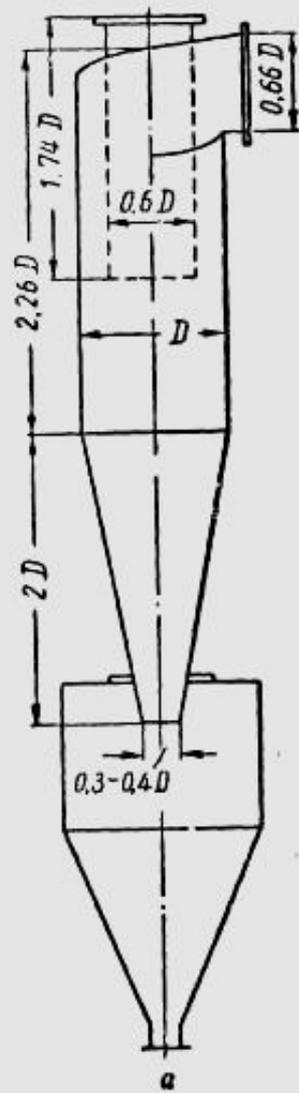
- Аппараты и методы пылеулавливания могут быть подразделены на две основные группы:
- а) для улавливания более крупной пыли с частицами, превышающими 5 *мкм*,
- б) для частиц менее 5 *мкм*.
- Однако эта классификация в значительной степени условна, поскольку улавливание зависит не только от размеров частиц, но и от других их свойств, а также от концентрации пыли в газовой фазе.

- Во всех пылеуловительных аппаратах частицы пыли и тумана подвергаются действию сил, выводящих их из газового потока (сила тяжести, центробежная сила, электрическая сила, броуновское движение и т. д.).
- На предприятиях цветной металлургии часто целесообразно устанавливать последовательно аппараты для раздельного улавливания крупных и высокодисперсных частиц.

# ОСАДИТЕЛЬНЫЕ КАМЕРЫ И ЦИКЛОНЫ

- Осадительные камеры вследствие их малой эффективности, больших габаритов и трудности равномерного распределения газа по сечению применяются для улавливания очень крупной пыли иногда при высокой температуре газов.
- В этих аппаратах частицы пыли осаждаются в результате действия силы тяжести.

- Центробежная сила использована для выделения частиц из газового потока в циклонах. На рисунке изображены циклоны различных типов и показаны их основные размеры в долях диаметра аппарата ( $D$ ) или диаметра входного штуцера  $d$

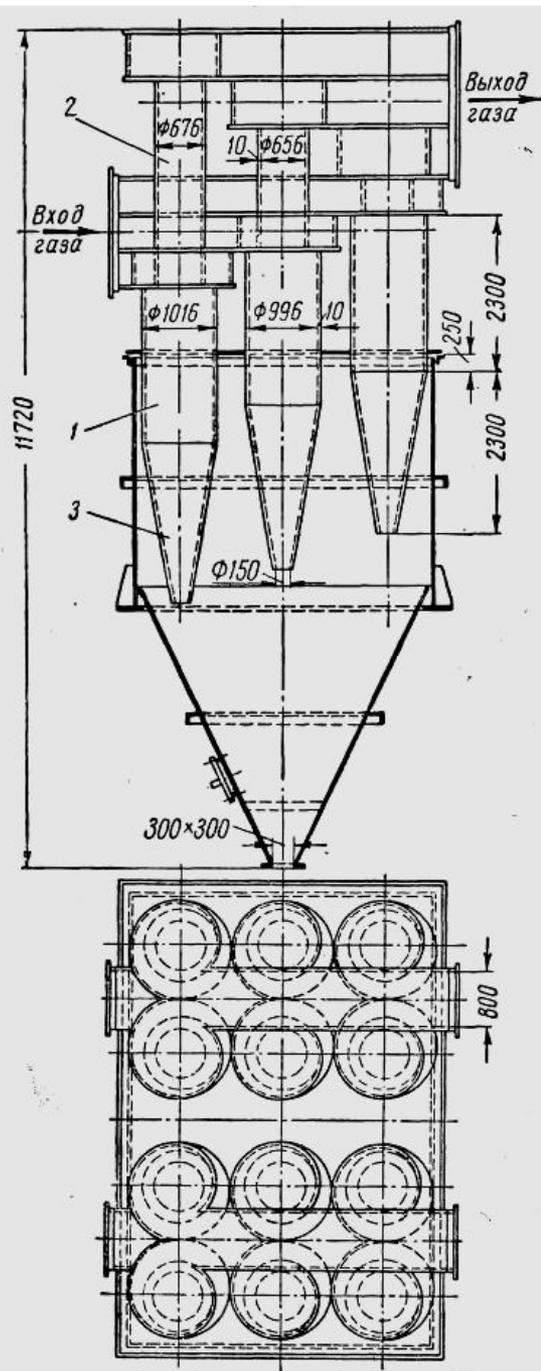


Общие виды циклонов:

а — системы Нииогаз ЦН-15; б — системы СИОТ; в — системы ЛИОГ

- Для улавливания пыли крупнее 5—10 *мкм* циклон является простым, дешевым относительно, малогабаритным и надежным пылеулавливающим аппаратом при надлежащем его проектировании, изготовлении и эксплуатации.
- Последнее, по сути, сводится только к поддержанию герметичности и своевременной выгрузке уловленной пыли.

