

Фильтрование под действием сил разности давления

Уравнение процесса фильтрования и экспериментальное определение его констант.

ФИЛЬТРОВАНИЕ

- Фильтр
- (франц. filtre, от позднелат. filtrum, буквально – войлок), аппарат, в котором с помощью фильтровальной перегородки осуществляется разделение, сгущение или осветление неоднородных систем, содержащих твёрдую и жидкую (газообразную) фазы.

ФИЛЬТРОВАНИЕ

- Выделение дисперсной фазы из гетерогенной системы за счет пропускания ее через пористую фильтрующую перегородку.
- Фильтрование используют для разделения суспензий на твердую (осадок) и жидкую (фильтрат) фазы.

Виды фильтрования

- Фильтрование с образованием осадка
- Фильтрование с закупориванием пор;
- □ Промежуточный вид

ФИЛЬТРОВАНИЕ

- Для движения жидкости в порах осадка и фильтрующей перегородки необходимо создать перепад давления над и под фильтрующей перегородкой.
- Перепад давления над и под фильтрующей перегородкой является движущей силой процесса и создается за счет разряжения под фильтрующей перегородкой (вакуумфильтры) или создания давления над фильтрующей перегородкой (фильтры под давлением).

Характеристики процесса

- Движущая сила процесса;
- Скорость процесса;
- Производительность фильтра;
- Константы процесса фильтрования

Производительность фильтра

 Производительность фильтра зависит от режима фильтрования (давление, температура), вида фильтрующей перегородки и физико-химических свойств суспензии и осадка.

Тип осадка

- Фильтрование со сжимаемым и несжимаемым осадком:
- Несжимаемые осадки –пористость которых не меняется при увеличении давлений (мел, песок);
- Сжимаемые осадки пористость уменьшается, гидравлическое сопротивление потоку жидкой фазы возрастает с увеличением давления (гидраты окисей металлов)

Фильтрующие перегородки

- По принципу действия
- Поверхностные и глубинные

- По материалу
- Керамика, стекло...

- По структуре
- Гибкие, негибкие жесткие, негибкие нежесткие

Скорость фильтрования

Интенсивность фильтрования и производительность фильтров характеризуются скоростью фильтрования – количество фильтрата, проходящего в единицу времени через единицу поверхности фильтра:

$$\omega = \frac{dV}{F \cdot d\tau}, \frac{M^3}{c \cdot M^2}$$

Скорость фильтрования

 скорость фильтрования суспензии прямо пропорциональна разности давления по обе стороны фильтрующей перегородки (**ΔР**) и обратно пропорциональна сопротивлению процесса фильтрования:

$$\omega = \frac{\Delta P}{\mu R_{\phi}}$$

Основное уравнение процесса фильтрования

$$\omega = \frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu R_{\phi}}$$

Пояснения к уравнению

- где: V объем фильтрата (осветленной жидкости), м³;
- F площадь фильтра, M^2 ;
- μ динамический коэффициент вязкости фильтрата, Па·с;
 - R_Ф- сопротивление процесса фильтрования, м⁻¹.

Сопротивление процесса фильтрования

 При расчете сопротивления процесса учитывают сопротивление фильтрующей перегородки и сопротивление слоя осадка, образующегося на перегородке,:

$$R\phi = R\phi \pi + Roc, M^{-1}$$
или $R\phi = R\phi \pi + roc \cdot hoc, M^{-1}$

Пояснения к уравнению

```
    где: Rфп - сопротивление фильтрующей перегородки, м⁻¹;
    Roc - сопротивление слоя осадка, м⁻¹
    roc – удельное объемное сопротивление осадка, ;
    hoc – высота слоя осадка, м. м⁻²
```

Физический смысл

- Сопротивление фильтрующей перегородки равно перепаду давления, который необходимо создать для фильтрования жидкости вязкостью 1Па·с со скоростью 1м/с через перегородку.
- Удельное объемное сопротивление осадка равно перепаду давления, который необходимо создать для того, чтобы через слой осадка высотой 1м проходил фильтрат вязкостью 1Па·с со скоростью 1м/с.

Влияние **ДР** на характер процесса

- если ΔР= const, то накопление осадка на фильтре уменьшает скорость фильтрования (процесс нестационарный);
- если с увеличением толщины слоя осадка hoc увеличивается ΔР, скорость фильтрования остается постоянной (процесс стационарный).

В промышленности наиболее распространены процессы нестационарного фильтрования.

Вывод уравнения

 Объем образующегося осадка зависит от площади фильтра:

$$V_{oc} = h_{oc} F, M^3$$
.

