

Процессы и аппараты химической технологии

8 лекция



Неоднородные системы

Неоднородные (гетерогенные) системы – системы, состоящие из двух или нескольких фаз.

Бинарная гетерогенная система состоит из:

дисперсной фазы – внутренняя фаза, распределенная в дисперсионной фазе;

дисперсионной фазы – внешняя фаза, в которой распределены частицы дисперсной фазы.

Фазы гетерогенной системы могут быть, в принципе, отделены одна от другой!

Виды неоднородных систем?

Неоднородные системы

Неоднородные системы

- **Суспензии** – системы из жидкости и взвешенных в ней твердых частиц
 - грубые суспензии – >100 мкм;
 - тонкие суспензии – $0,5 - 100$ мкм;
 - мути – $0,1 - 0,5$ мкм.Коллоидные растворы?
- **Эмульсии** – системы из жидкости и распределенных в ней капель другой жидкости (несмешивающиеся).
Инверсия фаз?
- **Пены** – системы из жидкости и распределённых в ней пузырьков газа.
- **Аэрозоли** – системы из газа и распределенных в ней частиц твердого (жидкого) вещества
 - пыли – твердые частицы размером $3 - 70$ мкм;
 - дымы – жидкие или твердые частицы размером $0,3 - 5$ мкм;
 - туманы – жидкие частицы размером $0,3 - 5$ мкм.

Методы разделения гетерогенных систем

- **Осаждение** – процесс разделения, при котором взвешенные в жидкости или газе твердые или жидкие частицы отделяются от сплошной фазы под действием силы тяжести, сил инерции (в том числе центробежных) или электростатических сил.
- **Фильтрование** – процесс разделения с помощью пористой перегородки, способной пропускать жидкость или газ, но задерживать взвешенные в среде твердые частицы.
- **Центрифугирование** – процесс разделения суспензий и эмульсий в поле центробежных сил.
- **Мокрое разделение** – процесс улавливания взвешенных в газе частиц какой-либо жидкостью.

Разделение жидких систем

- **Материальный баланс**

По общему количеству веществ:

$$G_{\text{см}} = G_{\text{осв}} + G_{\text{ос}}$$

По дисперсной фазе:

$$G_{\text{см}}x_{\text{см}} = G_{\text{осв}}x_{\text{осв}} + G_{\text{ос}}x_{\text{ос}}$$

Выразим массы осветленной фазы и осадка:

$$G_{\text{осв}} = G_{\text{см}} \frac{x_{\text{ос}} - x_{\text{см}}}{x_{\text{ос}} - x_{\text{осв}}}$$

$$G_{\text{ос}} = G_{\text{см}} \frac{x_{\text{см}} - x_{\text{осв}}}{x_{\text{ос}} - x_{\text{осв}}}$$

Содержание второго вещества в осветленной фазе обычно ограничивается условиями разделения!

Отстаивание

+; дешево; простые конструкции.

-: длительность процесса; сильная зависимость от температуры; сравнительно низкое содержание дисперсной фазы в остатке.

Отстаивание – обычно первичный процесс перед фильтрованием или центрифугированием. Имеет смысл при значительных концентрациях дисперсной фазы.

Производительность отстойников не зависит от их высоты в явном виде, а зависит только от скорости и поверхности осаждения:

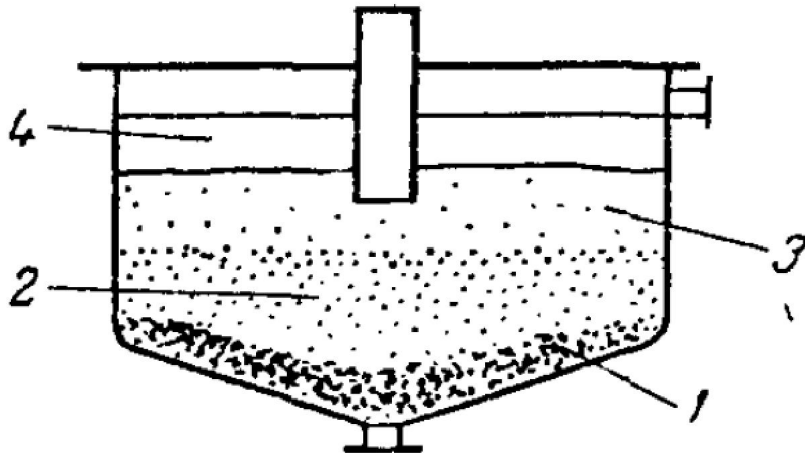
$$Q_{\text{осв}} = w_{\text{ос}} F$$

Поверхность осаждения находится по формуле:

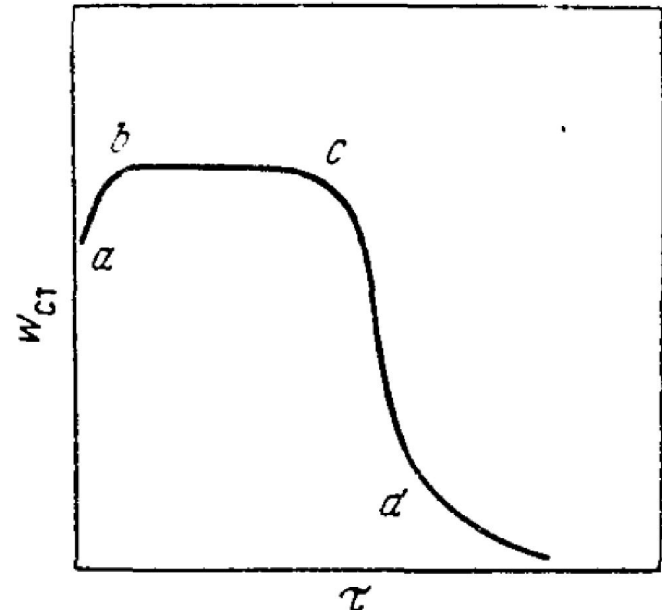
$$F = \frac{G_{\text{см}}}{\rho_{\text{осв}} w_{\text{ос}}} \left(\frac{x_{\text{ос}} - x_{\text{см}}}{x_{\text{ос}} - x_{\text{осв}}} \right)$$

Отстаивание

Скорость отстаивания



1. Осадок
2. Зона стесненного осаждения
3. Зона свободного осаждения
4. Осветленная жидкость



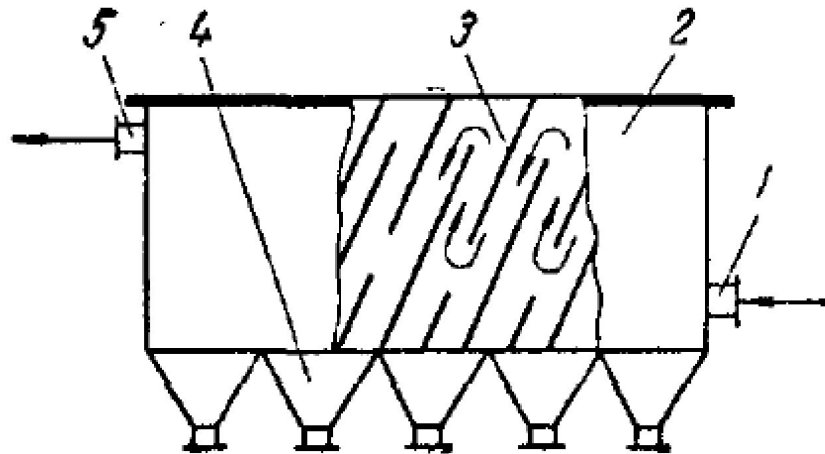
Зависимость скорости отстаивания
от времени

Коагуляция?