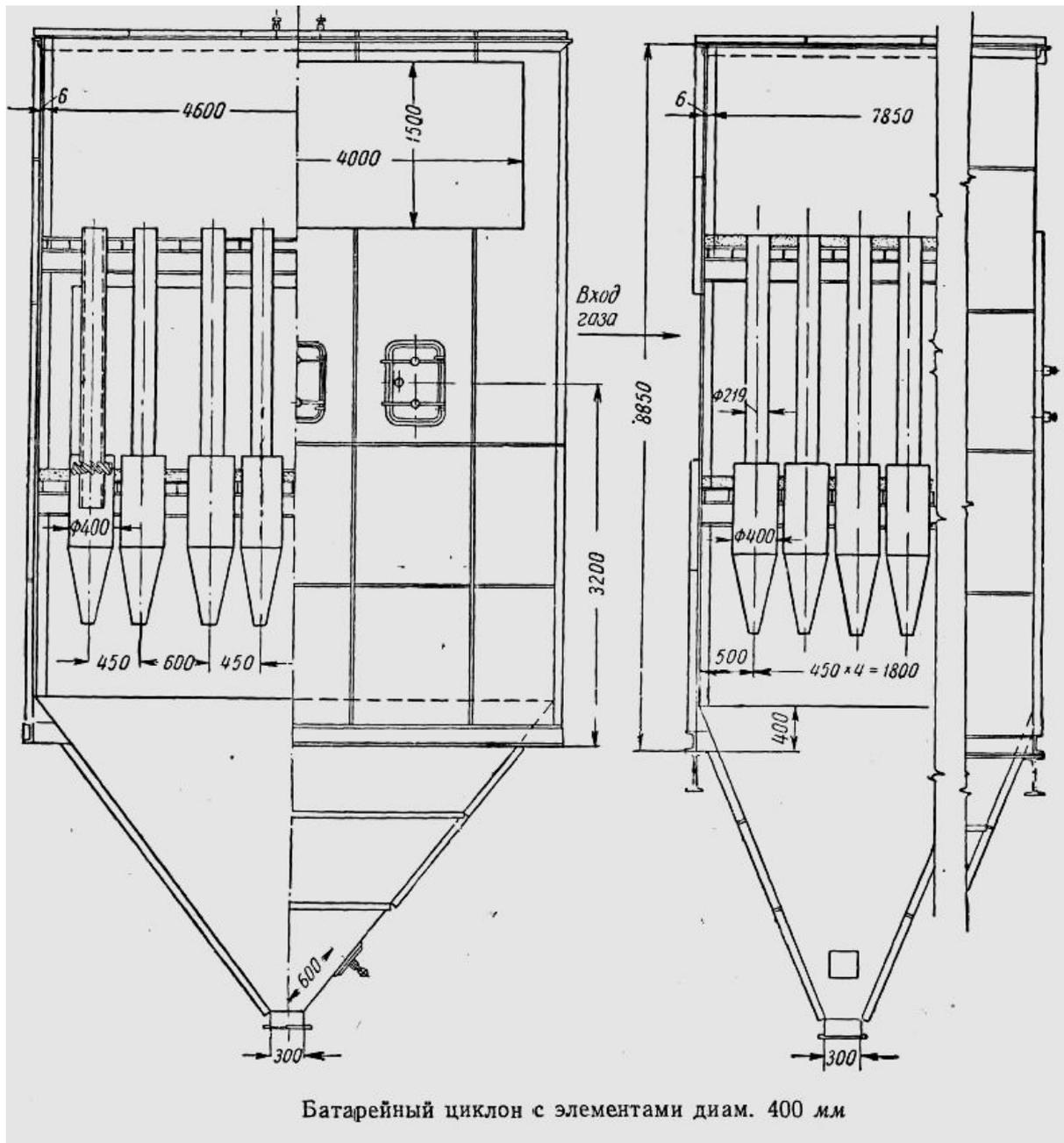
- Поскольку частицы диаметром меньше 5 *МКМ* в циклонах почти не улавливаются, то их область применения ограничена.



Групповой циклон со спиральным подводом газов к элементам:

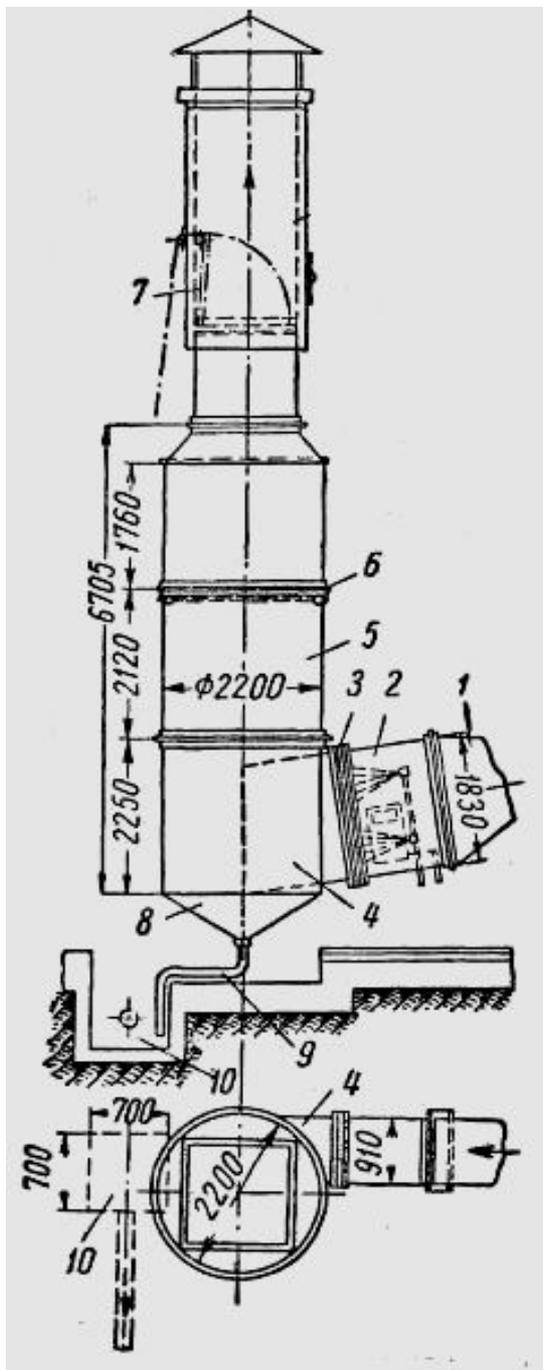
1 — корпус элемента (цилиндрическая часть); 2 — выхлопная труба элемента; 3 — коническая часть элемента

- Хорошо зарекомендовали себя батарейные циклоны Гипроцветмета с диаметром элементов 400 мм (обычно диаметр элемента от 100 до 400 мм) и с проходами между ними, что позволяет производить их очистку.



Батарейный циклон с элементами диам. 400 мм

- В тех случаях, когда допустимо улавливаемую пыль получать в виде шлама, применяют прямоточные циклоны с орошаемыми стенками (скрубберы ВТИ). На рисунке показан скруббер ВТИ, в котором газ поступает тангенциально в нижнюю часть и проходит его снизу вверх двигаясь по спирали.
- В верхней части тангенциально установлены сопла, создающие пленку жидкости, стекающую по стенкам скруббера.
- Во входном патрубке в шахматном порядке установлены прутки диаметром 16 мм с шагом 12 мм, орошаемые форсунками. Аппараты футеруют кислотоупорной плиткой.
- Эти аппараты не могут быть применены для улавливания возгонов, но на более крупной пыли, получаемой при дроблении и сушке, дают высокую степень очистки.



