

ЛЕКЦИЯ 16

ФИЛЬТРОВАНИЕ

Фильтрация – процесс разделения суспензий или аэрозолей с помощью пористых (фильтровальных) перегородок, задерживающих дисперсную фазу и пропускающих сплошную фазу. *Движущей силой* процесса фильтрации является *разность давлений*, которая создаётся избыточным давлением перед фильтром или вакуумом после фильтра, а также может возникнуть под действием силы тяжести или центробежной силы.

Суспензия – гетерогенная система, образованная сплошной жидкой фазой и дисперсной твёрдой фазой. Различают *грубые суспензии* (размер частиц более 100 мкм), *тонкие суспензии* (размер частиц от 0,5 до 100 мкм), *мути* (размер частиц от 0,1 до 0,5 мкм).

Аэрозоль – гетерогенная система, образованная сплошной газовой фазой и дисперсной твёрдой или жидкой фазой. К аэрозольям с твёрдой дисперсной фазой относятся *пыль* (размер частиц от 5 до 100 мкм) и *дым* (размер частиц от 0,3 до 5 мкм). Аэрозоль с жидкой дисперсной фазой называют туманом (размер частиц от 0,3 до 5 мкм).

Фильтрацией разделяют только системы с твёрдой дисперсной фазой (суспензии, пыли и дымы).

В результате фильтрации получают два продукта: *осадок* и *фильтрат*.

Осадок – зернистый слой твёрдых частиц, образующийся на фильтровальной перегородке. При фильтрации суспензий осадок (до его просушки) состоит из двух фаз: твёрдых частиц и жидкости, заполняющей свободный объём между частицами.

Осадки подразделяют на *сжимаемые* и *несжимаемые*, в зависимости от того, уменьшается пористость осадка при увеличении разности давлений или остаётся постоянной. Уменьшение пористости сжимаемых осадков приводит к росту гидравлического сопротивления, поэтому фильтрацию в случае образования таких осадков проводят под вакуумом или при небольшом избыточном давлении (менее 0,1 МПа).

Фильтрат – продукт, частично или полностью очищенный от твёрдых частиц, представляющий собой прошедшую через фильтровальную перегородку сплошную фазу разделяемой дисперсной системы (жидкость – при фильтрации суспензий, газ – при фильтрации пыли и дыма).

Фильтровальная перегородка должна соответствовать следующим требованиям:

- 1) обеспечивать необходимую степень задержания твёрдых частиц;

- 2) обладать низким гидравлическим сопротивлением;
- 3) иметь механическую прочность и химическую стойкость;
- 4) легко отделяться от осадка и очищаться от частиц (регенерироваться).

Следует отметить, что проскок твёрдых частиц в начальный период фильтрования не является достаточным основанием считать фильтровальную перегородку непригодной. Свою предельную задерживающую способность фильтровальная перегородка приобретает после оседания в порах мелких частиц и возникновения на перегородке тонкого слоя осадка. Чтобы исключить проскок частиц в фильтрат, необходимо при снятии осадка с перегородки оставлять его тонкий слой. В некоторых случаях применяют вспомогательные вещества (кварцевый песок, диатомит, силикагель, древесный уголь и др.) которые образуют на фильтровальной перегородке вспомогательный слой осадка, с одной стороны, препятствующий проскоку части через перегородку, а с другой стороны, предотвращающий возрастание гидравлического сопротивления вследствие забивания пор перегородки частицами разделяемой дисперсной системы.

В промышленности используют следующие виды фильтровальных перегородок: *гибкие* (хлопчатобумажные, шерстяные и синтетические ткани, ткани из стекловолокна, асбестовые ткани), *негибкие* (пластины, трубы, патроны из пористой керамики или стекла, а также полученные спеканием и прессованием металлического порошка), *металлические сетки* (занимают промежуточное положение между гибкими и негибкими перегородками).

Материальный баланс фильтрования

Система уравнений материального баланса процесса фильтрования аналогична системе уравнений материального баланса процесса осаждения:

$$\begin{cases} m_c = m_{oc} + m_{\phi} \\ m_c \cdot \bar{x}_c = m_{oc} \cdot \bar{x}_{oc} + m_{\phi} \cdot \bar{x}_{\phi} \end{cases}, \quad (16-1)$$

где m_c , m_{oc} и m_{ϕ} – масса разделяемой суспензии, масса оставшегося на фильтровальной перегородке осадка и масса прошедшего через перегородку фильтрата, соответственно, кг; \bar{x}_c , \bar{x}_{oc} и \bar{x}_{ϕ} – массовые доли твёрдой фазы в суспензии, осадке и фильтрате, соответственно.

Поскольку плотности фаз в процессе фильтрования не меняются, то материальный баланс может быть записан через объёмы фаз:

$$\begin{cases} V_c = V_{oc} + V_{\phi} \\ V_c \cdot x_c = V_{oc} \cdot x_{oc} + V_{\phi} \cdot x_{\phi} \end{cases}, \quad (16-2)$$

где V_c , V_{oc} и V_ϕ – объём разделяемой суспензии, объём оставшегося на фильтровальной перегородке осадка и объём прошедшего через перегородку фильтрата, соответственно, m^3 ; x_c , x_{oc} и x_ϕ – объёмные доли твёрдой фазы в суспензии, осадке и фильтрате, соответственно.