Обозначив через **х** объем влажного осадка, образующегося на фильтре, при прохождении 1 м³ фильтрата:

$$x_o = V_{oc} / V , M^3 / M^3;$$

можно вывести зависимость толщины слоя осадка от объема

фильтрата и площади фильтра:

$$h_{oc} = x_o \cdot V / F$$
, M;

подставив в уравнение $\mathbf{h}_{\mathbf{oc}}$ получим

ВЫВОД УРАВНЕНИЯ

$$\frac{dV}{F \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \left(R_{\phi n} + \frac{r_{oc} x_0 V}{F} \right)}$$

 В полученном уравнении введем понятие удельная производительность фильтра q=V/F

Уравнение для определения постоянных процесса

 Постоянные процесса фильтрования можно определить графически:

$$\frac{\mu \cdot R_{\phi n}}{\Delta P} + \frac{\mu \cdot r_{oc} \cdot x_o}{2\Delta P} q = \frac{\tau}{q}$$

Графическое определение постоянных уравнения

• Обозначив:

$$N = \frac{\mu \cdot R_{\phi n}}{\Lambda P}$$

$$M = \frac{\mu \cdot r_{oc} \cdot x_o}{2\Delta P}$$

Общий вид уравнения

 Уравнение для нестационарного процесса фильтрования :

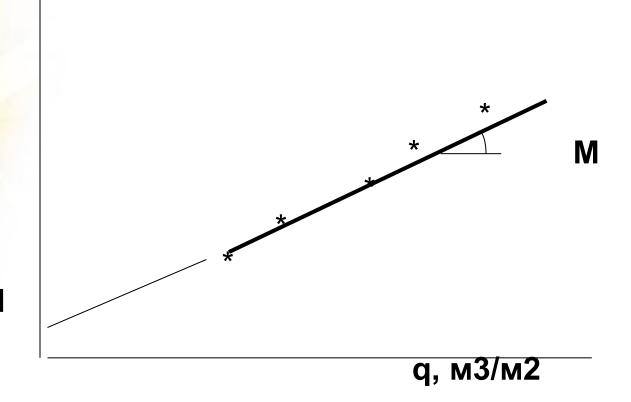
$$N+Mq=rac{ au}{q}$$

Коэффициенты уравнения

• Коэффициенты N и M уравнения процесса фильтрования определяют экспериментальным путем. Уравнение для нестационарного процесса фильтрования — это уравнение прямой линии, тангенс угла наклона которой к оси абсцисс равен -M, а отрезок, отсекаемый линией на оси ординат, - N.

График зависимости $\tau/q=f(q)$

т/q, с·м2/ м3



N

Определения

- Фильтровальные перегородки, материалы (естественные или искусственные) или изделия, имеющие пористую структуру (проницаемую для жидкости и газа) и применяемые для фильтрования.
- Фильтровальные перегородки, материалы должны обладать следующими свойствами:
- 1) соответствующей пористостью (размеры пор должны быть такими, чтобы частицы осадка задерживались на перегородке),
- 2) химической стойкостью к действию фильтруемой среды,
- 3) достаточной механической прочностью,
- 4) теплостойкостью при температуре фильтрования.

Фильтровальные перегородки

- Различают гибкие и негибкие Ф. п.
- К гибким фильтровальным перегородкам относятся металлические перегородки в виде перфорированных листов и сеток из стали, меди, алюминия, никеля, серебра и др. материалов. Такие фильтры особенно удобны при работе с химически агрессивными жидкостями, в условиях повышенных температур и больших механических напряжений.
- К гибким Ф. п. относятся также неметаллические перегородки в виде тканей (Ткань техническая) или слоев несвязанных волокон (нетканые).

Фильтровальные перегородки

 Неметаллические Ф. п. бывают асбестовые, стеклянные, хлопчатобумажные, шерстяные, поливинил-хлоридные, лавсановые и т.п. Негибкие Ф. п. могут быть жёсткие (в виде дисков, плит, патронов и листов), которые изготовляются прессованием в формах с последующим спеканием из керамических, металлических, стеклянных и синтетических порошков, и нежёсткие, состоящие из соприкасающихся (но не связанных жестко) частиц каменного, древесного и животного углей, кокса, <mark>ди</mark>атомита, песка, глины и т.п. материалов.

Схема процесса фильтрования



- При фильтровании суспензия разделяется с помощью пористой перегородки на жидкую фазу в виде фильтрата и твердую фазу в виде осадка.
- Движущей силой процесса является разность давлений по обе стороны фильтрующей среды, которая состоит из фильтрующей перегородки и слоя образующегося на ней осадка.