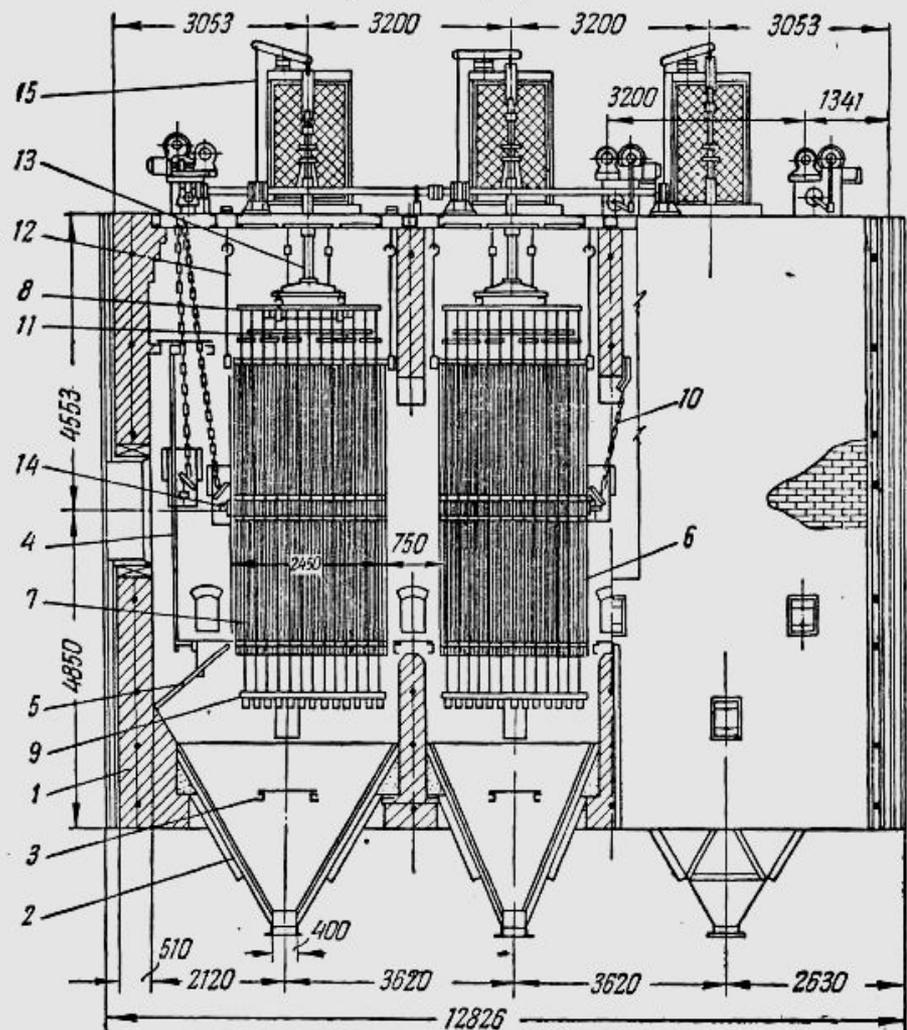
## Центробежный скруббер ВТИ:

1 — патрубок входа газа; 2 — камера с форсунками; 3 — решетки из горизонтальных прутков; 4 — тангенциальный наклонный патрубок; 5 — цилиндрический корпус; 6 — сопла для подачи жидкости на стенки; 7 — клапан; 8 — конусное дно; 9 — труба слива пульпы; 10 — отстойник

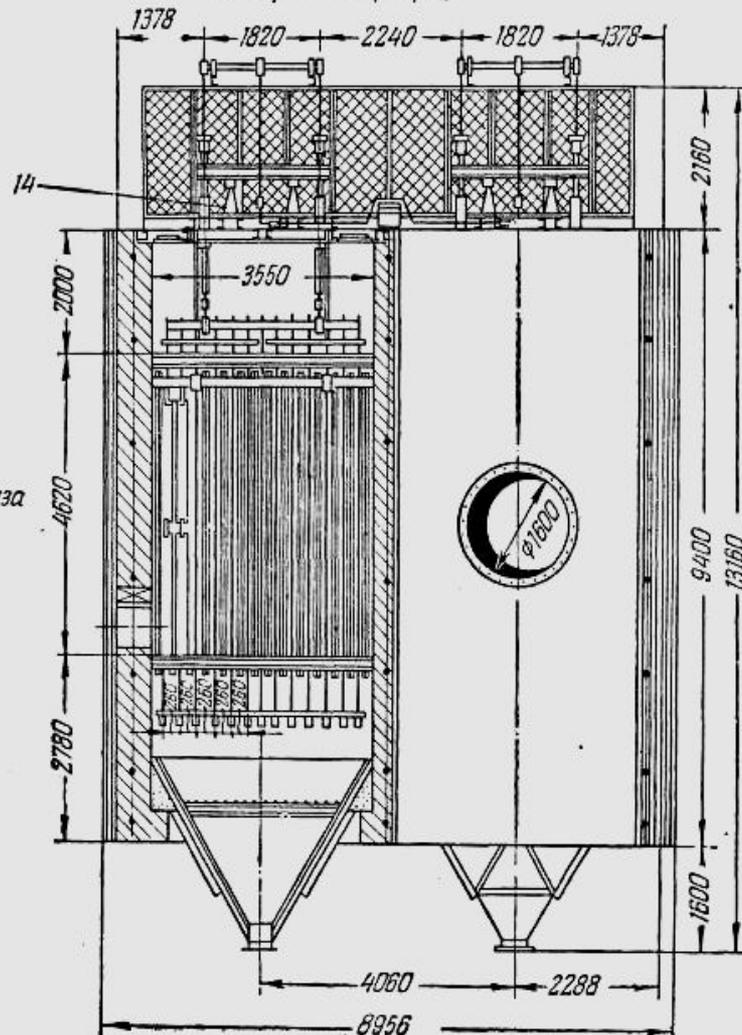
# ЭЛЕКТРОФИЛЬТРЫ

- Одним из лучших аппаратов для наиболее полного улавливания высокодисперсной пыли и тумана является электрофильтр.
- По конструкции осадительных электродов электрофильтры бывают трубчатыми или пластинчатыми. Разновидностью трубчатых электрофильтров являются шестигранные, более сложные в изготовлении, но более компактные и требующие меньше металла для своего изготовления.
- По ходу газа пластинчатые фильтры могут быть вертикальными или горизонтальными.