Из уравнения (16-2) могут быть выражены объёмы осадка и фильтрата:

$$V_{oc} = V_c \cdot \frac{x_c - x_\phi}{x_{oc} - x_\phi}, \quad V_\phi = V_c \cdot \frac{x_{oc} - x_c}{x_{oc} - x_\phi}. \quad (16-3)$$

С учётом того, что объёмная доля твёрдой фазы в осадке связана с порозностью осадка $x_{oc} = 1 - \varepsilon_{oc}$, уравнения (16-3) принимают вид:

$$V_{oc} = V_c \cdot \frac{x_c - x_\phi}{1 - \varepsilon_{oc} - x_\phi}, \quad V_\phi = V_c \cdot \frac{1 - \varepsilon_{oc} - x_c}{1 - \varepsilon_{oc} - x_\phi}. \quad (16-4)$$

При рассмотрении процесса фильтрования применяют *коэффициент соотношения объёмов* осадка и фильтрата, который с учётом выражений (16-4) принимает вид:

$$\kappa_{oc} = \frac{V_{oc}}{V_\phi} = \frac{x_c - x_\phi}{1 - \varepsilon_{oc} - x_c}. \quad (16-5)$$

Скорость фильтрования

Скоростью фильтрования называют объём фильтрата, получаемый в единицу времени с единицы поверхности фильтра:

$$v_\phi = \frac{dV_\phi}{A dt}. \quad (16-6)$$

Скорость фильтрования зависит от движущей силы (разности давлений, созданной в системе), гидравлического сопротивления осадка и фильтровальной перегородки, вязкости жидкости, входящей в состав суспензии. При разделении суспензий фильтрованием скорость фильтрования может быть выражена уравнением Рута–Кармана:

$$v_\phi = \frac{\Delta p}{\mu (R_{oc} + R_{\phi.п.})} = \frac{\Delta p}{\mu (r_{oc} \cdot h_{oc} + R_{\phi.п.})}, \quad (16-7)$$

где V_ϕ – объём фильтрата, m^3 ; A – площадь поверхности фильтрования, m^2 ; t – время фильтрования, s ; Δp – разность давлений, Pa ; μ – вязкость жидкой фазы, $Pa \cdot s$; R_{oc} – сопротивление слоя осадка, m^{-1} ; $R_{\phi.п.}$ – сопротивление фильтровальной перегородки, m^{-1} ; r_{oc} – удельное сопротивление слоя осадка, m^{-2} ; h_{oc} – высота слоя осадка, m .

Высота осадка может быть выражена через объём фильтрата с помощью коэффициента соотношения объёмов:

$$h_{oc} = \frac{V_{oc}}{A} = \kappa_{oc} \frac{V_{\phi}}{A}. \quad (16-8)$$

С учётом выражений (16-8) и (16-6) уравнение (16-7) можно записать в виде:

$$v_{\phi} = \frac{dV_{\phi}}{A dt} = \frac{\Delta p}{\mu \left(r_{oc} \cdot \kappa_{oc} \cdot \frac{V_{\phi}}{A} + R_{\phi.п.} \right)}. \quad (16-9)$$

Фильтрация при постоянной движущей силе

Процесс фильтрации в производственной практике может проводиться в различных режимах: при постоянной движущей силе (перепаде давления) и уменьшающейся скорости фильтрации; при постоянной скорости фильтрации за счёт возрастания движущей силы; при переменных скорости фильтрации и движущей силе.

Если фильтрация проводится при постоянной движущей силе ($\Delta p = \text{const}$) и постоянной температуре ($T = \text{const}$), и r_{oc} и $R_{\phi.п.}$ также остаются постоянными, то переменными в уравнении (9.1) являются объём фильтрата (меняющийся от 0 до V_{ϕ}) и время фильтрации (меняющееся от 0 до t). Разделяем переменные в уравнении (16-9) и интегрируем его в указанных пределах:

$$\int_0^{V_{\phi}} \mu \left(r_{oc} \cdot \kappa_{oc} \cdot \frac{V_{\phi}}{A} + R_{\phi.п.} \right) dV_{\phi} = \int_0^t \Delta p \cdot A \cdot dt. \quad (16-10)$$

Произведя интегрирование, получим:

$$\mu \cdot r_{oc} \cdot \kappa_{oc} \cdot \frac{V_{\phi}^2}{2 \cdot A} + \mu \cdot R_{\phi.п.} \cdot V_{\phi} = \Delta p \cdot A \cdot t, \quad (16-11)$$

Откуда выражаем время фильтрации:

$$t = \frac{\mu r_{oc} \kappa_{oc}}{2 A^2 \Delta p} \cdot V_{\phi}^2 + \frac{\mu R_{\phi.п.}}{A \Delta p} \cdot V_{\phi}. \quad (16-12)$$

Таким образом, соотношение между временем проведения процесса фильтрации и объёмом полученного фильтрата определяется уравнением:

$$t = M_{\phi} \cdot V_{\phi}^2 + N_{\phi} \cdot V_{\phi}, \quad (16-13)$$

где $M_{\phi} = \frac{\mu r_{oc} \kappa_{oc}}{2 A^2 \Delta p}$ – первая константа фильтрации, с/м⁶; $N_{\phi} = \frac{\mu R_{\phi.п.}}{A \Delta p}$ – вторая константа фильтрации, с/м³.

Экспериментальное определение констант уравнения фильтрования

Квадратное (относительно V_{ϕ}) уравнение (16-13) может быть приведено к линейному виду:

$$\frac{t}{V_{\phi}} = M_{\phi} \cdot V_{\phi} + N_{\phi}. \quad (16-14)$$

Линию уравнения (16-14) строят графически на основе экспериментальных точек (рис. 16-1), при этом по оси абсцисс откладывают объём фильтрата V_{ϕ} , по оси ординат $\frac{t}{V_{\phi}}$. Проведённая через экспериментальные точки прямая позволяет найти первую константу фильтрования как тангенс угла наклона прямой $M_{\phi} = \operatorname{tg} \alpha$, а вторую константу фильтрования N_{ϕ} как отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат.