Скорость фильтрования

- Основной характеристикой процесса является скорость фильтрования объем фильтрата, получаемый за единицу времени с единицы поверхности фильтра.
- Скорость фильтрования прямо пропорциональна разности давлений ΔР, обратно пропорциональна вязкости фильтрата μ и сопротивлению фильтрующей среды, т.е. сумме сопротивлений слоя осадка Ro и фильтрующей перегородки Rp
- В большинстве случаев Ro существенно больше Rp.
- Толщина осадка h, а следовательно и его сопротивление в процессе фильтрования увеличивается, в том числе и за счет его сжатия под действием ΔР и закупорки каналов мелкими частицами.
- Сопротивление перегородки также изменяется вследствие забивки ее пор и сжатия.

Основное уравнение фильтрования записывается в дифференциальной форме:

$$\frac{dV}{d\tau} = F \cdot \frac{\Delta p(\tau)}{\mu \cdot \left[R_{o}(\tau) + R_{\pi}(\tau)\right]}$$

Здесь V - объем фильтрата, F - поверхность фильтрования, τ - продолжительность фильтрования.

На величину сопротивления осадка и перегородки кроме гидродинамических факторов, т.е. размеров и формы пор перегородки, формы, размеров и удельной поверхности частиц осадка, оказывают влияние и физико-химические факторы: степень коагуляции частиц осадка, наличие на них сольватной оболочки, содержание в суспензии смолистых и коллоидных примесей, набухание материала перегородки, изменение поверхностного натяжения жидкости в порах осадка и перегородки, образование у стенок пор неподвижного слоя жидкости, электростатические поля, возникающие на границе раздела фаз при наличии ионов в суспензии. Влияние этих факторов увеличивается с уменьшение предумеров жастиц осадка и пор перегородки.

Жидкостные фильтры

- по принципу действия подразделяются на две основные группы: периодические и фильтры непрерывного действия.
- Фильтры различаются по способу создания в них разности давлений (работающие под вакуумом или под избыточным давлением),
- по геометрии фильтрующей поверхности (плоская или криволинейная),
- В фильтрах периодического действия на всей поверхности фильтрующей поверхности поочерёдно осуществляются поступление суспензии и образование осадка (фильтрование), обезвоживание, промывка и удаление осадка, регенерация.
- В фильтрах непрерывного действия указанные операции проходят непрерывно, единовременно и независимо одна от другой в каждой соответствующей зоне фильтра.

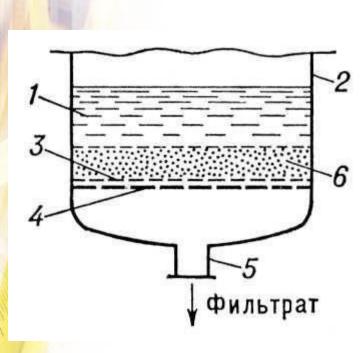
Фильтры периодического действия

- К фильтрам периодического действия относятся
- ёмкостные,
- листовые,
- фильтр-прессы,
- патронные .

Ёмкостный фильтр

- Ёмкостный фильтр применяют для разделения небольших количеств суспензий.
- Он может работать под вакуумом (путч-фильтр) и под избыточным давлением (друк-фильтр).
- Корпус ёмкостного фильтра бывает открытым или закрытым.
- Фильтровальная поверхность располагается на перфорированном днище.
- В верхнюю часть корпуса подаётся разделяемая суспензия. Из нижней части отводится фильтрат.
- В фильтрах с механизированной выгрузкой осадок удаляется через откидное днище.
- В фильтрах с открытым корпусом опрокидыванием или вручную.

Ёмкостный фильтр

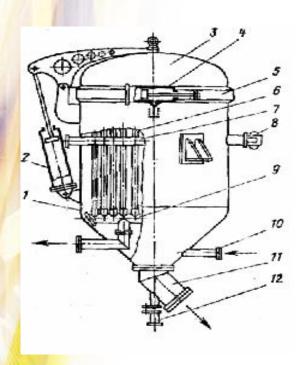


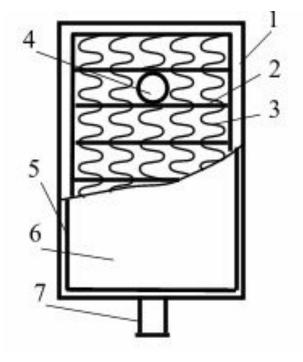
- 1. Суспензия
- 2. Корпус фильтра
- -2 3. Опорная решетка
 - 4. Решотка
 - 5. Выходной патрубок
 - 5. Песчаный фильтр

Листовой фильтр.