Продольный разрез



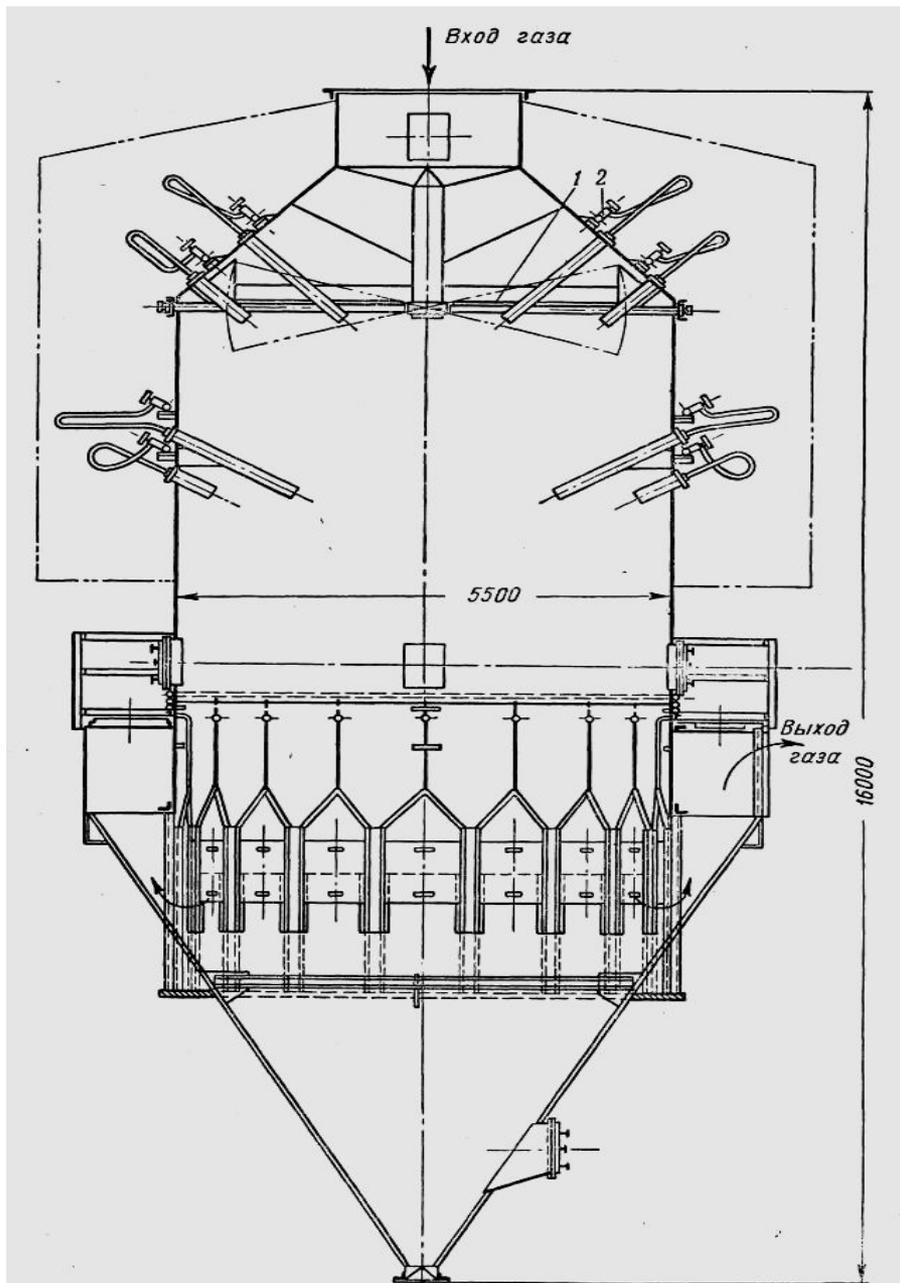
Поперечный разрез



Электрофильтр типа ГК30-Г:

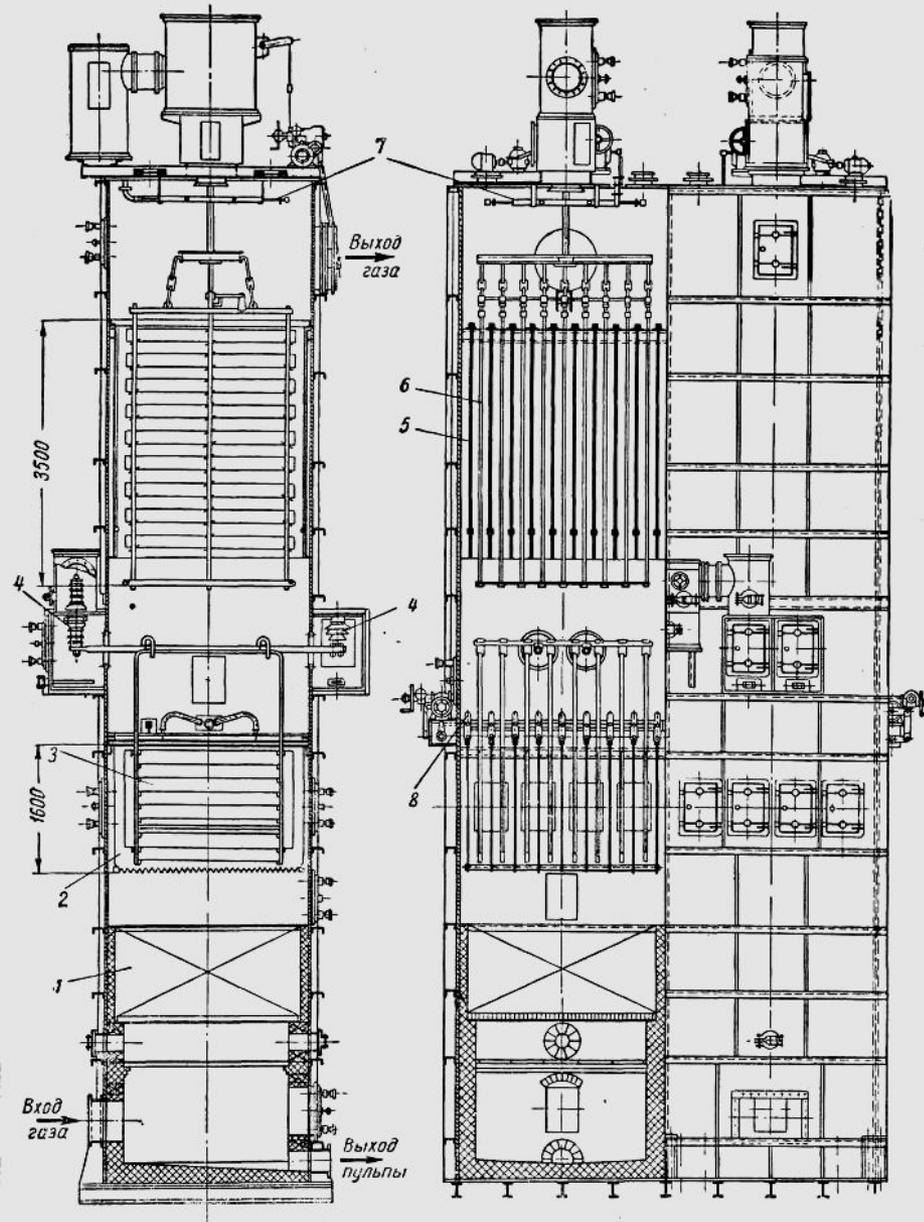
1 — кладка электрофильтра; 2 — бункер; 3 — площадка для обслуживания; 4 — распределительная решетка; 5 — отбойная стенка; 6 — осадительные электроды; 7 — коронирующие электроды; 8 — верхняя рама подвеса коронирующих электродов; 9 — нижняя рама подвеса коронирующих электродов; 10 — механизм встряхивания осадительных электродов; 11 — рама для встряхивания коронирующих электродов; 12 — тяги подвеса осадительных электродов; 13 — подвес рамы коронирующих электродов и проходной кварцевый изолятор; 14 — опорные изоляторы; 15 — привод механизма встряхивания коронирующих электродов