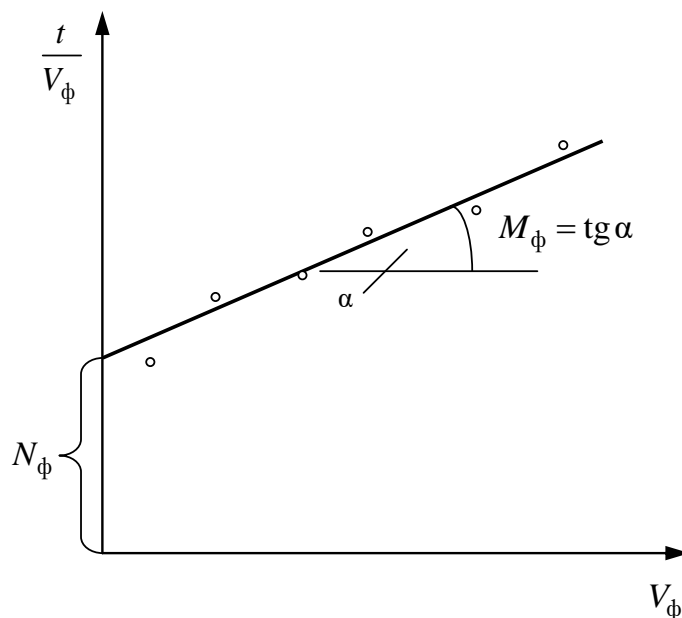


Рис. 16-1. Определение констант фильтрования графическим методом

На основе полученной константы M_{ϕ} определяют удельное сопротивление осадка:

$$r_{\text{ос}} = \frac{2 A^2 \Delta p M_{\phi}}{\mu \kappa_{\text{ос}}}, \quad (16-15)$$

а на основе полученной константы N_{ϕ} – сопротивление фильтровальной перегородки:

$$R_{\text{ф.п.}} = \frac{A \Delta p N_{\phi}}{\mu}. \quad (16-16)$$

Классификация и устройство фильтров

Классификация фильтров представлена на рис. 16-2.

При выборе фильтров для разделения суспензий следует принимать во внимание технико-экономические показатели их работы, при определении которых необходимо учитывать размер частиц суспензии, её концентрацию, тип образующегося осадка, возможность и качество его промывки, непрерывность работы фильтра, перепад давления на фильтровальной перегородке и др.



Рис. 16-2. Классификация промышленных фильтров

В табл. 16-1 приведены некоторые усреднённые характеристики фильтров.

Таблица 16-1

Сравнительные характеристики фильтров

Тип фильтра	Размер частиц суспензии, мкм	Концентрация суспензии, г/л	Качество фильтрования (концентрация частиц в фильтрате)	Тип осадка	Качество промывки
Закрытый нутч-фильтр	2–2500	20–800	хорошее (до 60 мг/л)	любые	отличное
Пресс-фильтр	0,5–200	0,3–400	отличное (до 40 мг/л)	кроме тиксотропных	хорошее
Ленточный фильтр	3–5000	50–650	удовлетв. (до 120 мг/л)	кроме липких	отличное
Барабанный фильтр	1–300	10–400	удовлетв. (до 120 мг/л)	любые	удовлетв.
Дисковый фильтр	1–300	10–400	удовлетв. (до 120 мг/л)	любые	не удовлетв.

Фильтрующие центрифуги периодического и непрерывного действия подразделяются по расположению вала на *вертикальные* и *горизонтальные*, по способу выгрузки осадка – на центрифуги с *ручной, гравитационной, пульсирующей* и *центробежной* выгрузкой осадка. Главным отличием фильтрующих центрифуг от отстойных является то, что они имеют перфорированный барабан, обтянутый фильтровальной тканью.

Нутч-фильтр

Нутч-фильтр представляет собой простейший фильтр периодического действия, работающий под вакуумом или под избыточным давлением. Направления силы тяжести и движения фильтрата в нём совпадают. На рис. 16-3 изображён закрытый нутч-фильтр, работающий под давлением (иногда закрытый нутч-фильтр называют друк-фильтром). Нутч-фильтр состоит из корпуса (иногда снабжаемого обогревающей рубашкой) со съёмной крышкой. В корпусе расположена опорная решётка, на которой помещается фильтровальная ткань. Нутч-фильтр снабжён штуцерами для подачи суспензии, сжатого воздуха, промывной жидкости и удаления фильтрата. На корпусе расположен люк для ручной выгрузки осадка.