Отстаивание

Отстойники

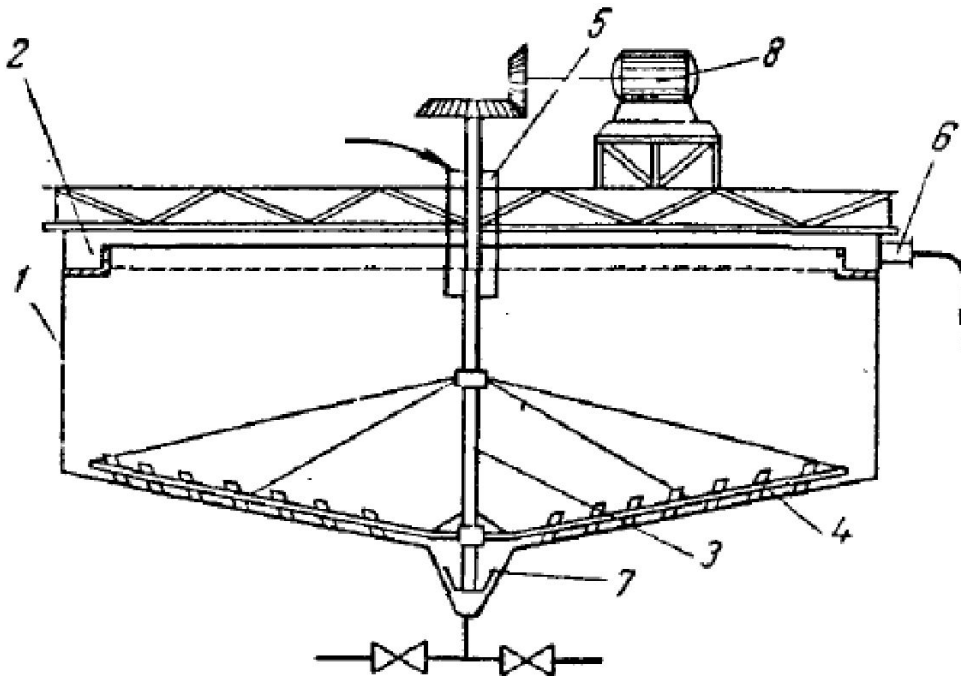
- Периодического действия
- Полунепрерывного действия
- Непрерывного действия



Отстойник полунепрерывного действия с наклонными перегородками

Отстаивание

Отстойники

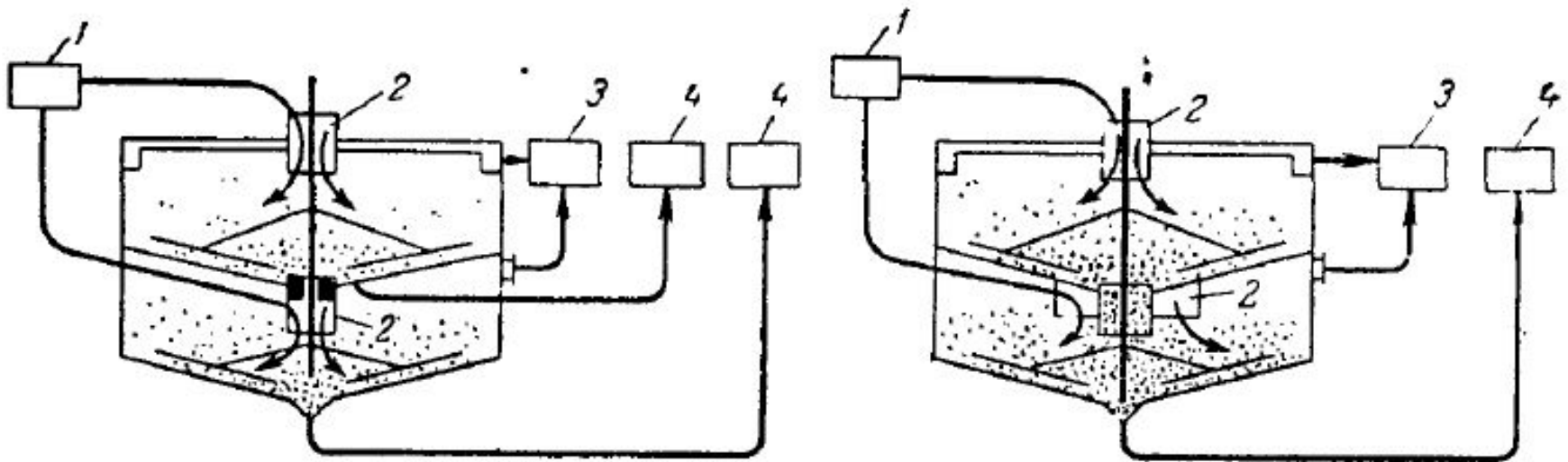


+ : непрерывный процесс;
большая производительность
(до 5000 т/сутки осадка);
равномерная плотность осадка;
гибкие настройки работы.
- : громоздкость (диаметр до 100 м).

Отстойник непрерывного действия с
гребковой мешалкой

Отстаивание

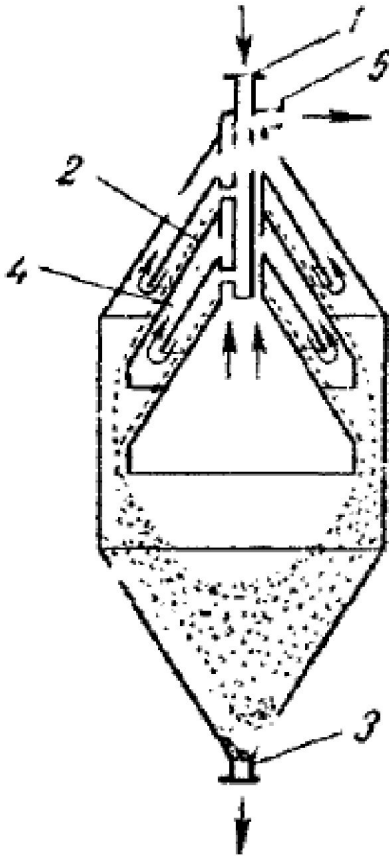
Отстойники



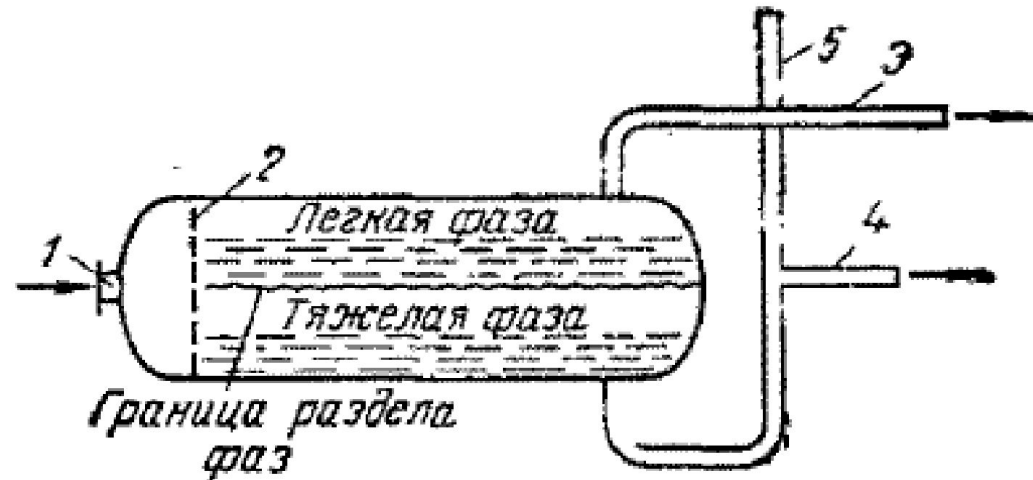
Многоярусные отстойники закрытого и сбалансированного типа