- Электрофильтр ГК-30-Г представляет собой горизонтальный двухсекционный трехпольный аппарат с кирпичным корпусом. Осадительные электроды — прутковые, длина каждого поля вдоль хода газа около 2500 мм.
- Активная площадь сечения обеих –секций 30 м<sup>2</sup>. Электроды отряхивают электровибраторами и механическим приводом.
- Для равномерного распределения газа по сечению аппарата на входе установлены две последовательно расположенные газораспределяющие решетки.
- Время пребывания газов в аппарате составляет от 10 до 20 сек. Аппарат применяется для очистки газов, не требующих подготовки (газы обжиговых печей), а также в тех случаях, когда газы (отражательных печей и т. п.) предварительно охлаждаются и увлажняются.
- Для охлаждения и увлажнения газов рекомендуется устанавливать прямоточный скруббер конструкции Гипроцветмета.
- Применение сухих электрофильтров с предварительной подготовкой газов сильно затрудняется при переменном режиме основного технологического процесса. В этих случаях рекомендуется устанавливать мокрые



Безнасадочный скруббер:  
 1 — распределительная решетка; 2 — форсунка

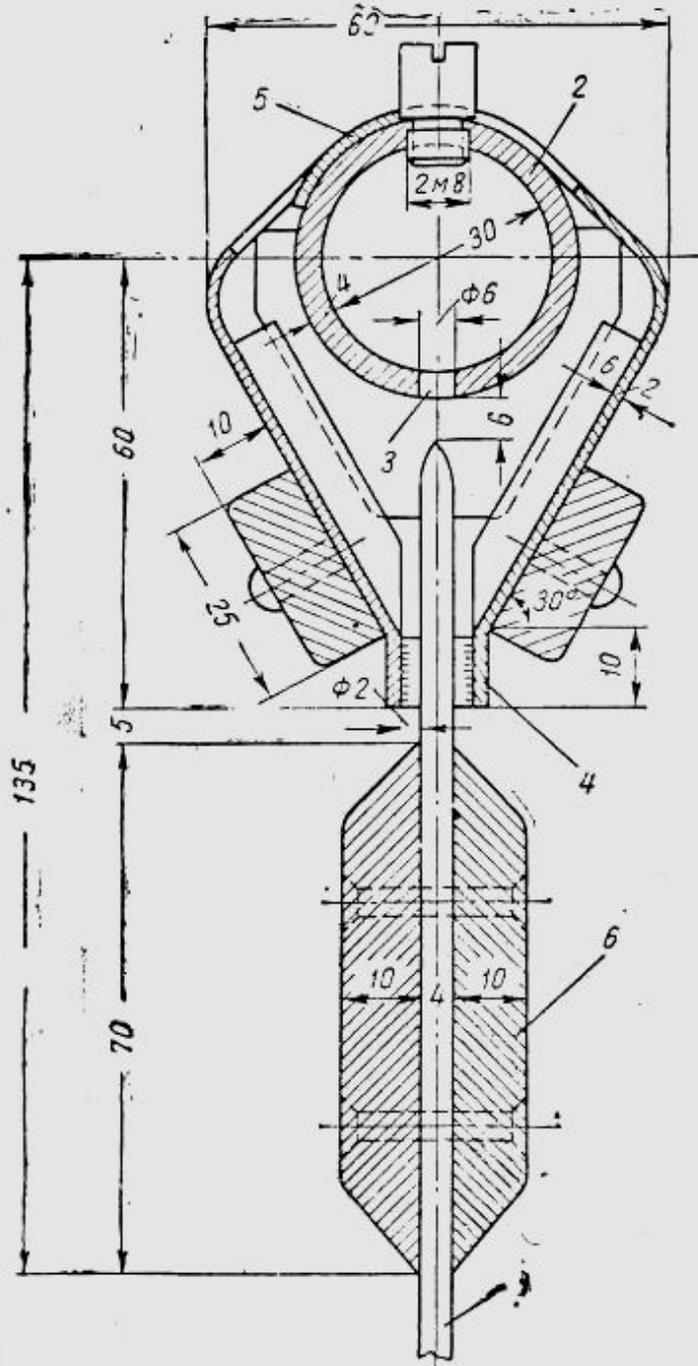
- Электрофильтр типа ВДМ— вертикальный двухпольный и двухсекционный аппарат. Нижнее поле, где оседает основная масса пыли (75—90%), снабжено устройством для непрерывного орошения осадительных электродов. Поле это укорочено и благодаря ряду люков легко доступно для обслуживания.



Мокрый электрофильтр типа ВДМ:

1 — насадка из керамических колец; 2 — осадительные электроды нижнего поля; 3 — коронирующие электроды нижнего поля; 4 — изоляторы для подвеса системы коронирующих электродов нижнего поля; 5 — осадительные электроды верхнего поля; 6 — коронирующие электроды верхнего поля; 7 — форсунки промывки верхнего поля; 8 — система орошения осадительных электродов нижнего поля