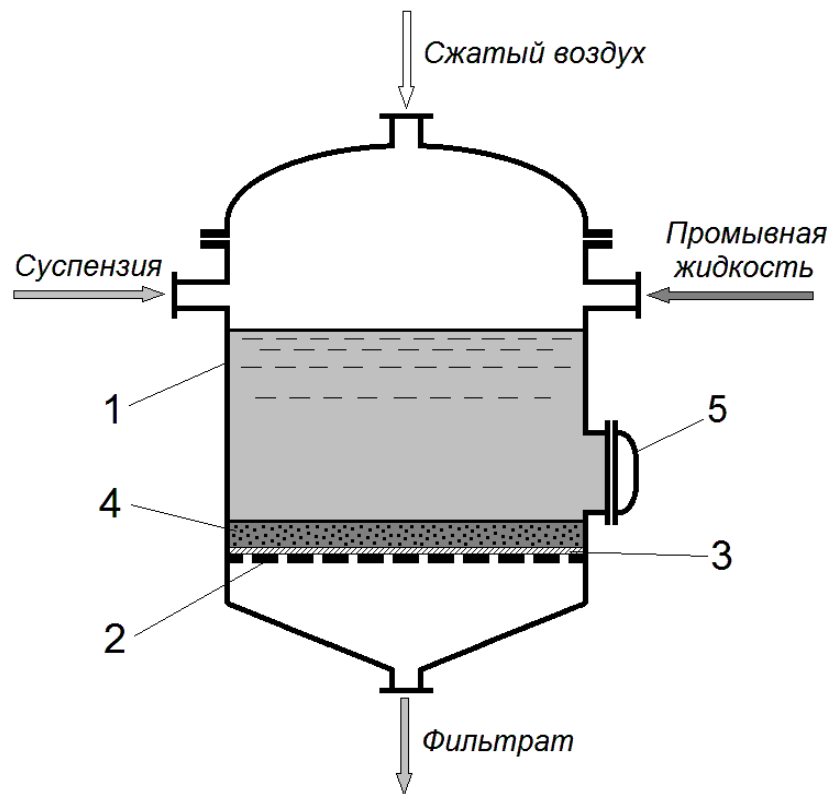


Рис. 16-3. Схема закрытого нутч-филтра:

- 1 – корпус; 2 – опорная решётка; 3 – фильтровальная ткань;
4 – осадок; 5 – люк для выгрузки осадка

Цикл работы нутч-филтра обычно состоит из следующих стадий: заполнение филтра суспензией, филтрование под давлением сжатого воздуха, просушка осадка от филтрата, заполнение филтра промывной жидкостью, промывка осадка, просушка осадка от промывной жидкости, удаление осадка с филтровальной ткани, регенерация филтровальной ткани.

Основными достоинствами нутч-филтров являются простота и надёжность в работе, возможность тщательной промывки осадка. К вышеперечисленным достоинствам для закрытых нутч-филтров добавляются большая движущая сила (разность давлений) и пригодность для разделения токсичных веществ (благодаря герметичности конструкции).

К недостаткам относятся относительно небольшая площадь поверхности филтрования при громоздкости аппарата и ручная выгрузка осадка.

Попыткой автоматизировать работу открытых нутч-филтров является **карусельный филтр**, который представляет собой несколько открытых нутч-филтров, размещённых по кругу на вращающейся раме. При вращении рамы каждый из нутч-филтров последовательно проходит стадии заполнения суспензией, филтрования, промывки осадка, его сушки, удаления осадка, регенерации филтрующей ткани.

Удаление осадка осуществляется опрокидыванием нутч-фильтра. Карусельные фильтры отличаются громоздкостью и металлоемкостью и в настоящее время практически не используются.

Рамный пресс-фильтр

Рамный пресс-фильтр (рис. 16-4) относится к фильтрам периодического действия, работающим под давлением. Направления силы тяжести и движения фильтрата в них взаимно перпендикулярны.

Фильтр представляет собой сборку из чередующихся плит и рам, между которыми закрепляется фильтровальная ткань (рис. 16-5). Плиты имеют вертикальные рифления, предотвращающие прилипание фильтровальной ткани к плитам и обеспечивающие дренаж фильтрата. Полая рама пресс-фильтра помещается между двумя плитами, образуя камеру для осадка. Отверстия в плитах и рамах совпадают, образуя каналы для прохода суспензии, фильтрата и промывной жидкости. Между плитами и рамами зажимаются фильтровальные перегородки. Сжатие плит и рам производится посредством винтового или гидравлического зажимов. Для извлечения осадка необходимо ослабить зажим и раздвинуть плиты и рамы.

На стадии фильтрования суспензия по каналам распределяется по камерам внутри рам. Под давлением жидкость проходит через фильтровальные перегородки и, двигаясь по желобкам рифлений плит вниз, выходит в итоге через отверстия в плитах в канал фильтрата. После заполнения камер рам осадком подачу суспензии прекращают и вместо неё подают промывную жидкость. По окончании промывки осадок обычно продувают сжатым воздухом для удаления остатков промывной жидкости. Удаление осадка производят вручную, раздвинув плиты и рамы.

