

Химическая технология

- Преподаватели:
- Павлов Александр Сергеевич – к.х.н., доцент кафедры физической химии



Лагусева Елена Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры Технологии полимерных материалов ТГТУ

Рекомендуемые учебники

- Соколов Р.С. Химическая технология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений: В 2 т. – М.: Владос, 2003.
- –Т. 1: Химическое производство в антропогенной деятельности. Основные вопросы химической технологии. Производство неорганических веществ. 368с.
- – Т.2: Metallургические процессы. Переработка химического топлива. Производство органических веществ и полимерных материалов. 448с.
-
- Игнатенков В.И., Бесков В.С. Примеры и задачи по общей химической технологии: учеб. пособие для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига» 2006. 198с.

Темы выносимые на экзамен

1. Поршневые насосы, центробежные насосы, высота всасывания, вентиляторы и компрессоры.
2. Охлаждение и теплоносители (хладагенты).
3. Получение серной кислоты (три способа)
4. Получение аммиака. (получение азотно-водородной смеси и синтез аммиака)
5. Получение азотной кислоты.
6. Водоподготовка
7. Получение азотных удобрений. (селитра и мочевины)
8. Получение калийных удобрений. (флотационный и галургический способы)

• .

•

9. Фосфорные удобрения и фосфорная кислота.
(суперфосфат, получение экстракционный и электротермический способ)
10. Комплексные удобрения
11. Получение NaOH и Cl₂ (способ с ртутным катодом, и с железным катодом)
12. Технология твердого топлива
13. Нефть, и нефтехимия
14. Технология получения ^{Фосфорные} алюминия (два способа получения оксида алюминия и электрохимическое получение алюминия)
15. Получение ацетилена. (два способа)
16. Получение метилового спирта и высших спиртов.
17. Получение этилового спирта.
18. Получение органических кислот. Уксусная кислота.

Типы аппаратов химической промышленности

- Учебники : Общий курс процессов и аппаратов химической технологии:
Учебник: в 2 кн. /В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна М.: Университетская книга; Логос; Физ-маткнига, 2006. Кн. 1. 912 с.; Кн. 2. 872 с.

Рекомендуемые скорости транспортировки по трубопроводам газов и жидкостей

для газов:

при естественной тяге	2...4	
при небольших давлениях (газоходы вентиляторов)		4 ... 15
при значительных давлениях (трубопроводы компрессоров)	15...25	

для жидкостей:

при движении самотеком	0,1...0,5	
в напорных трубопроводах		0,5 ...2,5
<i>для водяного пара:</i>	20 ...40	

Условная окраска производственных трубопроводов

Среда	Окраска	Среда	Окраска
Вода	Зеленая	Жидкости	Коричневая
Водяной пар	Красная	Кислоты	Оранжевая
Воздух	Синяя	Щелочи	Фиолетовая
Газы	Желтая	Прочие	Серая