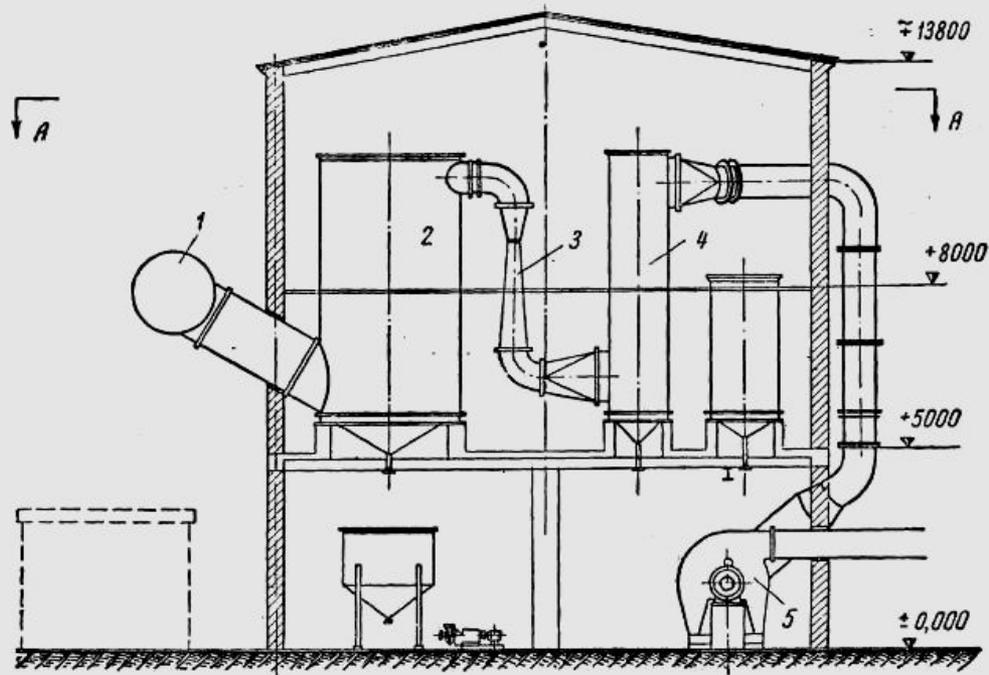
- Орошающее устройство состоит из ряда труб, расположенных над осадительными электродами.
- В трубах внизу просверлены отверстия, через которые вытекает вода, орошающая электроды.



**Разрез устройства непрерывной промывки осадительных электродов нижнего поля:**

1 — осадительный электрод; 2 — труба для подачи жидкости; 3 — отверстие для выхода жидкости; 4 — щетки для направления жидкости на электрод; 5 — скобы подвеса щеток; 6 — полосы для распределения жидкости по всей ширине электрода

- Активная площадь сечения аппарата  $12 \text{ м}^2$ . Время пребывания газа в зависимости от условий осаждения лежит в пределах от 6 до 12 сек.
- При установке перед электрофильтром скоростного распылителя малого сопротивления скорость газа в электрофильтре может быть увеличена. На рисунке дана схема подобной установки.
- Установка электрофильтров ВДМ должна включать отстойник, фильтры и насосы. Этот аппарат не предназначен для очистки кислых газов.



По А-А

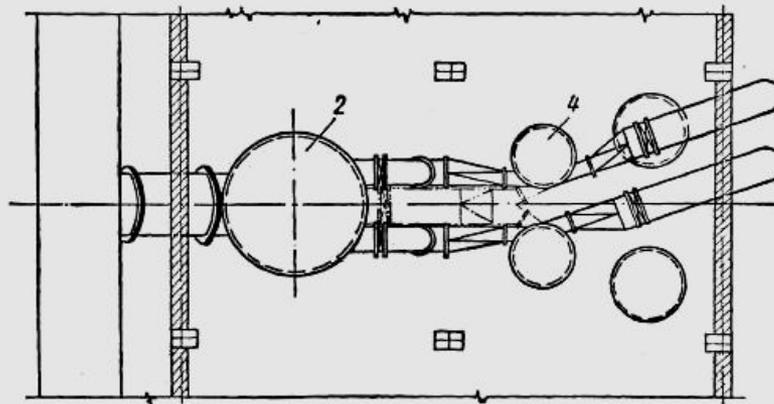


Схема установки скоростного распылителя с электрофильтром:  
 1 — газоход грязного газа; 2 — скруббер; 3 — скоростные распылители; 4 — мокрые электрофильтры; 5 — вентилятор

# РУКАВНЫЕ ФИЛЬТРЫ

- Фильтрация запыленных газовых потоков через пористые среды различного вида широко используется в технике для удаления твердых и капельных частиц.
- При этом в качестве фильтрующих пористых сред применяют:
  - а) кусковые материалы; кокс, кварц и т. п.;
  - б) керамические и железные кольца, укладываемые правильными рядами или засыпаемые навалом;
  - в) сплавленные керамические и металлические зерна;
  - г) различные волокнистые материалы неорганического (минерального) и органического происхождения, натуральные и искусственные—шерсть, хлопок, стекло, асбест, капрон, нитрон, орлон и т. п.

- В цветной металлургии наиболее распространена фильтрация газов через ткани, которым придана форма рукавов, так называемые рукавные фильтры; эти ткани изготавливаются в основном из овечьей шерсти или некоторых видов синтетического волокна.
- Наиболее используемыми являются многосекционные рукавные фильтры с автоматическим механическим встряхиванием рукавов и обратной продувкой фильтровальной ткани, работающие как под разрежением, так и под давлением. Устройство подобных фильтров схематично показано на рисунке.

