

Типовые процессы технологии неорганических веществ

Основная задача технологической обработки сырья состоит в том, чтобы в результате химических превращений исходных компонентов получить целевые продукты, обладающие необходимыми свойствами. При этом в процессе переработки должны быть созданы такие условия, которые бы обеспечили необходимое агрегатное состояние и свойства веществ, позволяющие выделять их из образующихся систем с минимальными затратами сырья, энергии, труда, материалов при исключении загрязнения окружающей среды.

Методы химико-технологической обработки твердых веществ и суспензий

Метод	Движущая сила и факторы управления процессом	Критерий осуществления
1. Измельчение и механохимия сырья и полупродуктов	Различие силы разрушения и прочности твердых частиц	Заданная дисперсность, расход энергии
2. Флотация полиминерального сырья, полупродуктов для разделения целевых и примесных компонентов	Различие сил поверхностного натяжения на межфазной границе частиц разных минералов с жидкостью и воздухом	Качество и выход концентратов и хвостов; водный баланс
3. Химическое обогащение и активирование полиминерального сырья	Различие в растворимости и скорости селективного извлечения при изменении Концентрация растворителя, температура, рН среды, добавка реагентов	Степень извлечения примесей, увеличение реакционной способности, скорость разделения фаз, улучшение перерабатываемости сырья

4. Укрупнение и структурирование при гранулировании, прессовании, капсулировании, агломерации	Разность скоростей кристаллизации при образовании структурирующих связей между твердыми частицами в результате кристаллизации межчастичных растворов или расплавов	Размер и прочность гранул и укрупненных частиц, выход товарной фракции
5. Адсорбция и десорбция газов при катализе, разделении сложных газовых смесей	Разность предельных и текущих давлений адсорбированного газа, теплот адсорбции	Полнота адсорбции и десорбции
6. Химическая сборка и регулирование свойств твердых фаз основы	Разность потенциалов, определяющая образование соединений, при направленном синтезе на поверхности основы	Полнота и качество проводимых реакций, толщины слоя продуктов на основе, его свойства
7. Влагопоглощение и осушка воздуха	Разность равновесных и текущих давлений водяных паров над аквасорбентом	Удельное влагопоглощение (г на 1 г сорбента), остаточное влагосодержание, регенерируемость аквасорбента

8 Сублимация и конденсация	Разность равновесных и текущих давлений пара сублимированного вещества в зависимости от температуры	Скорость, теплота и чистота возгона и конденсата
9. Массовая кристаллизация 9.1. С регулированием дисперсности кристаллов 9.1.1. Изотермическая, изогидрическая, химическая 9.1.2. Сокристаллизация макро- и микропримесей 9.1.3. Перекристаллизация метастабильных форм кристаллов в стабильные 9.1.4. Из газовой фазы 9.1.5. Из расплавов 9.1.6. Рекристаллизация при термообработке	Разность концентраций или температур пересыщенного и насыщенного растворов Различие кристаллографических и химических свойств основного и примесных веществ, уровень изоморфизма Разность температур и концентраций устойчивости стабильных и метастабильных модификаций Разность текущих и равновесных парциальных давлений пара и соотношение температур газа и кристаллов Разность температур плавления и кристаллизующей массы Разность поверхностной энергии образующихся и исходных частиц, уровень деформации и дефектности кристаллов, соотношение температур газа и кристаллов	Дисперсность и чистота кристаллов, производительность разделения фаз, выход Коэффициент распределения и критерии 9.1.1 Полнота превращения и свойства образовавшихся масс Дисперсность, теплообмен, технологичность Дисперсность единичных кристаллов и их агломератов, гигроскопичность Давление паров, растворимость в расплавах, коэффициент диффузии

9.2. Без регулирования дисперсности единичных кристаллов 9.2.1. Гранулирование растворов, расплавов, суспензий 9.2.2. Аммонизация, гидратация, выпаривание, сепарирование, нейтрализация и подкисление суспензий и масс 9.2.3. Самопроизвольная и целевая инкрустация оборудования, фильтроткани и кристаллизационных поверхностей из пересыщенных суспензий, растворов, расплавов 9.2.4. Перекристаллизация при хранении продуктов, стоков и отвалов	Разность текущих температур и температур плавления; пересыщение Пересыщение по основным и сопутствующим веществам, скорость проведения процесса Степень пересыщения инкрустирующим веществом, его адгезионные свойства, гидродинамика Пересыщение по метастабильным формам, разность температур, добавки — регуляторы среды	Размер и прочность застывших капель и гранул Свойства образующихся систем При самопроизвольной инкрустации — влияние на производственный пробег, при целевой — степень и скорость выделения примеси Изменение состава жидкой фазы
--	--	---

10. Сушка и высокотемпературная обработка суспензий и влажных порошков в печах и сушилках разной конструкции с газообразным теплоносителем	Разность текущих и равновесных давлений водяных паров, зависимость скорости превращений от температуры	Интенсивность влагосъема и химических реакции, качество обработанных масс, энергозатраты
11. Высокочастотный нагрев в электрическом поле высокой частоты непосредственно проводящих материалов и диэлектриков или жидкого металлического теплоносителя	Разность электропроводимости и скоростей нагрева в зависимости от частоты и длины волн электрического поля с организацией теплового потока от центра к периферии частиц при возрастании коэффициента теплопередачи, скорости реакций	Новое качество конечных веществ
12. Электротермический метод нагрева и проведения реакций в высокотемпературных условиях с подводом теплоты в зону нагрева без дополнительного теплоносителя	Различие в температурах плавления, электропроводимости массы, химических потенциалах	Производительность агрегата, расход электроэнергии, управляемость вторичными реакциями

13. Плазменный, лазерный, радиохимический и другие методы интенсивной обработки	Разность силы воздействующих импульсов и сил структурной связи между отдельными молекулами или элементами их структур	Свойства твердых материалов и отходов, энергозатраты, охрана труда и природы
14 Разделение суспензий фильтрованием, отстаиванием, центрифугированием и т. д.	Разность скоростей движения фаз суспензии в зависимости от давлений (вакуума), сил тяжести, центробежных сил	Производительность установки, влагосодержание и свойства выводимого остатка кека, песков, центрифугата, вторичные реакции
15. Обработка суспензии в автоклавах и твердых веществ при высоком давлении	Различно парциальных свойств реагентов при применении повышенных температур и давлений	Выход и качество целевого вещества, показатели разделения суспензии, энергозатраты
16. Нейтрализация, обезвреживание, хранение, утилизация твердых отходов	Различие индивидуальных свойств: кислотности, схватывания, метастабильности	Затраты, объемы, отчуждение территории

Все процессы, представленные в таблице 1.1, осуществляют при создании необходимых движущих сил, которые чаще всего представляют собой разности (различия) предельных равновесных и текущих заданных значений потенциалов. Эти разности (арифметические или логарифмические) реализуются через характеристические функции термодинамических потенциалов и такие параметры протекания процессов, как парциальные давления, реагентный режим, индивидуальные (парциальные) концентрации, температура, дисперсность, поверхностная энергия, пересыщение, скорости реакций, перемешивание, фильтрование, осаждение и другие структурно-кристаллографические характеристики, физико-механические импульсы, дополнительные регуляторы (например, ПАВ) и т.д.

При выборе метода обработки с целью создания новой или совершенствования существующей технологической схемы целесообразно сопоставительно оценить возможности нескольких методов.

Решение достигается при учете всех свойств компонентов исходной смеси, возможностей метода выделения продукта по остаточной концентрации, расхода материалов, энергии, трудозатрат, доступности оборудования, экологических последствий.

I. Группа процессов измельчения и грохочения (классификации)

Целью подготовки сырья является процесс придания ему состава и свойств, обеспечивающих оптимальное протекание химико-технологического процесса его переработки. В комплекс операций по подготовке сырья входят: **классификация, измельчение (или укрупнение), обезвоживание, обогащение.** К **подготовительным процессам** относят операции дробления, измельчения, направленные на раскрытие ценных компонентов и доведение материала до крупности, необходимой в процессе обогащения. А так же операции грохочения и классификации, применяемые для разделения полученной механической смеси по классам крупности.

Дроблением, измельчением называют процесс разрушения твердых тел под действием внешних сил, направленных на преодоление сил внутреннего сцепления частиц.

Процесс характеризуется уменьшением линейных размеров кусков (зерен) дробимого материала. Основным количественным показателем процесса дробления, измельчения является **степень дробления (i)**, оцениваемая как отношение **максимального зерна до дробления (D_{max})** к **максимальному зерну после дробления (d_{max})**:

Грохочением называют процесс разделения сыпучих материалов по крупности на поверхностях с калиброванными отверстиями. Основной характеристикой процесса является показатель эффективности грохочения (***E***), определяющийся как отношение массы подрешетного продукта (***a***) к массе этого же класса, содержащейся в исходной руде (***б***):

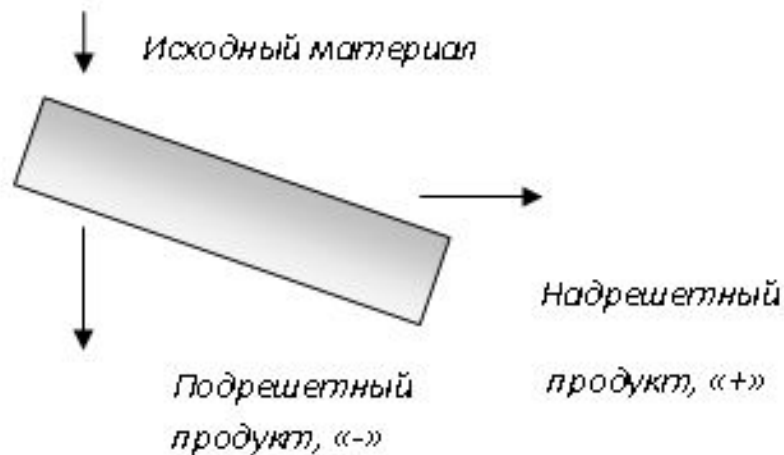
$$E = \frac{a}{б}$$

Классификацией называется процесс разделение тонкоразмерных смесей на узкие фракции относительно скорости падения в водной или воздушных средах.

Комплекс вышеперечисленных операций, а именно дробление и грохочение, измельчение и классификация называется **рудоподготовкой**, при этом изменение химического состава руды не происходит, изменяется только гранулометрический состав исходного материала.

Задачи рудоподготовки:

1. Раскрытие зерен ценного компонента, путем доведения сырья до крупности, соответствующей размеру вкрапленности, пригодного для переработки известными методами.
2. Получение готового продукта заданной крупности для дальнейшего использования в народном хозяйстве.

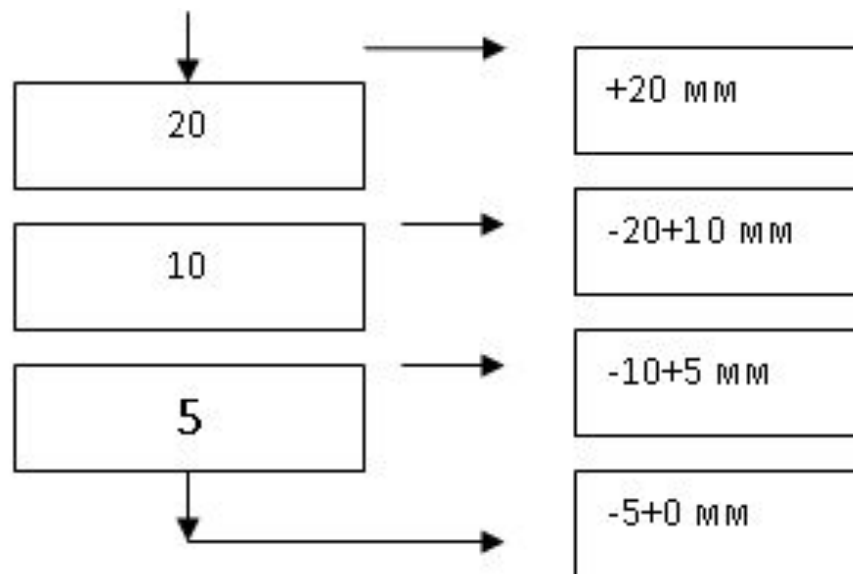


Распределение материала в процессе грохочения

Материал, прошедший через сито с большими отверстиями (l_1) и оставшийся на сите с меньшими отверстиями (l_2) называется **классом крупности**.

Крупность класса обозначают тремя способами:

1. $-l_1 + l_2$ или $-d_1 + d_2$ -20 +10 мм
- 2) $l_1 - l_2$ или $d_1 - d_2$ 20 – 10 мм
- 3) $l_2 - l_1$ или $d_2 - d_1$ 10 – 20 мм



Порядок записи выделенных при грохочении классов

При последовательном просеивании материала на **n-ом** количестве сит получают **n+1** количество продуктов. Причем один из продуктов просеивания служит исходным сырьем для последовательного просеивания.

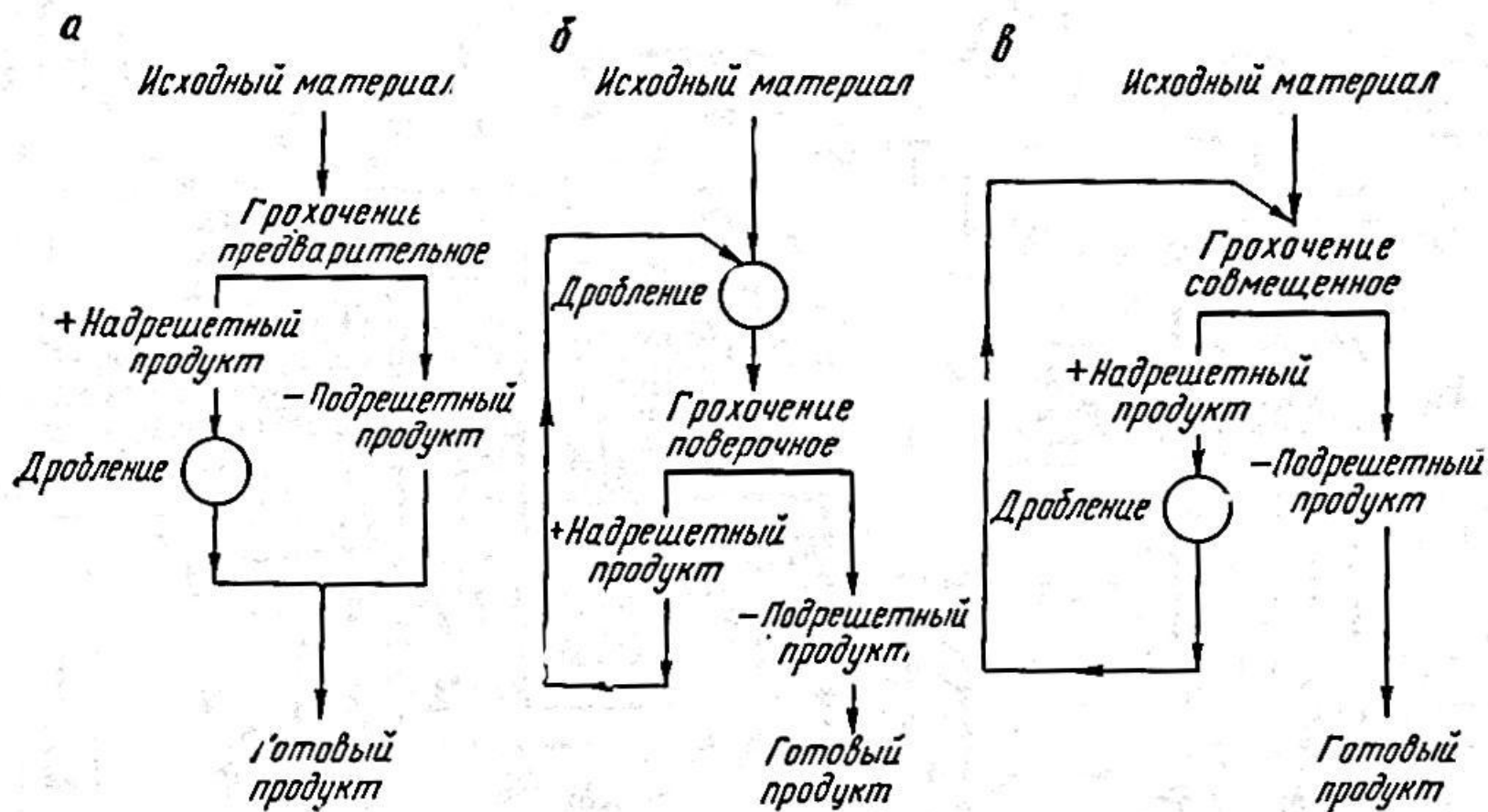
Отношение размеров отверстий сменных сит называется модулем шкалы грохочения или классификации.

При крупном и среднем грохочении модуль чаще всего равен 2.

100; 50; 25; 12,5 и т. д.

Для мелких сит, применяемых для ситового анализа ситовых навесок, применяется меньший модуль ($M=1.41$):

0,400; 0,280; 0,200; 0,140; 0,100; 0,074



Грохочение в сочетании с дроблением: а – предварительное; б – контрольное; в – совмещенное

Условное обозначение операций грохочения

Наименование операции	Диаметр зерна в питании, мм	Размер отверстия сетки грохота, мм
Предварительное (удаление негабаритов)	+1500	Размер отверстия сетки равен ширине приемной пасти дробилки крупного дробления
Крупное	-1500+300	300-100
Среднее	-300+100	100-25
Мелкое	-100+10	25-5
Тонкое	-10	5-0,05

Коэффициент живого сечения

Все просеивающие поверхности характеризуются **коэффициентом живого сечения**, т.е. отношением площади отверстий сетки в свету к ее общей площади, выраженное в %. Для проволочных сеток с **квадратными отверстиями** коэффициент живого сечения равен:

$$L = \frac{100\varnothing^2}{(\varnothing + a)^2}, \%$$

С прямоугольными (щелевидными) отверстиями:

$$L = \frac{\varnothing b}{(b + a)(\varnothing + a)} \cdot 100, \%$$

где: l , b – длина и ширина отверстия, мм;

a – диаметр проволоки, мм.

В общем можно отметить, что коэффициент живого сечения проволочных сеток равен $L \approx 70-80\%$.

Для **колосниковых решеток** коэффициент живого сечения обычно не превышает 40% и определяется по формуле:

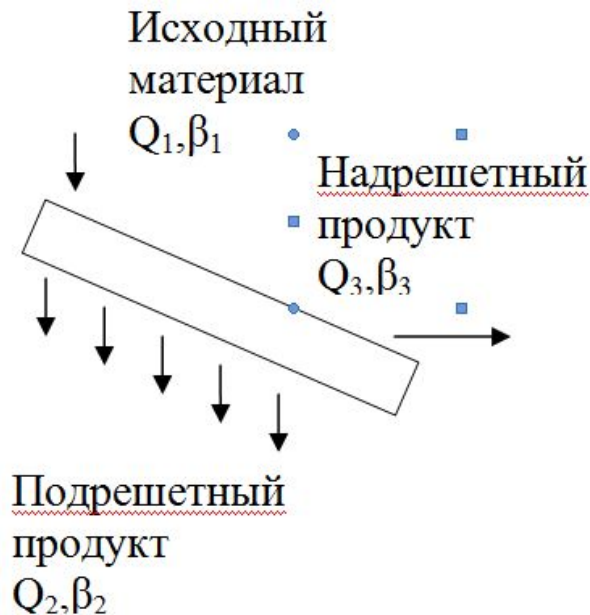
$$L = \frac{\varnothing}{(\varnothing + a)}, \%$$

Эффективность грохочения также можно определить как извлечение нижнего класса в подрешетный продукт.

Для количественной оценки полноты отделения мелкого материала от крупного при грохочении введено понятие *эффективности (точности) грохочения*.

Эффективностью грохочения (E) называется выраженное в процентах или долях единицы отношение веса подрешетного продукта (**a**) к весу нижнего класса в исходном материале (**б**).

$$E = \frac{a}{б}$$



Рассмотрим баланс материала при грохочении (рис.), где Q – вес (масса) материала; β – содержание нижнего класса. $Q_1 = Q_2 + Q_3$

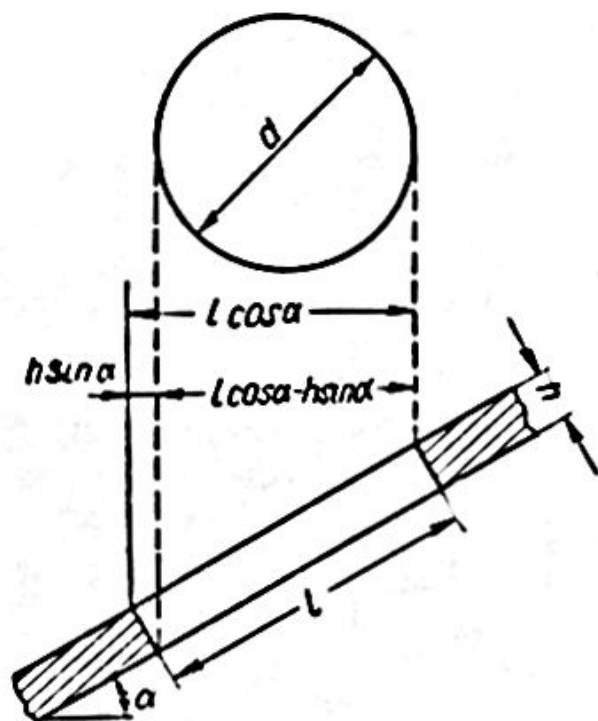
Введем следующие обозначения:

$Q_1 \beta_1 / 100$ – масса нижнего класса в исходном материале;

Q_1, Q_2, Q_3 – масса исходного, подрешетного и надрешетного продуктов;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – содержание нижнего класса в исходном, подрешетном и надрешетном продуктах, %

$$E = [(\beta_1 - \beta_3) / (100 - \beta_3) \cdot \beta_1] \cdot 10^4, \%$$



Практически считают, что на наклонном сите вибрационного грохота получится нижний продукт той же крупности, что на горизонтальных, если размер отверстий наклонного сита будет больше размера отверстий горизонтального в 1,15 раза при наклоне в 20° и в 1,25 раза при наклоне 25° .

Поскольку угол наклона влияет на пропускную способность грохота, то чем больше угол наклона, тем выше производительность грохота как транспортирующего аппарата, но ниже эффективность грохочения. На практике угол наклона принимают в пределах от 15° до 26° для инерционных наклонных грохотов и от 0° до 5° для самобалансных. Наиболее оптимальный угол наклона, обеспечивающий необходимую производительность и эффективность устанавливают экспериментальным путем.

Последовательность выделения классов при грохочении

При грохочении материала с получением более двух классов последовательность выделения их определяется расположением сит.

Различают следующие схемы выделения классов: от крупного класса к мелкому; от мелкого к крупному; смешанную или комбинированную.

При грохочении от крупного класса к мелкому сита располагаются одно под другим. Верхнее сито имеет наибольшие отверстия, а книзу размеры отверстий уменьшаются. *Эта последовательность выделения готовых классов имеет следующие преимущества:*

- меньший износ сит, потому что вся масса материала и наибольшие куски поступают на рабочую поверхность с крупными отверстиями, которая обычно собирается из стальных решет и защищает поверхности с мелкими отверстиями из проволочных сеток;
- более высокая эффективность грохочения мелких классов, так как на сита с мелкими отверстиями поступает меньшее количество материала;
- меньшее крошение крупных кусков при грохочении, так как они быстрее выводятся из процесса (имеет большое значение для углей);
- компактность установки грохочения по занимаемой площади вследствие многоярусного расположения сит.