Запорная арматура

Кран

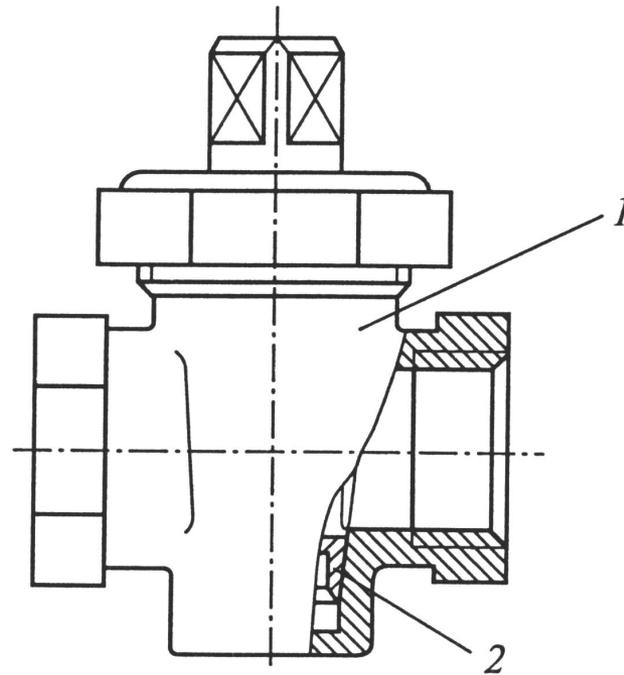


Рис. 2.1. Пробочный кран:
1 — корпус; 2 — коническая пробка

Запорная арматура

Вентиль

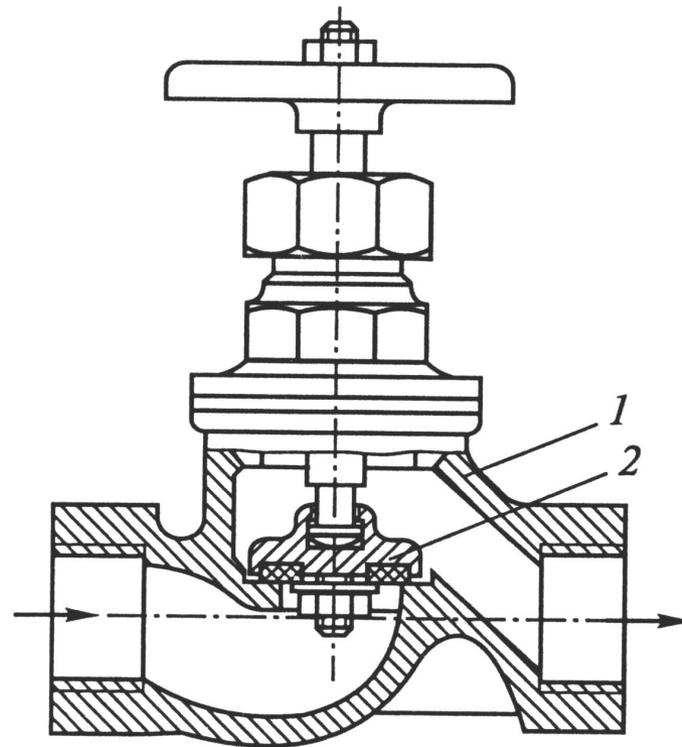


Рис. 2.2. Вентиль:
1 — корпус; 2 — клапан

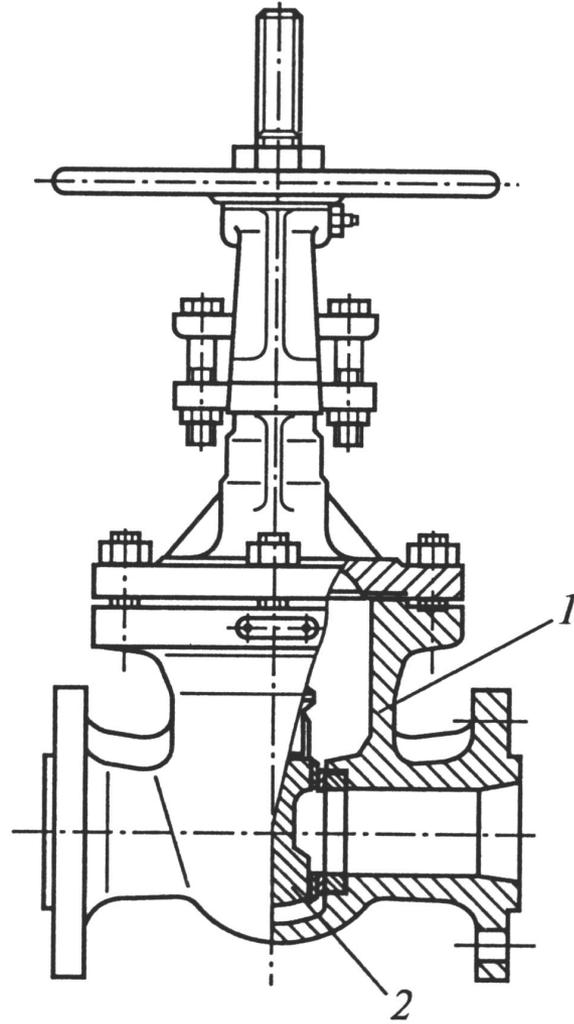


Рис. 2.3. Задвижка:
1 — корпус; 2 — затвор

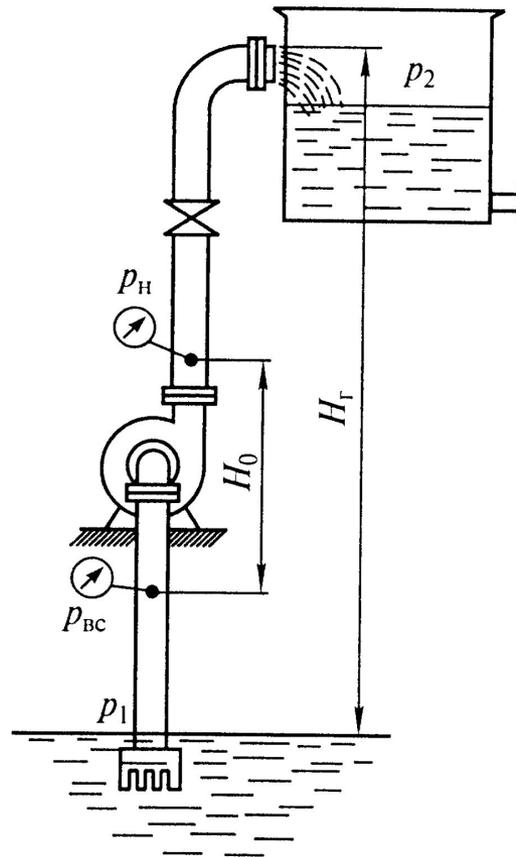


Рис. 2.4. Схема для определения полного напора насоса:

p_1 , p_2 — давление всасывания и нагнетания; $H_г$ — геометрическая высота подъема жидкости; $p_{вс}$, $p_н$ — давление жидкости на входе и выходе насоса на расстоянии H_0

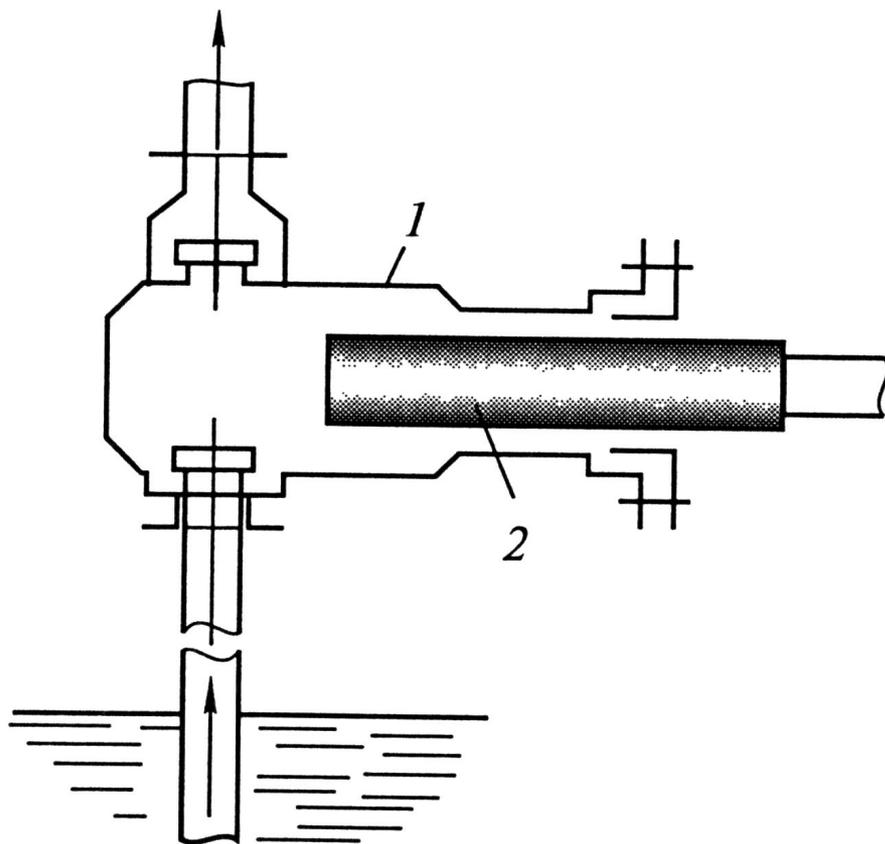


Схема плунжерного насоса

1 — корпус; 2 — поршень

Для выравнивания подачи поршневых и плунжерных насосов существует несколько способов:

применение многопоршневых машин с общей приводной частью и общими магистральными трубопроводами;
использование воздушных колпаков на всасывающей и напорной линиях для демпфирования (сглаживания) потоков жидкости.