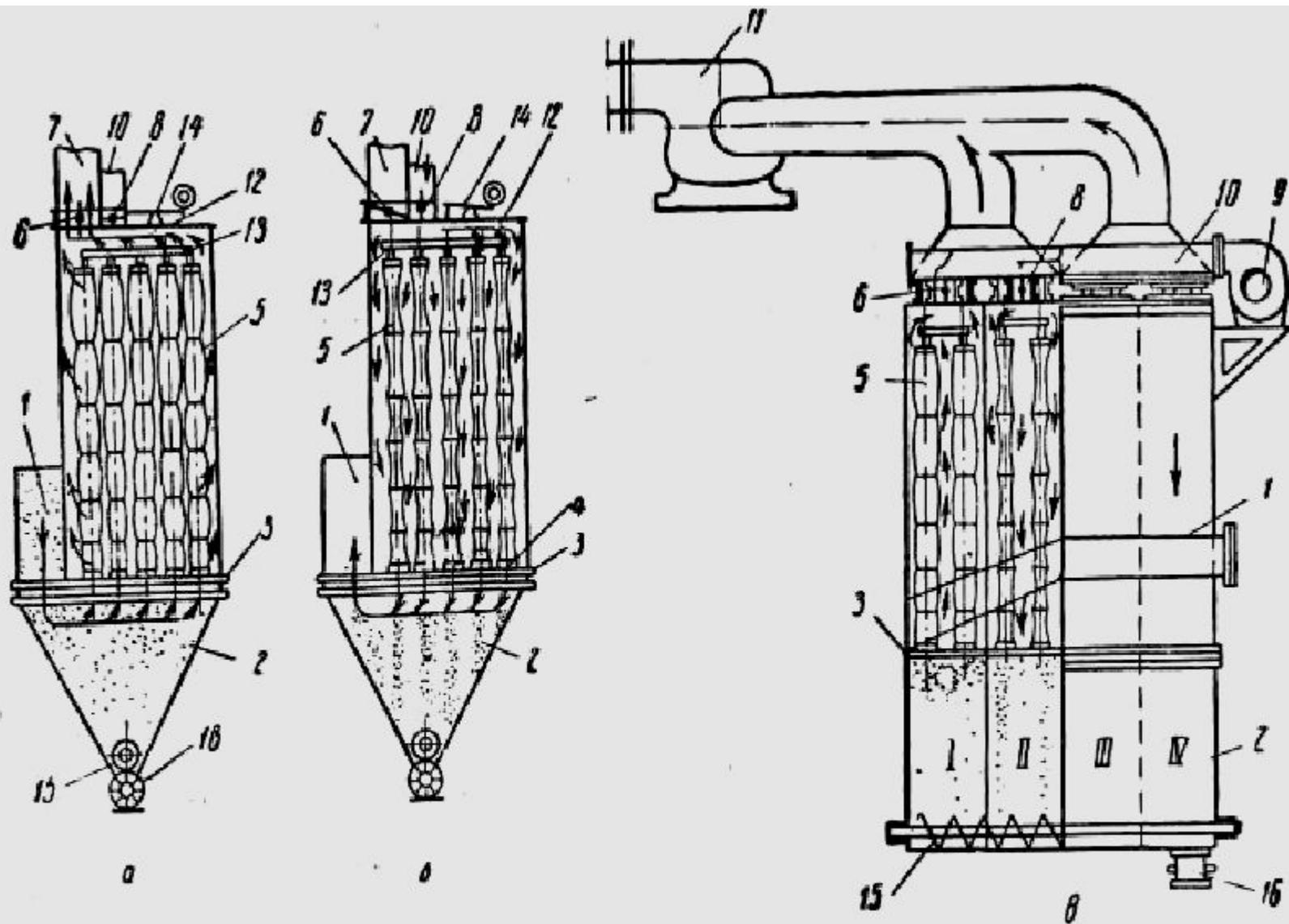
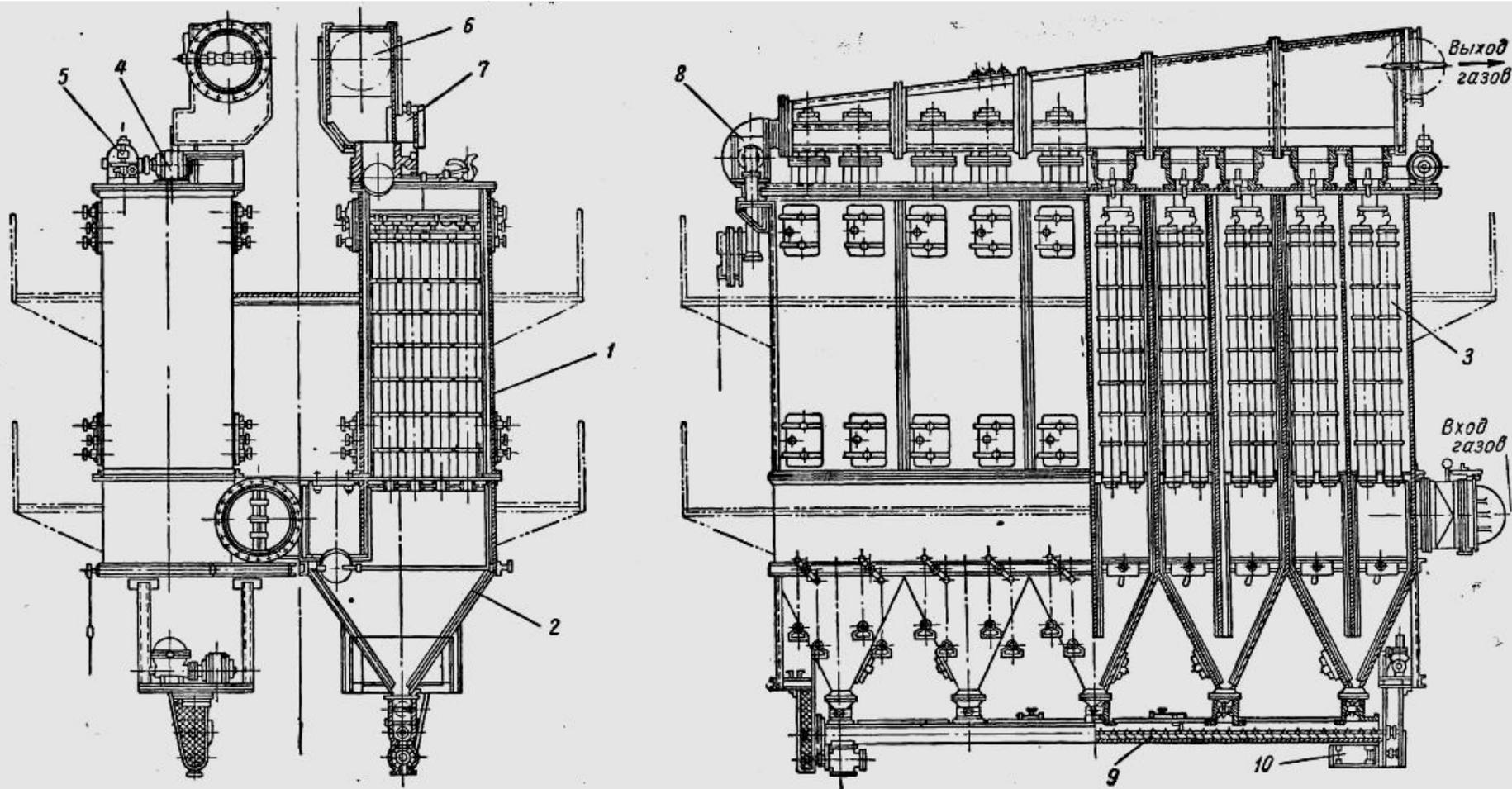


Схема многосекционного рукавного фильтра с автоматическим встряхиванием и обратной продувкой:

*а* — во время работы; *б* — в момент обратной продувки; *в* — секция I во время работы, секция II в момент обратной продувки фильтровальной ткани

- Запыленные газы подаются по общему для всех секций газоходу 1 в нижнюю (бункерную) часть фильтра 2, закрытую распределительной решеткой 3 с круглыми отверстиями (по числу рукавов в секции) для прохода газов; над этими отверстиями находятся патрубки 4 для закрепления нижних открытых концов рукавов 5.
- Запыленные газы поступают через патрубки 4 внутрь рукавов, проходят через ткань и через клапаны чистого газа 6 поступают в патрубки 7.
- Эти патрубки объединяются общим выходным коллектором, присоединенным к вентилятору 11, выбрасывающему очищенные газы в атмосферу.
- Через определенные промежутки времени, обычно 5—10 мин., поочередно одна из секций фильтра (на рисунке секция II) автоматически переключается в положение для снижения гидравлического сопротивления ткани.
- Одновременно с продувкой производится встряхивание рукавов.
- Пыль, удаляемая с ткани, падает в бункер и шнеком выгружается через шлюзовой затвор из фильтра.