Недостатки данной схемы:

- неудобство контроля и обслуживания нижних сит;
- скученность разгрузки продуктов в одном конце грохота.

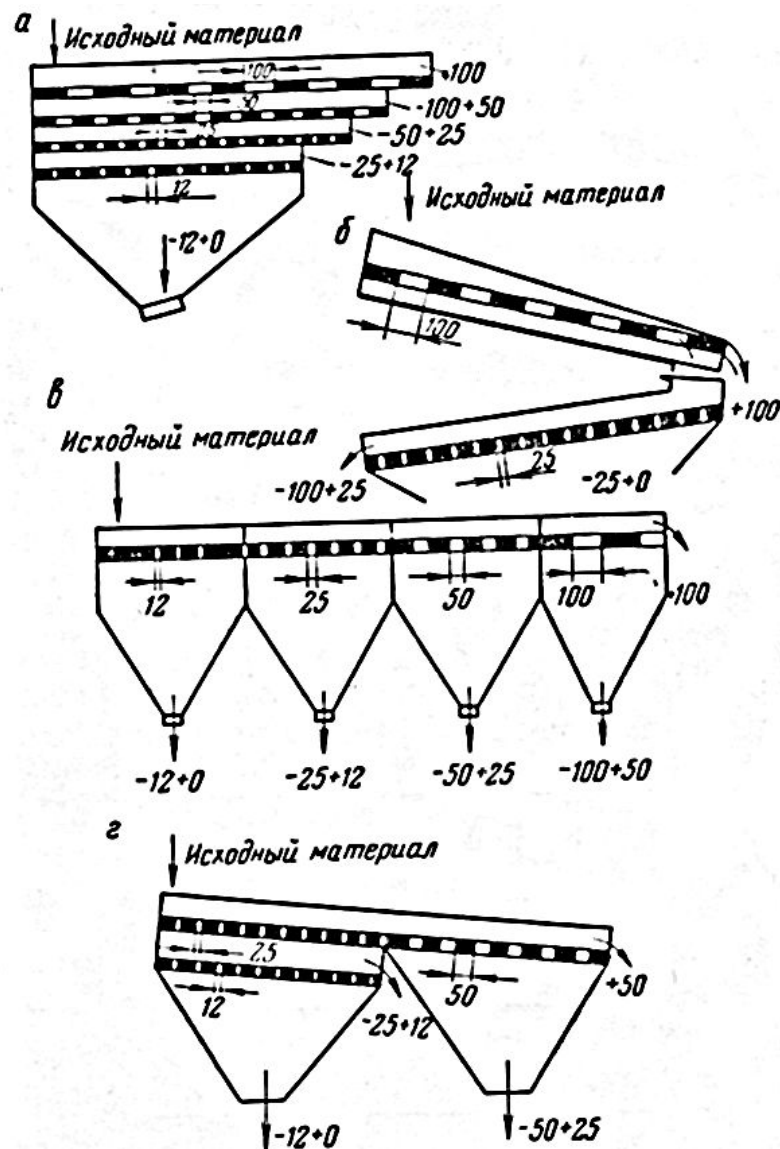


Схема выделения классов при грохочении:

а, б – от крупного к мелкому;
в – от мелкого к крупному;
г - смешанная

По принципу действия грохоты различных типов аналогичны; просеивание мелких классов происходит при движении материала по просеивающей поверхности. Перемещение материала может осуществляться под действием силы тяжести, струи воды текущей по поверхности или определенного движения короба грохота.

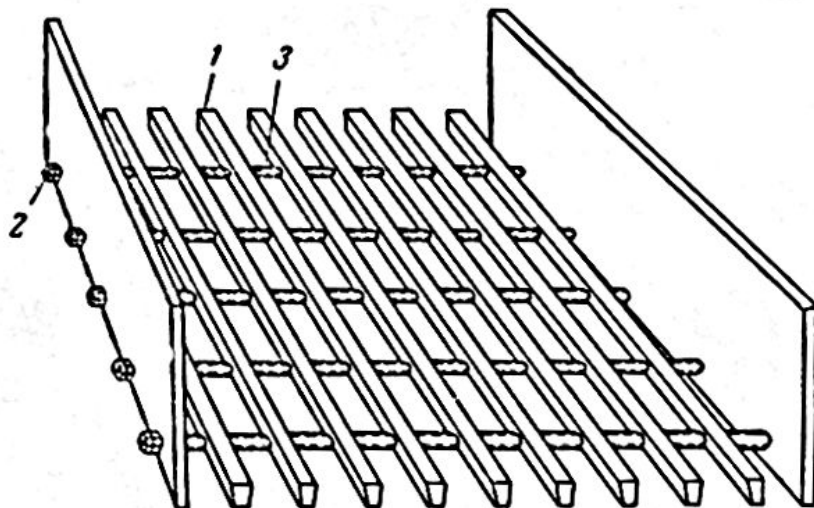
По характеру движения просеивающей поверхности грохоты делятся на:

- неподвижные (колосниковые);
- плоские качающиеся;
- вращающиеся (барабанные);
- полувибрационные;
- вибрационные.

В зависимости от формы просеивающей поверхности различают грохоты: с плоской горизонтальной поверхностью; полуцилиндрической и цилиндрической поверхностью.

В зависимости от угла наклона просеивающей поверхности различают:

- горизонтальные грохоты;
- слабонаклонные ($\alpha=6-8^{\circ}$);
- наклонные ($\alpha=16-28^{\circ}$, в исключительных случаях угол наклона увеличивают до 40° – неподвижные колосниковые грохоты).



Грохот колосниковый неподвижный:
1 — колосник; 2 — стяжной болт; 3 — распорная трубка

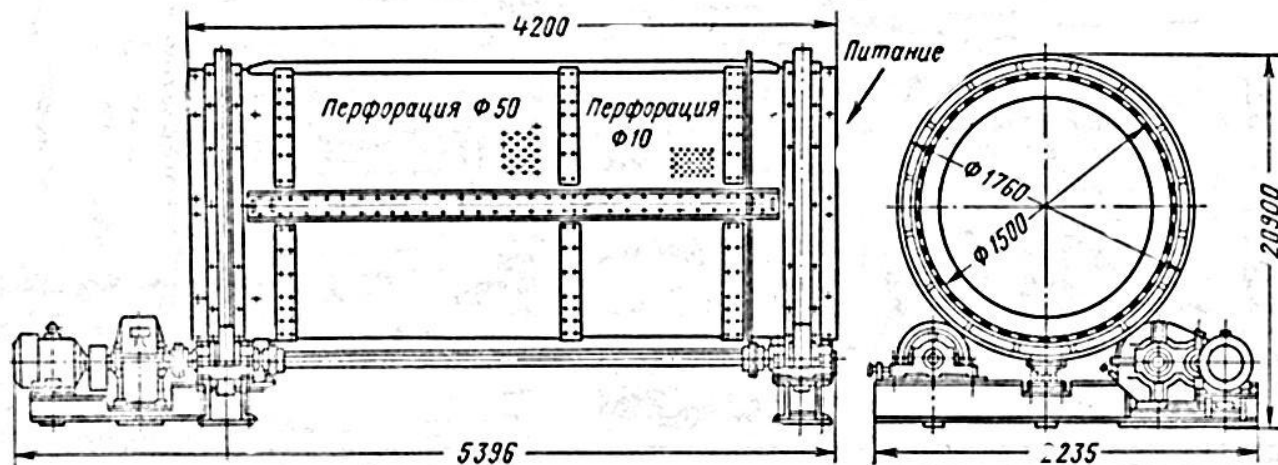


Схема барабанного грохота

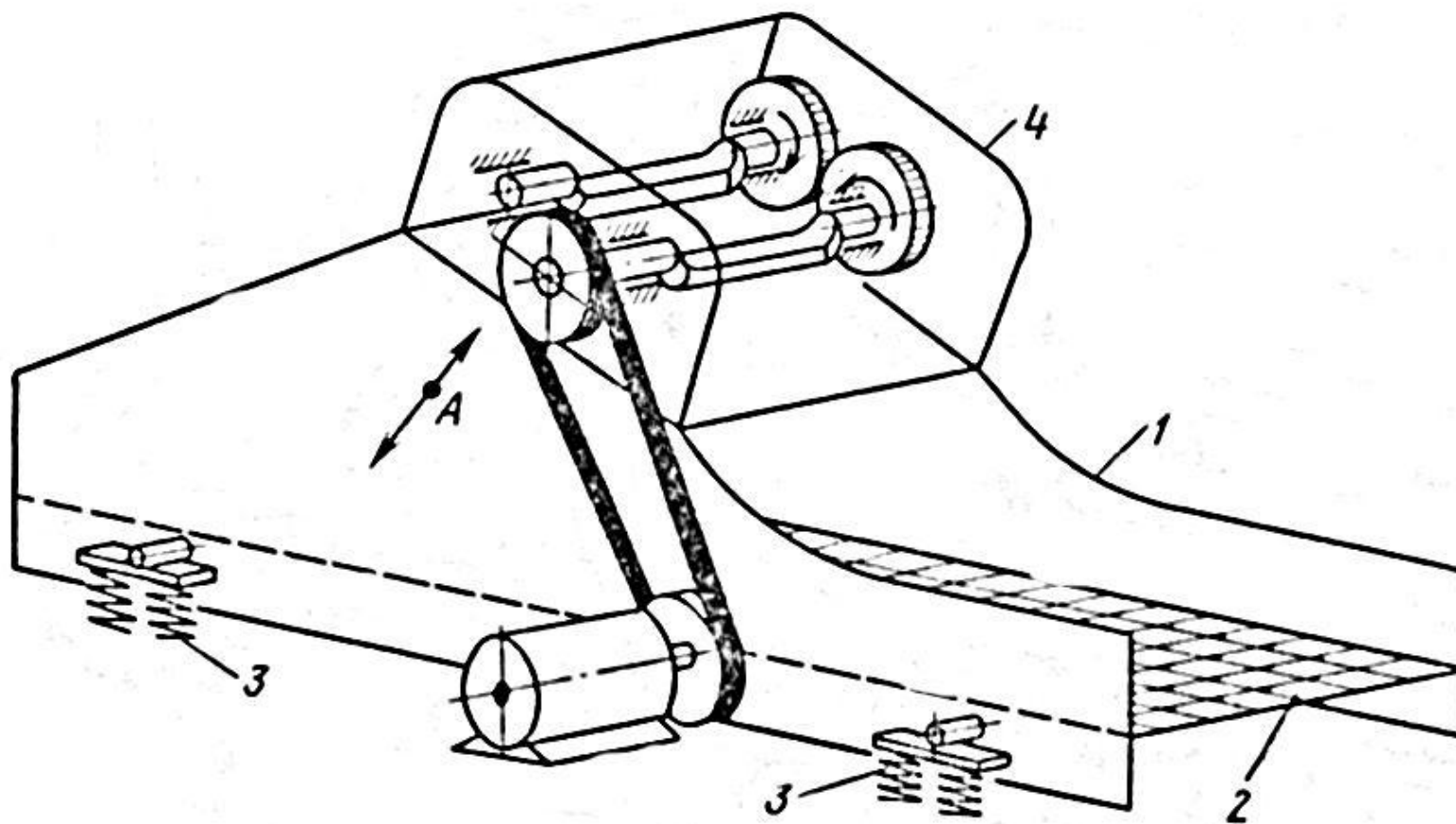


Схема грохота с самобалансным вибратором

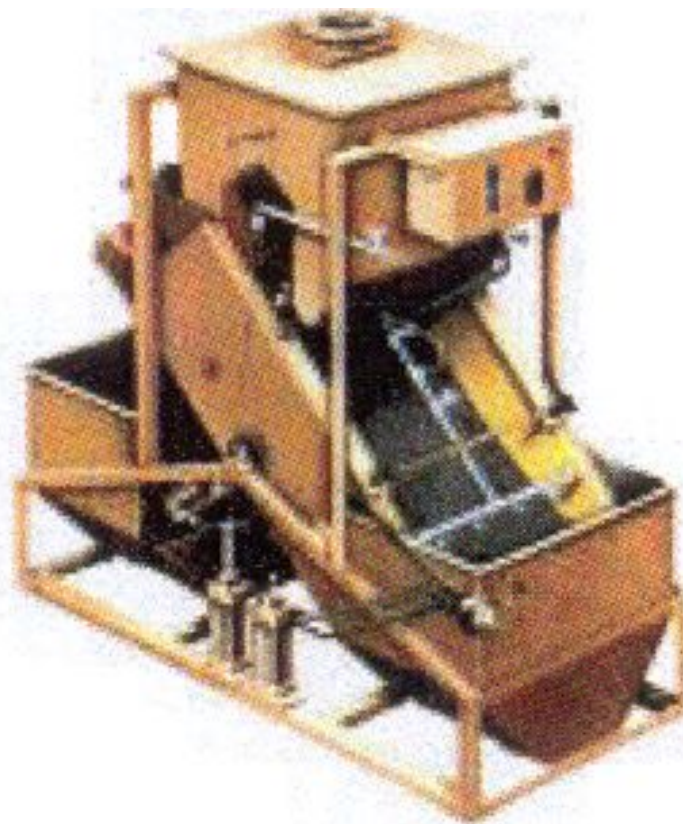
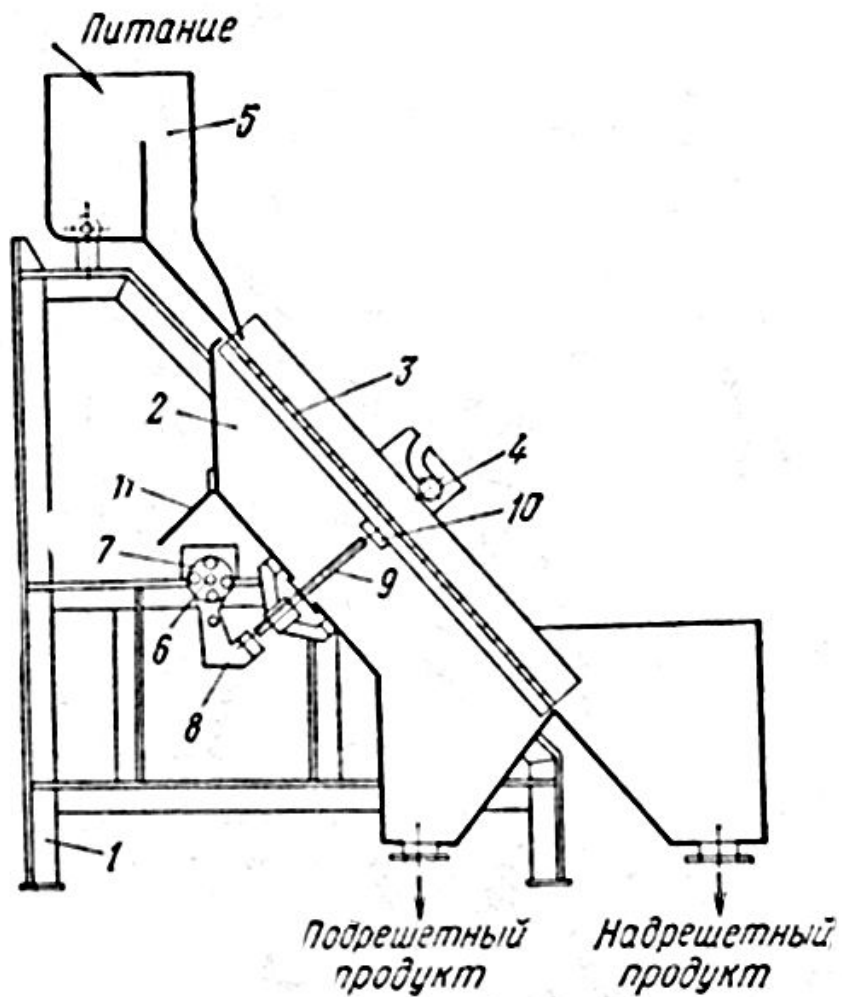


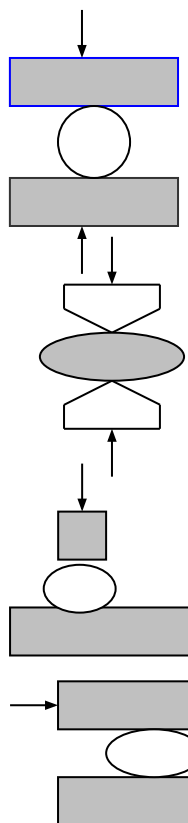
Схема и общий вид гидравлического грохота ГПГ 0,75

Процессы дробления и измельчения

Процессы дробления и измельчения применяются для доведения минерального сырья до необходимой крупности, требуемого гранулометрического состава или заданной степени раскрытия минеральных сростков. При этом зерна разрушаются под действием внешних сил преимущественно по ослабленным сечениям, имеющим трещиноватости или другие дефекты структуры, при переходе предела прочности материала на сжатие, растяжение, изгиб и сдвиг.

Различные способы дробления и измельчения отличаются видом основной необратимой деформации.

Основные способы разрушения:



1. Раздавливание– разрушение, возникающее при превышении предела прочности при сжатии.

2. Раскалывание – разрушение, возникающее при превышении предела прочности при растяжении.

3. Удар – разрушение, возникающее при динамических нагрузках на зерно.

4. Истирание– разрушение, возникающее при превышении предела прочности при сдвиге.

5. Излом – разрушение, возникающее при превышении предела прочности при изгибе.

Классификация дробильного оборудования

По технологическому назначению все машины, применяемые для разрушения кусков руды, делятся на две основные разновидности: дробилки и мельницы.

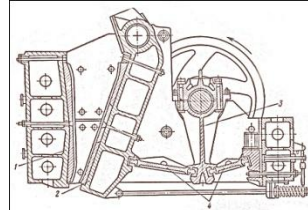
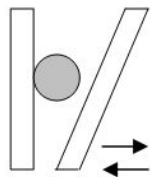
В дробилках между дробящими деталями всегда имеется некоторый зазор, заполняемый материалом при работе под нагрузкой и остающийся свободным при работе на холостом ходу.

В мельницах измельчающие детали отделяются друг от друга слоем материала только под нагрузкой, а при работе на холостом ходу они соприкасаются.

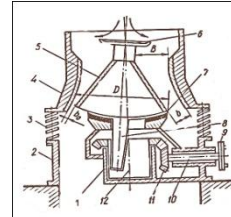
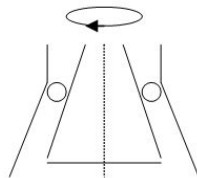
Дробилки, благодаря наличию некоторого «калибрующего» зазора выдают преимущественно крупный продукт с относительно небольшим количеством тонких фракций. Мельницы, где рабочий зазор между измельчающими телами приближается к нулю, выдают преимущественно порошкообразный продукт, с преобладанием мелких фракций.

В зависимости от способа разрушения материала **дробилки делятся** на:

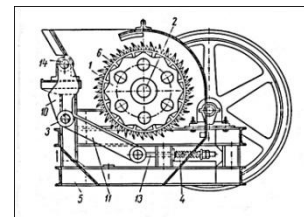
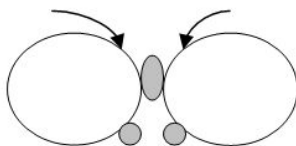
1. Щековые – разрушение материала раздавливанием, раскалыванием и частичным истиранием в рабочем пространстве, образованном двумя щеками, при их периодическом сближении (крупное дробление).



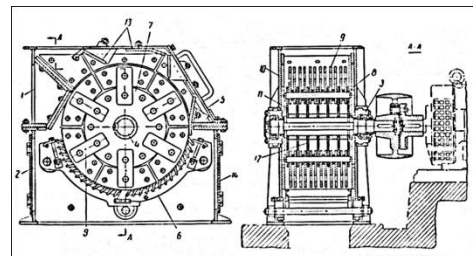
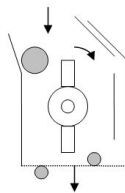
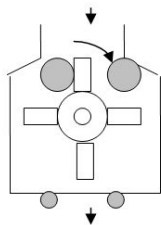
2. Конусные - материал дробится раздавливанием, изломом и частичным истиранием между двумя коническими поверхностями, одна из которых движется эксцентрично по отношению к другой (крупное, среднее и мелкое дробление).



3. Валковые дробилки - раздавливание материала между валками, вращающимися на встречу друг другу или между валками и колосниковой решеткой.



4. Ударные дробилки – делятся на молотковые и роторные – основной способ разрушения удар шарнирно подвешенных молотков или жестко укрепленных бил.



Классификация мельниц

I. В зависимости от способа разрушения руды различают:

- *аэродинамические, или струйные мельницы* (без измельчающих тел) – разрушение руды происходит за счет ударов о броню или за счет соударения кусков материала, движущихся с большой скоростью (100-200 м/сек) в потоках газовых струй;
- *механические мельницы* с мелющими телами, которые в свою очередь делятся на: барабанные, роликовые, чашевые (бегунные) и дисковые.

II. В зависимости от формы барабана мельницы делятся на:

- цилиндрические;
- цилиндроконические.

III. В зависимости от размера барабана цилиндрические мельницы могут быть:

- короткие ($L \leq D$);
- длинные ($L = 2-3D$);
- трубные ($L \geq 3D$).

IV. В зависимости от характера движения барабанные мельницы делятся на:

- вращающиеся мельницы (тихоходные) – движение вокруг горизонтальной оси;
- вибрационные мельницы (быстроходные) – барабан мельницы приводится в колебательное движение от дебалансного вибратора, что приводит к перекачиванию находящихся в нем шаров;
- центробежные мельницы (быстроходные) – с неподвижным вертикальным барабаном и вращающимся внутри него ротором – валом с водилами для роликов. Обкатка роликов и раздавливание ими частиц материала происходит за счет центробежных сил инерции.

Параметры механического режима работы мельниц

Механический режим работы барабанных мельниц характеризуют два основных параметра:

1. Относительная скорость вращения барабана, т.е. отношение действительной скорости вращения n к условной критической $n_{кр}$

$$\psi = \frac{n}{n_{кр}}$$

2. Относительное заполнение мельницы измельчающими шарами, т.е. отношение объема, занятого шарами (до начала движения), к общему объему барабана

$$\varphi = \frac{V_{ш}}{V}$$

Условной критической скоростью вращения барабана считают скорость, при которой центробежная сила инерции вращательного движения равна весу материальной точки наружного слоя, т.е. эта скорость, при которой материал находится в динамическом равновесии, не отрываясь от футеровки и вращается вместе с ней (центрифугирует).

$$n_{кр} = \frac{42,3}{\sqrt{D}} \text{ Об/мин, где } D\text{-диаметр барабана, м.}$$

В зависимости от принятых значений параметров ψ и ϕ для барабанных мельниц возможны три скоростных режима:

1. Каскадный – режим с перекатыванием мелющих тел без их отрыва и полета. Разрушение материала осуществляется за счет раздавливания и истирания материала между измельчающей средой, слоем материала и футеровочными плитами.

Данный режим благоприятен для стержневых мельниц, так как полет стержней может привести к их перекосам и неправильной укладке. Для шаровых мельниц данный режим применяется в основном при сухом измельчении.