Теоретическая средняя подача насоса простого действия

(Q , м³/с) составляет

$$Q = FSn,$$

где F — площадь поперечного сечения поршня (или плунжера), м²;

S — ход поршня, м; n — частота вращения вала, об/с. Действительная

подача $Q_d = \eta_v i FSn$,

где $\eta_v = 0,8 \dots 0,9$ — коэффициент подачи; i — кратность подачи.

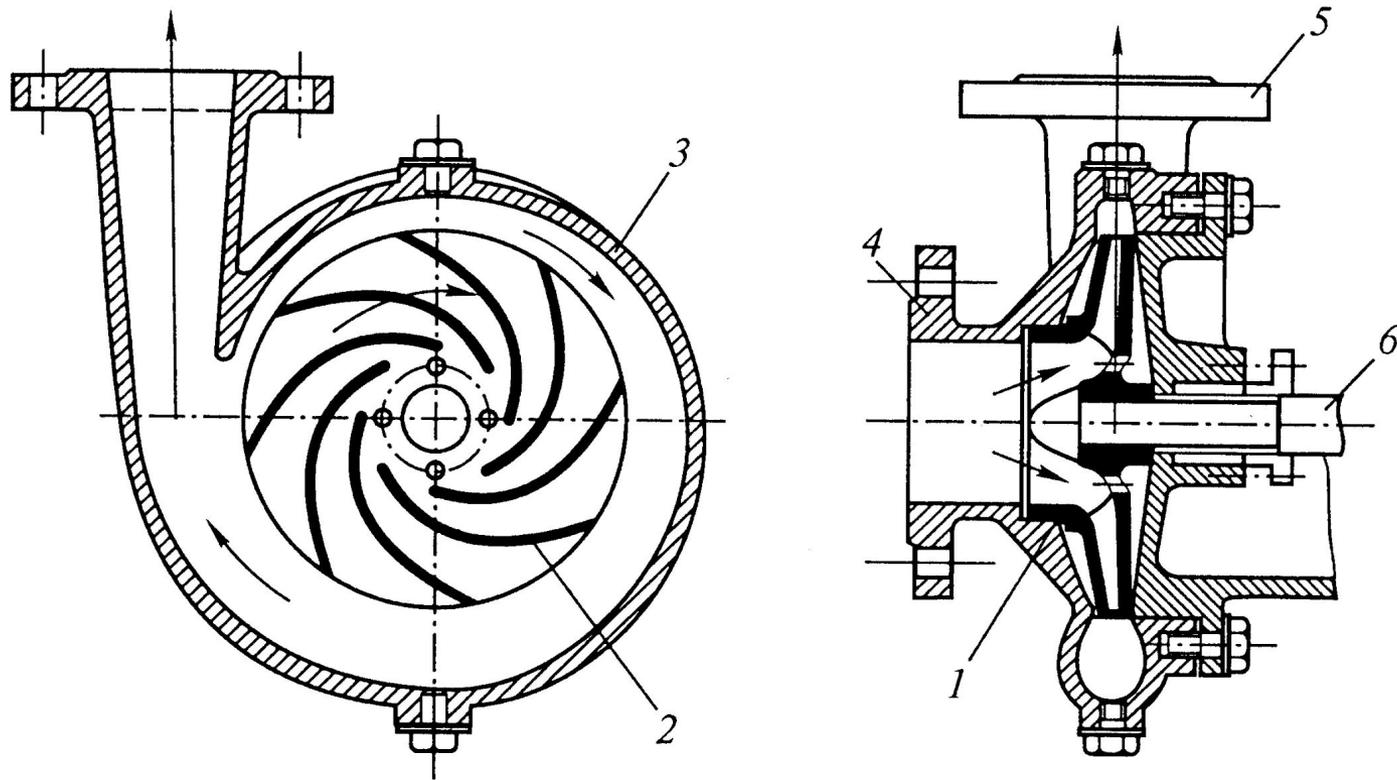


Рис. 2.5. Схема центробежного насоса:

1 — рабочее колесо; 2 — лопатка; 3 — кожух; 4, 5 — патрубки; 6 — вал

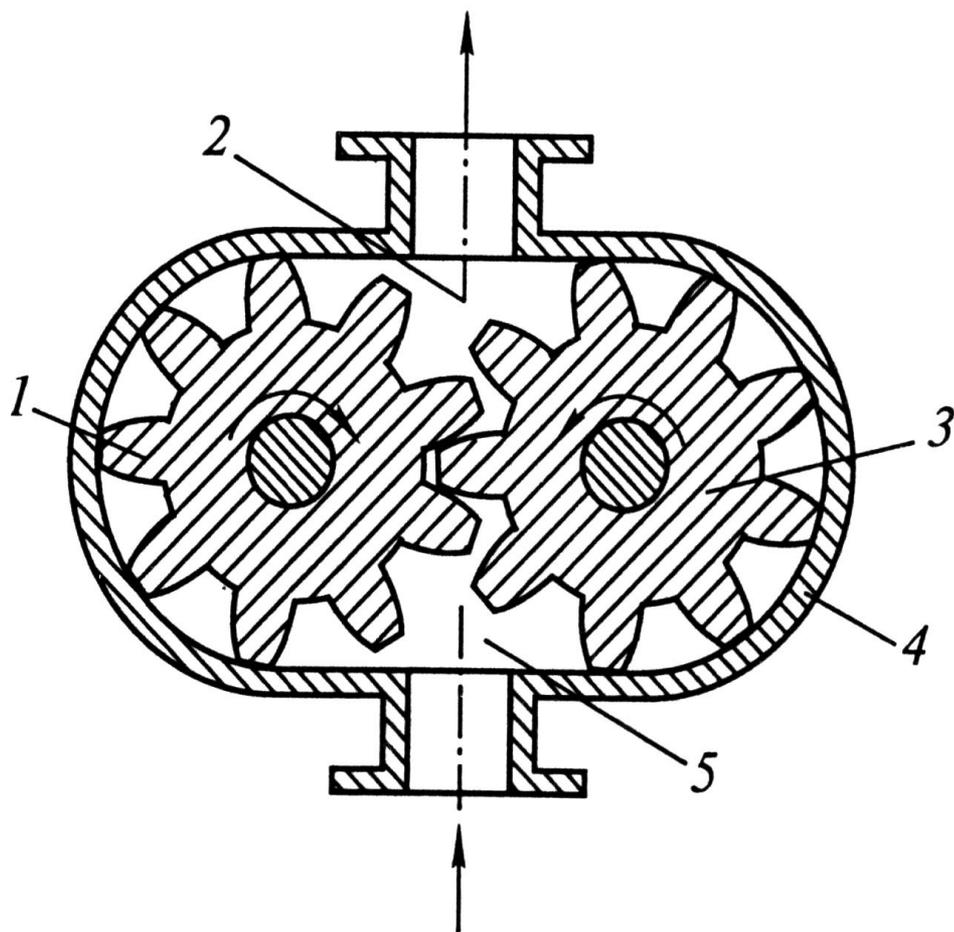


Схема шестеренного насоса:
 1,3 — зубчатые колеса; 2 — напорная
 полость; 4 — корпус; 5 — полость
 всасывания