Отстаивание

Отстойники



Отстойник непрерывного действия с коническими полками



Отстойники непрерывного действия для разделения эмульсий

Фильтрация

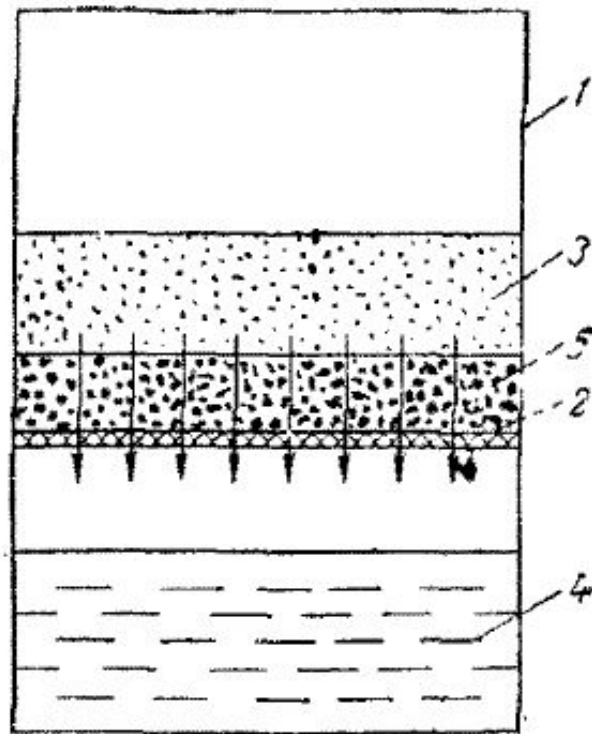
- Фильтрация с образованием осадка;
- Фильтрация с закупориванием пор;
- Промежуточный вид фильтрации.

В зависимости от способа создания разности давления:

- Фильтрация при постоянной разности давлений ($\Delta P = 3 \text{ бар}$ ($0,5 - 0,9 \text{ бар}$));
- Фильтрация при постоянной скорости (разность давлений увеличивается) ($\Delta P = \text{до } 5 \text{ бар}$ и более);
- Фильтрация при переменных разностях давлений и скорости ($\Delta P = \text{до } 5 \text{ бар}$ и более).

Фильтрация включает в себя также процессы:

- Промывки осадка
- Продувки осадка
- Сушки осадка



1 – фильтр; 2 – фильтровальная перегородка; 3 – суспензия; 4 – фильтрат; 5 – осадок

Фильтрация

- **Скорость фильтрации**

$$W = \frac{dV}{Sd\tau} = \frac{\Delta p}{\mu(R_{oc} + R_{фп})} = \frac{\Delta p}{\mu \left(r_o x_o \frac{V}{S} + R_{фп} \right)}$$

Вывод: для наибольшей производительности необходим минимальный слой осадка на фильтровальной перегородке!

д/з: вывести уравнения фильтрации

- для постоянной разности давлений
- для постоянной скорости процесса
- для постоянной разности давлений и скорости процесса

Фильтрация

Фильтровальные перегородки

По принципу действия: Поверхностные; Глубинные

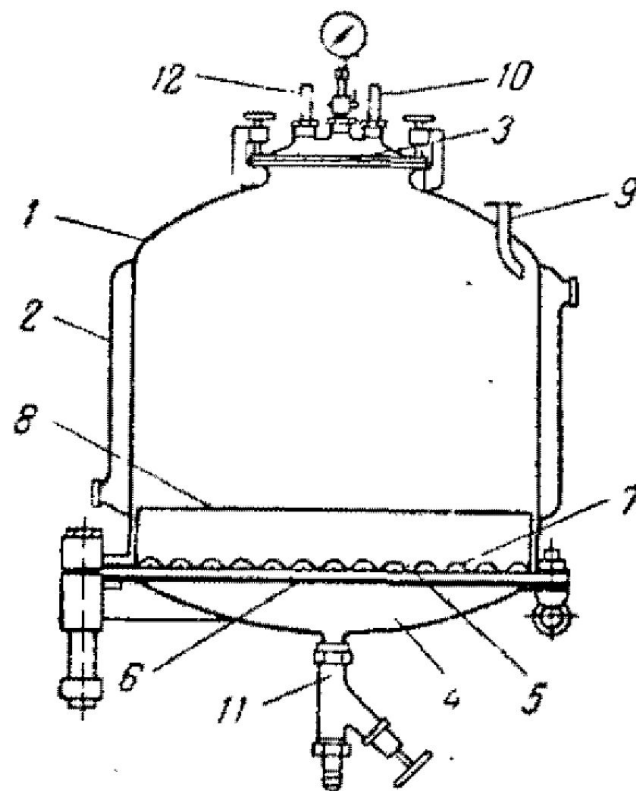
По материалам: Хлопчатобумажные; Шерстяные; Синтетические; Стекланные; Керамические; Металлические.

По структуре: Гибкие; Негибкие (жесткие и нежесткие).

Преимущества и недостатки?

Фильтрация

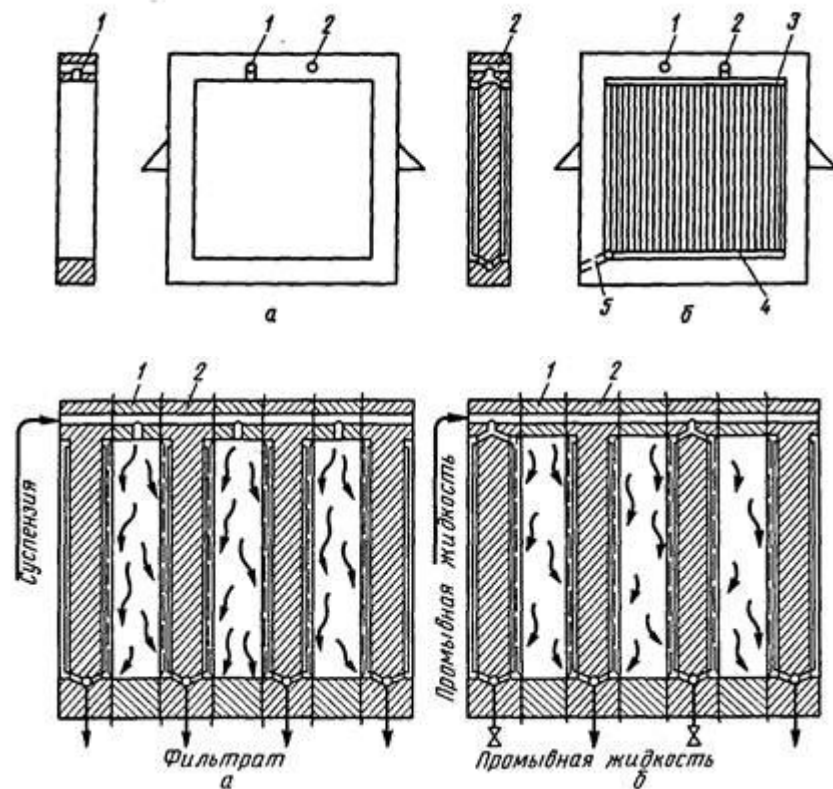
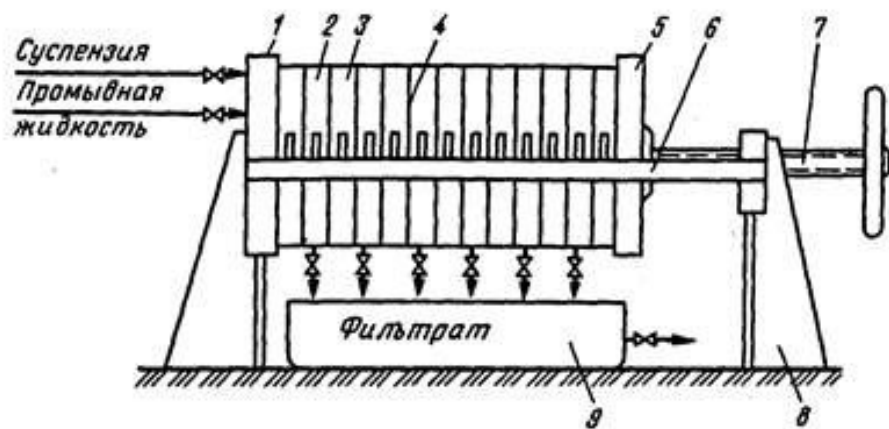
Устройство фильтров