- Используют для осветления растворов и разделения суспензий, содержащих не более 5% (по объёму) твёрдой фазы.
- Фильтрующие элементы круглой или прямоугольной формы, обтянутые (обычно тканью), соединены с коллектором для отвода фильтрата.
- Суспензия подаётся в корпус фильтра.
 Слой осадка промывается (после удаления из корпуса остатка суспензии).

Листовой фильтр.





1 - корпус; 2,4 - пневмоцилиндры; 3,5 - крышка с байонетным затвором; 6 - лист; 7 - подача жидкости для смыва осадка и сжатого воздуха; 8 - вибровозбудитель; 9 - отвод фильтрата; 10,11 - подача суспензии и выгрузка осадка; 12 - клапан.

 рамка; 2,3 - каркасная и пружинная сетка; 4 - осушка и смыв осадка; 5 - резиновый шнур;
 ткань; 7 - отвод фильтрата

37

Фильтр-прессы

- Фильтр-прессы применяют в основном для разделения тонкодисперсных суспензий. К ним относятся рамные и камерные фильтр-прессы и камерный автоматический фильтр-пресс (ФПАКМ).
- Рамный фильтр-пресс представляет собой блок чередующихся вертикальных плит и рам, прижатых друг к другу ручным, гидравлическим или электромеханическим зажимом.
- Рамы образуют в собранном аппарате свободные плоские камеры (карманы) для приёма суспензии. Плиты с рифлёными боковыми поверхностями служат дренирующим основанием для фильтр-прессов.

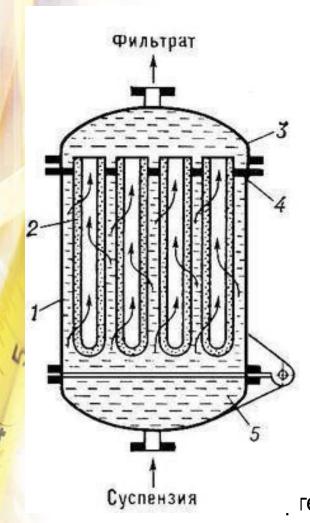
Фильтр-прессы

Под действием избыточного давления фильтрат проходит через фильтр-пресс, затем стекает по желобкам рифлёных плит и через отводные каналы поступает в сборник. Твёрдые частицы образуют в камерах слой осадка, который удаляется при раздвигании плит. Действие камерного фильтр-пресса подобно работе рамного фильтр-пресса, но он рассчитан на более высокое избыточное давление. Камерный автоматический фильтр-пресс состоит из расположенных горизонтально на некотором расстоянии одна от другой фильтрующих плит, которые в свою очередь находятся между двумя поддерживающими плитами. Сверху каждая фильтрующая плита покрыта перфорированным листом, над которым находится ФП в виде бесконечной ленты Сергей Чекрыжов 39

Фильтр-прессы

• При сжатии плит между ними образуются камеры, в которые последовательно подаётся из соответствующих коллекторов суспензия, промывная жидкость и сжатый воздух для продувки. Фильтрат проходит через ФП, а твёрдая фаза остаётся на ней в виде осадка. По окончании цикла фильтрования плиты раздвигаются, между ними открывается щель и ФП приводится в движение, вынося осадок наружу, где он снимается ножами. Работа Ф. автоматизирована. Производительность в 4–10 раз выше производительности рамного фильтра.