Шестеренный насос состоит из двух
 зубчатых колес 1 и 3, находящихся в
 зацеплении и размещенных с малым
 зазором|
 в корпусе 4, одно из которых является
 ведущим, другое — ведомым. При
 вращении колес жидкость из полости
 всасывания 5 перемещается в
 напорную полость 2,
 Подача шестеренного насоса,
 состоящего из двух колес раз-| личных
 размеров, определяется как

$$Q=(flz_1n_1+flz_2n_2)$$
 где f — площадь поперечного сечения
 впадины между зубьями, м²; l — длина
 зуба колеса, м; z_1 и z_2 — число зубьев
 колес; n_1 и n_2 — частота вращения,
 об/мин; η_0 — объемный коэффициент
 насоса.

Если колеса одинаковы, то $Q = 2flzn$.
 Шестеренные насосы применяют для
 перекачивания вязких жидкостей при
 невысоких подачах и высоких
 давлениях (до 15 МПа).

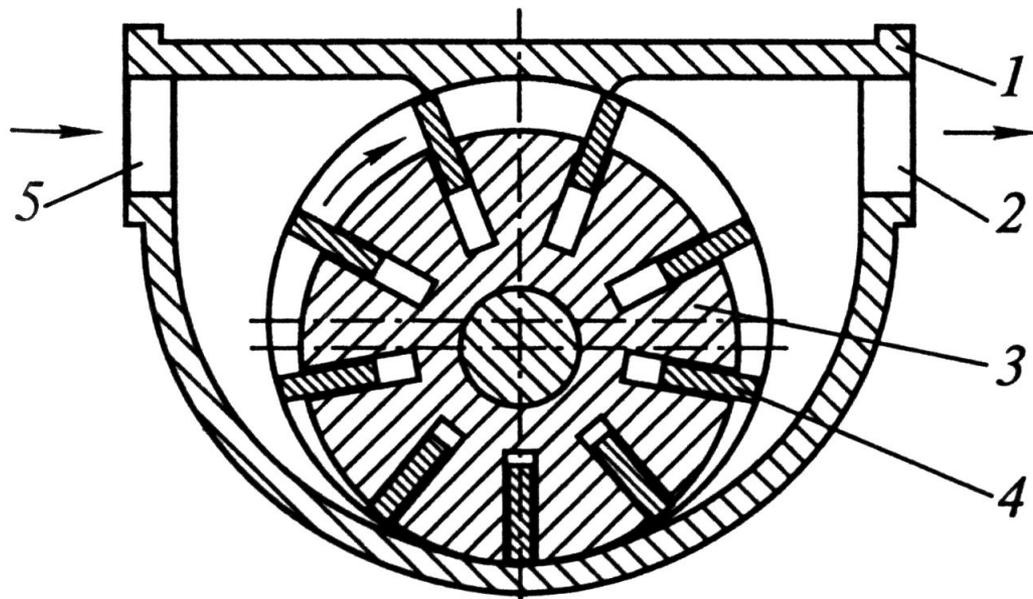


Схема пластинчатого насоса:

1 — корпус; 2 — нагнетательная магистраль; 3 — цилиндр; 4 — пластина; 5 — всасывающая магистраль

Пластинчатый насос состоит из корпуса 1 с ротором в виде установленного в нем с эксцентриситетом цилиндра 3, в котором выполнены радиальные прорезы. В этих прорезах с возможностью свободного перемещения установлены пластины 4, которые при вращении, в результате действия на них центробежных сил плотно прижимаются к стенкам корпуса, образуя камеры, в которых жидкость от всасывающей магистрали 5 перемещается к нагнетательной магистрали 2. При этом объем камеры, формируемой у всасывающего патрубка, увеличивается, создавая разрежение и всасывание, а у нагнетательного патрубка уменьшается, увеличивая давление. Пластинчатые насосы применяют для перемещения чистых жидкостей при умеренных подаче и напоре.

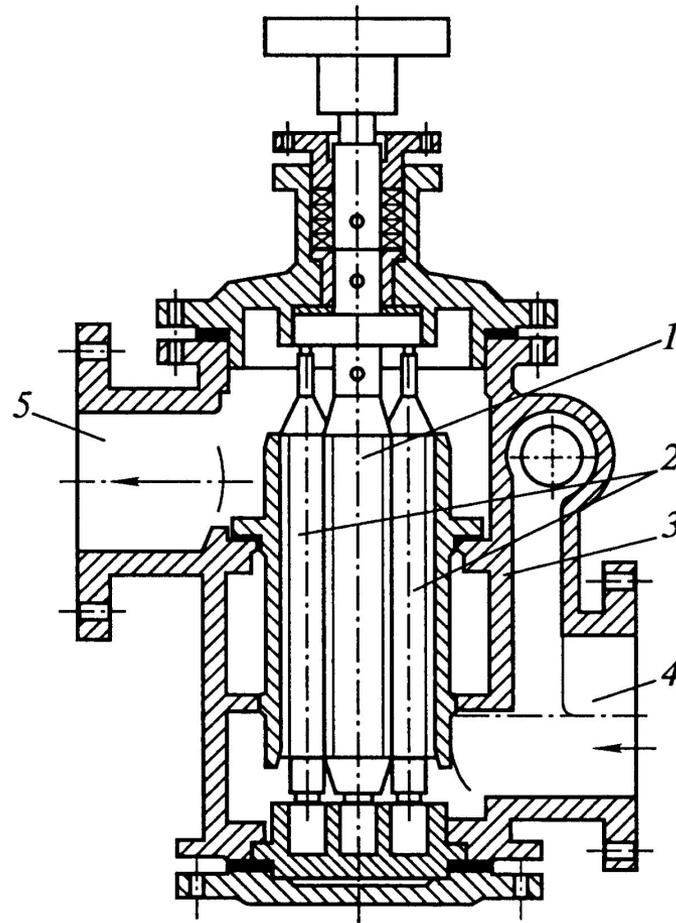


Схема винтового насоса:

1, 2 — ведущий и ведомый винты; *3* — корпус; *4, 5* — патрубки всасывания и нагнетания

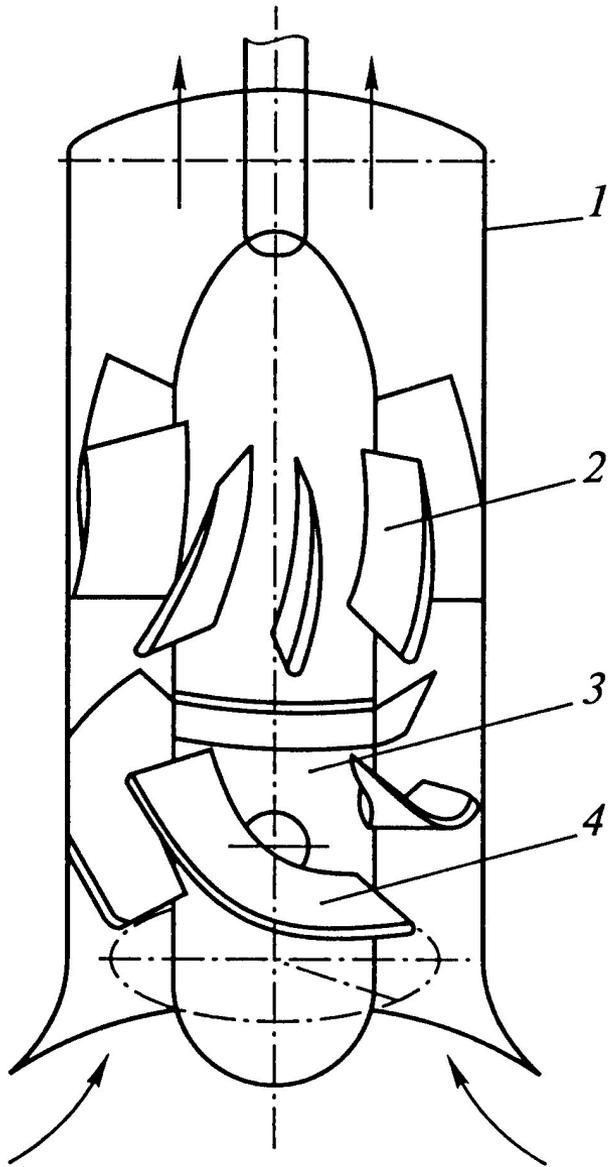


Схема осевого насоса:

1 — корпус; 2 — радиальная лопатка;
3 — вал; 4 — винтовая лопатка

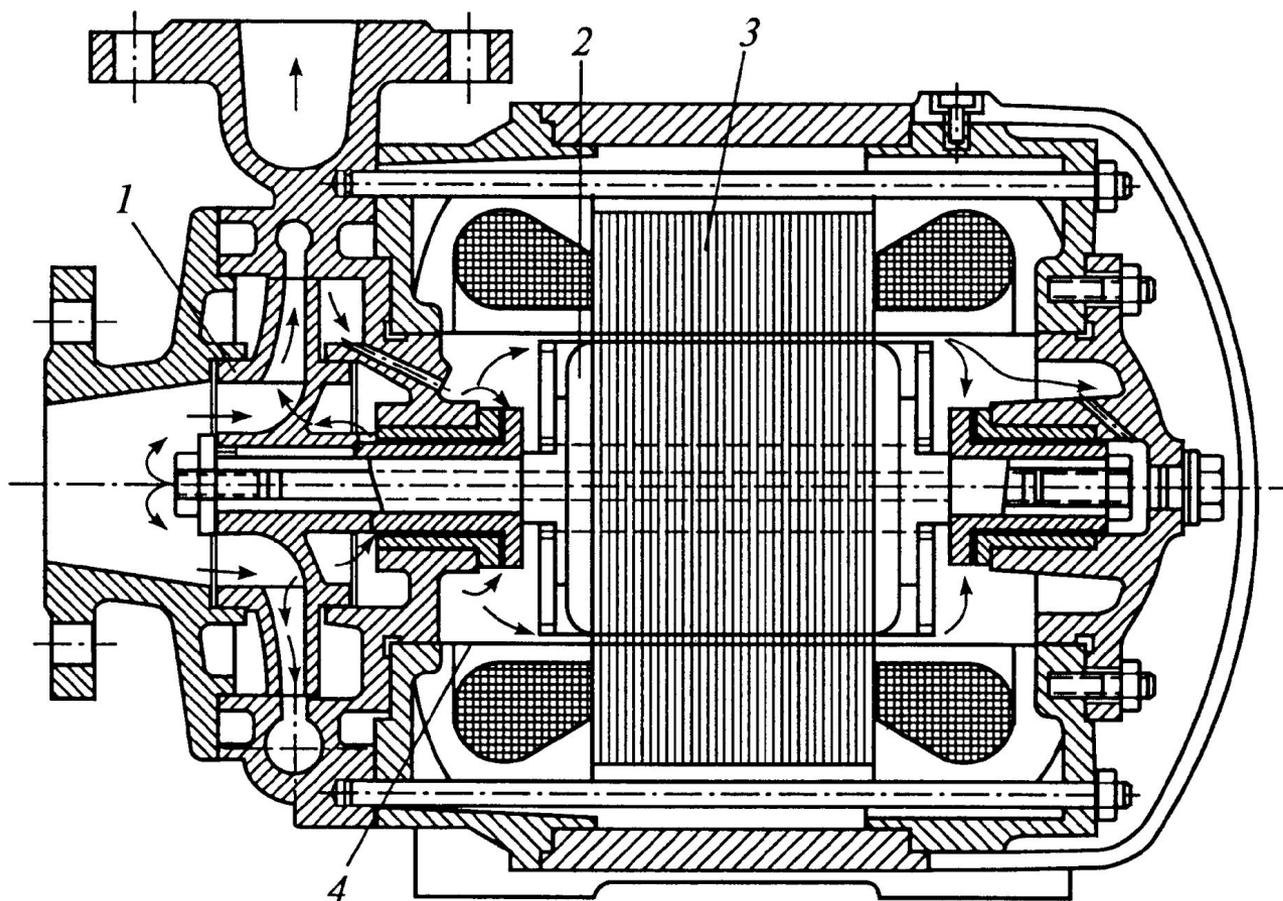


Схема герметического центробежного насоса:

1 — рабочее колесо; 2 — ротор; 3 — обмотка статора; 4 — цилиндрическая оболочка

Классификация компрессорных машин

Классификация компрессорных машин основывается на *степени сжатия* (отношении конечного давления p_2 , создаваемого компрессорной машиной, к начальному давлению p_1 при котором происходит всасывание газа).