Нутч-фильтр работающий
под давлением

Фильтрация

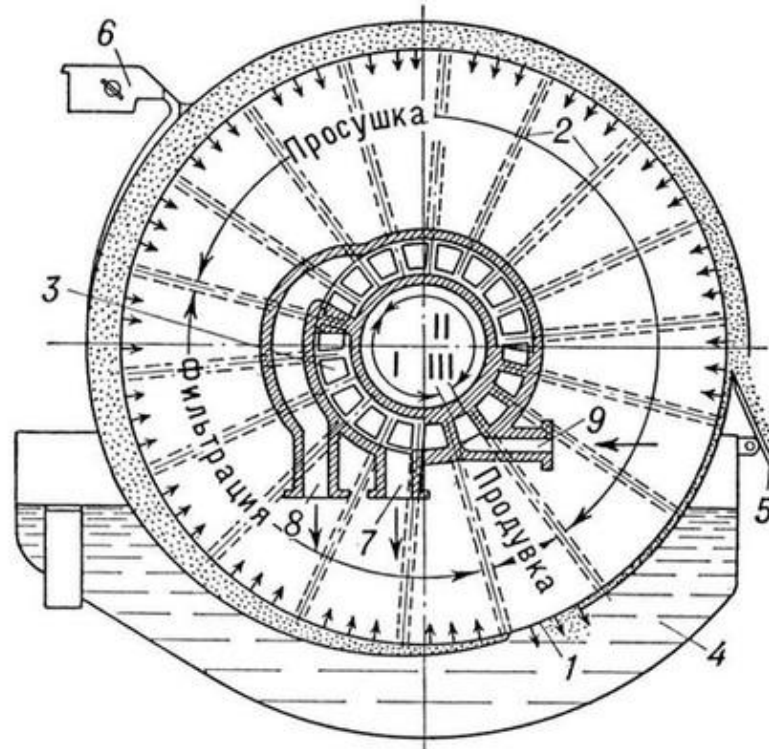
Устройство фильтров



Рамный фильтр пресс

Фильтрация

Устройство фильтров

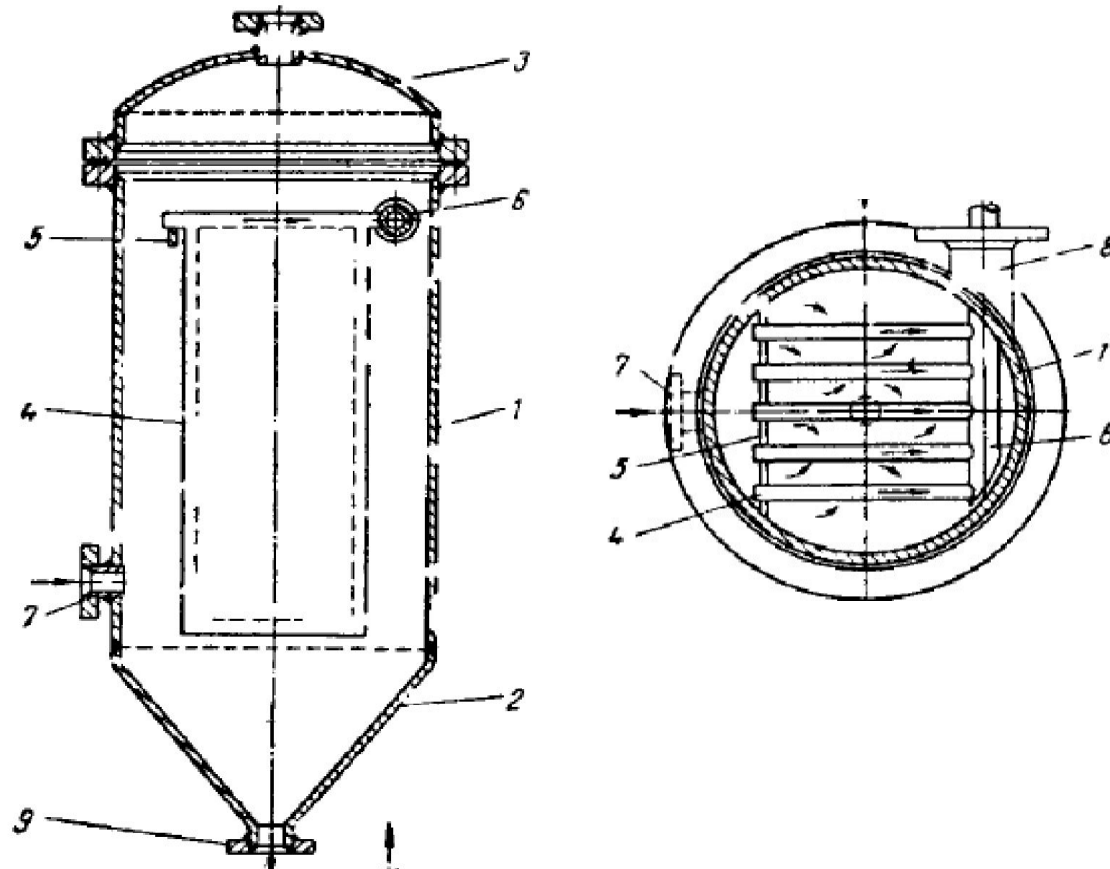


Барабанный вакуум-фильтр

1 — барабан; 2 — перегородки; 3 — распределительная головка; 4 — корыто; 5 — нож для срезания осадка; 6 — распределитель воды для промывания осадка; 7, 8 — трубы для откачки соответственно отфильтрованной жидкости и промывной воды; 9 — труба для подачи сжатого воздуха

