

11.2 Циклоны

Циклоны – простейшие устройства для разделения фаз в поле действия центробежных сил. Циклоны применяют для разделения аэрозолей (собственно циклоны) и суспензий (гидроциклоны).

Назначение циклона разработки НИИОГАЗ марки ЦН (рис.11.1) – улавливание сухой нелипкой пыли.

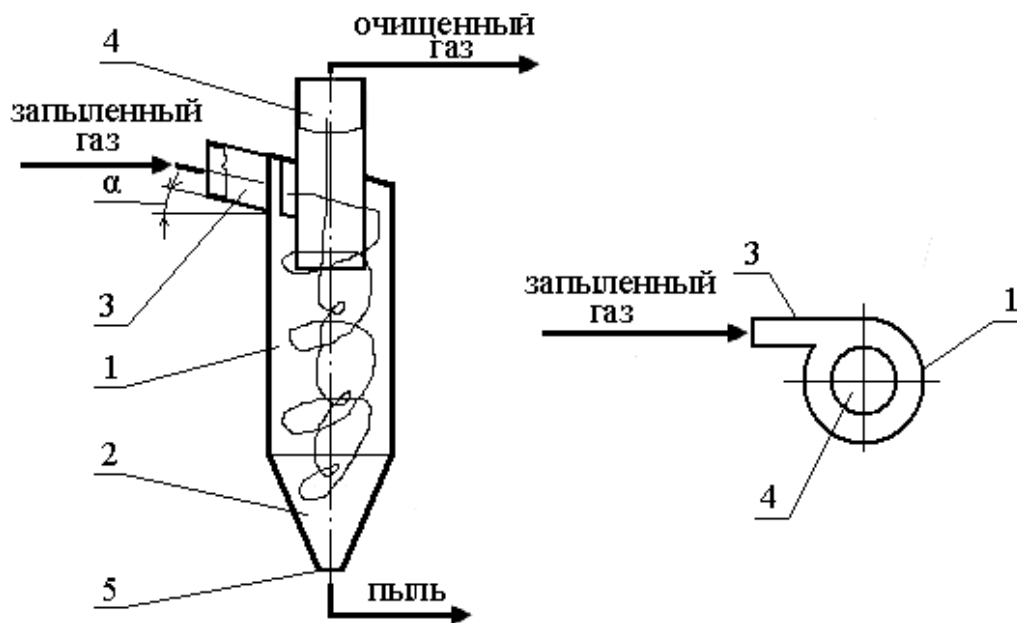


Рис. 11.1 – Циклон НИИОГАЗ типа ЦН:

1 – цилиндрический корпус; 2 – коническое днище; 3 – тангенциальный входной патрубок; 4 – соосный выхлопной патрубок; 5 – разгрузочное отверстие для пыли

Принцип действия циклона следующий. Запыленный газ по патрубку 3 поступает в корпус 1 циклона. За счет тангенциального ввода в кольцевой зазор между стенкой корпуса и выхлопным патрубком он приобретает вращательно-поступательное движение и движется вниз к днищу 2. Под действием центробежных сил взвешенные частицы, имеющие плотность большую, чем газ, вытесняются к стенке и скользят по ней к разгрузочному отверстию 5 и далее в бункер-сборник пыли. Газ у разгрузочного отверстия разворачивается на 180° и по восходящей спирали меньшего диаметра выводится из аппарата через выхлопной патрубок.

Циклоны НИИОГАЗ марки ЦН имеют диаметр корпуса от 50 мм до 1000 мм. Существует их 4 модификации: ЦН – 11, ЦН – 15, ЦН – 15у, ЦН – 24. Число обозначает угол наклона входного патрубка α к горизонту. Циклоны ЦН – 15у с укороченным корпусом.

С ростом α значение степени очистки циклона η падает, вследствие уменьшения времени пребывания разделяемого потока в нем, при этом уменьшается и его гидравлическое сопротивление.

С ростом скорости газа в циклоне η поначалу возрастает (рост центробежного фактора разделения), а затем снижается, т. к. мелкие частицы не могут покинуть пределы турбулентных вихрей. С ростом скорости неоправданно растут затраты энергии на очистку.

Для предотвращения конденсации влаги, налипания и цементации осевшей пыли температура газа должна быть на $15 \div 20^\circ\text{C}$ выше температуры точки росы. Циклоны эффективно улавливают частицы крупнее 10 мкм ($\eta > 80\%$). С ростом размера и плотности частиц эффективность очистки растет.

Для очистки больших количеств газа с высокой эффективностью используют батарейные циклоны (мультициклоны). В мультициклонах большое число циклонов маленького диаметра установлено в общем корпусе (рис. 11.2).

Корпус циклона *1* делится перегородками *2* и *3* на распределительную камеру *4*, сборную камеру *5* и сборник пыли *6*. В решетках циклонные элементы *7* крепятся своими выхлопными трубами *8* и днищами *9*. В зазоре между корпусом циклонного элемента и его выхлопной трубой *8* установлен завихритель *10* (лопаточный или винтовой).