Патронный фильтр

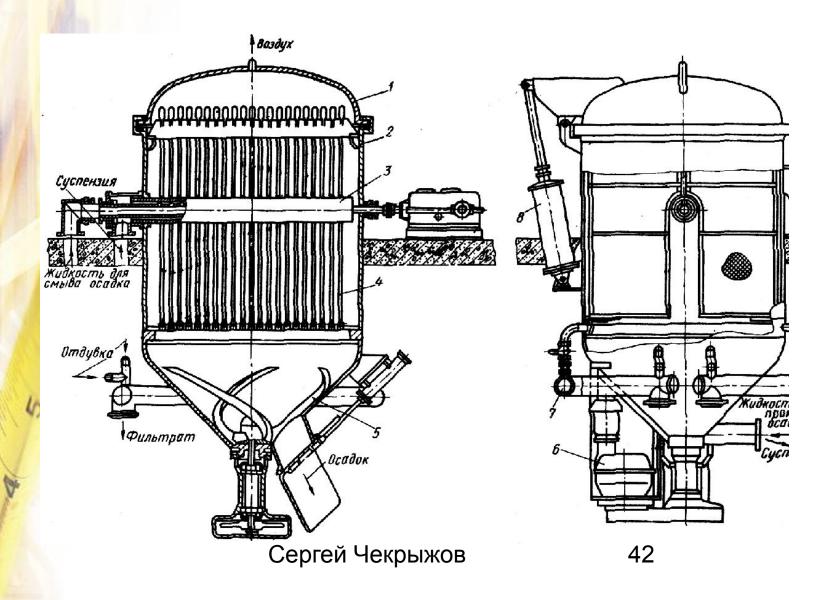


Патронный фильтр применяют для осветления или сгущения суспензий; работает под вакуумом или под давлением и состоит из корпуса с крышкой и днищем. Внутри находится решётка, на которой закреплена фильтрующая поверхность в виде патрона (обычно патронный фильтр имеет несколько десятков таких патронов). Удаление осадка с последней производится отдувкой сжатым воздухом, пневмогидравлическим ударом или с помощью вибрационных устройств.

гей Чекрыжов

41

Патронный фильтр



Фильтры непрерывного действия

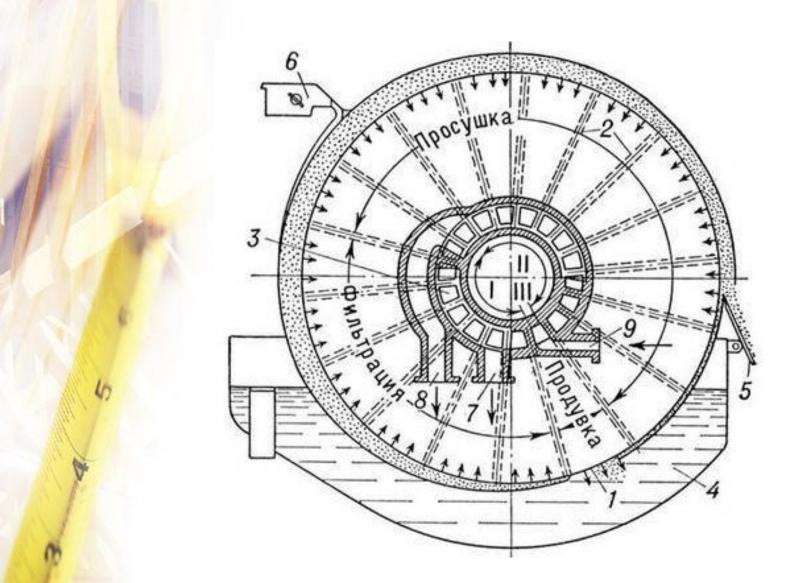
К фильтрам непрерывного действия относятся

- барабанные,
- дисковые,
- ленточные,
- тарельчатые и
- карусельные .

Вакуум-фильтр

Вакуум-фильтр представляет собой горизонтальный вращающийся барабан, который изнутри разделён радиальными герметичными перегородками на отдельные ячейки, соединённые трубками с распределительной головкой. По мере вращения барабана в ячейках создаётся вакуум или <mark>избыточное давление. При вращении барабан</mark> проходит зону фильтрации, где жидкость засасывается в барабан, а твёрдые частицы оседают на фильтрующей ткани. После промывания осадка водой барабан входит в зону сушки, где через осадок просасывается воздух, затем в зону удаления осадка. Здесь изнутри барабана подаётся сжатый воздух, а осадок с поверхности барабана срезается ножом.