Фильтрация

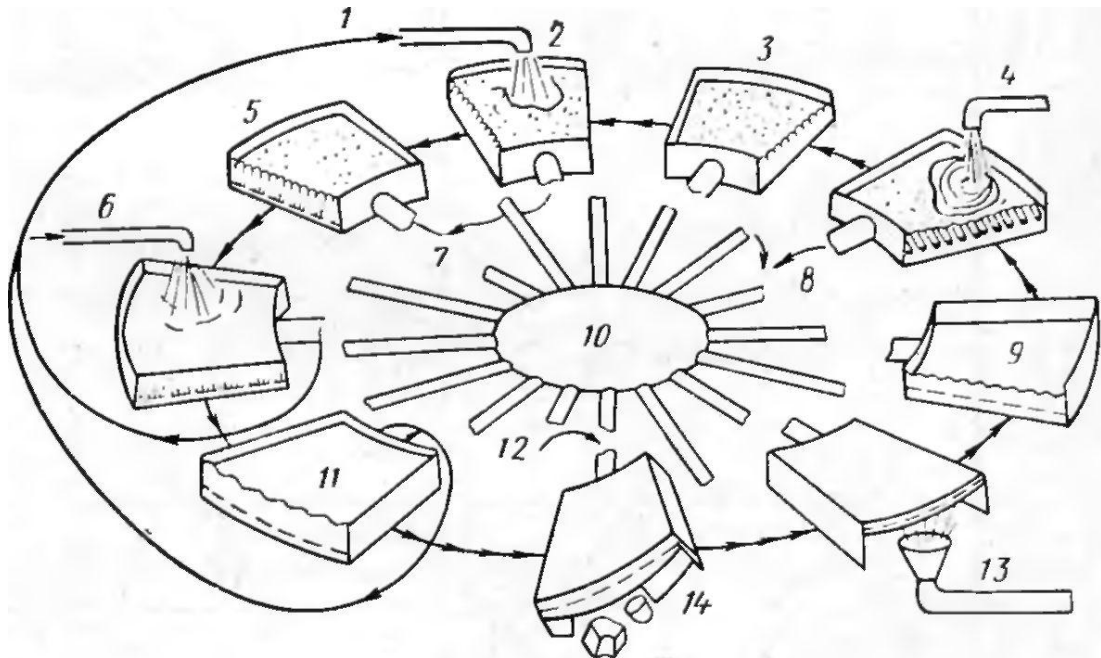
Устройство фильтров



Вертикальный листовой фильтр

Фильтрация

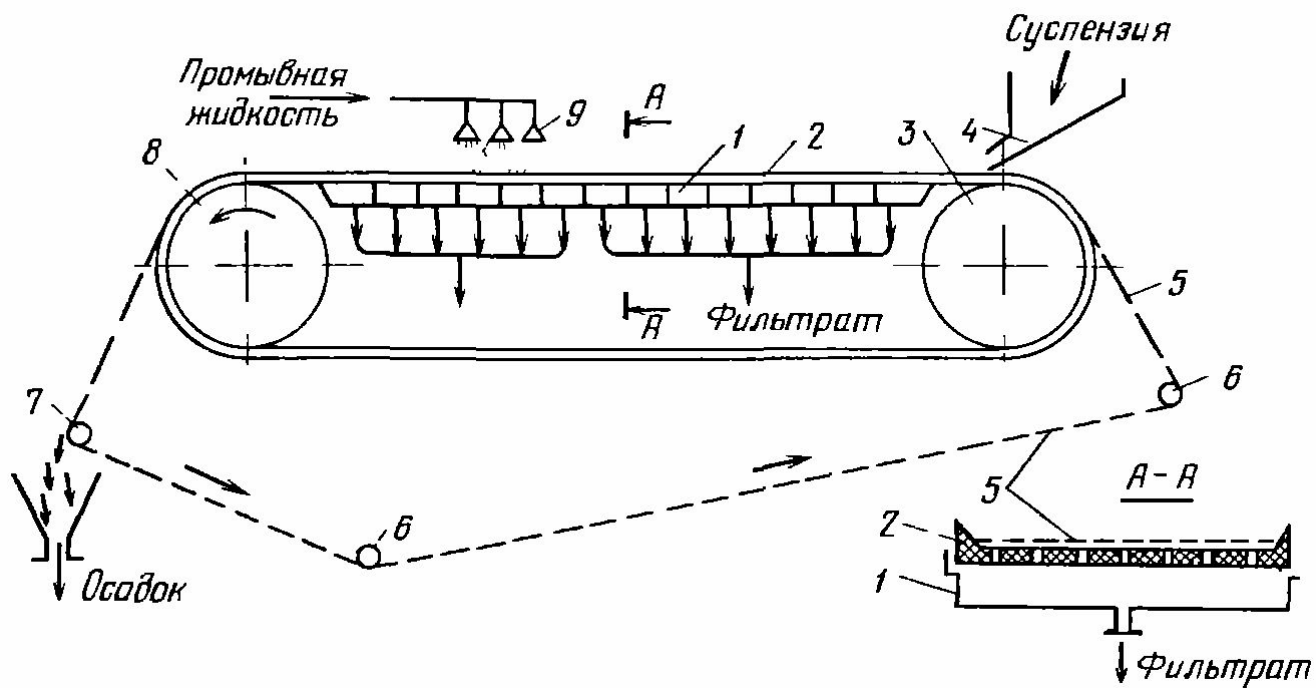
Устройство фильтров



Карусельные фильтры

Фильтрация

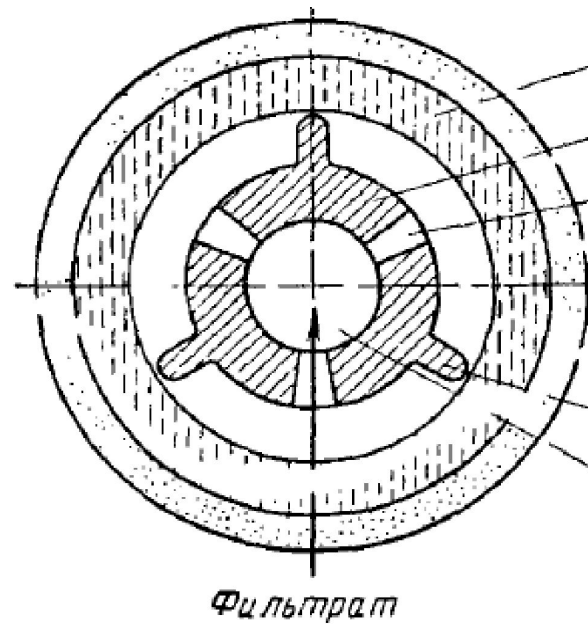
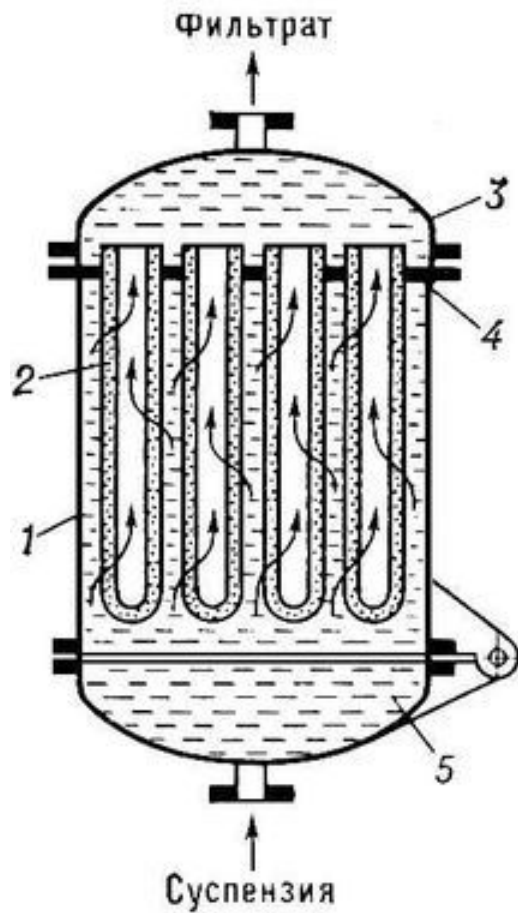
Устройство фильтров



Ленточный вакуум-фильтр

Фильтрация

Устройство фильтров



Патронный фильтр

Разделение жидких систем

Центрифугирование – процесс разделения эмульсий и суспензий под действием центробежных сил в центрифуге на **фугат** и **осадок**.

- Отстойные центрифуги – со сплошными стенками (сепараторы);
- Фильтрующие центрифуги – с проницаемыми стенками.