2. Водопадный – режим с отрывом мелющих тел и их преимущественным полетом. Разрушение материала за счет удара падающих шаров и частичного истирания между измельчающей средой, слоем материала и футеровочными плитами.

Применяется для измельчения крупного материала.

3. Смешанный режим – характеризуется перекатыванием материала в барабане с единичным отрывом мелющих тел. Режим перехода от каскадного к водопадному.

Данный режим применяется для шаровых мельниц мокрого измельчения.

Обогащением называется процесс отделения полезной части сырья от пустой породы с целью повышения концентрации полезного компонента. В результате обогащения сырье разделяется на концентрат полезного компонента и хвосты с преобладанием в них пустой породы.

Количественными показателями процесса обогащения являются:

1. Выход концентрата - отношение массы полученного концентрата t_k к массе обогащаемого сырья t_c :

$$\Pi_k = t_k / t_c$$

2. Степень извлечения полезного компонента - представляющая отношение массы полезного компонента в концентрате m_{kk} к его массе в обогащаемом сырье.

$$X_i = m_{kk} / m_{kc}$$

3. Степень обогащения сырья - отношение массовой доли полезного компонента в концентрате к массовой доле его в обогащаемом сырье.

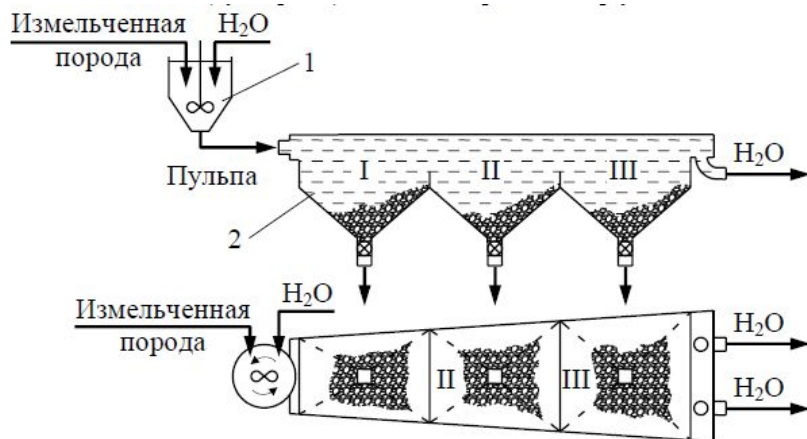
$$X_o = \mu / \mu_{kc}$$

Выбор метода обогащения зависит от агрегатного состояния и различия свойств компонентов сырья. При обогащении твердого сырья используются механические, химические и физико-химические методы.

К *механическим методам* обогащения относятся:

- гравитационные, основанные на различной скорости оседания частиц различной плотности и размеров в потоке газа или жидкости, или в поле центробежной силы;
- электромагнитные, основанные на различной магнитной проницаемости компонентов сырья;
 - электростатические, основанные на различной электрической проводимости компонентов сырья.

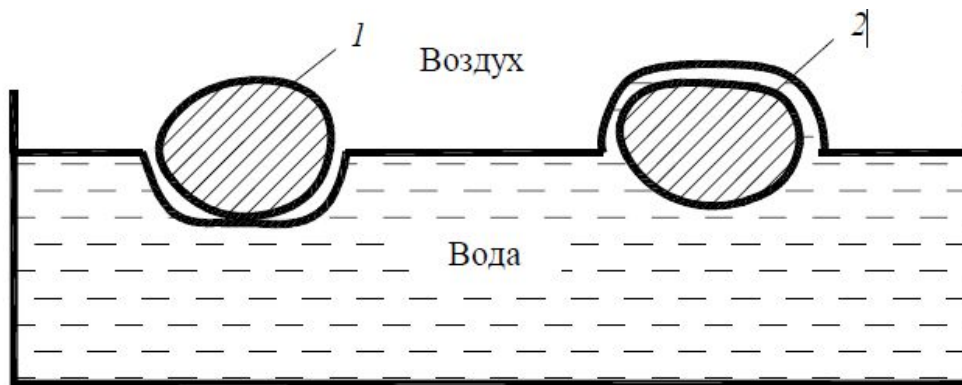
Гравитационные способы широко применяются для обогащения сырья в производстве силикатных материалов, минеральных солей и в металлургии. Существует много типов машин мокрого гравитационного обогащения, основанного на оседании частиц в потоке: гидравлические классификаторы, гравиемойки, концентрационные столы, отсадочные машины и т.п. Очень эффективно применение центробежных гидравлических классификаторов. Примером такого классификатора может служить гидроциклон.



Принципиальная схема мокрого гравитационного обогащения:

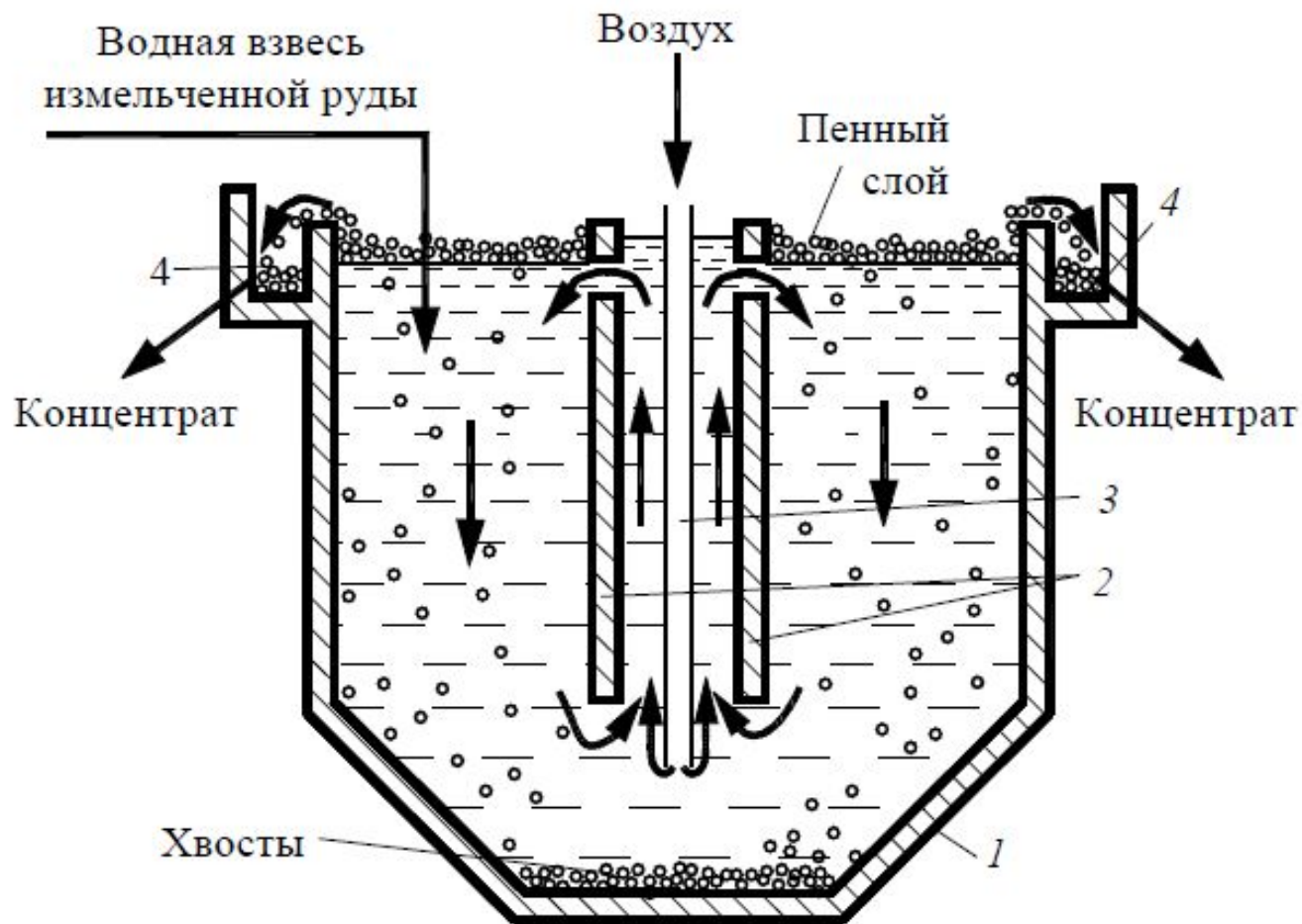
- 1-бак с мешалкой,
- 2 — осадительные камеры

К физико-химическим методам обогащения относится наиболее распространенный метод флотации. Флотацией называется метод обогащения твердого сырья, основанный на различии в смачиваемости его компонентов. На обогатительных фабриках флотационным методом разделяют на несколько фракций полиметаллические сульфидные руды, отделяют апатит от нефелина, обогащают каменные угли.



Разделение частиц несмачиваемого и смачиваемого материалов:

- 1 - несмачиваемая (гидрофобная) частица,
- 2 - смачиваемая (гидрофильная) частица



Флотационная машина с воздушным перемешиванием. 1-резервуар, 2-перегородки, 3-воздушная трубка.

Химическая промышленность - один из крупных потребителей воды. Вода используется почти во всех химических производствах для разнообразных целей. На отдельных химических предприятиях потребление воды достигает 1 млн м³ в сутки. Превращение воды в один из важнейших элементов химического производства объясняется:

- наличием комплекса ценных свойств (высокая теплоемкость, малая вязкость, низкая температура кипения);
- доступностью и дешевизной (затраты исключительно на извлечение и очистку);
- не токсичностью;
- удобством использования в производстве и транспортировке.

В химической промышленности вода используется в следующих направлениях:

1. Для технологических целей в качестве:

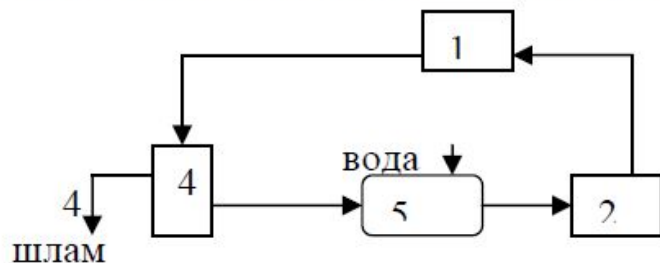
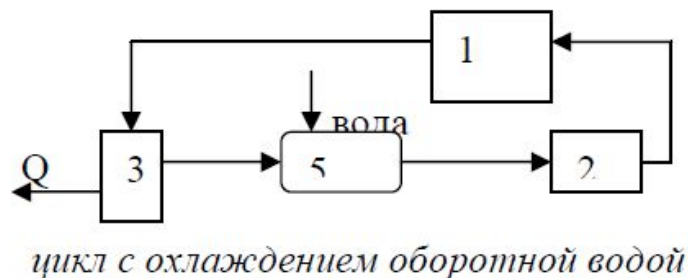
- растворителя твердых, жидких и газообразных веществ;
- среды для осуществления физических и механических процессов (флотация, транспортировка твердых материалов в виде пульпы);
- промывной жидкости для газов;
- экстрагента и абсорбента различных веществ.

2. Как теплоноситель (в виде горячей воды и пара) и хладагента для обогрева и охлаждения аппаратуры.

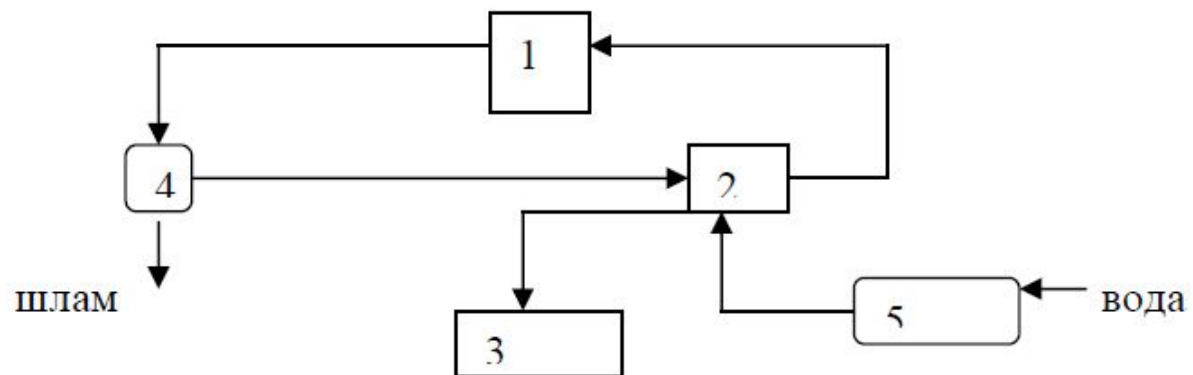
3. В качестве сырья и реагента для производства различной химической продукции (водорода, ацетилен, серной и азотной кислот.).

В химических производствах используется 3 схемы водооборота в зависимости от технологических изменений, которые вода претерпевает в процессе производства.

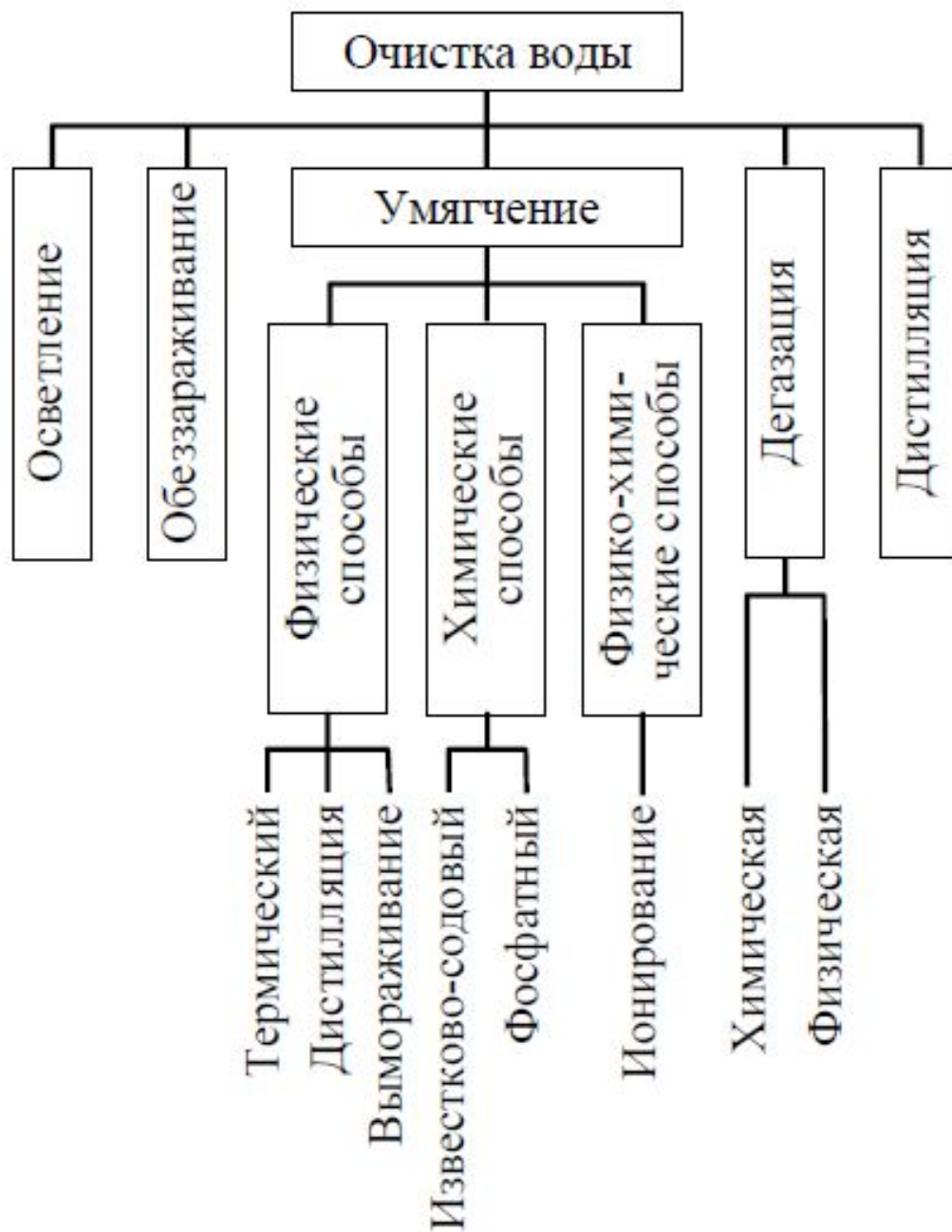
- Вода только нагревается и должна быть перед возвратом охлаждена в бассейне или градирне.
- Вода только загрязнена и должна быть перед возвращением очищена в специальных очистных сооружениях.
- Вода нагревается и загрязнена. Это комбинация 1 -го и 2 -го типа ВОЦ.



1- технологическая установка. 2 - насосная станция. 3-градирня. 4 -очистное сооружение, 5-камера для восполнения потерь воды
Цикл с очисткой оборотной воды

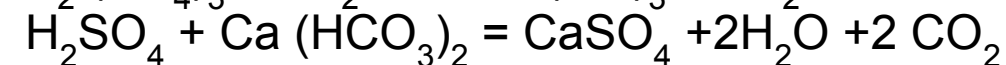
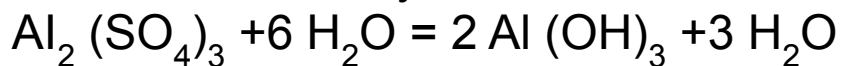


Цикл с очисткой и охлаждением оборотной воды

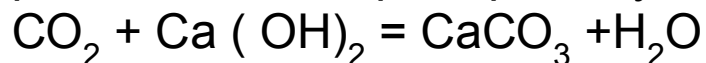


**Схема очистки
воды**

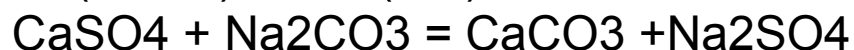
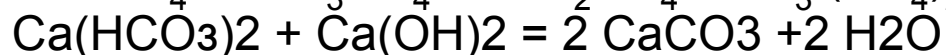
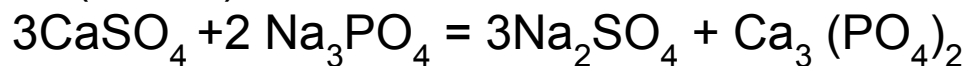
Коагуляция - высокоэффективный процесс разделения гетерогенных систем, в частности, выделение из воды мельчайших глинистых частиц и белковых веществ. Осуществляют коагуляцию введением в очищаемую воду небольших количеств электролитов $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 и др. соединений, называемых коагулянтами.



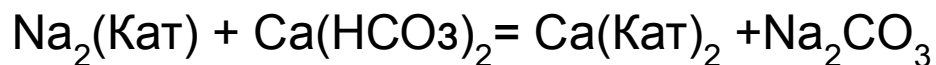
Дегазация — удаление из воды растворенных газов достигается химическим способом, при котором газы поглощаются химическими реагентами, например, в случае диоксида углерода:



Умягчением называется обработка воды для понижения ее жесткости, т.е. уменьшения концентрации ионов кальция и магния различными физическими, химическими и физико-химическими методами:



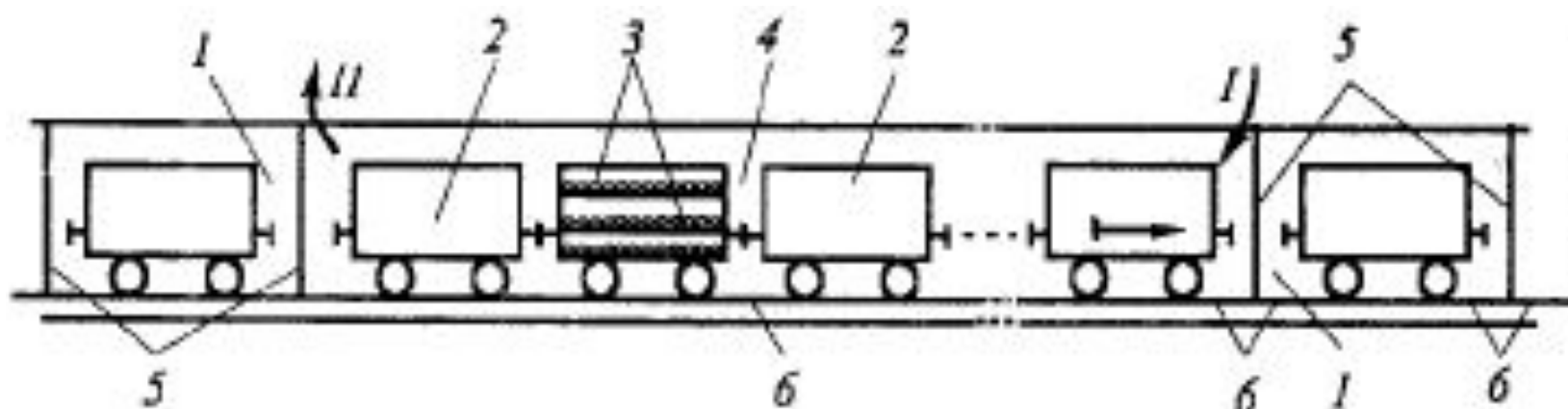
Метод ионного обмена



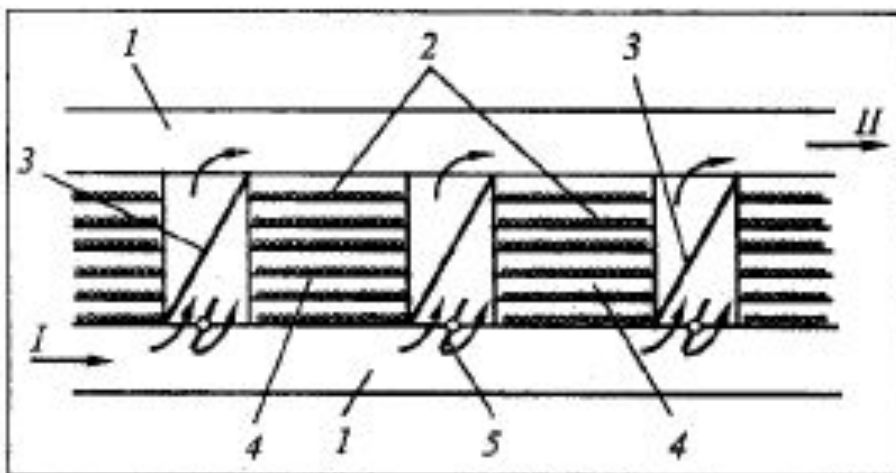
Водоподготовка в химическом производстве представляет весьма трудоемкий процесс и требует больших капитальных и эксплуатационных затрат. На современных химических предприятиях доля капитальных затрат на водоподготовку составляет 10-15% общего объема расходов на производство химической продукции.

Современные схемы промышленной водоподготовки включают все основные операции: осветление в грубых и коагуляционных отстойниках, фильтрование через зернистый материал, умягчение методом ионного обмена, дегазацию.