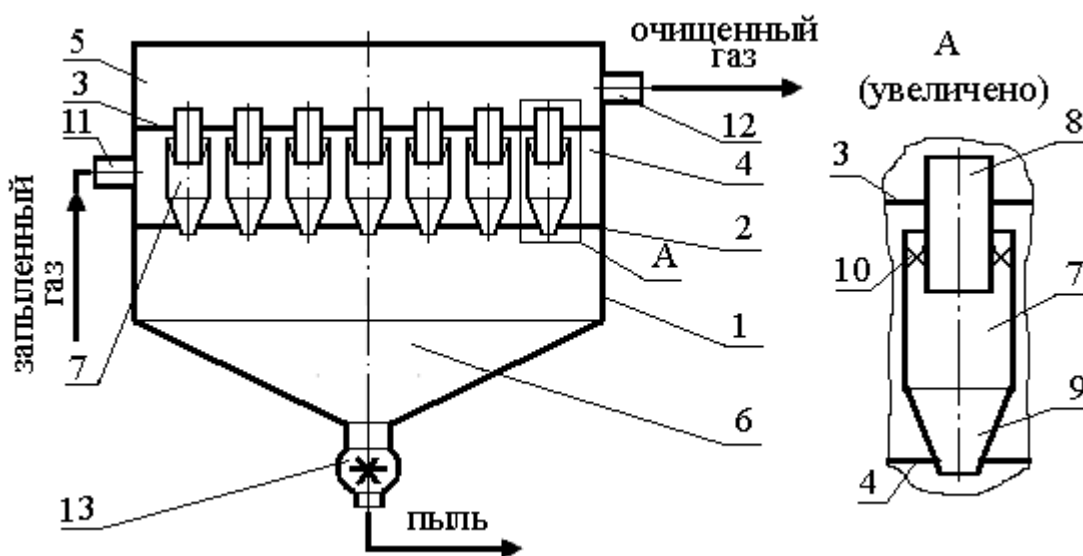


Рис. 11.2 – Батарейный циклон марки БЦ:

1 – корпус; *2* и *3* – перегородки; *4* – распределительная камера; *5* – сборная камера; *6* – сборник пыли; *7* – циклонный элемент; *8* – выхлопная труба; *9* – днище элемента; *10* – завихритель; *11* – штуцер входа запыленного газа; *12* – штуцер отвода очищенного газа; *13* – питатель для выгрузки пыли

Запыленный газ через штуцер *11* поступает в распределительную камеру *4*, откуда распределяется по элементам *7*. В зазоре между корпусом и выхлопной трубой элемента поток закручивается завихрителем *10*, за счет чего в дальнейшем обеспечивается разделение фаз.

Недостаток мультициклонов – трудность равномерного распределения газа по элементам.

Достоинствами циклонов являются: высокая удельная производительность; создание поля центробежных сил без применения движущихся частей; простота; компактность; низкая стоимость; удобство обслуживания. Их недостатки: повышенное гидравлическое сопротивление (по сравнению с гравитационными аппаратами); непригодность для разделения сред, образующих слипающиеся осадки; повышенный эрозионный износ стенок аппаратов.

11.7 Конструкции центрифуг

11.7.1 Горизонтальная центрифуга с пульсирующим поршнем

Центрифуга предназначена для разделения грубодисперсных, легко разделяемых суспензий. Является аппаратом непрерывного действия, может быть фильтрующей или осадительной. На рис. 11.3 представлена схема горизонтальной фильтрующей центрифуги.

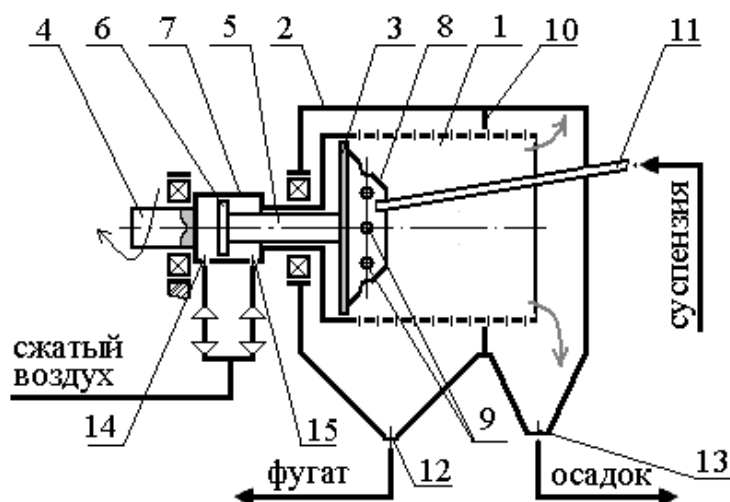


Рис. 11.3 – Горизонтальная фильтрующая центрифуга с поршневой выгрузкой осадка:

- 1 – ротор; 2 – кожух; 3 – поршень; 4 – вал; 5 – шток; 6 – диск; 7 – цилиндр;
- 8 – распределительный конус; 9 – отверстие в стенке конуса;
- 10 – вертикальная перегородка; 11 – труба для подвода суспензии;
- 12 – штуцер для отвода фугата; 13 – штуцер для отвода осадка;
- 14 и 15 – отверстия для подвода и отвода сжатого воздуха

Работает центрифуга следующим образом. Ротор 1 приводится во вращение. Совместно с ротором вращается поршень 3 с распределительным конусом 8. В правую и левую полости цилиндра 7 полого вала 4 через отверстия 14 и 15 попеременно подается сжатый воздух. За счет этого жестко связанные друг с другом диск 6, шток 5 и поршень 3 совершают возвратно-поступательное движение. Внутри распределительного конуса 8 через трубу

11 подается суспензия. Через отверстия 9 в стенке конуса 8 суспензия под действием центробежных сил выбрасывается внутрь ротора 1. Жидкая фаза (фугат) под действием перепада давлений, вызванного центробежными силами, фильтруется через перфорированную стенку ротора 1 и попадает в левую секцию внутри кожуха 2 (слева от перегородки 10). Фугат отводится через штуцер 12. За счет колебаний поршня 3 осадок на внутренней поверхности стенки ротора 1 перемещается к его открытому концу. С кромки открытого конца ротора осадок под действием центробежных сил сбрасывается в правую секцию кожуха. Из правой секции кожуха осадок удаляется через штуцер 13. В центрифуге дополнительно могут быть предусмотрены устройства для подвода и отвода промывной жидкости, подачи горячего воздуха для термической сушки осадка.

Недостатки: значительные унос частиц фугатом и мощность, потребляемая поршнем.

11.7.2 Горизонтальная центрифуга со шнековой выгрузкой осадка

Центрифуги являются непрерывно действующими аппаратами для разделения тонкодисперсных высококонцентрированных суспензий. Они бывают осадительными и фильтрующими. На рис. 11.4 изображена схема горизонтальной осадительной центрифуги.

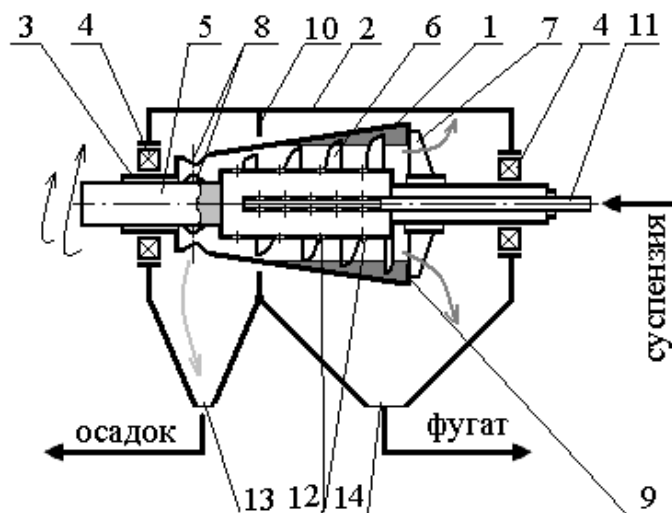


Рис. 11.4 – Горизонтальная осадительная центрифуга со шнековой выгрузкой осадка:

- 1 – ротор (имеет форму полого усеченного конуса); 2 – кожух;
- 3 – полый вал ротора; 4 – подшипник; 5 – вал шнека; 6 – шнек; 7 – ребра;
- 8 – окна в стенке ротора; 9 – кольцевой бортик ротора; 10 – вертикальная перегородка кожуха (разделяет кожух на секции для сбора фугата и осадка);
- 11 – труба для подачи суспензии; 12 – отверстия в стенке вала шнека;
- 13 – патрубок для отвода осадка; 14 – патрубок для отвода фугата

Работает центрифуга следующим образом. Ротор *1* и вал шнека *5* приводятся во вращение. Внутри вала шнека *5* по трубе *11* подается суспензия. За счет центробежных сил суспензия через отверстия *12* в стенке вала шнека *5* выбрасывается внутрь ротора *1*. Внутри ротора под действием центробежных сил происходит разделение суспензии. В результате твердая фаза осаждается на внутреннюю поверхность стенки ротора, жидкая – накапливается в виде кольцевого слоя над осадком. Излишек жидкой фазы переливается в правую секцию кожуха через кольцевой бортик *9*. Кольцевой бортик *9* выполнен на открытом большем основании ротора. Фугат из правой секции кожуха отводится через патрубок *14*. При работе центрифуги ротор *1* и шнек *6* вращаются в одном направлении, но с различной угловой частотой (скольжение составляет до 5%). За счет этого осадок перемещается к разгрузочным окнам *8* и удаляется из него под действием центробежных сил в левую секцию кожуха. Из левой секции кожуха осадок отводится через патрубок *13*.

Достоинства центрифуги: высокие производительность и качество разделения. Основные недостатки: большой расход энергии на процесс срезания осадка, переизмельчение частиц осадка.