Центробежная сила:

$$C = \frac{m\omega^2}{r} = \frac{G\omega^2}{gr} = \frac{G}{gr} \left(\frac{2\pi n}{60} r \right)^2 \approx \frac{Grn^2}{900}$$

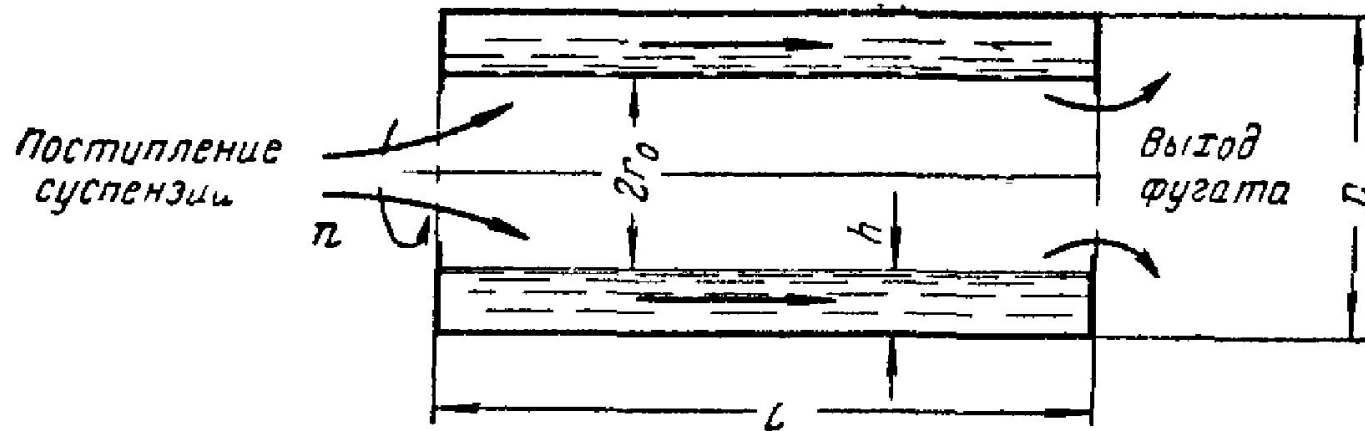
Фактор разделения (во сколько раз ускорение в поле центробежных сил больше ускорения свободного падения):

$$K_p = \frac{\omega^2}{gr}$$

Значения K_p ?

Разделение жидких систем

- Отстойные центрифуги

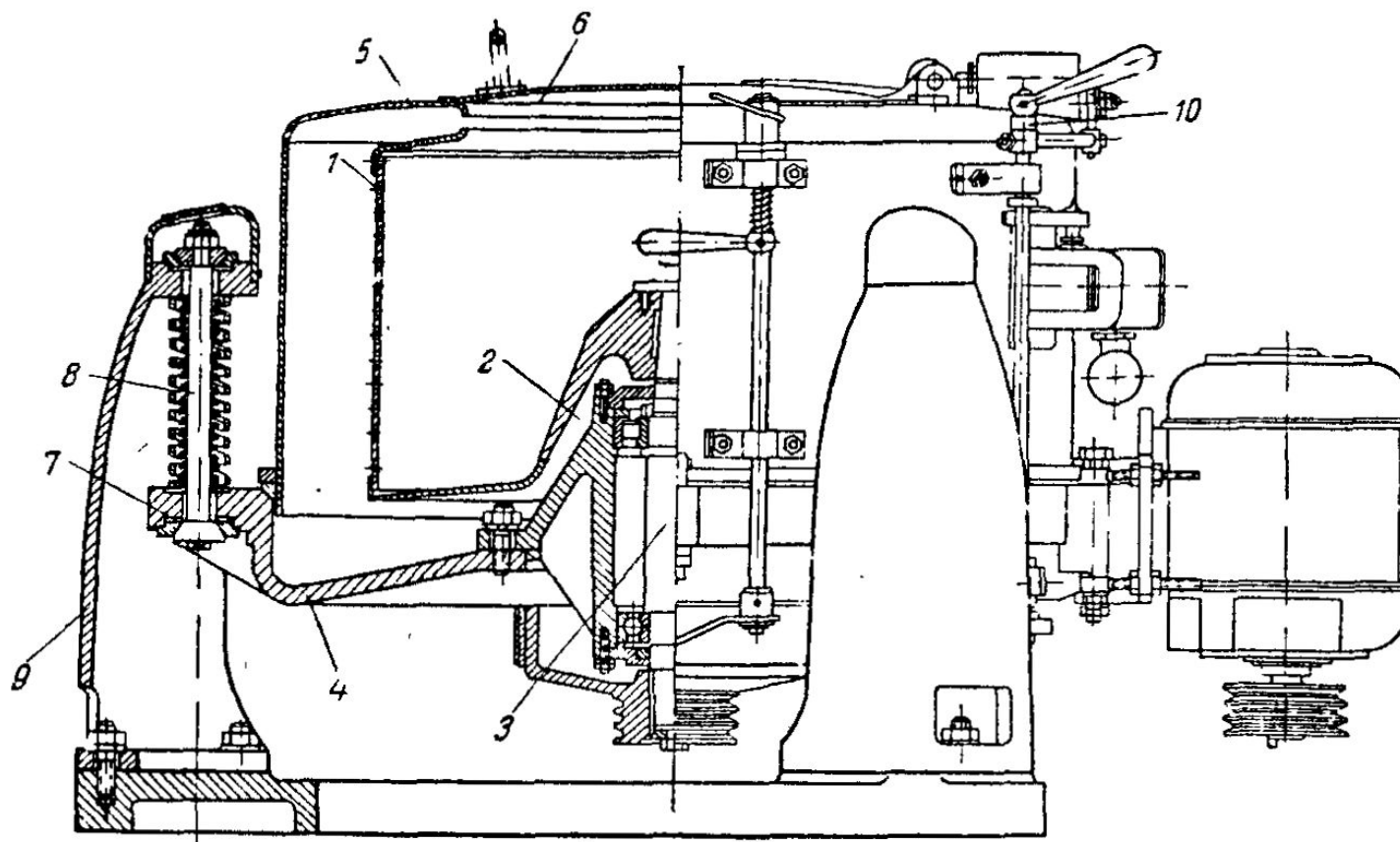


Индекс производительности:

$$\Sigma = FK_p$$

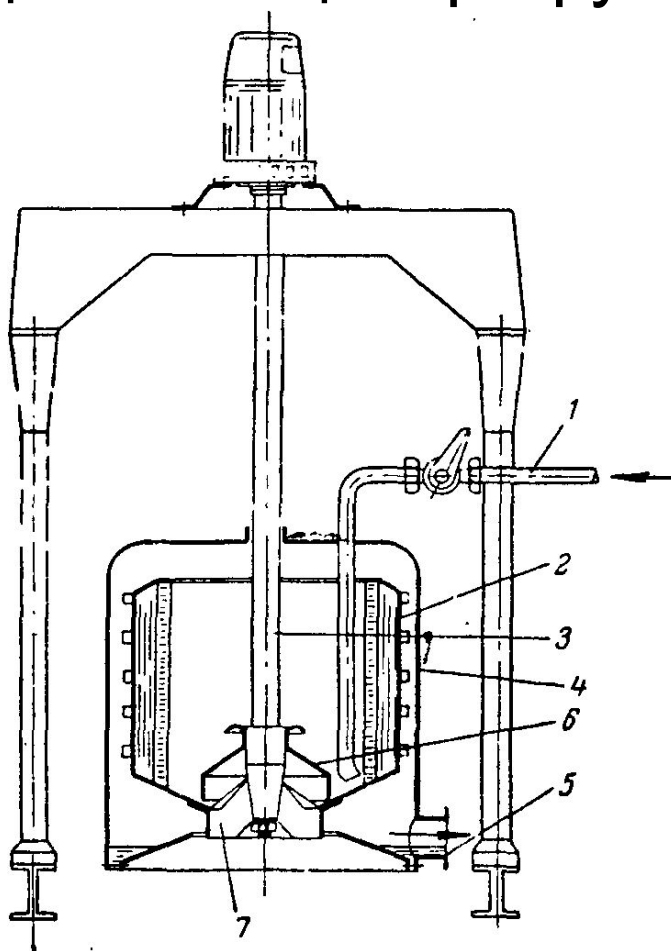
Устройство центрифуг

Трехколонные центрифуги



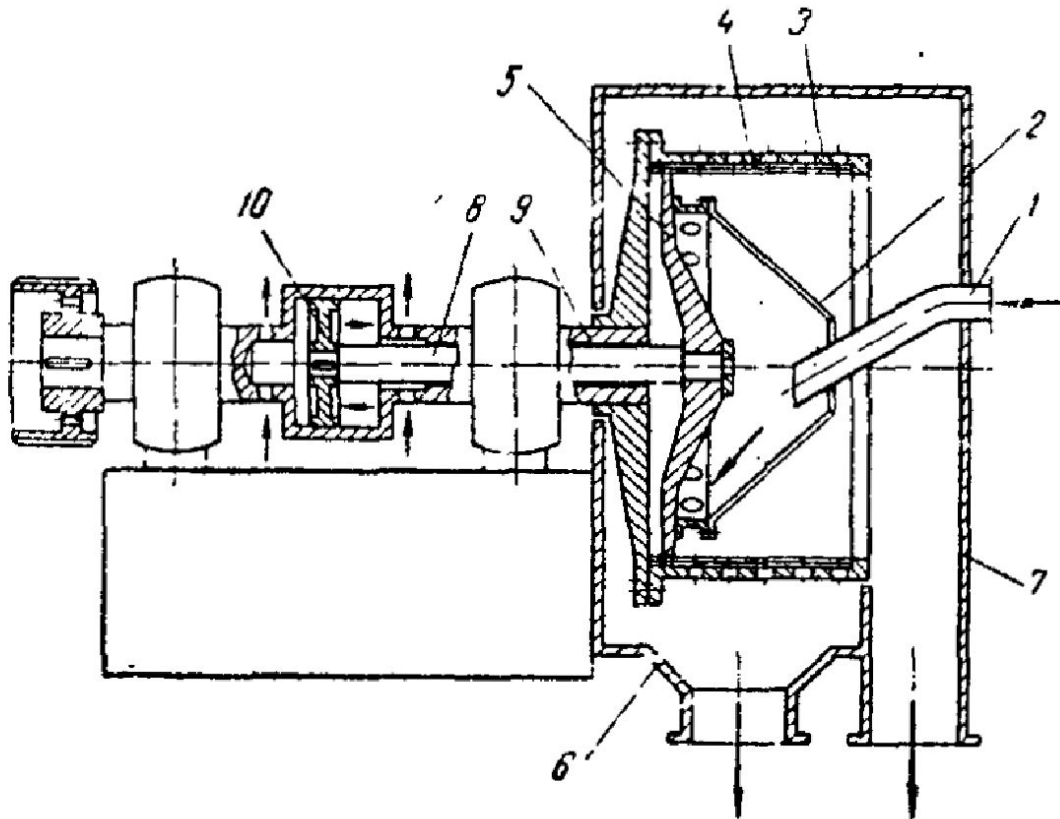
Разделение жидких систем

Подвесные центрифуги



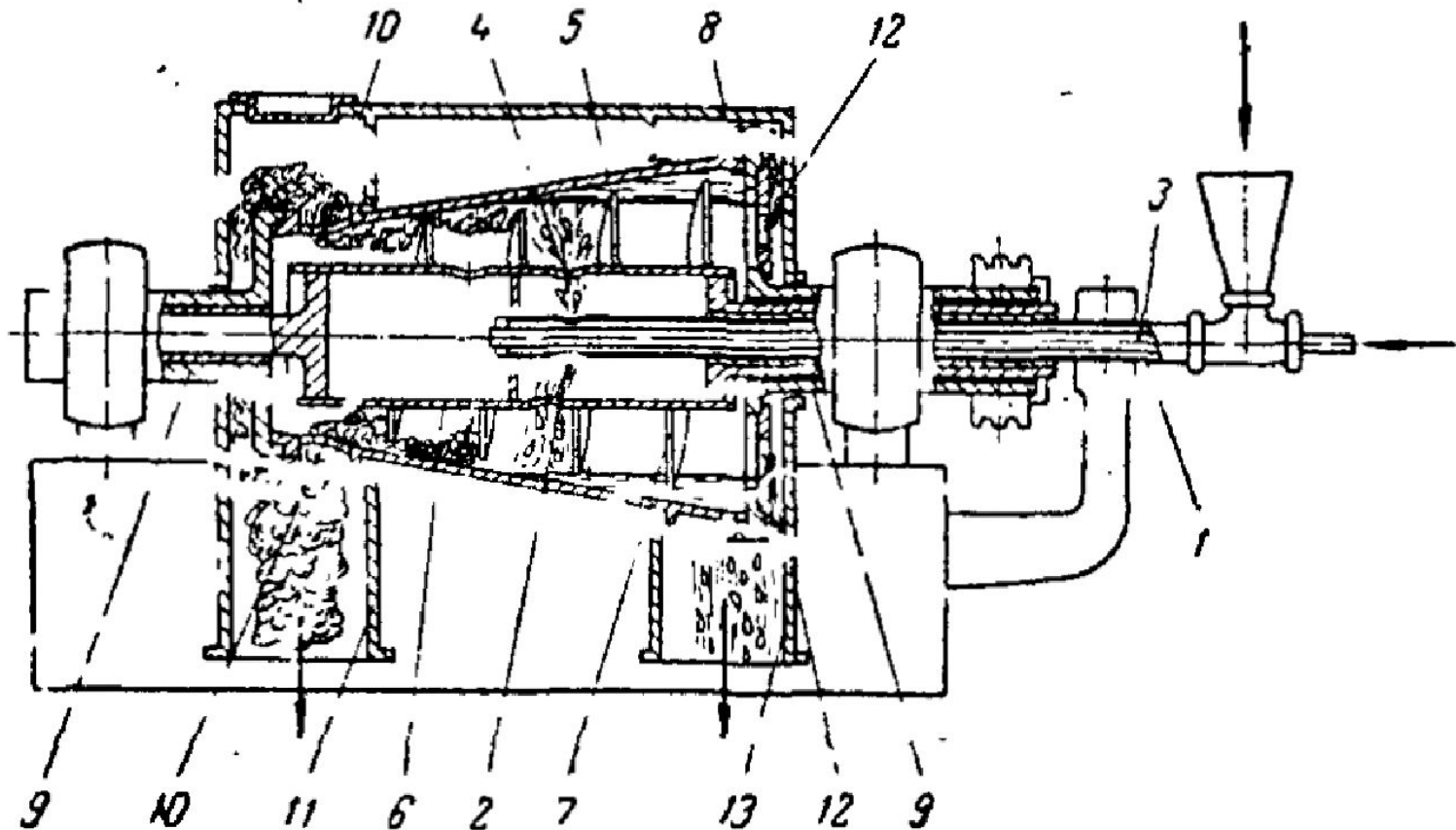
Разделение жидких систем

Центрифуги с пульсирующим устройством
удаления остатка



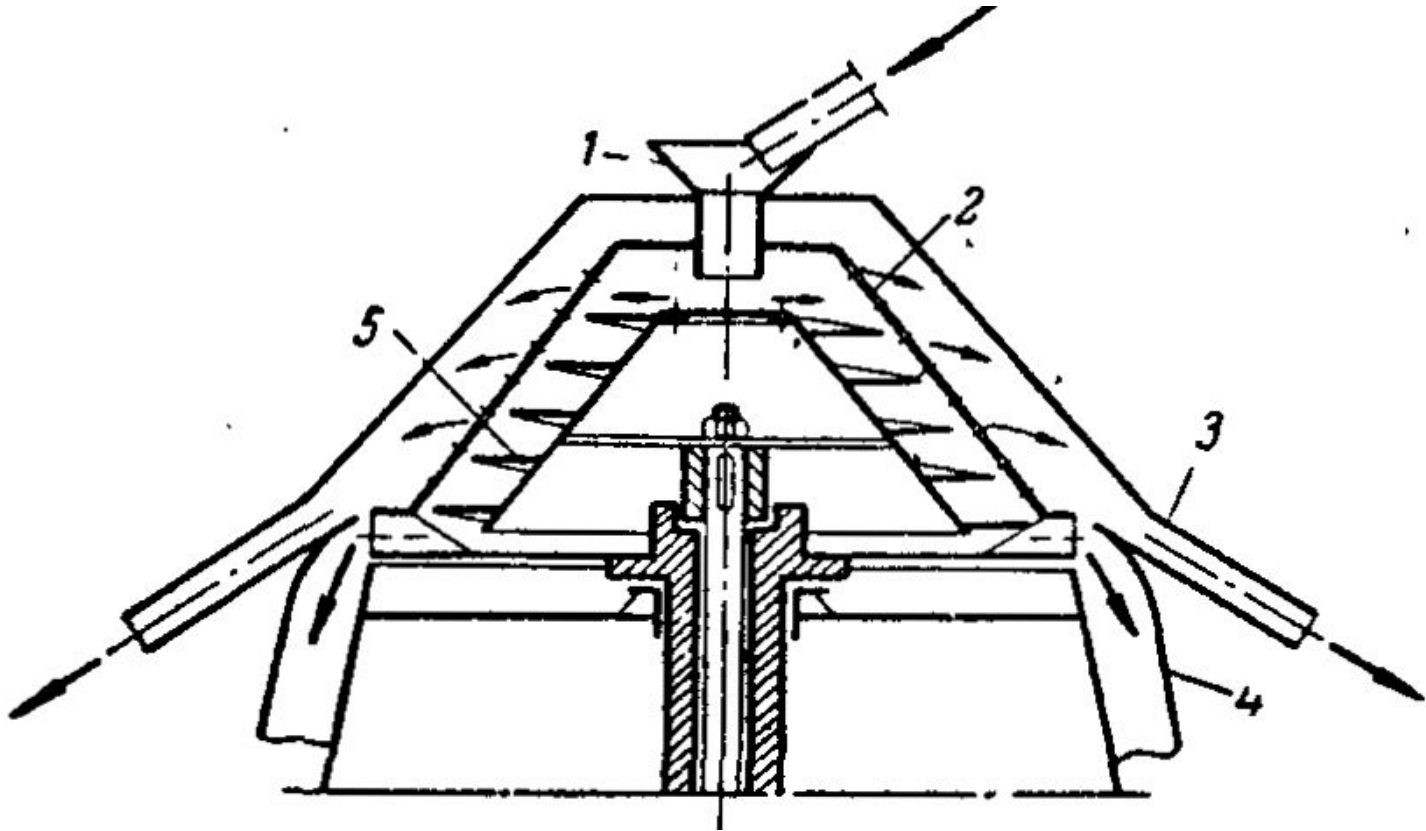
Разделение жидких систем