В зависимости от этого показателя различают следующие компрессорные машины:

вентиляторы ($p_2/p_1 > 1,1$), предназначенные для перемещения больших объемов газа при относительно низких давлениях;
газодувки ($1,1 < p_2/p_1 < 3,0$), предназначенные для перемещения газов по трубопроводам с высоким гидравлическим сопротивлением;

компрессоры ($p_2/p_1 < 3,0$), предназначенные для перемещения газов под высокими давлениями;

вакуум-насосы, предназначенные для отсасывания газов при давлениях ниже атмосферного.

Основными конструкциями компрессорных машин являются поршневые, центробежные (вентиляторы, турбогазодувки, турбокомпрессоры), осевые и струйные.

В качестве вакуум-насосов могут применяться компрессорные машины, в которых всасывание производится при давлениях ниже атмосферного, а нагнетание — выше.

Поскольку газы являются сжимаемыми средами, при их перемещении изменяется не только объем, но и давление, и температура.

Изменение состояния газов может происходить тремя способами.

1 *Изотермическое сжатие*, при котором температура обрабатываемой среды не меняется ($T_1 = T_2$), а удельная работа ($l_{из}$, Дж/кг) по осуществлению этого процесса может быть определена по зависимости $l_{из} = p_1 v_1 \ln(p_2/p_1)$, где v_1 удельный объем газа при начальных условиях, p_1 давление при начальных условиях.

2. *Адиабатический процесс*, при котором теплота, образующаяся при сжатии, расходуется на увеличение внутренней энергии ($S_1 = S_2$)

удельная работа адиабатического процесса сжатия ($l_{ад}$, Дж/кг) и конечная температура среды T_2 могут быть рассчитаны по уравнениям

$$l_{ад} = \frac{k}{k-1} p_1 v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]; \quad T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}},$$

где $k = c_p/c_v$ - показатель адиабаты; c_p , c_v - теплоемкости газа при постоянном давлении и при постоянном объеме.

Политропический (действительный) процесс, при котором происходит изменение температуры и увеличение внутренней энергии, может рассчитываться по зависимостям

$$l_{пол} = \frac{m}{m-1} p_1 v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right], \quad T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}},$$

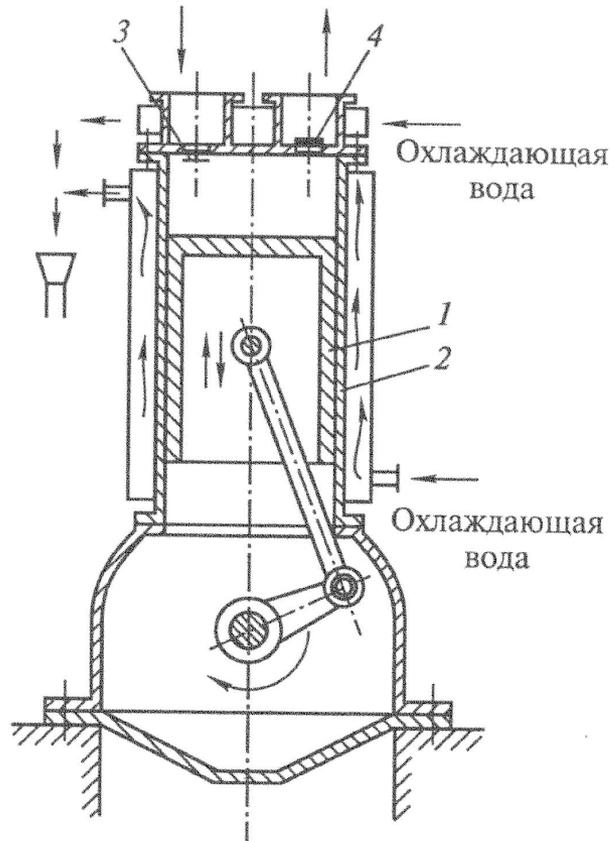


Рис. 2.14. Схема поршневого компрессора с одной ступенью сжатия: 1 — поршень; 2 — цилиндр; 3, 4 — всасывающий и нагнетательный клапаны

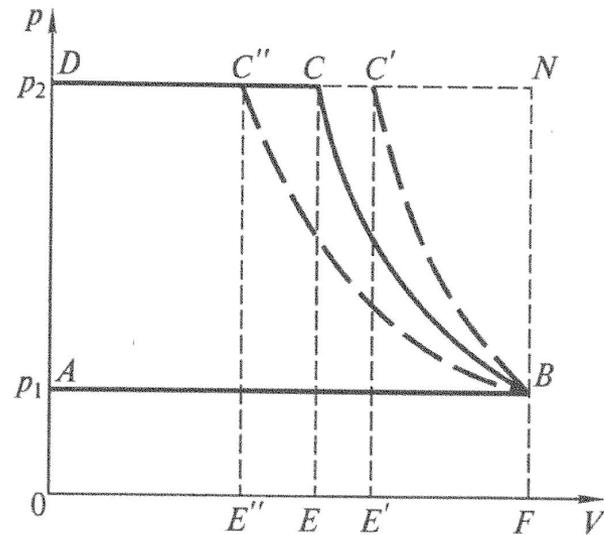
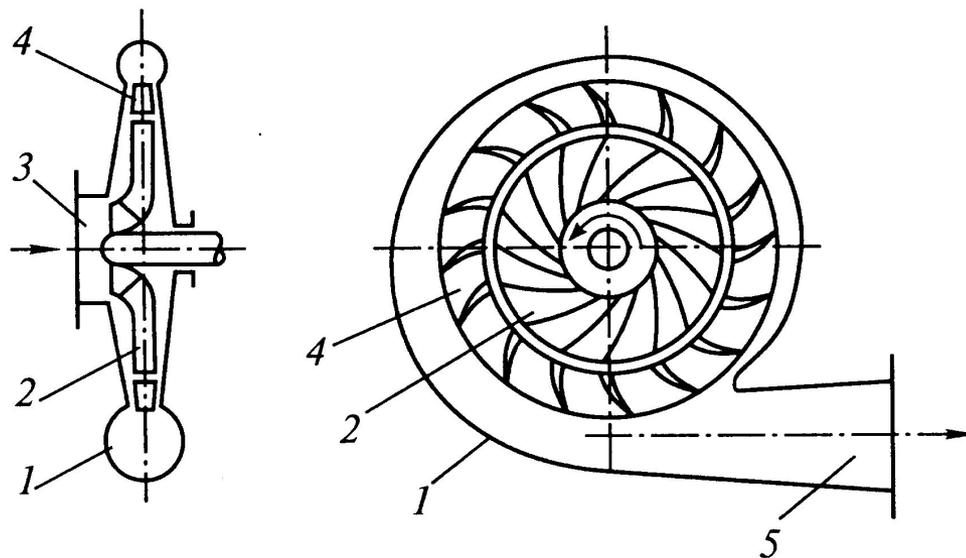