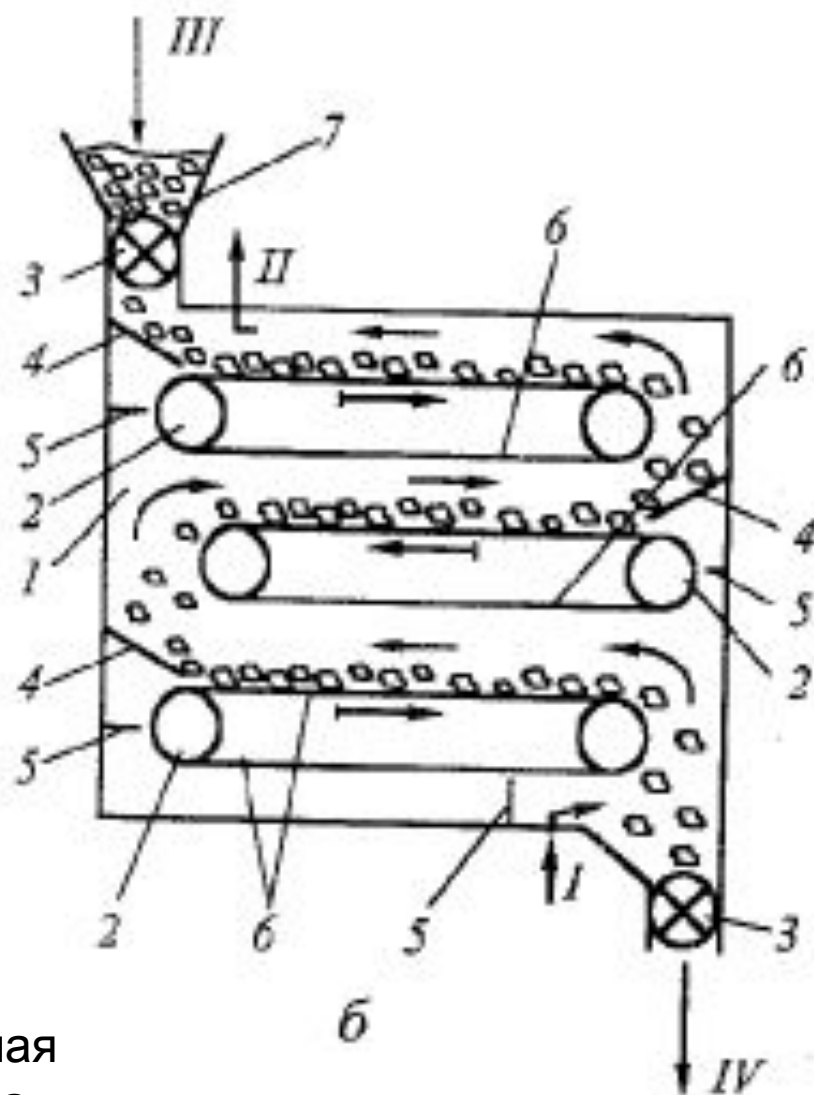
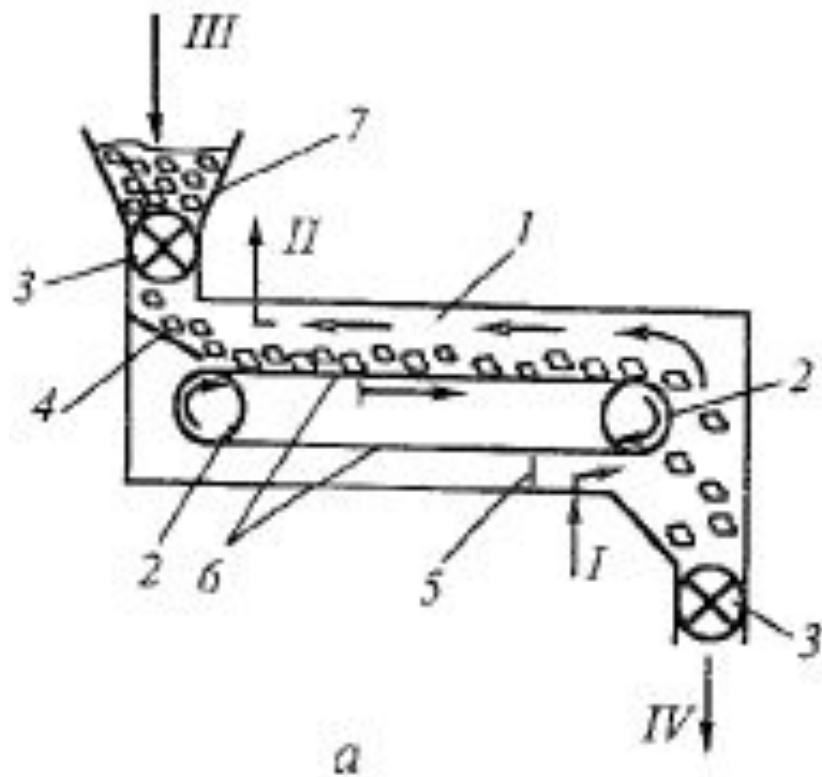
Сушка



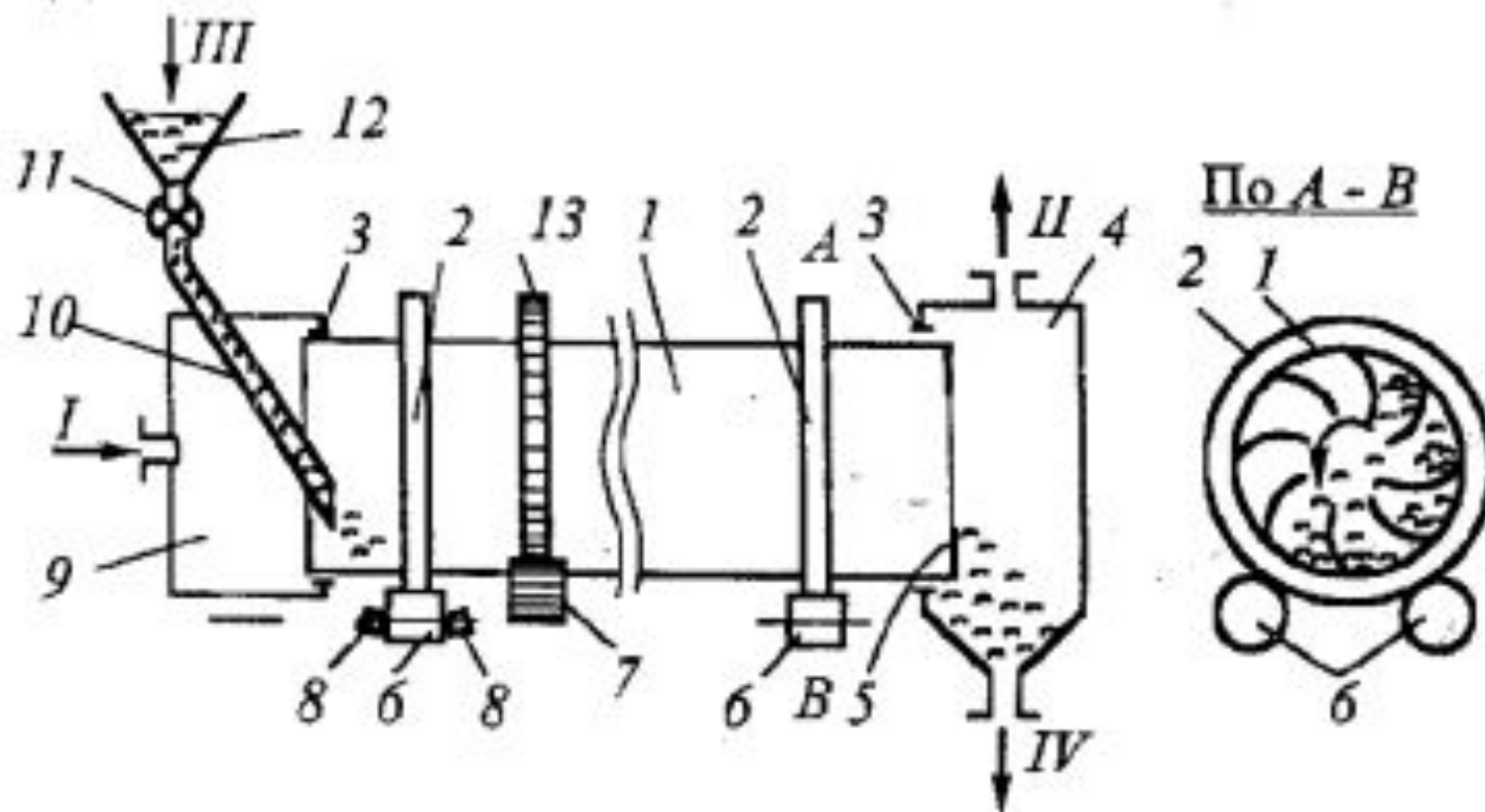
Туннельная сушилка



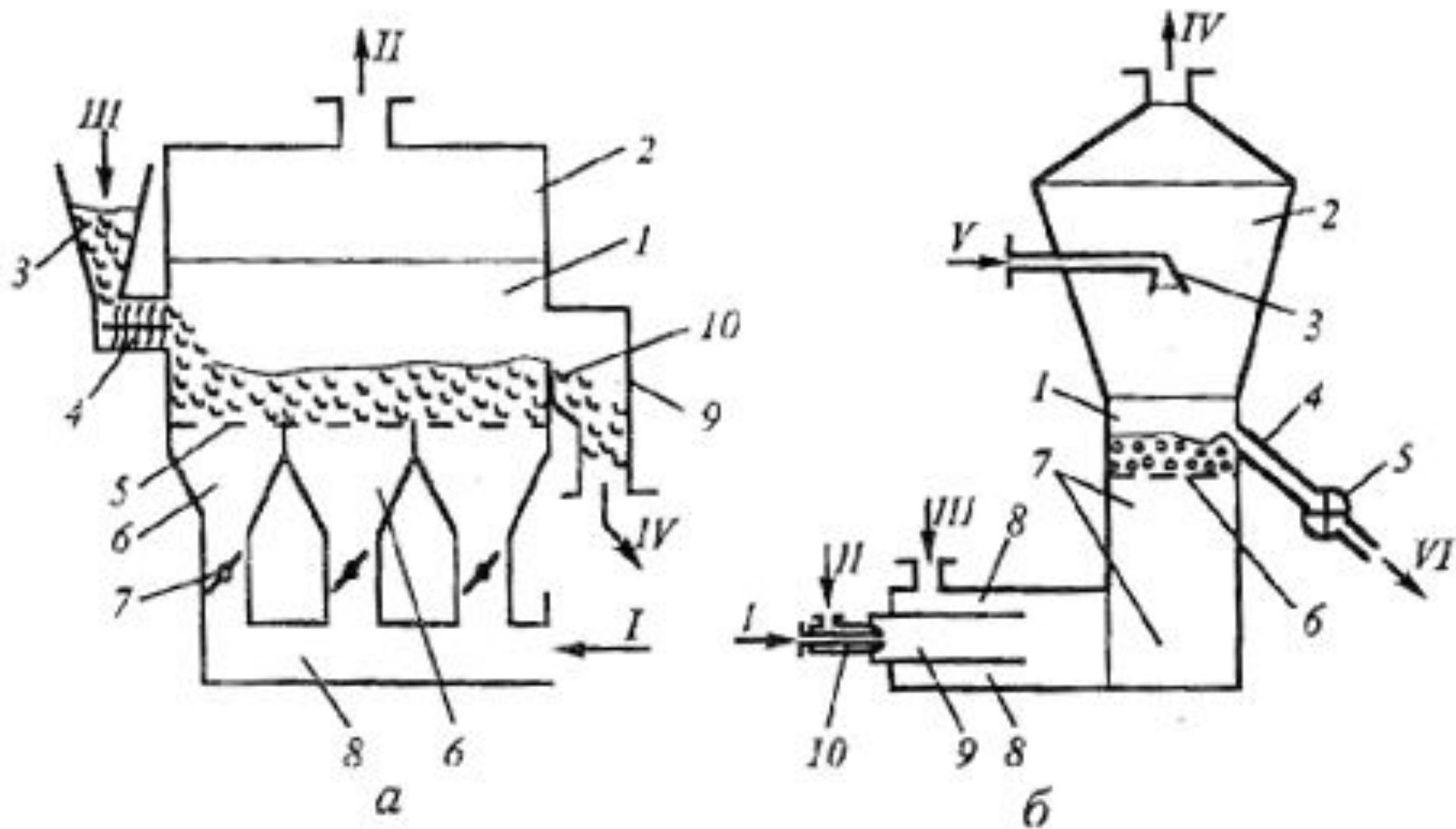
Камерная (полочная) сушилка



Ленточные сушилки: а - одноленточная сушилка, б - многоленточная сушилка.



Барабанная сушилка: а — общий вид, б — сечение (по опорной станции)



Сушилки с псевдоожиженным слоем:

а — аппарат для сушки зернистых материалов;

б) — аппарат для обезвоживания растворов или суспензий

Растворение и выщелачивание

Наиболее распространённые приёмы растворения:

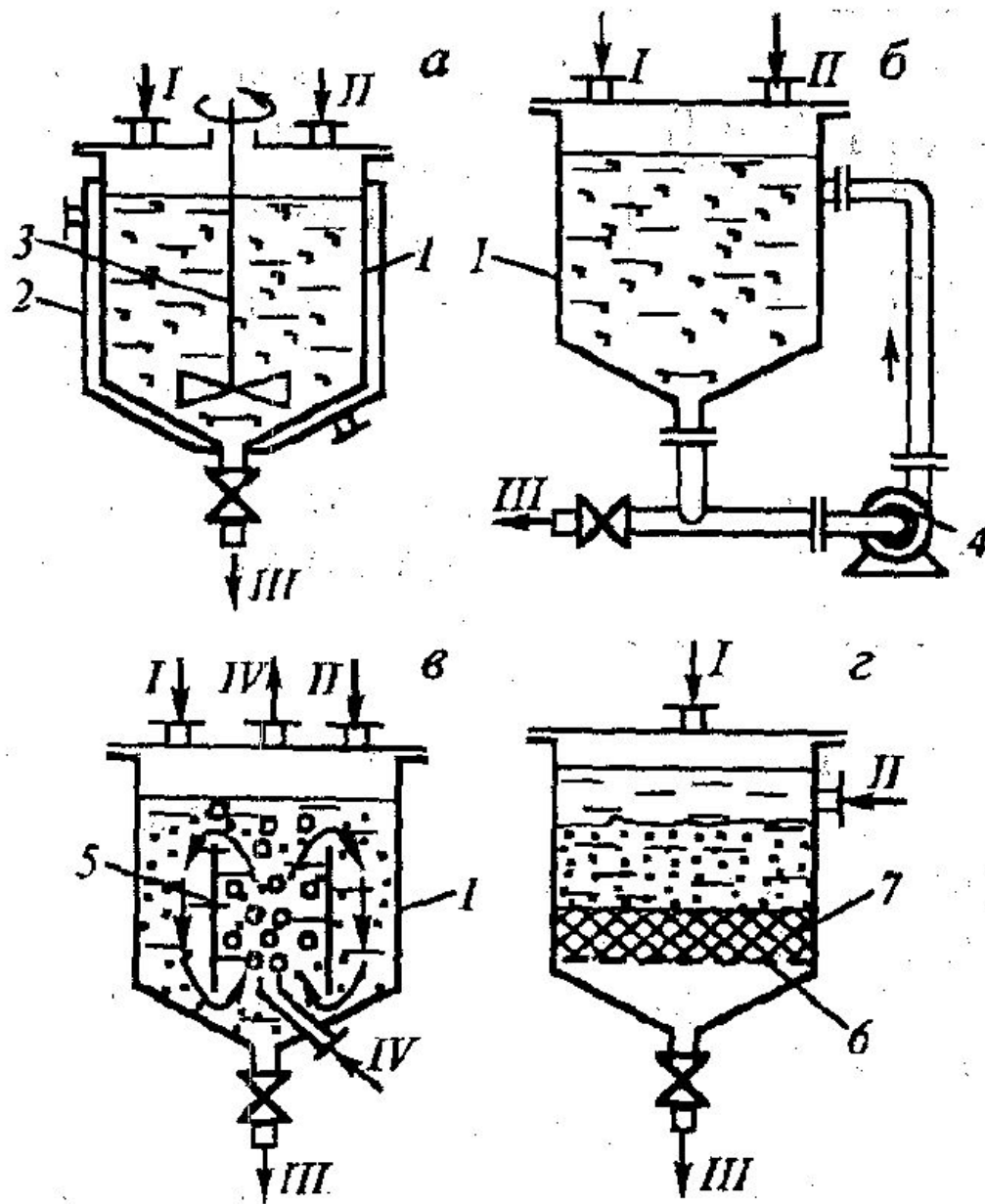
- ♦фильтрация растворителя через неподвижный слой, состоящий из частиц растворяемого материала;
- ♦фильтрация растворителя через взвешенный (кипящий) слой растворяемого материала;
- ♦движение по длинной трубе в ламинарном или турбулентном режимах двухфазного потока, состоящего из растворителя и взвешенных в нём растворяемых твёрдых частиц;
- ♦перемешивание в резервуарах с мешалками;
- ♦циркуляция двухфазной системы с помощью насоса (пескового);
- ♦барботажное перемешивание воздухом или другими газами;
- ♦перемешивание во вращающихся барабанах;
- ♦прямоточное или противоточное перемещение твёрдой и жидкой фаз в барабанных или шнековых растворителях;
- ♦подземное растворение путём подачи растворителя через скважину в слой растворяемой породы и выдавливания или откачки раствора на поверхность.

Термин «выщелачивание» применяют к таким процессам экстракции, в которых водой или водными растворами кислот, щелочей, солей извлекают содержащиеся в твёрдых смесях неорганические вещества. Примерами промышленных процессов выщелачивания являются извлечение хлорида калия из сильвинита, глинозёма из нефелинового спека, хроматов из хроматного спека, процессы кислотного извлечения компонентов полиминеральных руд и многие другие.

Для проведения процессов полного и частичного растворения используют аппараты разнообразной конструкции. При этом они должны по возможности удовлетворять следующим основным требованиям:

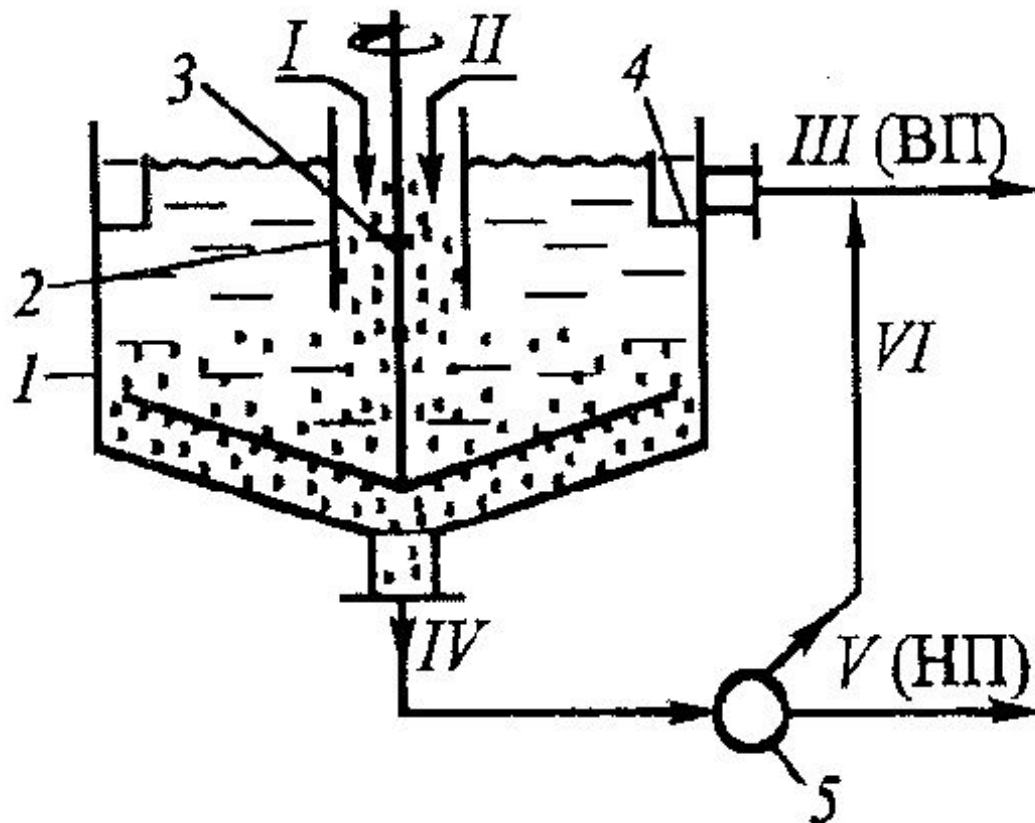
- обеспечивать высокую степень извлечения целевых компонентов;
- обеспечивать максимально высокую концентрацию получаемого раствора;
- обладать высокой удельной производительностью;
- характеризоваться низкими удельными затратами энергии.

По принципу действия все аппараты-растворители можно разделить на аппараты периодического, полунепрерывного и непрерывного действия.



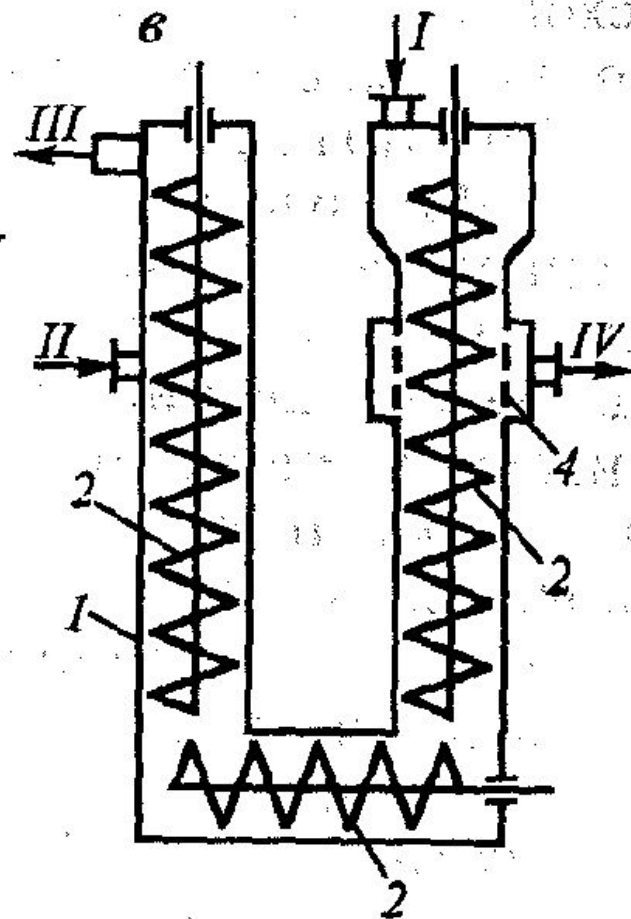
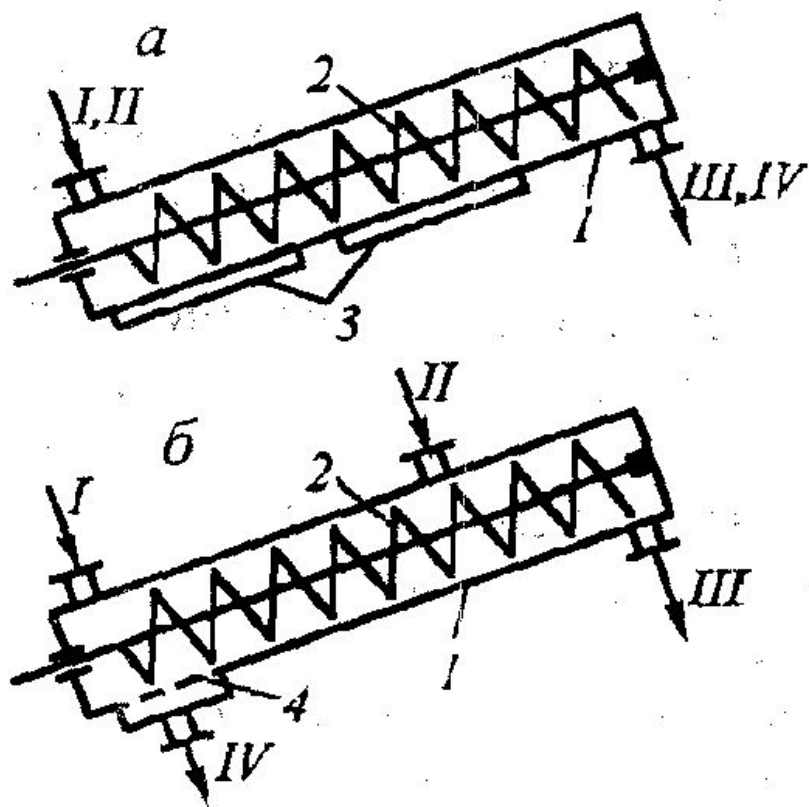
Схемы емкостных растворителей периодического действия.