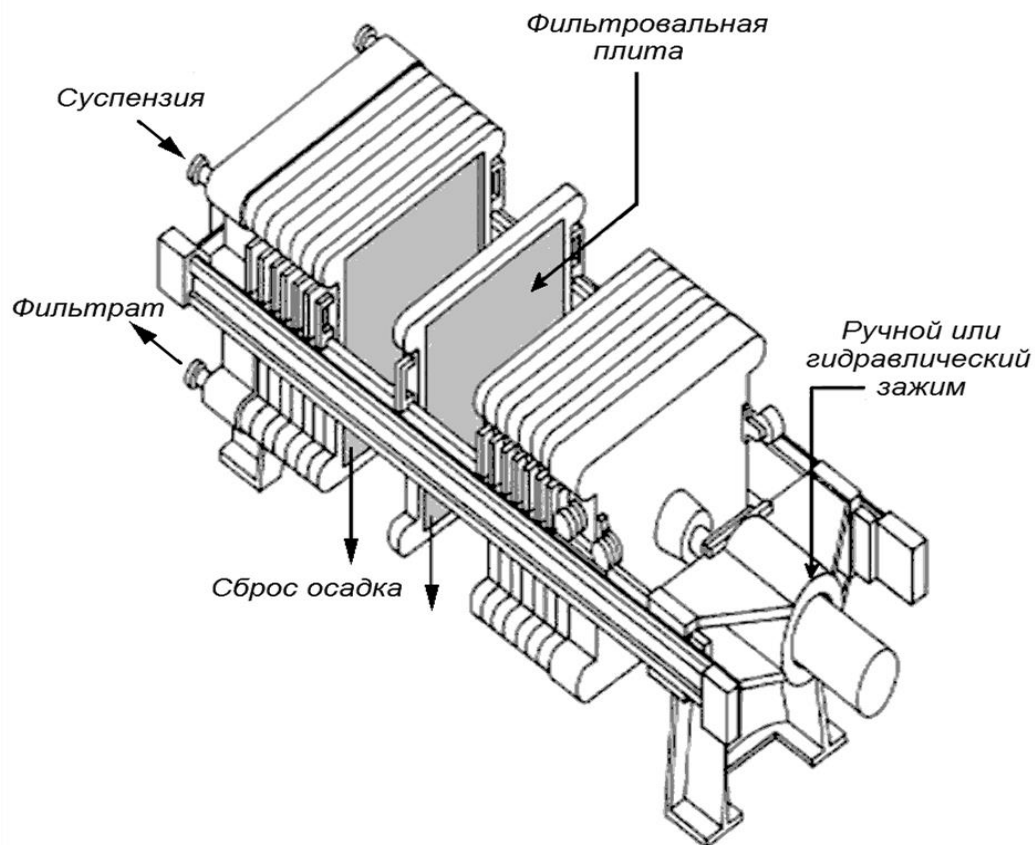


Рис. 16-4. Рамный пресс-фильтр

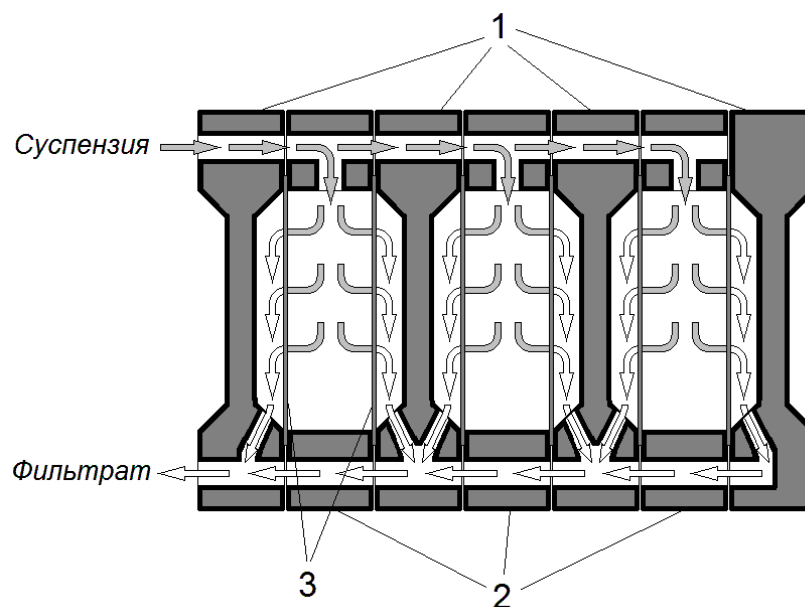


Рис. 16-5. Схема работы пресс-фильтра в стадии фильтрования:

1 – плиты; 2 – рамы; 3 – фильтровальные перегородки

К достоинствам пресс-фильтров относятся большая площадь поверхности фильтрования, возможность проведения процесса при высоких давлениях (до 1,5 МПа), простота конструкции, отсутствие движущихся частей, возможность отключения

отдельных неисправных плит закрытием выходного канала. Подача суспензии в пресс-фильтр с помощью плунжерного насоса позволяет проводить фильтрование при постоянной скорости, при этом возрастает давление (движущая сила).

Недостатками являются ручное обслуживание, невозможность фильтрования густых суспензий из-за быстрого заполнения рам осадком.

Пресс-фильтры обычно применяют для тщательной очистки тонких суспензий с невысоким содержанием твёрдой фазы, используя при этом фильтровальную ткань с мелкими порами. Гидравлическое сопротивление такой фильтровальной перегородки довольно велико, несмотря на это производительность фильтра остаётся хорошей из-за высокой движущей силы и большой площади поверхности фильтрования.

Ленточный фильтр

Ленточный фильтр (рис. 16-6) представляет собой работающий под вакуумом аппарат непрерывного действия, в котором направления силы тяжести и движения фильтрата совпадают.