Рис. 2.15. Индикаторная диаграмма работы поршневого компрессора: AB — всасывание газа; BC — сжатие газа; CD — линия нагнетания

Газодувка



1 — корпус; 2 — рабочее
колесо; 3, 5 — патрубки;
4 — направляющая

Разделение в поле сил тяжести (отстаивание)

Кинетика отстаивания. При определении скорости отстаивания частицы дисперсной фазы сделаем следующие допущения: частица имеет сферическую форму; на осаждение не оказывают влияния ни другие частицы, ни стенки аппарата; плотность частицы $\rho_{\text{ч}}$ больше плотности среды $\rho_{\text{с}}$, в которой она осаждается. Скорость движения частиц постоянна.

В этом случае на частицу, движущуюся в среде со скоростью w_0 , действуют следующие силы (рис. 3.1):

- сила тяжести $G = m_{\text{ч}}g = \frac{\pi d_{\text{ч}}^3}{6} \rho_{\text{ч}}g$;
- подъемная сила (сила Архимеда) $G_{\text{А}} = \frac{\pi d_{\text{ч}}^3}{6} \rho_{\text{с}}g$;

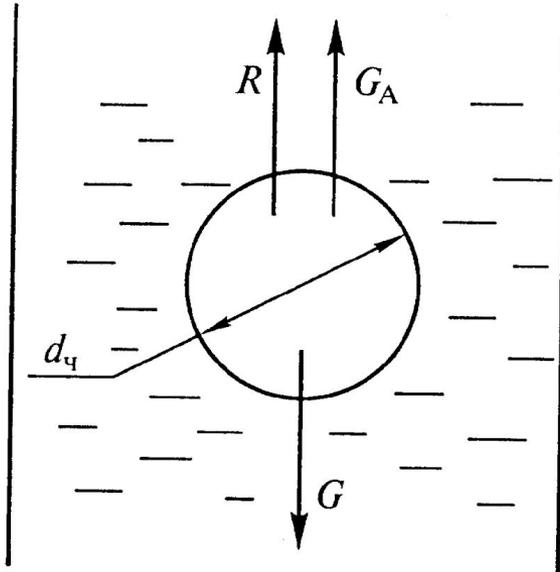


Рис. 3.1. Силы, действующие на осаждающуюся частицу:

G_A — сила Архимеда; G — сила тяжести; R — сила сопротивления; $d_ч$ — диаметр частицы

- сила сопротивления $R = \varphi \frac{\rho_c w_o^2}{2} \frac{\pi d_ч^2}{4}$.

Поскольку движение частицы направлено вниз ($\rho_ч > \rho_c$), запишем уравнение баланса сил (уравнение осадения частицы под действием силы тяжести)

$$\frac{\pi d_ч^3}{6} \rho_ч g - \frac{\pi d_ч^3}{6} \rho_c g - \varphi \frac{\rho_c w_o^2}{2} \frac{\pi d_ч^2}{4} = 0,$$

где g — ускорение свободного падения; φ — коэффициент гидравлического сопротивления.

Отсюда скорость осадения может быть выражена как

$$w_o = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g(\rho_ч - \rho_c)}{\rho_c} \frac{d_ч}{\varphi}}. \quad (3.3)$$