а-с механической мешалкой, б - с внешним контуром циркуляции, в- с внутренней пневматической циркуляции суспензии, г - с фильтрацией через неподвижный слоя растворяемого вещества. 1- корпус аппарата, 2 - греющая рубашка. 3 - мешалка, 4 - насос, 5 - циркуляционная труба, 6-опорная решётка, 7- слой инертной насадки. I-исходное вещество, II-растворитель, III-конечная суспензия, IV-воздух.



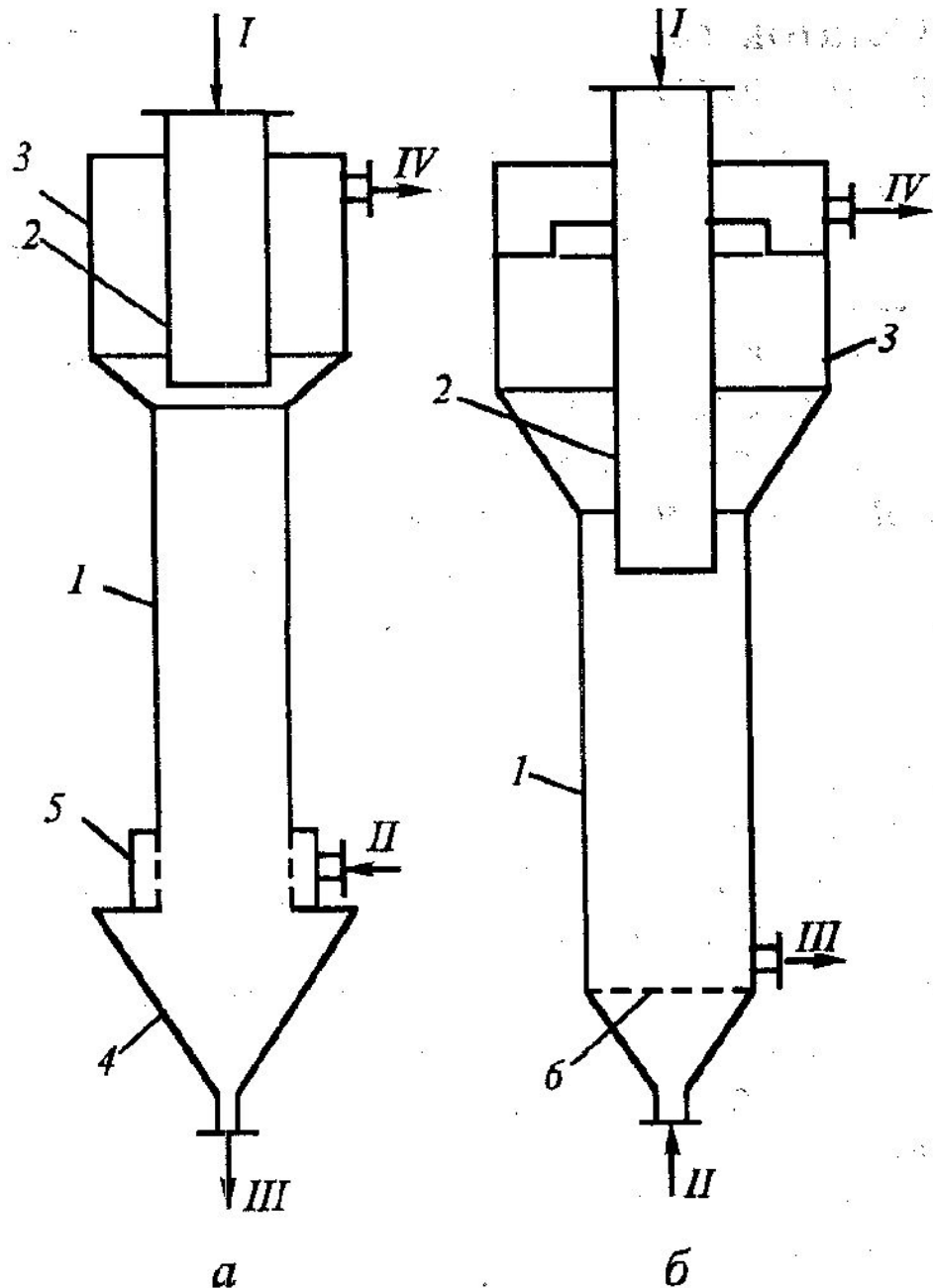
Экстрактор-отстойник для процессов выщелачивания.

1 — корпус, 2 — загрузочная труба, 3 — гребковая мешалка, 4 — приемный карман, 5 — сепаратор фаз; I — исходный материал, II — растворитель, III — раствор (экстракт), IV — пульпа (сгущённая суспензия), V — твердый остаток (рафинат), VI — отделённый раствор.



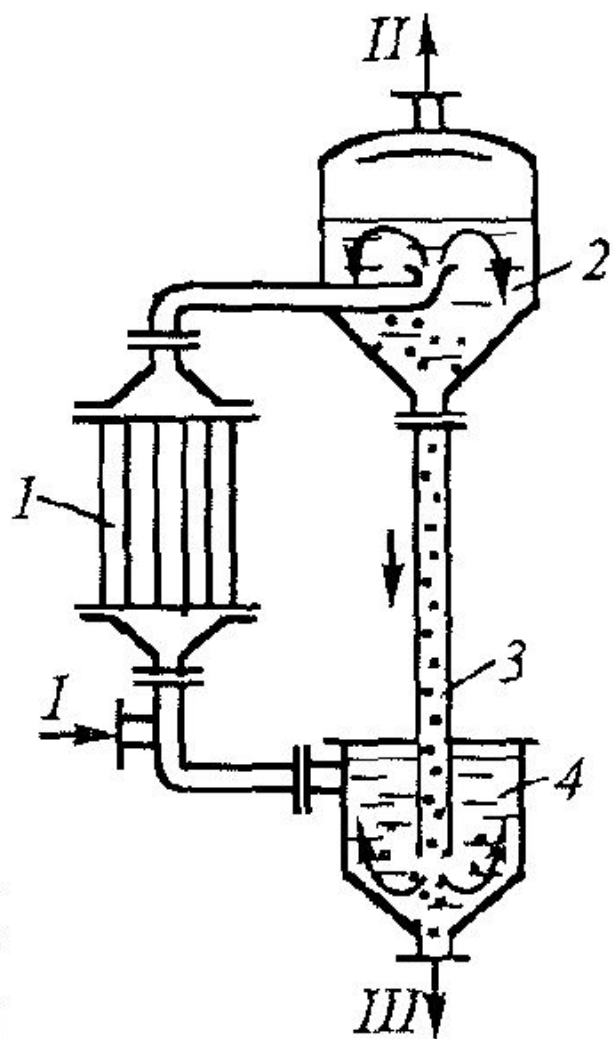
Шнековые растворители:

а- прямоточный, б - противоточный, в - трехколонный;
 I - исходное вещество. II - растворитель, Ш - твердый
 остаток, IV- конечный раствор (экстракт).



Колонные растворители с падающим (а) и псевдооживленным (б) слоем
 твердого материала: 1 — корпус аппарата, 2 — загрузочная труба, 3 — секция освещения раствора, 4 — отстойник твердой фазы, 5 — коллектор, 6 — распределительная решетка;
 I — исходное вещество, II — растворитель, III — твердый осадок, IV — конечный раствор

Кристаллизация при изменении растворимости, испарении растворителя и при химическом осаждении.



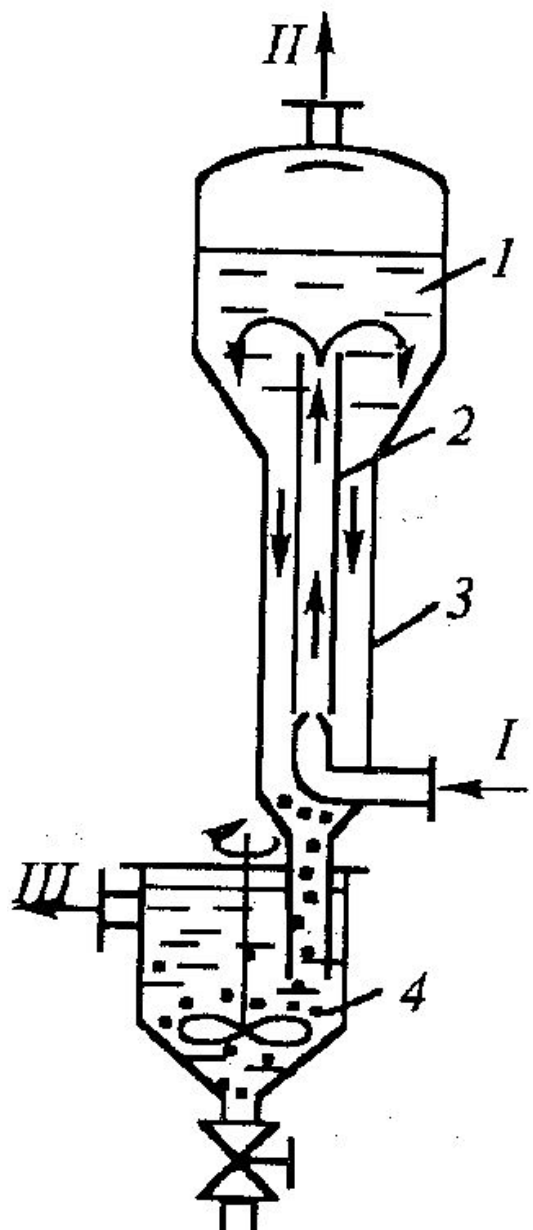
Выпарной кристаллизатор с выносной греющей камерой

1-греющая камера,

2 –сепаратор,

3 - циркуляционная труба,

4 - отделитель кристаллов



Вакуум-кристаллизатор с
естественной
циркуляцией раствора:
1-сепаратор,
2-циркуляционная труба,
3-барометрическая труба,
4-гидрозатвор;
I-исходный раствор,
II - вторичный пар,
III - кристаллизат

Гранулирование.

Процесс гранулирования порошков обычно состоит из двух стадий:

1) формирование гранул путём структурирования увлажненного порошкообразного материала, т. е. превращение его в укрупненные комочки;

2) высушивание их для придания прочности. Иногда обе стадии совмещаются в одном аппарате.

Основными характеристиками гранулированных продуктов являются:

— их гранулометрический (фракционный) состав;

— статическая прочность, определяемая статическим усилием (отнесенным к миделеву сечению гранулы), необходимым для разрушения гранулы; (миделево сечение, мидель (от голландского *middel*, буквально — средний), — наибольшее по площади поперечное сечение тела плоскостью, перпендикулярной базовой оси (для осесимметричного — оси симметрии) тела.

— пористость гранулы,

-- слеживаемость, определяемая статическим усилием, необходимым для разрушения слежавшегося (обычно цилиндрической формы) образца — при фиксированных усилии прессования, температуре и влажности гранулированного материала.

Ряд требований предъявляют только к отдельным видам гранулированных продуктов. Это:

- гигроскопичность гранулированного материала (способность последнего поглощать влагу);
- устойчивость гранул к термическим циклам нагрев-охлаждение (обычно для веществ, претерпевающих в определенном диапазоне температур полиморфное превращение, например NH_4NO_3); устойчивость определяется числом термических циклов, предшествующих появлению первых разрушенных гранул;
- впитывающая способность гранул (обычно для веществ, гранулы которых для придания им потребительских свойств "пропитывают" жидкими компонентами, например промышленные взрывчатые вещества на основе аммиачной селитры); такая способность определяется объемной (массовой) долей впитавшегося жидкого компонента;
- статическая (обменная) емкость гранулированных адсорбентов (ионообменных смол) и ряд других показателей.

Гранулообразование включает в себя два этапа: формование и структурирование гранулы.

На этапе формования исходному гранулируемому материалу придают форму, которую он должен иметь в гранулированном виде.

На этапе структурирования в теле гранулы окончательно формируются связи между образующими ее частицами (кристаллами), и возникает гетерофазная структура, обеспечивающая требуемые потребительские свойства гранулированного продукта. В различных процессах гранулирования эти этапы могут протекать последовательно и параллельно во времени.

Для реализации стадий формования и структурирования необходимо обеспечить взаимодействие частиц гранулируемого вещества — чаще всего это делается за счет подвода механической энергии в гранулируемый слой. Она сообщается слою гранулируемого вещества:

- рабочими органами грануляторов (лопастями, тарелками, движущимися частями барабанов, лент, дисков, валками, бегунами и тд.),
- теплоносителями в виде кинетической и потенциальной энергии (гранулирование в псевдоожиженном, вихревом, фонтанирующем и других слоях),
- либо аккумулируется в виде потенциальной или кинетической энергии гранулируемого вещества, вводимого в гранулятор (при диспергировании капель расплавов, растворов в поток теплоносителя или в гранулируемый слой).

Связи между частицами при формировании и структурировании гранул можно подразделить на три основных класса: твердофазные мостики; жидкофазные мостики, механические связи и притяжение между твердыми частицами.

Твердофазные мостики возникают за счет:

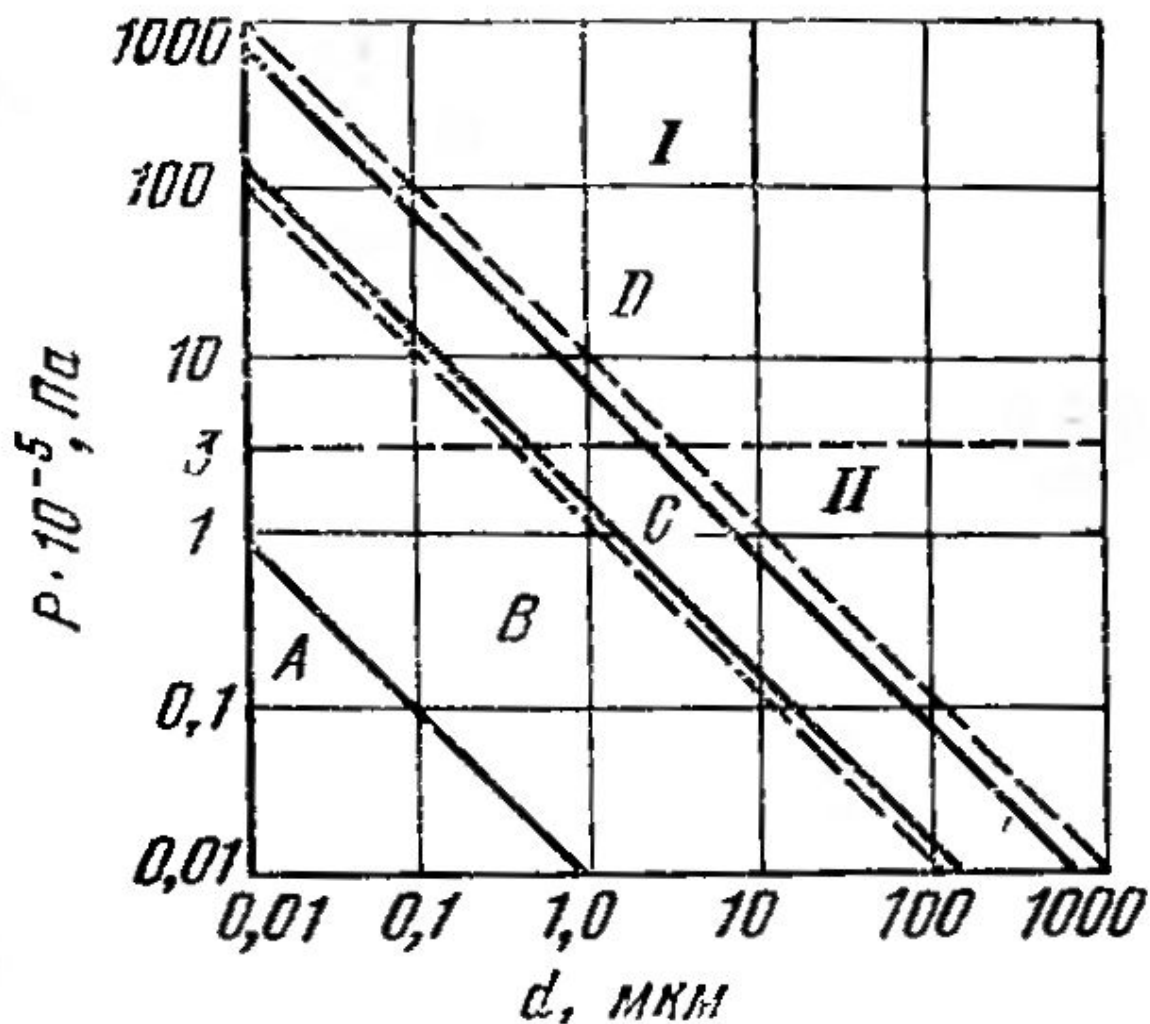
- диффузии молекул или атомов в точках контакта между частицами;
- плавления и затвердевания вещества в этих точках;
 - кристаллизации растворенных веществ при сушке,
 - химической реакции.

Жидкофазные мостики возникают за счет:

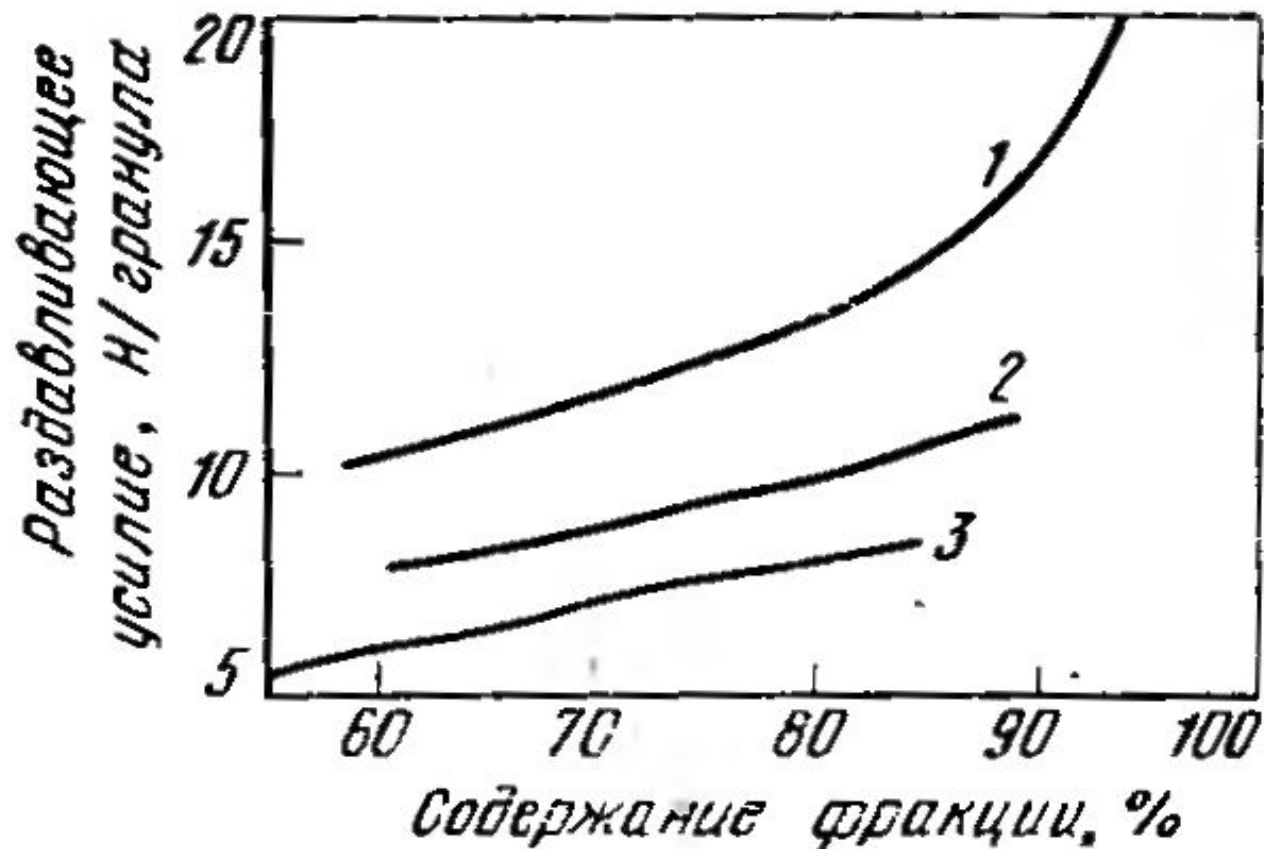
- поверхностного натяжения пленки жидкости;
- вязких свойств связующего;
- молекулярного притяжения в адсорбированных тонких слоях.



Классификация связей между частицами при росте и формировании гранул

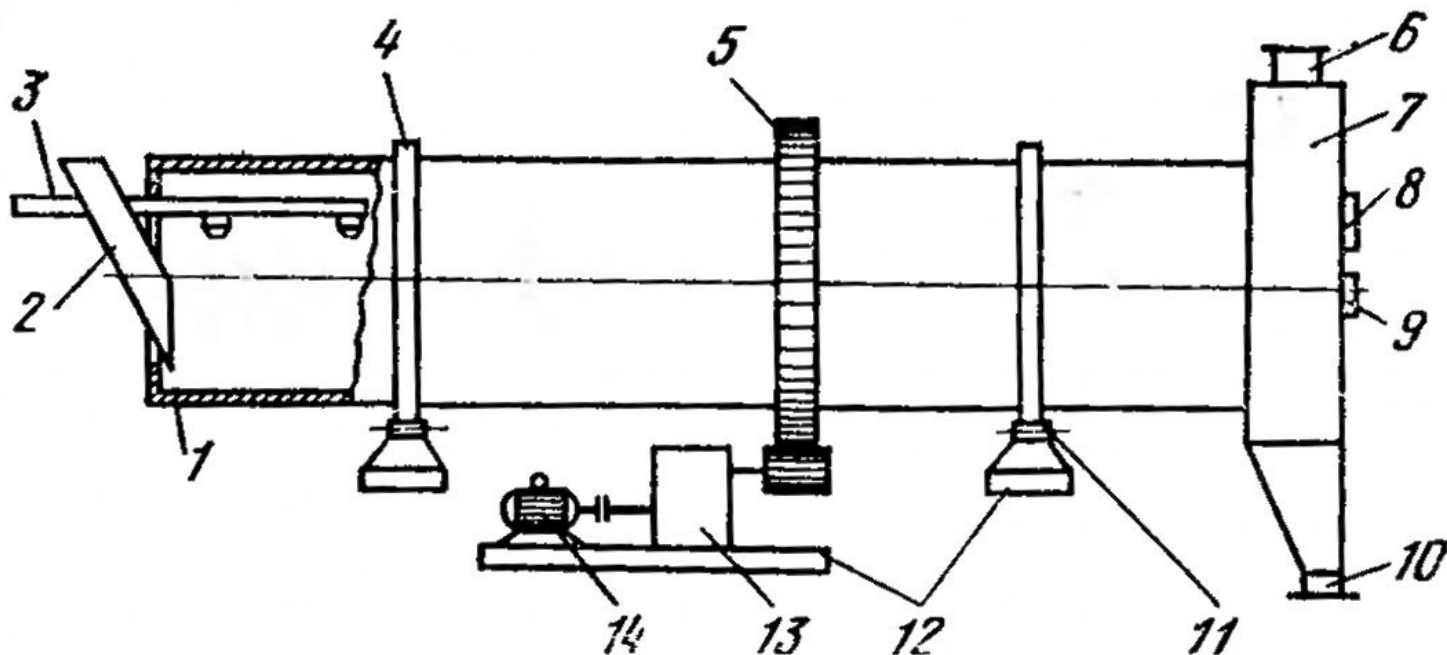


Сопоставление связей между частицами при различных механизмах сцепления и размерах частиц.