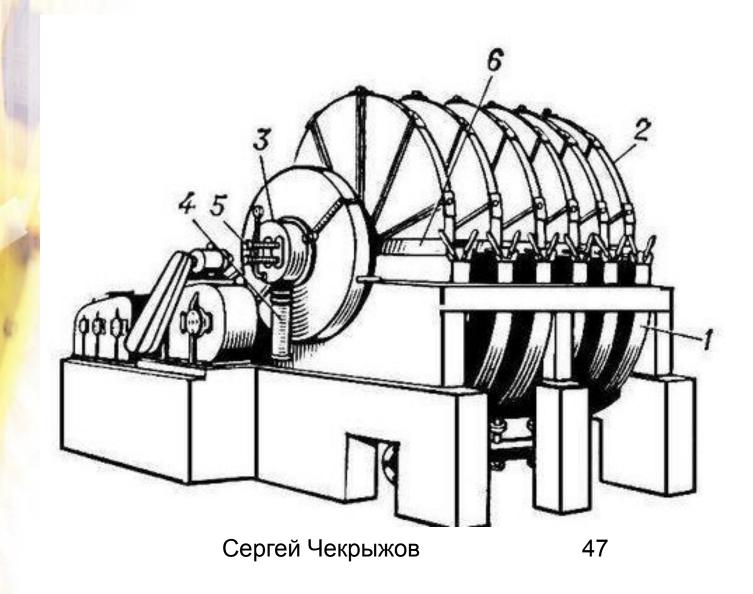
Вакуум-фильтр



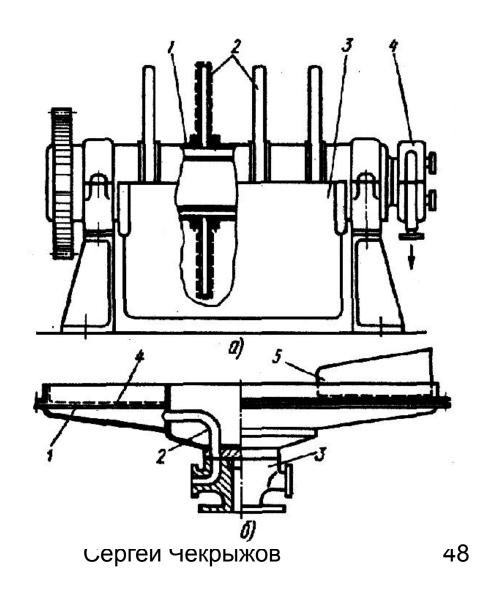
Дисковый вакуум-фильтр

- Дисковый вакуум-фильтр предназначен для разделения суспензий с близкими по размерам частицами твёрдой фазы.
- Имеет более развитую фильтрующую поверхность, чем барабанные вакуум-фильтры.
- В дисковом вакуум-фильтре на горизонтально расположенном полом валу, разделённом на секции, укреплены вертикальные диски. Вал с дисками вращается в корыте, имеющем форму полуцилиндра и заполненном разделяемой суспензией.
- Каждый диск состоит из обтянутых ФП полых секторов, имеющих с обеих сторон перфорированную или рифлёную поверхность. Полость каждого сектора диска сообщается с отводящим каналом для удаления фильтрата. Съём осадка осуществляют сжатым воздухом (для отдувки), посредством ножей и валков (для отрыва и направления выгрузки).