Центрифуги со шнековым устройством
удаления остатка



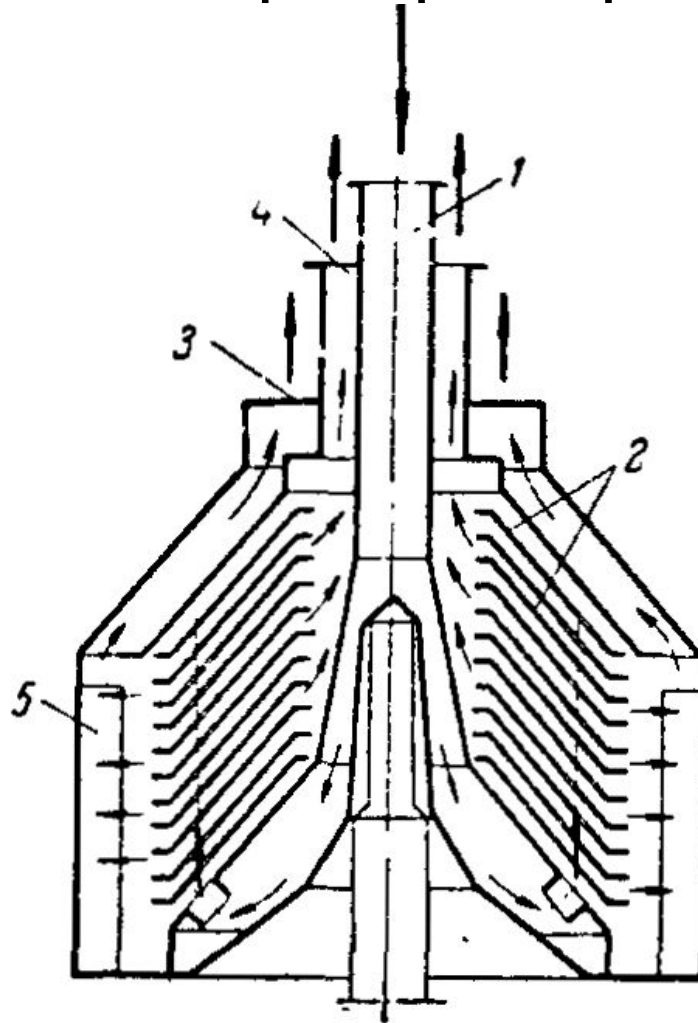
Разделение жидких систем

Центрифуги с инерционной выгрузкой осадка



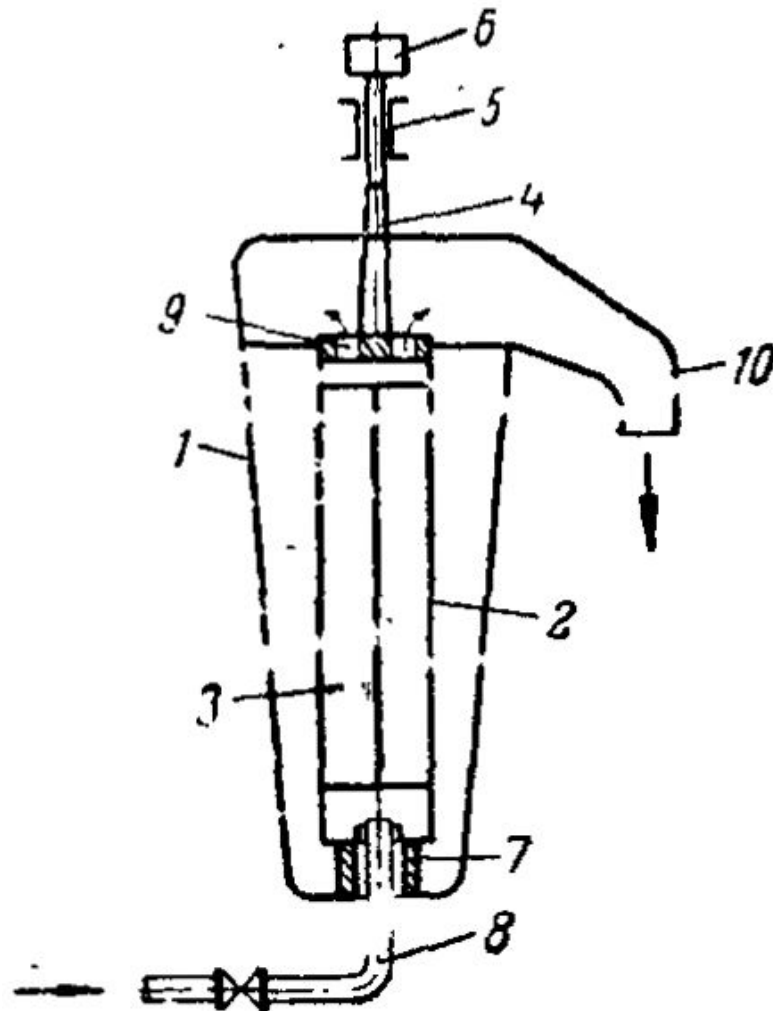
Разделение жидких систем

Жидкостные сепараторы тарельчатого типа



Разделение жидких систем

Трубчатые сверхцентрифуги



Разделение жидких систем

Гидроциклоны