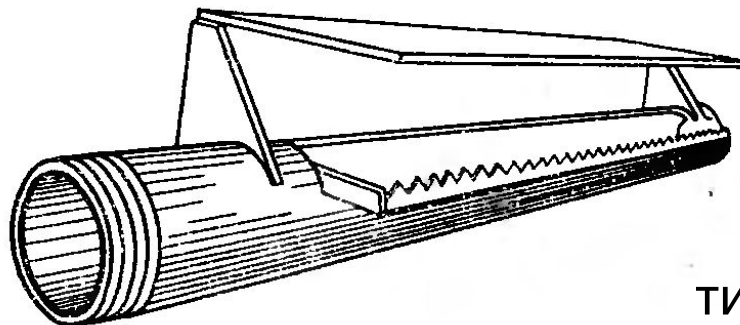


Зависимость прочности гранул железорудных материалов от содержания мелких фракций:
1 — 0.04 мм; 2 — 0.05 мм; 3 — 0.053 мм.

Аппараты для гранулирования методом окатывания



Барабанный гранулятор: 1-обечайка; 2-точка для разгрузки порошка; 3 - распределитель связующего; 4- бандаж; 5- венцовая шестерня; 6 - патрубок для отсоса паров; 7- выгрузочная камера; 8-окно для подсветки; 9-смотровое окно; 10— патрубок для выгрузки гранул; 11— опорный ролик; 12- бетонные основание; 13-редуктор; 14-злектромотор.



Распределитель жидкости
типа «пила».

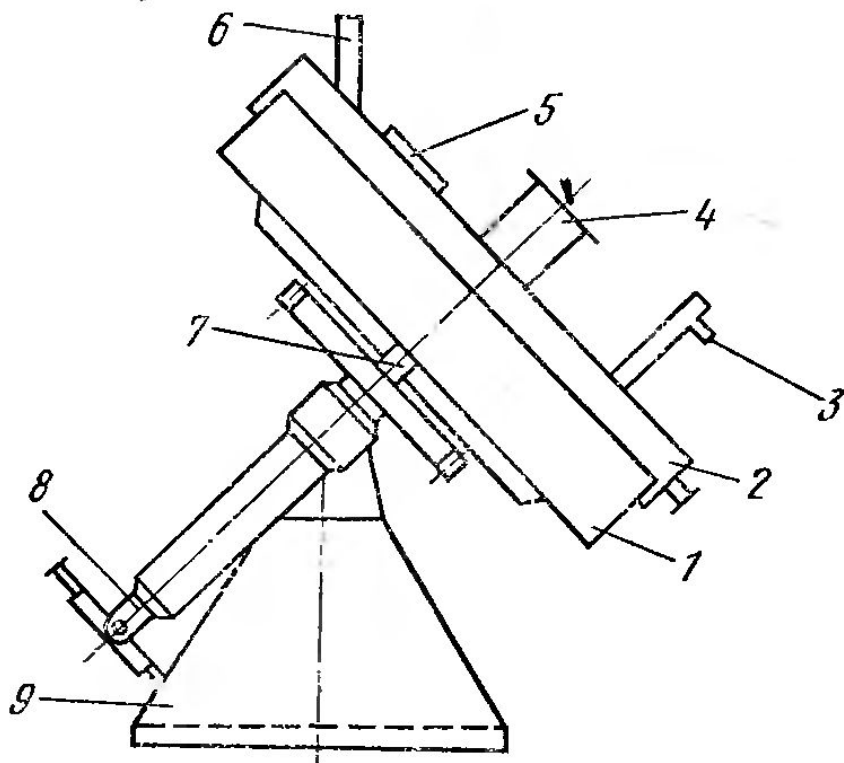


Схема тарельчатого гранулятора:

1 — вращающаяся
тарелка;
2 — герметизирующий
кожух; 3 — форсунка для
подачи жидкости; 4 —
патрубок для отсоса
паров; 5 — смотровое
окно; 6 — патрубок для
подачи порошка; 7 — вал;
8 — механизм для
изменения угла наклона
тарелки; 9 — рама

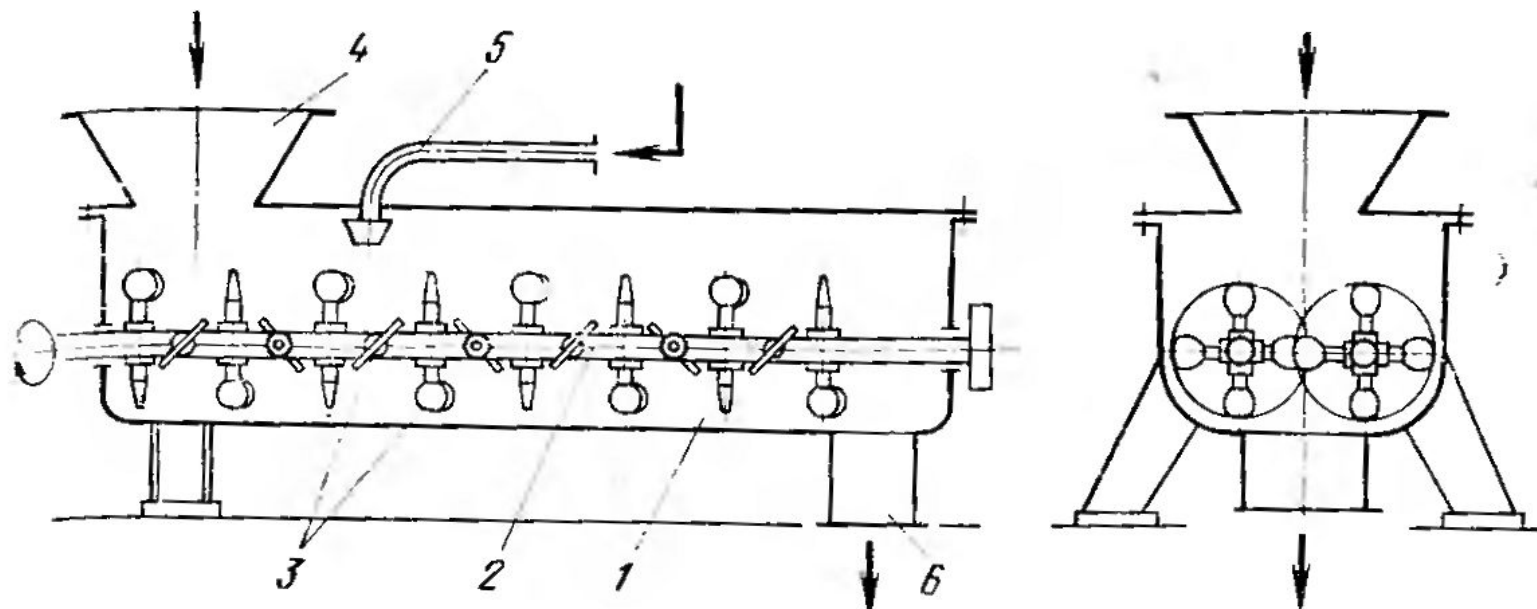
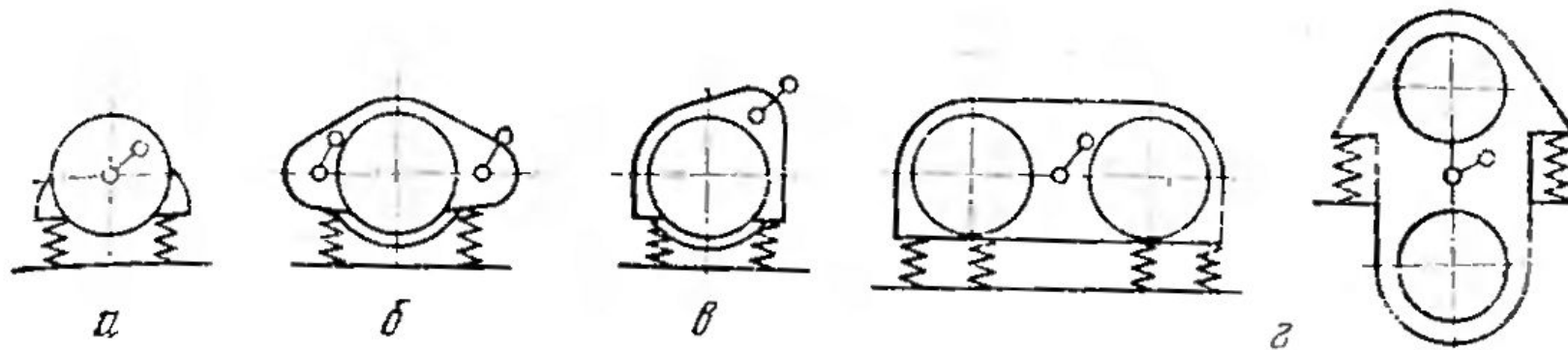


Схема лопастного гранулятора:
 1-корпус- 2-вращающийся вал; 3-лопасти; 4-
 загрузочная воронка; 5- распределитель
 жидкости; 6-выгрузной патрубок



Конструктивные схемы виброгрануляторов с цилиндрической камерой

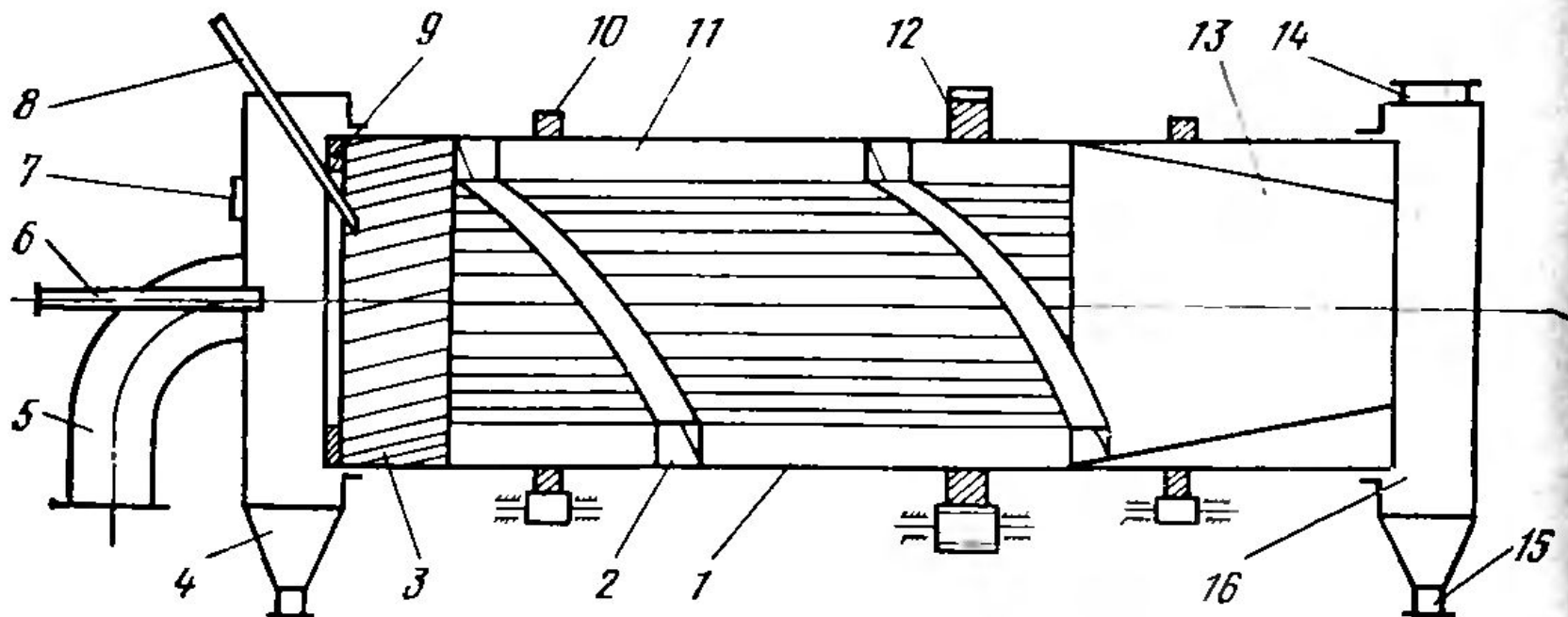
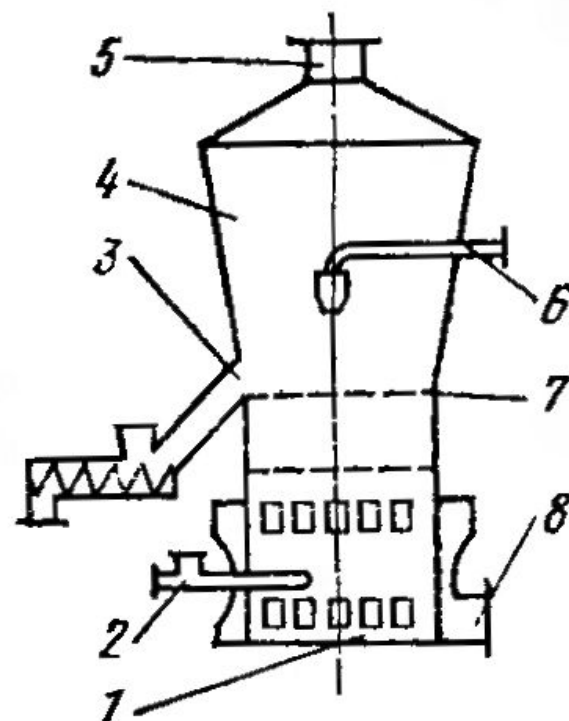
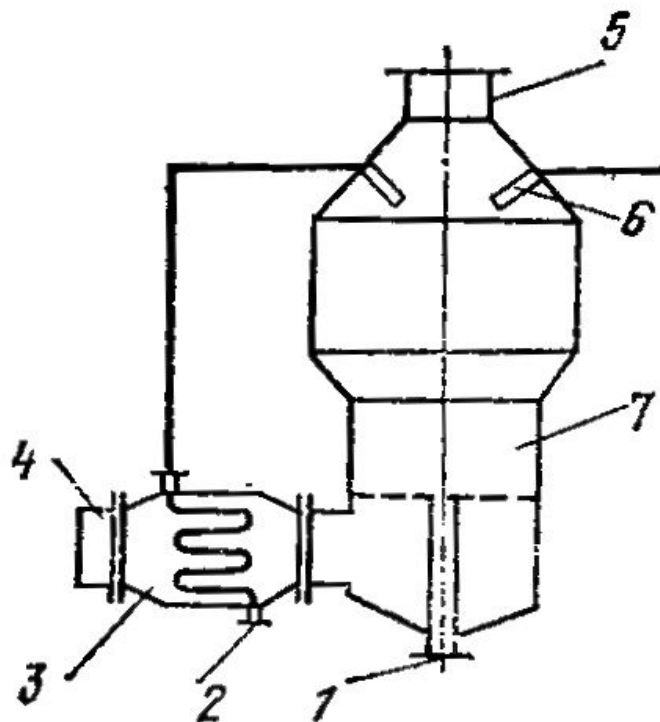


Схема барабанного гранулятора-сушилки (БГС):

1— корпус барабана; 2— обратный шнек; 3 — лопастная насадка; 4— загрузочная камера; 5 — патрубок для подвода сушильного агента; 6— форсунка для распиливания пульпы; 7 — смотровое окно; 8 — патрубок для подачи внешнего рецикла; 9 — подпорное кольцо; 10 - бандаж; 11 — полочная насадка; 12 — венцовая шестерня; 13 — конус-классификатор; 14—патрубок для отвода отработанного сушильного агента; 15 - патрубок для выгрузки гранул; 16 — выгрузная камера.

Грануляторы с псевдоожиженным слоем



Цилиндрический аппарат с центральной выгрузной и подачей предварительно перегретого раствора на слой: 1- патрубок для выгрузки продукта; 2-патрубок для ввода жидкости; 3-калорифер; 4-патрубок для ввода теплоносителя; 5-патрубок для выхода отработанного теплоносителя; 6-форсунка для жидкости; 7-корпус аппарата.

ГИГРОСКОПИЧНОСТЬ И СЛЁЖИВАЕМОСТЬ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Для устранения или уменьшения слёживания и сохранения сыпучести материалов используют разные, рассмотренные ниже способы и средства:

1) изготовление продуктов в виде крупных кристаллов. Мелкокристаллические продукты должны быть по возможности монодисперсными;

2) выпуск гранулированных (или брикетированных) продуктов с высокой статической прочностью гранул;

3) хорошее высушивание и охлаждение продуктов до температуры, близкой к температуре окружающей среды перед их подачей на склад;

4) хранение в закрытом складе с постоянными влажностью и температурой воздуха;

5) хранение в герметичной водонепроницаемой таре (мешки из полиэтиленовой и других плёнок, из крафтцеллюлозной или пропитанной гидрофобными веществами бумаги, барабаны из кровельного железа или жести) или в другой таре (джутовые мешки, ящики, бочки, картонные коробки). При хранении насыпью кучи должны быть невысокими и продукт следует периодически перемешивать (пересыпать);

6) использование модифицирующих или кондиционирующих добавок. Их вносят главным образом в такие продукты, в которых допустимо присутствие незначительных количеств этих посторонних веществ, например в минеральные удобрения.

ЭКСТРАГИРОВАНИЕ

Качествами *экстрагентов* обладает множество *органических* веществ с нейтральными, кислыми и основными свойствами, а также образующих внутрикомплексные соединения.

Для нейтральных экстрагентов характерны донорно-акцепторные связи. К их числу относят спирты, простые и сложные эфиры, кетоны и др. Наиболее сильными экстрагентами этой группы, получившими распространение в заводской практике, являются алкилфосфаты, сложные эфиры фосфорорганических кислот, например трибутиловый эфир фосфорной кислоты – трибутилфосфат (ТБФ) – $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{O}]_3\text{PO}_4$. Эти экстрагенты образуют координационные соединения с извлекаемыми компонентами. Реакцию их взаимодействия можно изобразить так:



где M и X – извлекаемые катион и анион; S – молекула экстрагента; m – сольватное число, значение которого различно для разных элементов (например, для большинства редкоземельных элементов $m = 3$). Экстракционная способность фосфорорганических соединений тем выше, чем меньше в их составе эфирных групп и больше углеводородных радикалов.

Растворители, имеющие ограниченную взаимную растворимость с водой, также могут применяться для обезвоживания раствора соли и её кристаллизации. Они экстрагируют воду из солевого раствора, в результате чего соль кристаллизуется. Чем больше давление водяного пара над солевым раствором, тем больше экстрагирует из него воды данный растворитель. Поэтому регенерировать растворитель можно, вторично экстрагируя из него воду другим водным солевым раствором, имеющим давление водяного пара более низкое, чем обезвоживаемый, или обрабатывая его твёрдой солью, которая превращается в водный раствор, отслаивающийся от органической жидкости.

Такие методы обезвоживания и кристаллизации солей могут конкурировать с выпариванием и другими методами в следующих случаях:

1) при наличии твёрдых солей или их насыщенных растворов, являющихся отходами производства; например, отход NaCl в производстве KCl из сильвинита может быть использован для выделения твёрдого KCl из его насыщенного раствора;

2) при переработке веществ, разлагающихся при температуре выпаривания их растворов. В этом случае с помощью органического растворителя воду передают другому солевому раствору, который не разлагается при выпаривании;

3) при переработке растворов, которые при нагревании сильно разрушают аппаратуру и т. п.

Методы разделения суспензий

Твердая фаза обычно выделяется из суспензии фильтрованием или осаждением. Фильтрование возможно под разрежением, давлением, под действием центробежных сил. Осаждение осуществляется под действием гравитационных либо центробежных сил.

В соответствии с этим для разделения суспензий могут быть использованы вакуум фильтры (нутч-фильтры), фильтры, работающие под давлением (друк-фильтр), фильтрующие или отстойные центрифуги, сепараторы или гидроциклоны. Кроме процесса разделения суспензии на твердую и жидкую фазу на фильтрах и центрифугах проводят ряд сопутствующих операций: промывку, обезвоживание, удаление с фильтрующей перегородки и из аппарата осадка, восстановление фильтрационных свойств фильтрующей перегородки. Часто разделение суспензии является не основным процессом. Основным же процессом, ради которого суспензию подают на фильтр или центрифугу, является отмывка твердой фазы от примесей.