Дисковый вакуум-фильтр



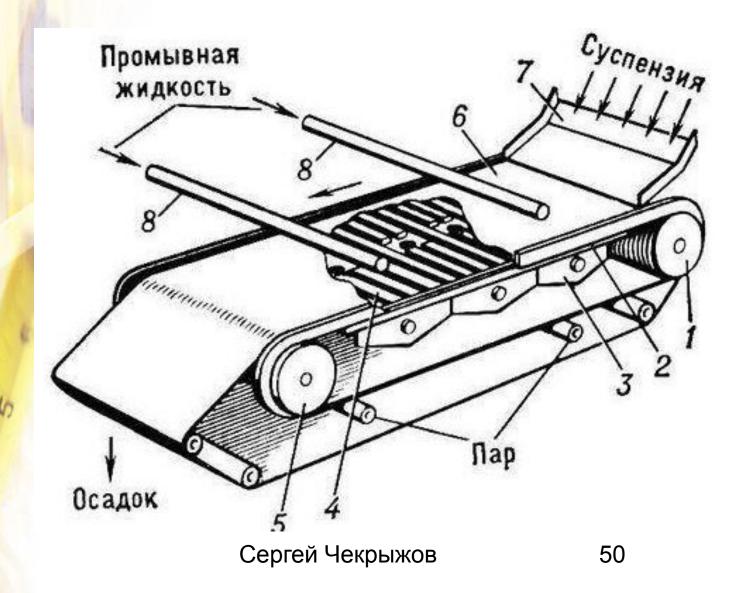
Дисковый вакуум-фильтр



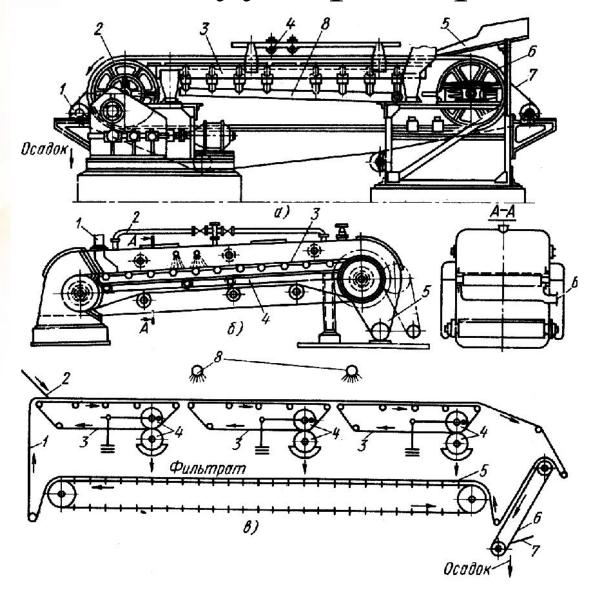
Ленточный вакуум-фильтр

- Ленточный вакуум-фильтр предназначен для разделения суспензий, образующих неоднородный по размерам частиц тяжёлый и требующий тщательной промывки осадок.
- Фильтр представляет собой стол, в котором имеются вакуум-камеры для отвода фильтрата и промывной жидкости. Фильтровальная поверхность (обычно ткань) покрывает прорезиненную перфорированную ленту, натянутую на крайних барабанах стола. Осадок сбрасывается в сборник при перегибе фильтровальной поверхности. Регенерация фильтровальной поверхности производится при обратном движении ленты с помощью механических щёток или паровых форсунок.

Ленточный вакуум-фильтр



Ленточный вакуум-фильтр

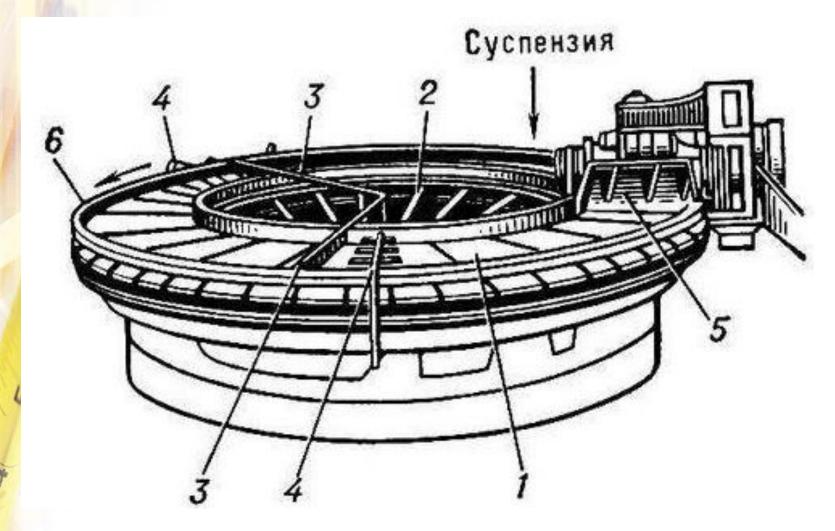


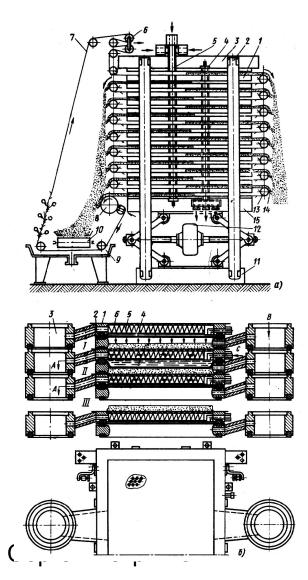
Тарельчатые вакуум-фильтры

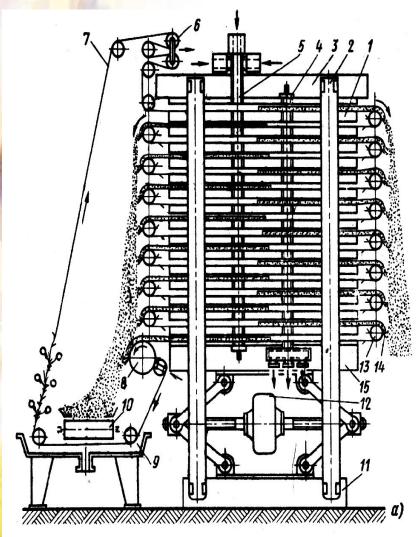
- **Тарельчатые вакуум-фильтры применяют преимущественно** для обезвоживания крупнозернистых шламов в производстве калия, в подготовке каменного угля и руд и т. Д.
- Основная деталь фильтра кольцо, состоящее из ряда **трапецеидальных секторов, каждый из которых является** фильтрующей ячейкой. Последняя открыта сверху и имеет днище, наклоненное к центру для облегчения стока <mark>жидкости. По верху ячейки уложен перфорированный лист,</mark> на котором находится фильтровальная поверхность. Внутренняя полость каждого сектора с помощью соединительных трубок сообщается с каналами распределительного устройства, жестко связанного с корпусом.
- Фильтр приводится во вращение электродвигателем. За один оборот ячейки Ф. последовательно соединяются с улиниями вакуума и сжатого воздуха. Подача суспензии осуществляется в ячейки сверху. Съём осадка производится ножом или шнеком. Сергей Чекрыжов