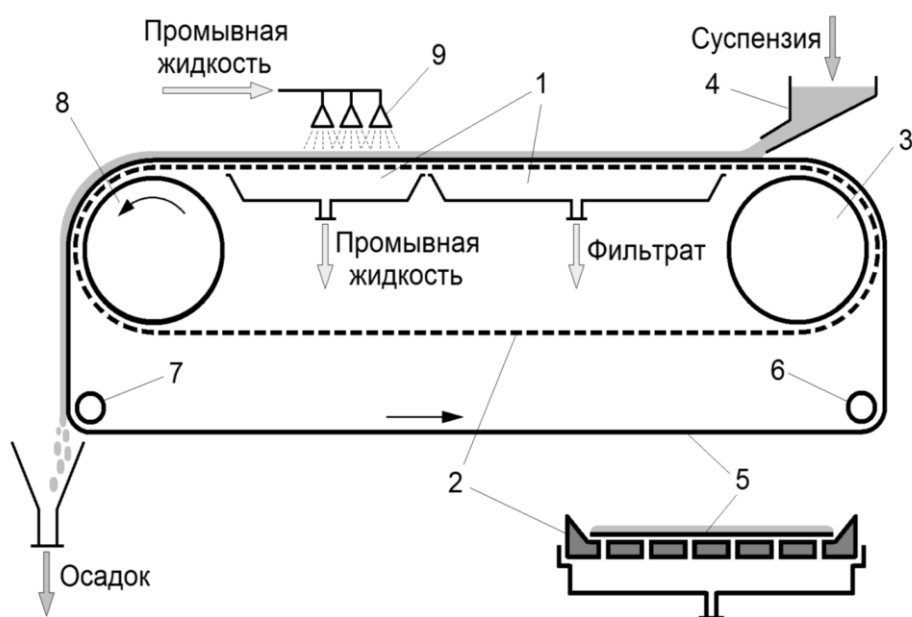


Рис. 16-6. Схема ленточного вакуум-фильтра:

1 – вакуум-камеры; 2 – перфорированная лента; 3 – натяжной барабан; 4 – лоток для подачи суспензии; 5 – фильтровальная ткань; 6 – натяжной ролик; 7 – валик для перегиба ленты; 8 – приводной барабан; 9 – форсунки промывной жидкости

Перфорированная резиновая лента перемещается по замкнутому пути с помощью приводного и натяжного барабанов. Фильтрующая ткань прижимается к ленте с помощью натяжного ролика. Из лотка на фильтрующую ткань подаётся суспензия. Фильтрат отсасывается в вакуум-камеры, находящиеся под лентой, и выводится из аппарата. Отложившийся на ткани осадок промывается жидкостью, подаваемой из форсунок. Промывная жидкость отсасывается в другие вакуум-камеры и также отводится из аппарата. Осадок при перегибе ленты через валик отделяется от ткани и сбрасывается в бункер. На обратном пути к натяжному ролику ткань обычно регенерируется: очищается с помощью механических щёток, пропаривается или промывается жидкостью.

К достоинствам ленточных фильтров относятся непрерывность работы, хорошие условия для промывки и просушки осадка, компактность аппарата при относительно высокой производительности, возможность фильтрования суспензий с высоким содержанием твёрдой фазы.

Недостатками являются довольно быстрый износ фильтровальной ткани, опасность её перекосов при движении, сложность организации герметичности между вакуумными камерами и движущейся лентой, громоздкость фильтра.

Барабанный фильтр

Среди фильтров непрерывного действия наиболее распространены барабанные вакуум-фильтры. Схема такого фильтра представлена на рис. 16-7. Фильтр имеет вращающийся цилиндрический перфорированный барабан, покрытый металлической сеткой, на которой располагается фильтровальная ткань. Барабан на 30–40 % своей поверхности погружен в суспензию, находящуюся в корыте, повторяющем форму барабана. Поскольку в данном фильтре направление фильтрования противоположно силе тяжести, возможно осаждение частиц на дно корыта, что нежелательно. Для предотвращения осаждения в корыте установлена качающаяся мешалка, совершающая маятниковые движения в зазоре между барабаном и корытом. Ввод суспензии возможен в любой точке корыта и производится непрерывно для поддержания постоянного уровня.

Барабан разделён радиальными перегородками на ряд изолированных друг от друга камер. Каждая камера соединяется трубой с различными полостями неподвижной части распределительной головки. Трубы объединяются во вращающуюся часть распределительной головки. Благодаря этому при вращении барабана камеры в определённой последовательности присоединяются к источникам вакуума и сжатого воздуха. В результате при полном обороте барабана каждая камера проходит несколько зон, в которых осуществляются различные стадии работы фильтра.

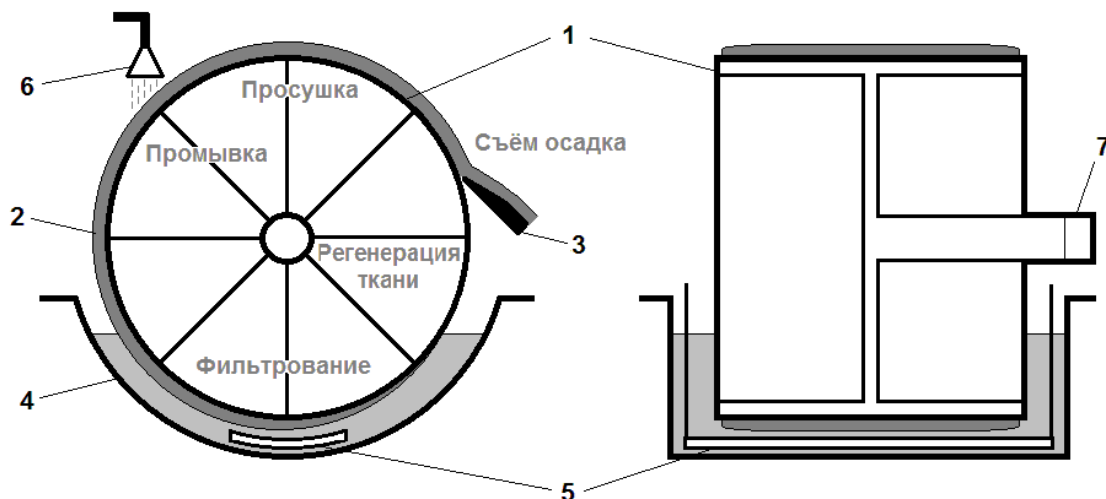


Рис. 16-7. Схема барабанного вакуум-фильтра:

1 – перфорированный барабан; 2 – осадок; 3 – нож для съёма осадка;
 4 – корыто для суспензии; 5 – качающаяся мешалка; 6 – устройство
 для подвода промывной жидкости; 7 – распределительная головка

Первая зона – зона фильтрования и отвода фильтрата. Здесь камера соприкасается с суспензией и соединена с источником вакуума. Под действием вакуума фильтрат проходит через фильтровальную ткань, сетку и перфорацию барабана внутрь камеры и через трубку выводится из аппарата. На наружной поверхности барабана образуется осадок.