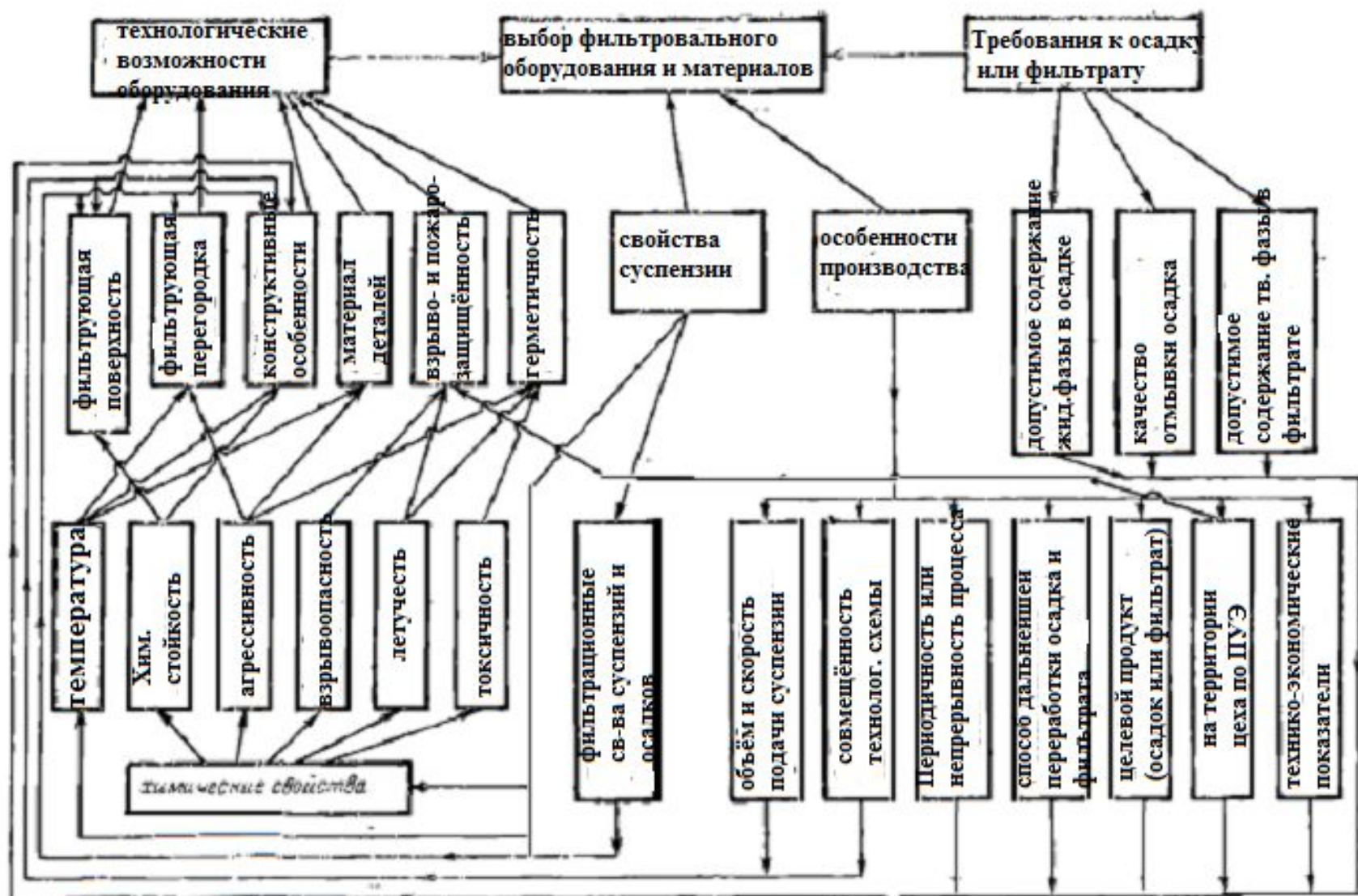


Схема влияния основных факторов на выбор оборудования и материалов для разделения суспензий

Оборудование для разделения суспензий классифицируют по следующим признакам:

1. По принципу действия — отстойники, работа которых основана на действии гравитационной силы; центрифуги, работающие под действием центробежной силы; фильтры, движущей силой в которых является перепад давления между областями, находящимися по обеим сторонам перегородки. В свою очередь центрифуги подразделяются на фильтрующие, осадительные и комбинированные. Отдельно рассматриваются сепараторы и гидроциклоны. Фильтры подразделяются на работающие под давлением, повышенным по сравнению с атмосферным, работающие под вакуумом, когда перепад давления создается в результате разрежения под фильтрующей перегородкой, и гравитационные фильтры, перепад давления в которых создается под действием гидростатического давления слоя разделяемой суспензии;

2. По конструктивным особенностям, т. е. по основному конструктивному признаку (фильтры с вращающимся барабаном, с движущейся лентой, центрифуги с горизонтальным или вертикальным валом и т. п.), по способу выгрузки осадка, исполнению оборудования в зависимости от степени герметизации и взрывозащищенности;
3. По степени механизации — механизированное и немеханизированное оборудование. Такая классификация важна для оценки удобства обслуживания, трудоемкости процесса, культуры производства, санитарно-гигиенических условий в цехе и т. д.;
4. По непрерывности или периодичности процесса разделения. В непрерывных производствах целесообразно использовать непрерывный процесс разделения суспензий. Непрерывно действующим считают оборудование, обеспечивающее непрерывную подачу суспензии и промывной жидкости, удаление осадка и фильтрата;

5. По взаимным направлениям действия силы тяжести и движения фильтрата: оборудование, в котором направление действия движущей силы процесса (направление движения фильтрата) и направление действия силы тяжести совпадают, противоположны или перпендикулярны. Такая классификация обоснована, поскольку осаждение твердых частиц суспензии под действием силы тяжести имеет большое значение для процесса разделения и условий работы оборудования, но не всегда удобна, так как близкие по конструкции фильтры попадают в различные классы;

6. По области применения оборудования — такая классификация удобна для специалистов, занимающихся выбором аппаратуры для конкретных стадий разделения суспензий с определенными свойствами, однако приводит к тому, что в один и тот же класс входят совершенно различные типы оборудования, отличающиеся не только по конструктивным особенностям, но и по принципу действия. Например, центрифуги и барабанные вакуум-фильтры входят в один и тот же класс оборудования для разделения грубодисперсных суспензий, а центробежные сепараторы и патронные фильтры — в класс оборудования для разделения высокодисперсных суспензий.

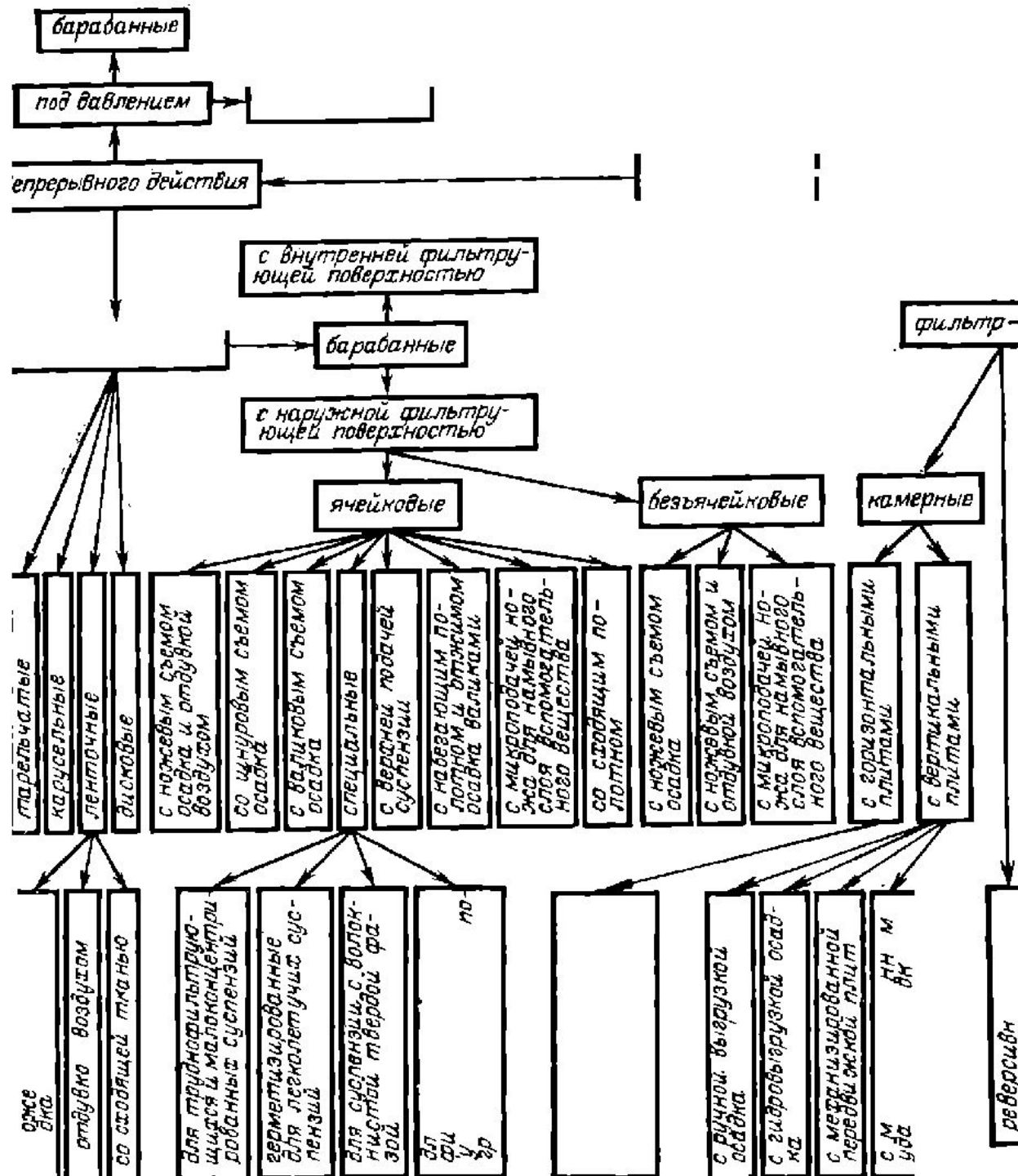
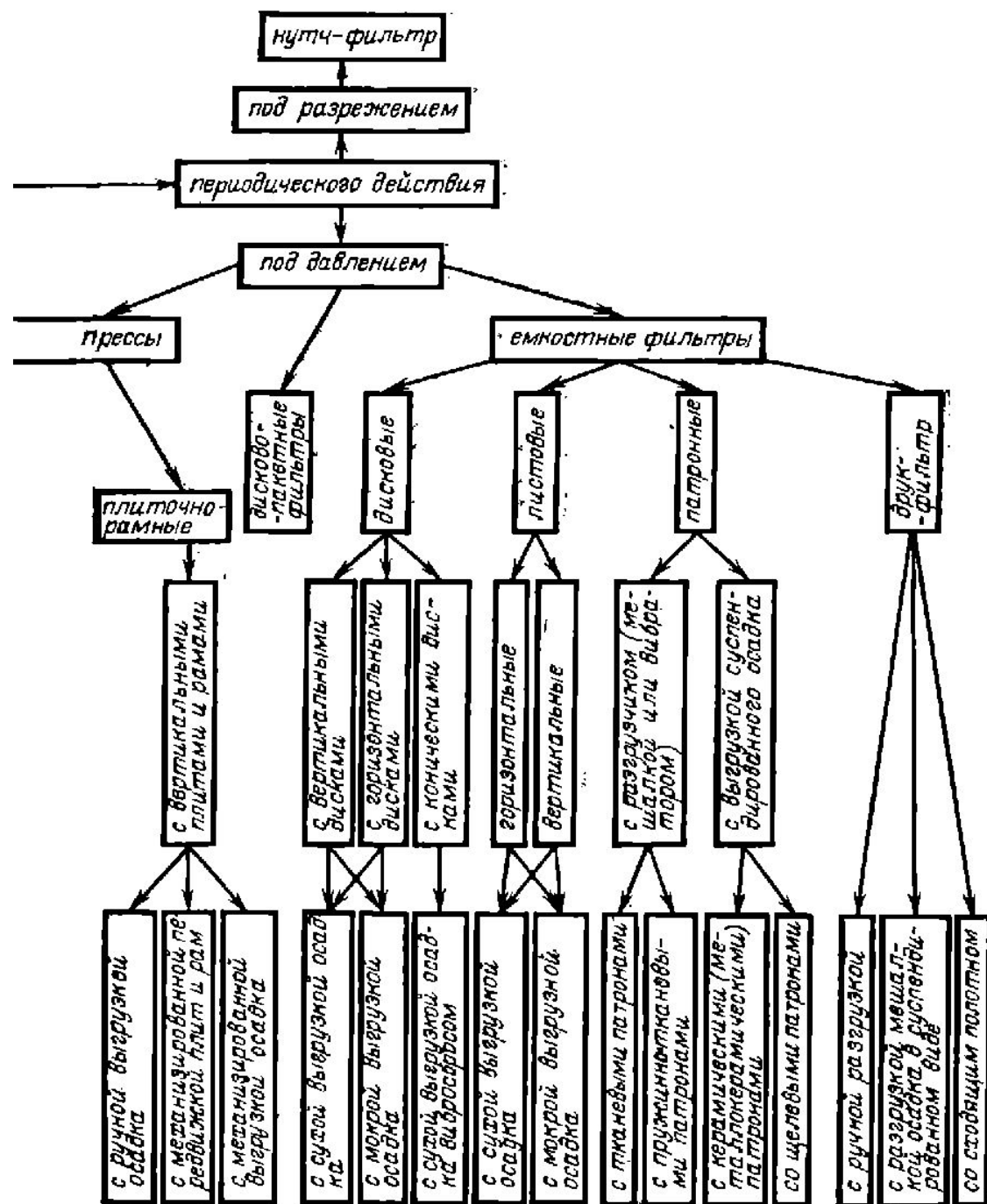
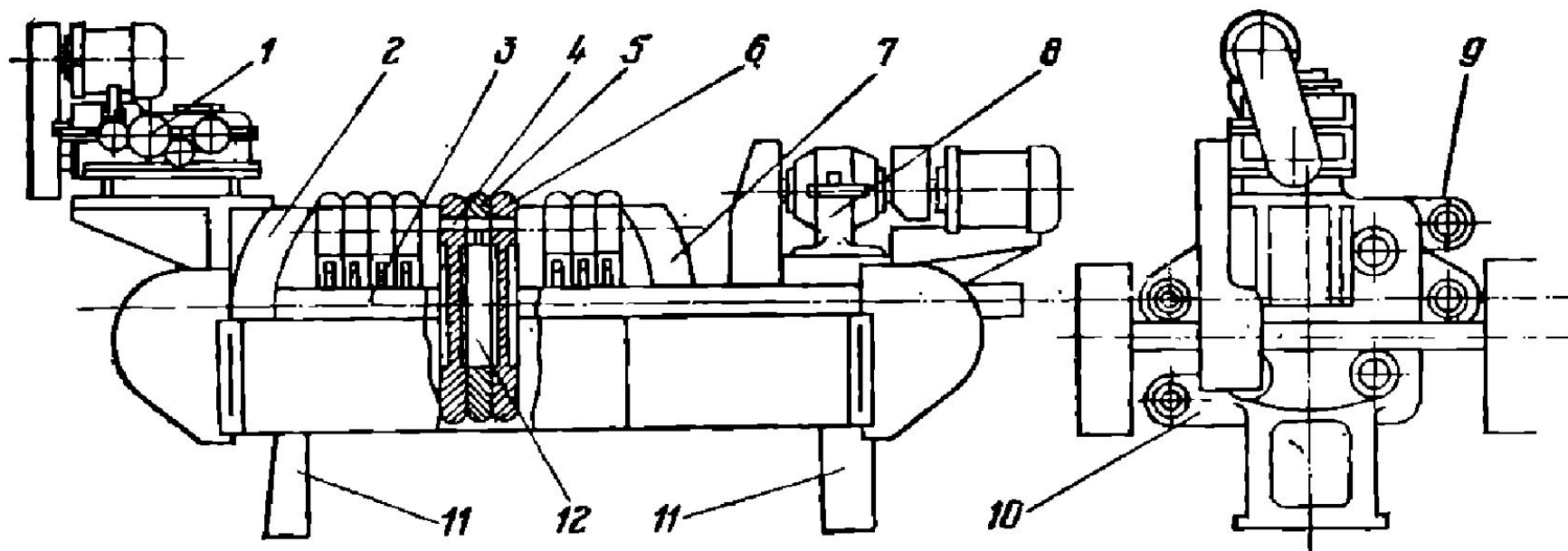


Схема
классификации
фильтров



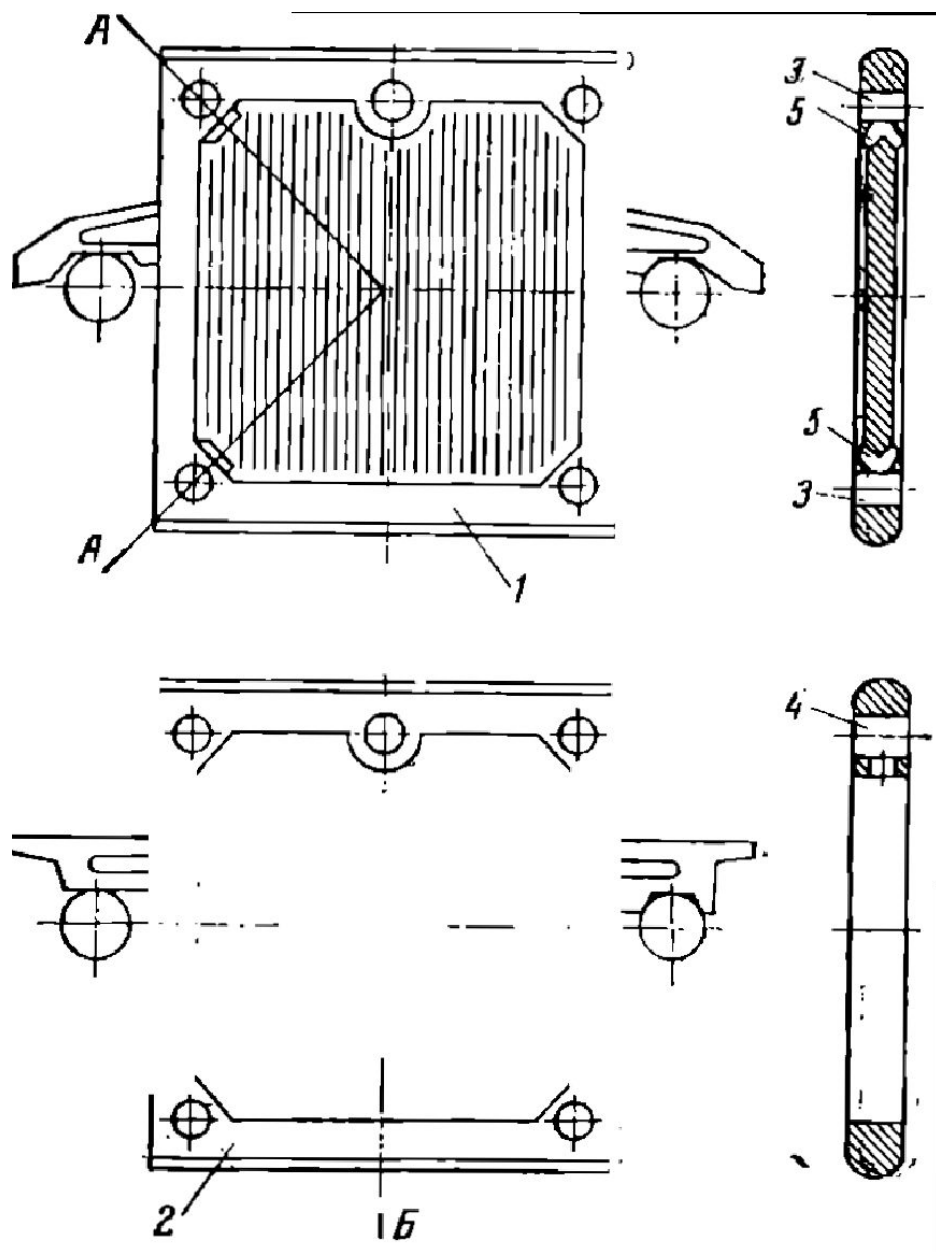
Фильтр-прессы— одна из наиболее простых и широко применяемых конструкций фильтров, работающих под давлением. Достоинства фильтр-прессов, как периодически действующих фильтров, следующие: возможность в условиях повышенного давления относительно быстро проводить процесс разделения труднофильтрующихся суспензий с получением чистого фильтрата, промытого и отжатого от маточника или промывной жидкости осадка; возможность длительной промывки осадка (с любым отношением времени промывки к времени фильтрования); компактность фильтров; большая поверхность фильтрования на единицу занимаемой площади; низкая металлоемкость на единицу фильтрующей поверхности; отсутствие частей, движущихся во время операций фильтрования, промывки или отжима; лучшая приспособляемость к изменяющимся условиям производства по сравнению с фильтрами других конструкций.

К недостаткам неавтоматизированных и немеханизированных фильтр-прессов следует отнести высокую стоимость эксплуатации и большие трудозатраты при их разгрузке, создание антисанитарных условий при разделении токсичных, сильно пахнущих химических веществ, некоторую трудность использования в непрерывных процессах.



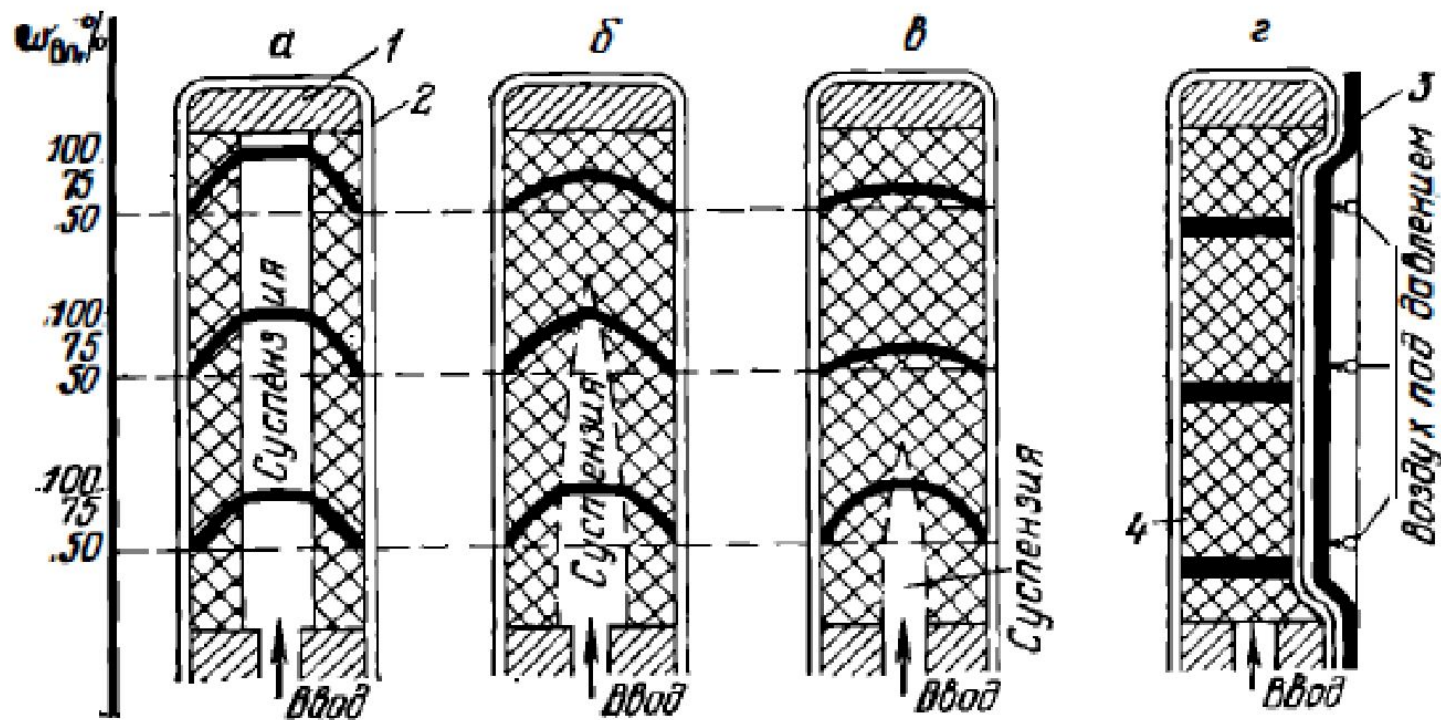
Плиточно-рамный фильтр-пресс с механизмом передвижки плит и рам:

1 — механизм привода передвижки плит в рам;
 2 — опорная слита; 3— опорная балка; 4 — канал в плитах и рамах;
 5 — рама; 6— фильтровальная плита; 7 — подвижная плита; 8 —
 зажимное устройство; 9 —патрубок подачи суспензии; 10 —патрубок
 отвода фильтрата: 11— стойка; 12 — фильтровальная камера.