- На рисунке представлен широко применяющийся в цветной металлургии многосекционный рукавный фильтр типа РФГ-У конструкции Гипроцветмета с механическим автоматическим встряхиванием рукавов и принудительной обратной продувкой фильтровальной ткани воздухом, подаваемым вентилятором.
- Фильтр состоит из следующих основных частей: корпуса фильтра и бункера с приемной и распределительной коробкой; рукавов, размещенных по 14 шт. в секции; крышки с механизмом управления, встряхивающим устройством и дросселями; коллекторов выхода газа и продувки; шнека для выгрузки пыли со шлюзовым затвором.



Общий вид 10-секционного сдвоенного рукавного фильтра типа РФГ-У:

1 — стенка камеры фильтра; 2 — бункер; 3 — фильтровальный рукав; 4 — электродвигатель механизма встряхивания; 5 — редуктор к электродвигателю; 6, 7 — коллектор выхода очищенного газа; 8 — вентилятор для подачи продувочного воздуха; 9 — шнек для выгрузки пыли; 10 — шлюзовой затвор

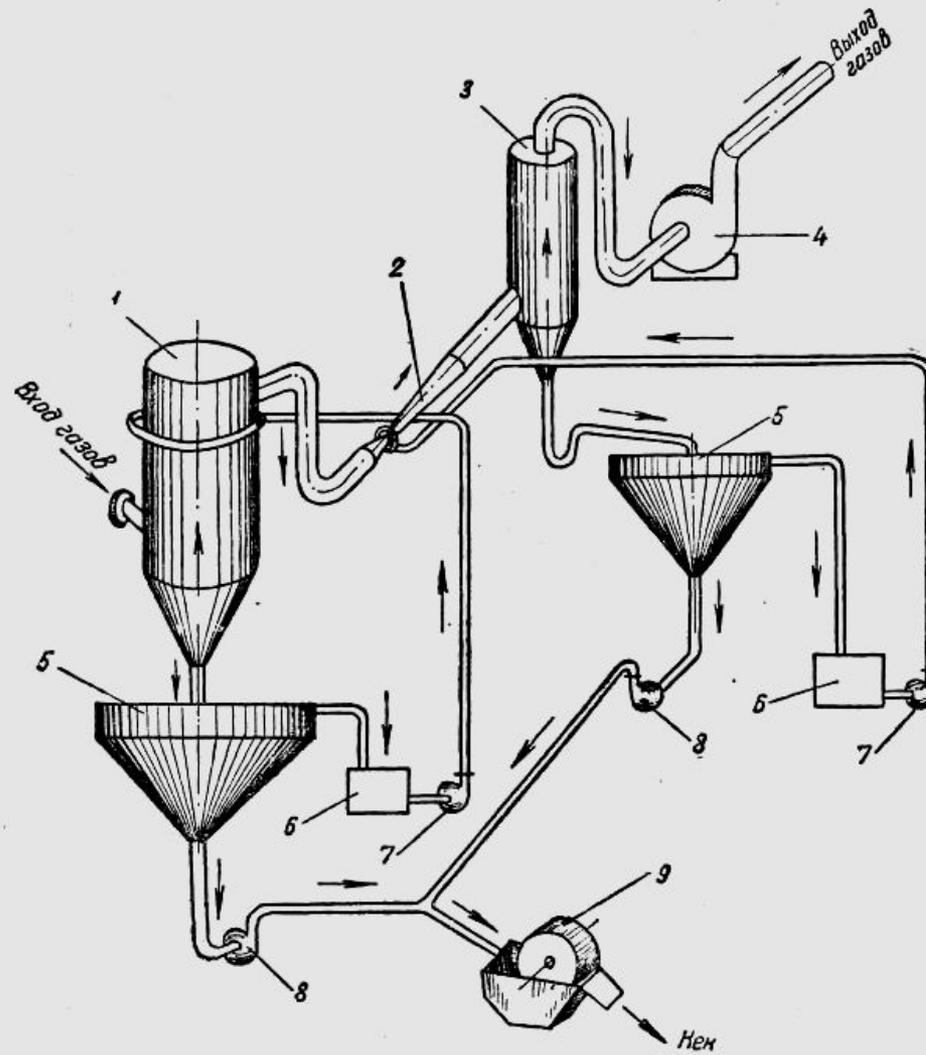
- Фильтровальные рукава данного фильтра имеют диаметр 220 мм и длину около 3100 мм.
- Фильтрующая поверхность одного рукава равна около 2 м<sup>2</sup> фильтрующая поверхность одной секции фильтра 28 м<sup>2</sup>.
- Рабочий цикл секций данного фильтра составляет 10 мин, из которых 9 мин работы и 1 мин на встряхивание и обратную продувку.

- Усовершенствования в области фильтрации запыленных газов развиваются в следующих направлениях.
- *Применение фильтровальных тканей, обладающих большей термостойкостью, чем шерстяные ткани.*
- *Укрупнение секций рукавных фильтров с увеличением числа рукавов, и применение пневмоэлектрического управления дросселями и встряхивающими механизмами.*
- *Автоматическое определение поврежденных рукавов в секциях фильтров (путем установки фотоэлементов фиксирующих уменьшение светопропускаемости газовых потоков).*

# СКОРОСТНЫЕ (ТУРБУЛЕНТНЫЕ) ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ

- Принцип их действия заключается в подаче воды в поток газов, движущихся с большой скоростью (до 100 м/с и более), благодаря чему вода дробится на мелкие капли.
- В результате происходит коагуляция частиц пыли с каплями жидкости. Укрупненные пылежидкостные агрегаты могут достаточно полно улавливаться, например, в прямоточных циклонах.

- Сочетание скоростного распылителя и прямоточного циклона получило название скоростного пылеуловителя (сокращенно СПУ).
- Практика эксплуатации СПУ показала, что еще до поступления очищаемых газов в скоростные распылители исключительно важно «подготовить газы» — возможно более глубоко охладить и полностью насытить их водяными парами, например, в скрубберах.



Технологическая схема установки СПУ:

- 1 — скруббер; 2 — скоростной распылитель; 3 — циклон; 4 — вентилятор;  
 5 — отстойник; 6 — бак; 7 — циркуляционный насос; 8 — шламный насос;  
 9 — вакуум-фильтр