Вторая зона – зона промывки осадка и отвода промывных вод. Здесь камера, вышедшая из корыта с суспензией, также соединена с источником вакуума, а на осадок подаётся промывная жидкость.

Третья зона – зона съёма осадка. Попав в эту зону, осадок сначала подсушивается вакуумом, а затем камера соединяется с источником сжатого воздуха, который не только сушит, но и разрыхляет осадок, что облегчает его последующее удаление. Снятие осадка с барабана осуществляется с помощью ножа, который также служит направляющей плоскостью для слоя осадка, отделившегося от ткани.

Четвёртая зона – зона регенерации фильтровальной ткани. В этой зоне ткань продувается сжатым воздухом или водяным паром и освобождается от оставшихся в порах частиц.

Таким образом, на каждом участке поверхности фильтра все операции проводятся последовательно одна за другой, но участки работают независимо, и поэтому в целом все операции проводятся одновременно, т.е. процесс протекает непрерывно.

Среди достоинств барабанного вакуум-фильтра, помимо непрерывности работы, необходимо отметить простоту обслуживания, возможность фильтрования суспензий с высоким содержанием твёрдой фазы, хорошие условия для промывки осадка.

К недостаткам фильтра относятся сравнительно небольшая удельная поверхность фильтрования, сложность герметизации распределительной головки, необходимость перемешивания суспензии в корыте, невозможность фильтрования суспензий, образующих рыхлые осадки, сразу отваливающиеся от фильтровальной ткани.

Дисковый фильтр

Попыткой увеличить поверхность фильтрования является дисковый вакуум-фильтр (рис. 16-8), во многом аналогичный барабанному. Фильтровальная ткань в этом фильтре расположена на поверхности дисков, насаженных на горизонтальный вращающийся полый вал. Диски примерно наполовину погружены в корыто с суспензией. Фильтрат под действием вакуума проходит внутрь дисков, а оттуда в полость вала. На одном конце вала находится распределительная головка (как и в барабанном фильтре), на другом – привод. Осадок, образовавшийся на поверхности ткани, удаляется с помощью ножей.

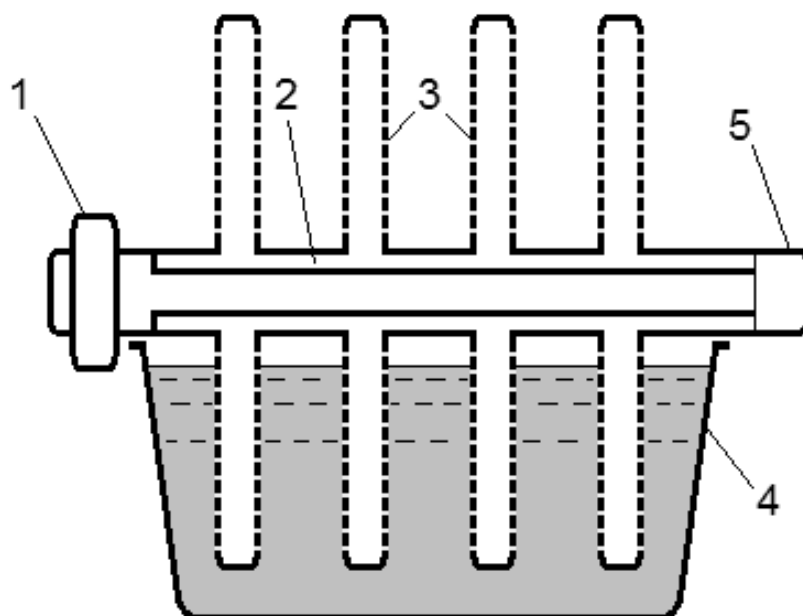


Рис. 16-8. Схема дискового вакуум-фильтра:

- 1 – привод; 2 – полый вал; 3 – диски с фильтрующими боковыми поверхностями;
4 – корыто для суспензии; 5 – распределительная головка

Расположение фильтровальной ткани на боковой поверхности дисков позволяет при тех же габаритных размерах, что и у барабанного фильтра, увеличить поверхность в несколько раз. Другим достоинством фильтра является возможность замены вышедших из строя дисков. Недостатком дисковых фильтров являются трудность герметизации и сложность промывки осадка. Поэтому дисковые фильтры применяют в тех случаях, когда осадок не требует промывки.

Фильтрующая центрифуга

Схема простейшей фильтрующей центрифуги периодического действия показана на рис. 16-9. Основной частью центрифуги является перфорированный барабан 2, насаженный на вращающийся вал 1. На барабане располагается фильтровальная ткань 4.