52

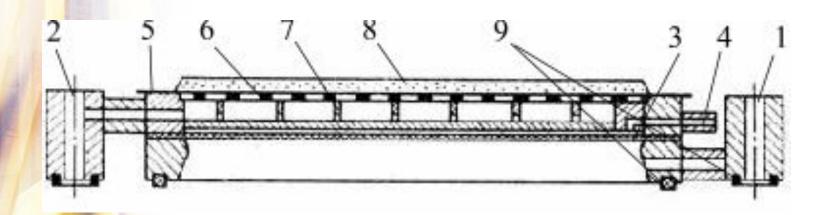
Тарельчатые вакуум-фильтры



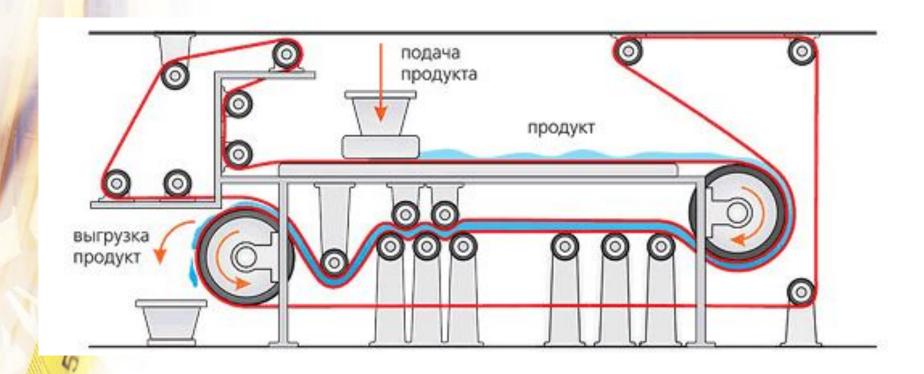




1 - фильтровальная плита; 2 - стяжка; 3 - упорная плита; 4 - отвод фильтрата; 5 - подача суспензии, промывной жидкости и сжатого воздуха; 7,6 - лента фильтровальной ткани и ее натяжение; 8,14 - приводной и разгрузочный валик; 9 - регенерация ткани; 10 - прием осадка; 11,13 - опорная и нажимная плита, 12 - электромеханический зажим; 15 - нож.

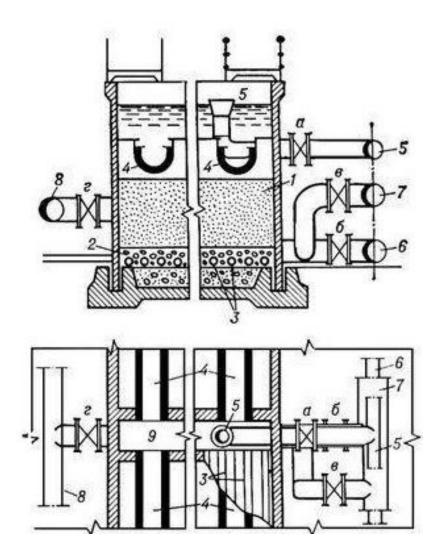


1 - подача суспензии, промывной жидкости и сжатого воздуха; 2 - отвод фильтрата; 3,4 -резиновая диафрагма и подача в нее воды; 5,6,7 - фильтровальная ткань, металлическая сетка и ребра жесткости; 8 - осадок; 9 - уплотнители





Песчаный скорый фильтр



Преимущества

- развитая фильтрующая поверхность при незначительной занимаемой производственной площади;
- фильтрация осадка при оптимальной толщине слоя и возможность его гидравлического отжима, что резко снижает затраты воздуха на просушку осадка;
- - хорошая регенерация фильтровальной ткани;
- полная механизация фильтра и возможность автоматизации его работы, что позволяет резко сократить затраты на обслуживание, быстро настраивать фильтр на оптимальный технологический режим;
- - низкая металлоемкость, отнесенная к единице производительности по суспензии и к 1 м.кв. фильтрующей поверхности.

Расчёты

 http://www.gaps.tstu.ru/win-1251/lab/sreda/togaps/6/TO_ lp/4_1.html