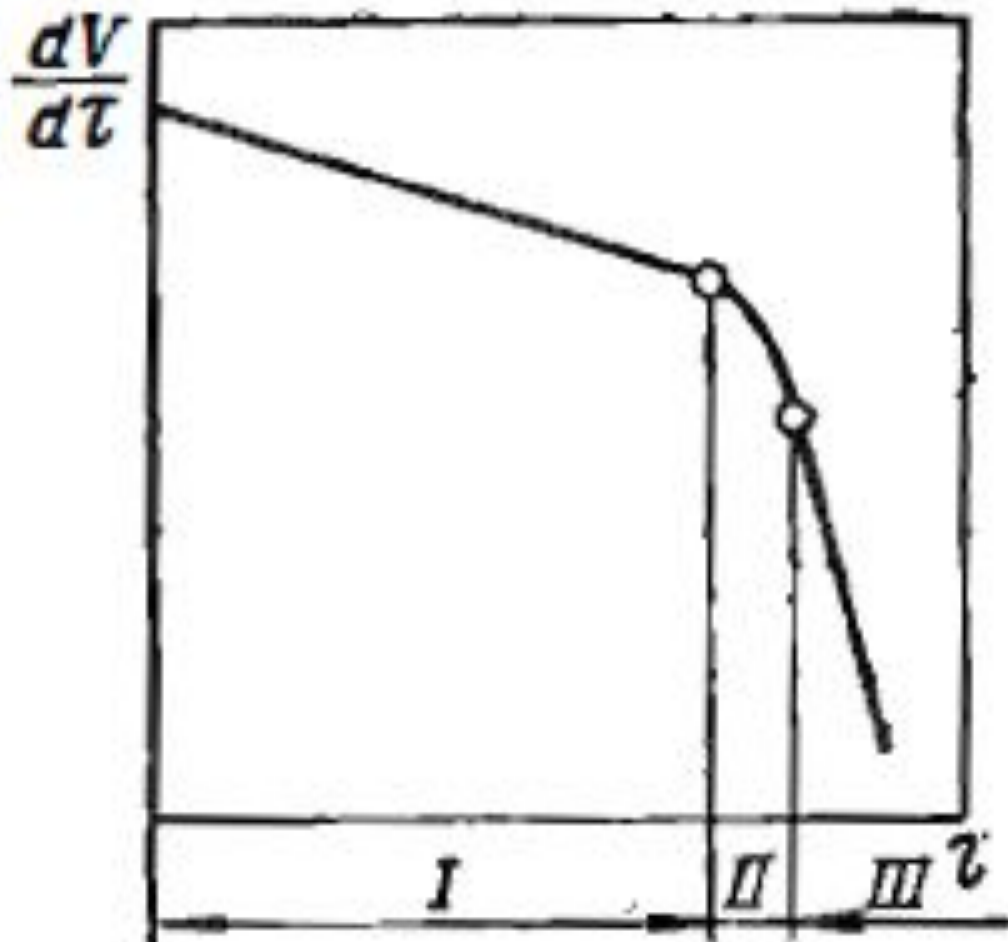


Устройство плит и рам
фильтр-пресса закрытого
типа:

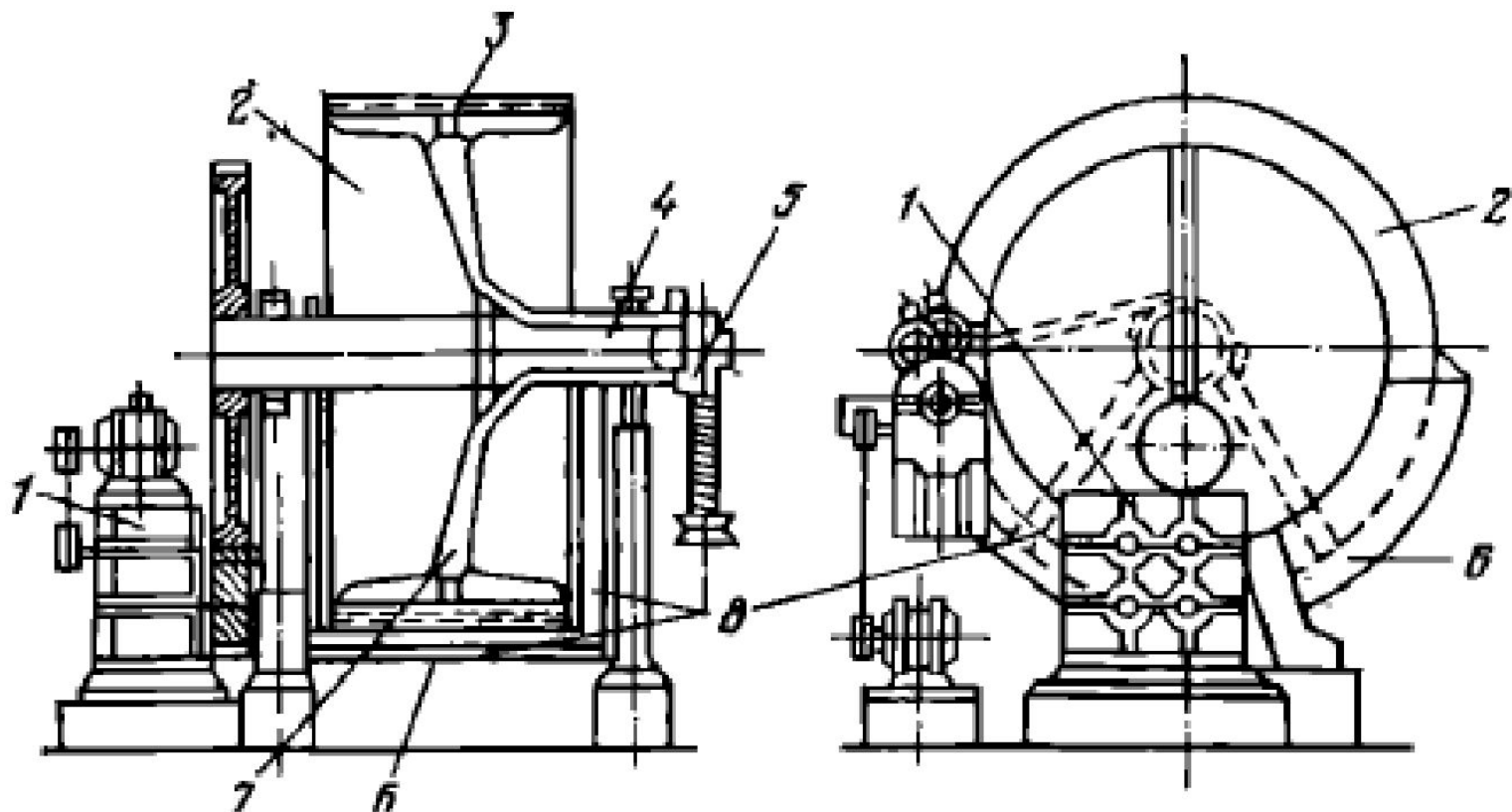
- 1 — плита; 2 — рама;
- 3 — канал в плитах и
рамах;
- 4 — отверстие в раме,
соединяющее
межрамное пространство
с каналом подачи
суспензии;
- 5 — отверстие в плите,
соединяющее
дренажную поверхность
с каналом отвода
фильтрата



Изменение влажности осадка между двумя соседними фильтрующими поверхностями фильтр-пресса:
 а — I период; б — II период; в — III период; г — отжим осадка диафрагмой; 1 — рама; 2 — фильтровальная ткань;
 3 — отжимная диафрагма; 4 — осадок.



Скорости
фильтрации на
рамном фильтр-прессе:
I — период
фильтрации;
II — переходный
период;
III — период уплотнения.



. Барабанный вакуум-фильтр с наружной фильтрующей поверхностью:

- 1 — редуктор; 2 — барабан; 3 — ячейка; 4 — цапфа;
 5 — распределительное устройство;
 6 — ванна фильтра; 7 — коллектор. 8 — мешалка.

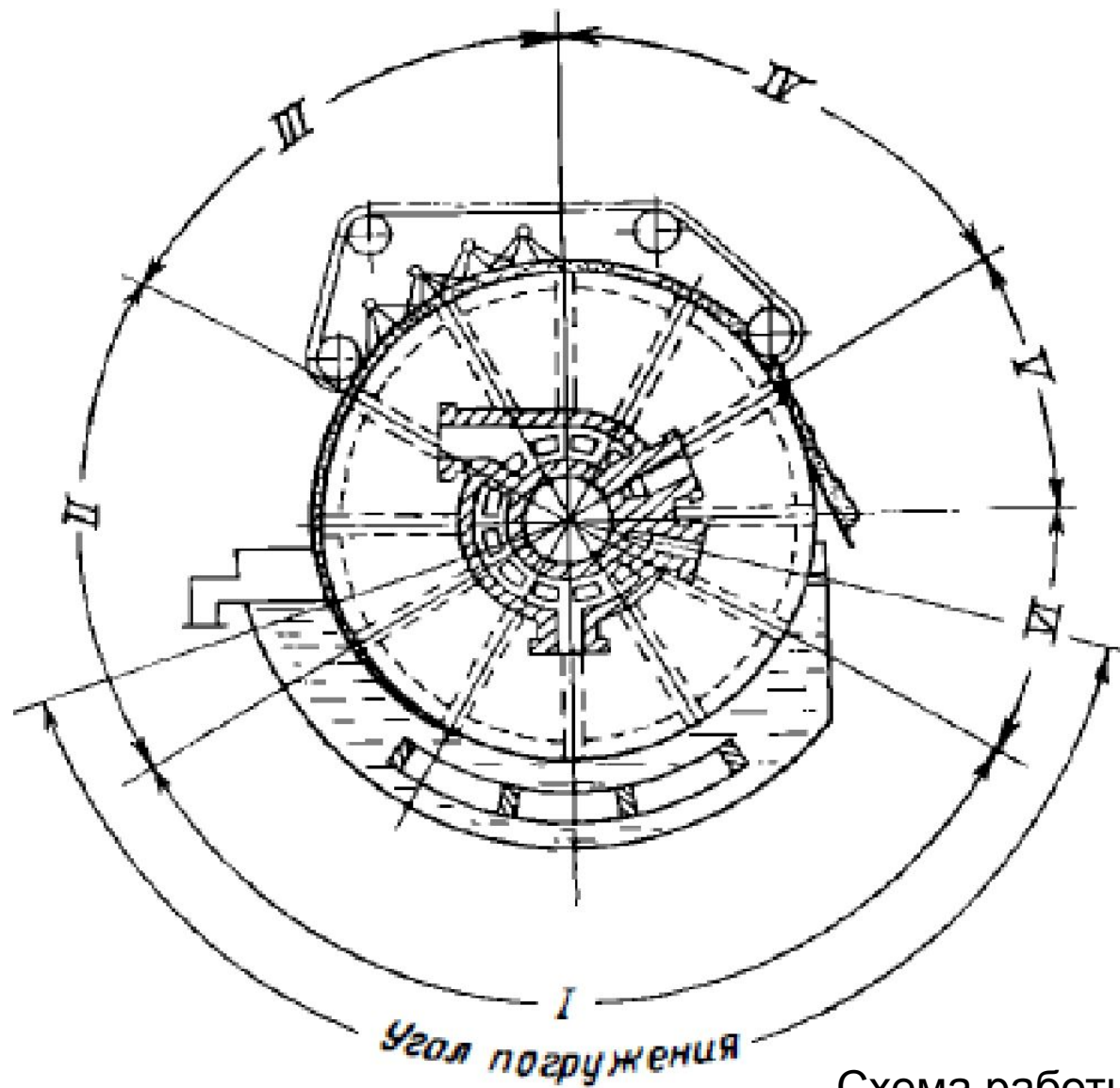


Схема работы барабанного вакуум-фильтра.

При вращении барабана в направлении часовой стрелки каждая ячейка барабана, погруженная в суспензию, сообщается сначала с ресивером фильтрата, находящимся под разрежением,— **зона фильтрования I**, затем поверхность барабана выходит из суспензии, осадок соприкасается с атмосферным воздухом, а фильтрат, отжимаемый из осадка, собирается в том же ресивере фильтрата — **зона первого обезвоживания II**. После этого осадок попадает в **зону промывки III**, где на него из разбрызгивающих устройств подается промывная жидкость, а остаток фильтрата и промывная жидкость собираются в ресивере промывной жидкости, находящемся также под разрежением. В **зоне второго обезвоживания IV** из осадка отжимается остаток жидкости, а ячейка остается соединенной с ресивером промывной жидкости. В некоторых случаях для предотвращения растрескивания осадка и лучшей его промывки, в зоне промывки и обезвоживания на осадок накладывается непрерывная тканевая лента, перемещающаяся вследствие трения об осадок в направлении его движения. На ленту для лучшего отжима иногда кладут грузовые ролики, которые собственной массой отжимают избыток влаги из осадка. В **зоне удаления осадка V** ячейка сообщается с ресивером сжатого воздуха. Под давлением сжатого воздуха осадок отделяется от ткани и скользит по поверхности ножа в приемное устройство. В **зоне регенерации VI** ткань продувается сжатым воздухом или паром. Продолжительность отдельных операций на барабанном фильтре связана между собой.

Углом погружения фильтра называется угол дуги барабана, соответствующий части поверхности, погруженной в суспензию. У барабанных фильтров общего назначения угол погружения $130—149^\circ$ и определяется высотой переливного отверстия в корыте.

Углами фильтрования, первой просушки, промывки и второй просушки называются углы дуги барабана, на соответствующих поверхностях которых идет фильтрование, осадок, вышедший из зоны погружения, просушивается просасываемым через него воздухом, промывается, второй раз просушивается до момента отдувки его для удаления с ткани. Угол фильтрования фильтров общего назначения колеблется в пределах от $97,5$ до 135° . Первая-просушка осадка осуществляется на дуге $55—71^\circ$, промывка и вторая просушка на дуге, соответствующей $92—103^\circ$, из которых на долю промывки может приходиться (в зависимости от конструкции и расположения промывных форсунок) от 50 до 90° , а на долю второй просушки — от 15 до 30° .

Возможны следующие предельные соотношения продолжительности собственно фильтрования, промывки и обезвоживания осадка: $1:(0,6—0,8):(0,1—0,25)$. Эти соотношения сохраняются при любых скоростях вращения барабана. В случаях, когда промывка осадка не требуется, соотношение между продолжительностью фильтрования и обезвоживания может достигать $1:(0,7—1)$.

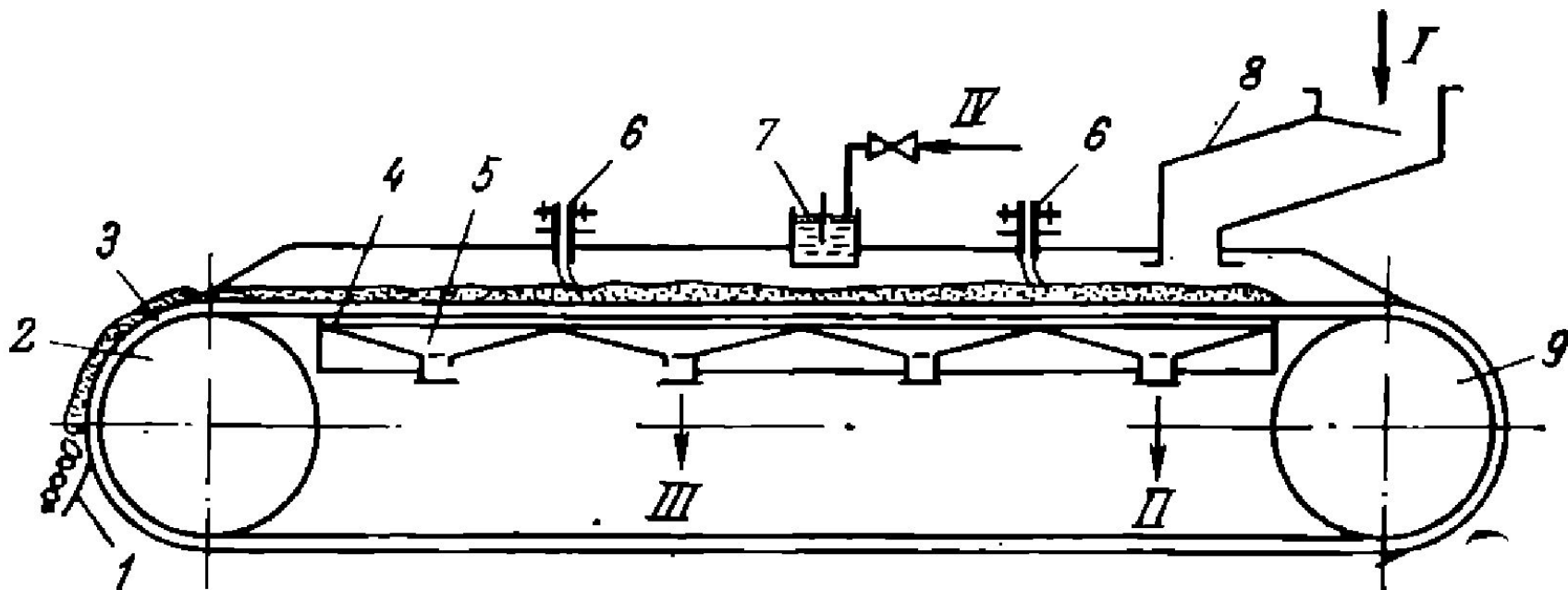


Схема устройства ленточного вакуум-фильтра:

1— нож, 2 — приводной барабан; 3 — дренажная лента; 4 - направляющие; 5 — вакуум-камеры; 6 — поперечные перегородки; 7—промывное устройство; 8 -- лоток для подачи суспензии; 9 — натяжной барабан.

I — суспензия; II—фильтрат; III — промывной фильтрат; IV—промывная жидкость.

Ленточные фильтры предназначены для разделения преимущественно быстроосаждающихся суспензий с твердой фазой неоднородной дисперсности; в них возможна тщательная многократная прямоточная или противоточная промывка осадка. Продолжительность промывки может в 2—3 и более раз превышает продолжительность фильтрования, а расход промывной жидкости в 5 раз превышать массу осадка.

Концентрация твердой фазы и фильтрационные свойства суспензии должны обеспечить получение в условиях фильтрования под вакуумом слоя осадка толщиной от 10 до 60 мм за время не более 4 мин ($\delta_0 = 0,005—0,15$ м). Суспензия не должна быть огне- или взрывоопасной, а жидкая фаза суспензии не должна быть легколетучей, кристаллизоваться под вакуумом, растворять резину ленты.

Схематическое устройство фильтра показано на рис. Дренажная резиновая бесконечная лента 3 натянута на два вращающихся барабана — приводной 2 и натяжной 9. В верхней части между барабанами лента скользит по двум горизонтальным шлифованным направляющим (стол) 4 с продольными прорезями, связывающими область фильтрующей перегородки с вакуум-камерами 5, расположенными под столом. Вакуум-камеры состоят из отдельных, разобщенных между собой отсеков. Каждый отсек соединен со сборником фильтрата или промывной жидкости, находящимся под вакуумом. Нижняя ветвь ленты свободно провисает или опирается на ролики.



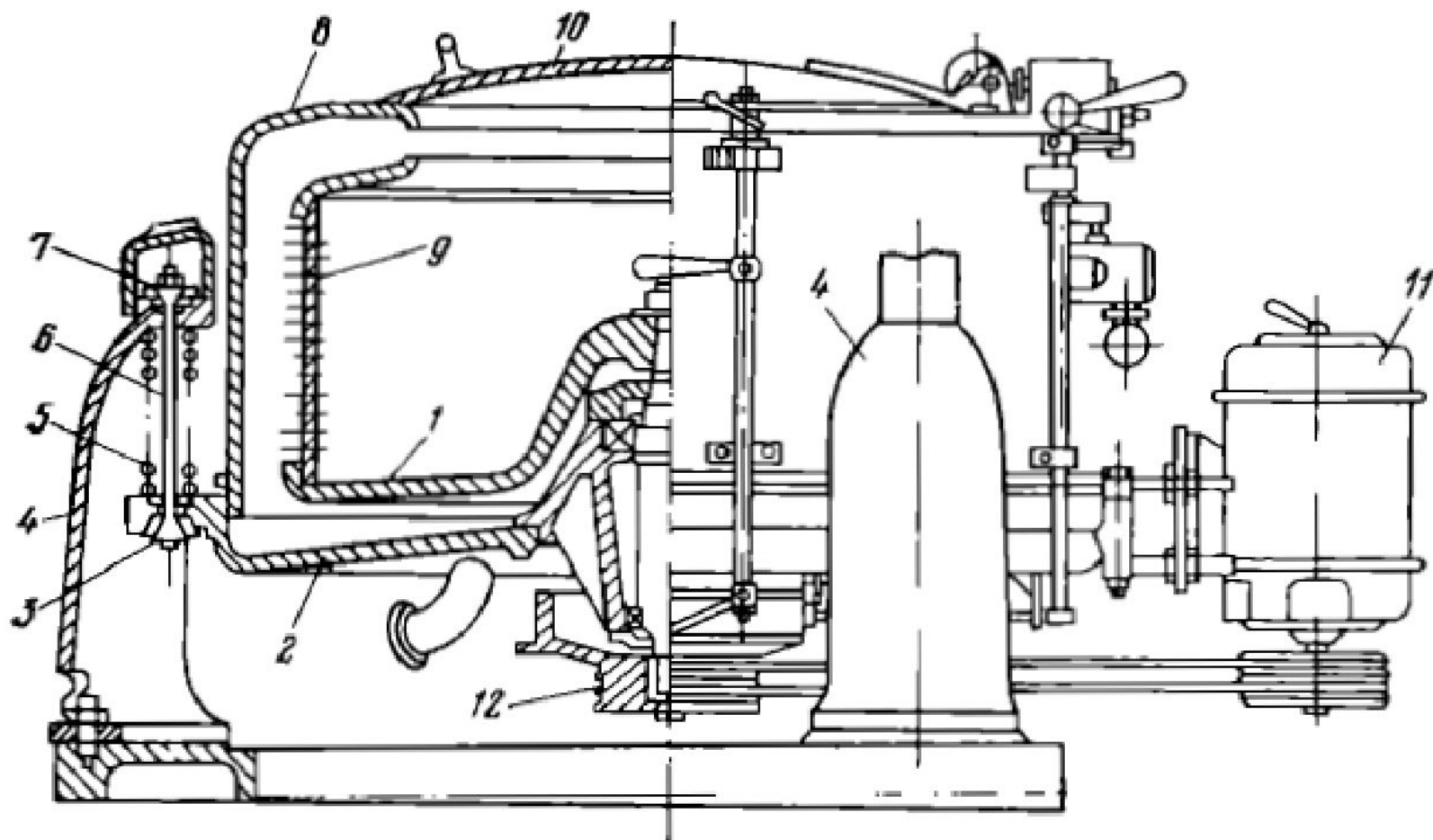


Схема подвесной маятниковой центрифуги с нижним приводом (трехколонной): 1 — ротор; 2 — несущая плита; 3, 7 — шаровые головки; 4 — колонки; 5 — пружины; 6 — тяги; 8 — кожух; 9 — перфорированная обечайка ротора; 10 — крышка; 11 — электромотор; 12 — привод.