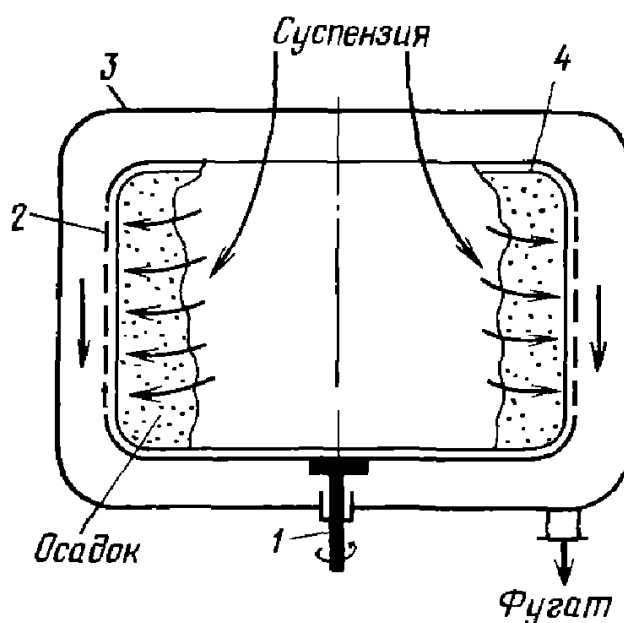


Рис. 16-9. Фильтрующая центрифуга периодического действия:
1 – вертикальный вал; 2 – перфорированный барабан; 3 – кожух;
4 – фильтровальная ткань

Суспензию загружают в барабан сверху, после чего он приводится во вращение. Фильтрат (фугат) под действием центробежной силы проходит через осадок, фильтровальную перегородку и перфорацию барабана и попадает в кожух 3, откуда выводится. По окончании фильтрования осадок из барабана выгружают вручную.

Рукавный фильтр

Принцип действия аппаратов для очистки газов фильтрованием тот же, что и для разделения суспензий. Однако при фильтровании газов в подавляющем большинстве случаев происходит закупоривание пор фильтровальной перегородки частицами. В

результате закупоривания пор гидравлическое сопротивление фильтра возрастает, а также несколько повышается степень очистки.

Рукавный фильтр (рис. 16-10) представляет собой корпус, в котором находятся тканевые мешки (рукава). Нижние открытые концы рукавов закреплены на патрубках трубной решётки. Для сохранения формы рукава снабжены кольцами жёсткости. Верхние закрытые концы рукавов подвешены на общей раме. Запылённый газ вводится в аппарат через штуцер и попадает внутрь рукавов. Проходя через ткань, из которой сделаны рукава, газ очищается от пыли и выходит из аппарата через верхний штуцер. Пыль осаждается на внутренней поверхности и в порах ткани. Для удаления пыли из рукавов их встряхивают с помощью специального устройства, пыль высыпается из рукавов в бункер и выводится через нижний штуцер. Кроме того рукава продувают воздухом, подаваемым с их наружной стороны.

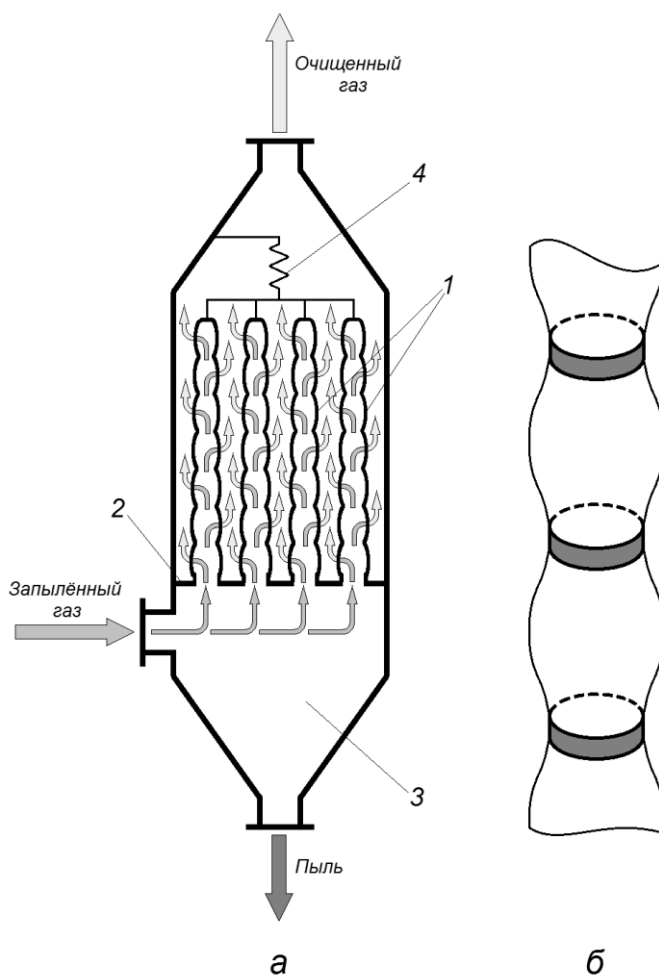


Рис. 16-10. Схема рукавного фильтра (а) и участка рукава с кольцами жёсткости (б):

1 – рукава; 2 – трубная решётка; 3 – разгрузочный бункер;

4 – устройство для встряхивания рукавов

Для изготовления рукавов обычно используют хлопчатобумажные и шерстяные ткани, что ограничивает возможную температуру газа. К недостаткам рукавных фильтров относятся также высокое гидродинамическое сопротивление, сравнительно быстрый износ ткани и непригодность для очистки влажных газов, поскольку намокание ткани приводит к закупориванию пор.

Основным достоинством рукавных фильтров является высокая степень очистки газов от тонкодисперсной пыли (частицы размером 1 мкм улавливаются на 98–99 %).