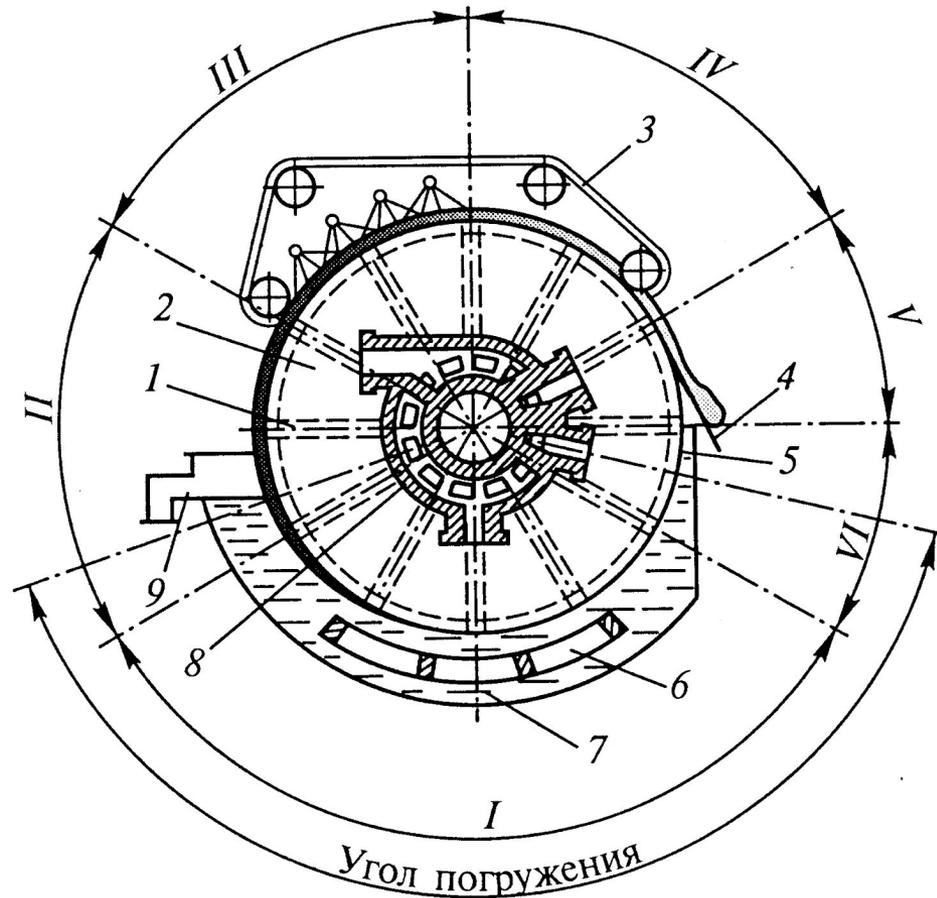


Рис. 3.7. Схема барабанного вакуум-фильтра:

1 — перегородка; 2 — ячейка; 3 — тканевая лента; 4 — нож; 5 — барабан; 6 — мешалка; 7 — корыто; 8 — распределительное устройство; 9 — сливной порог

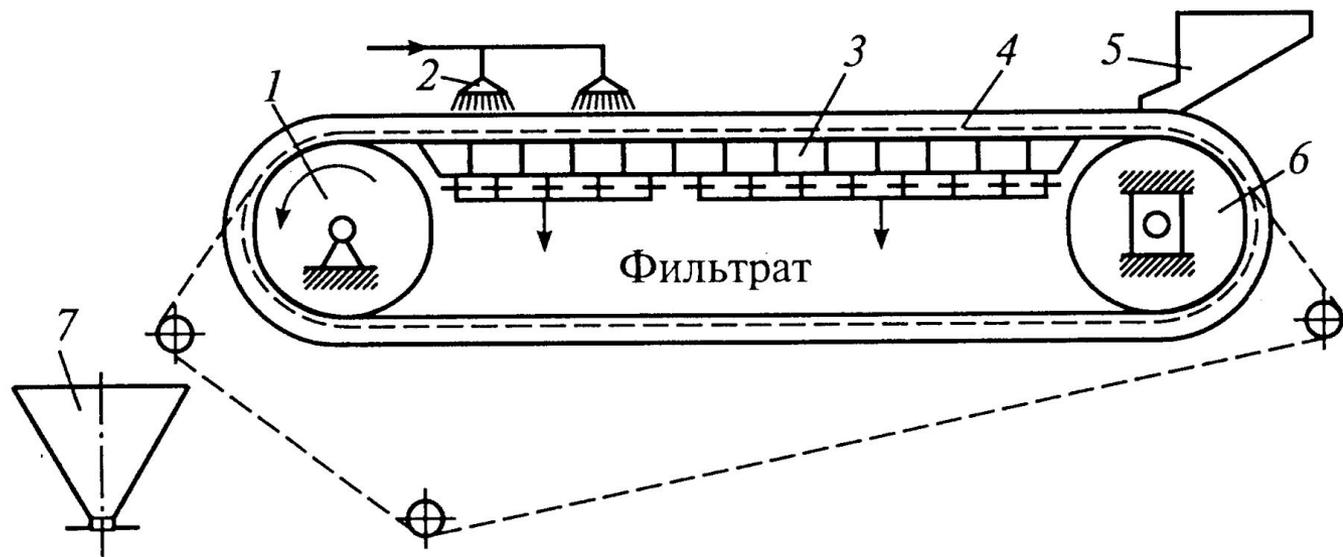


Рис. 3.8. Схема ленточного вакуум-фильтра:

1, 6 — барабаны; 2 — распыляющее устройство; 3 — стол; 4 — резиноканевая лента; 5 — лоток; 7 — бункер

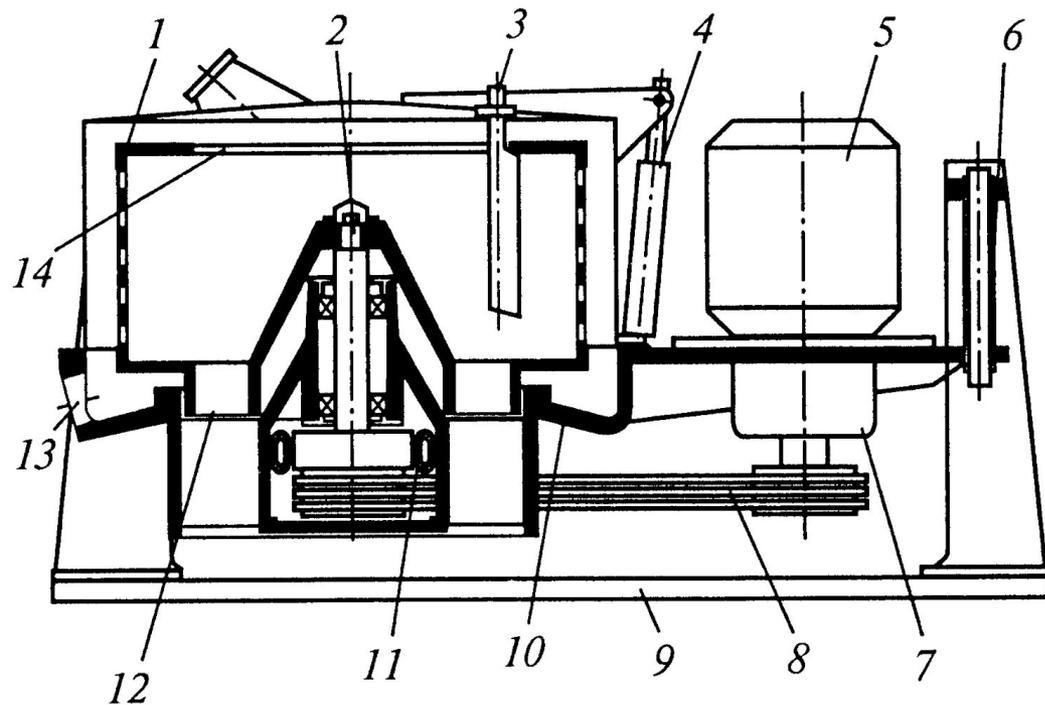
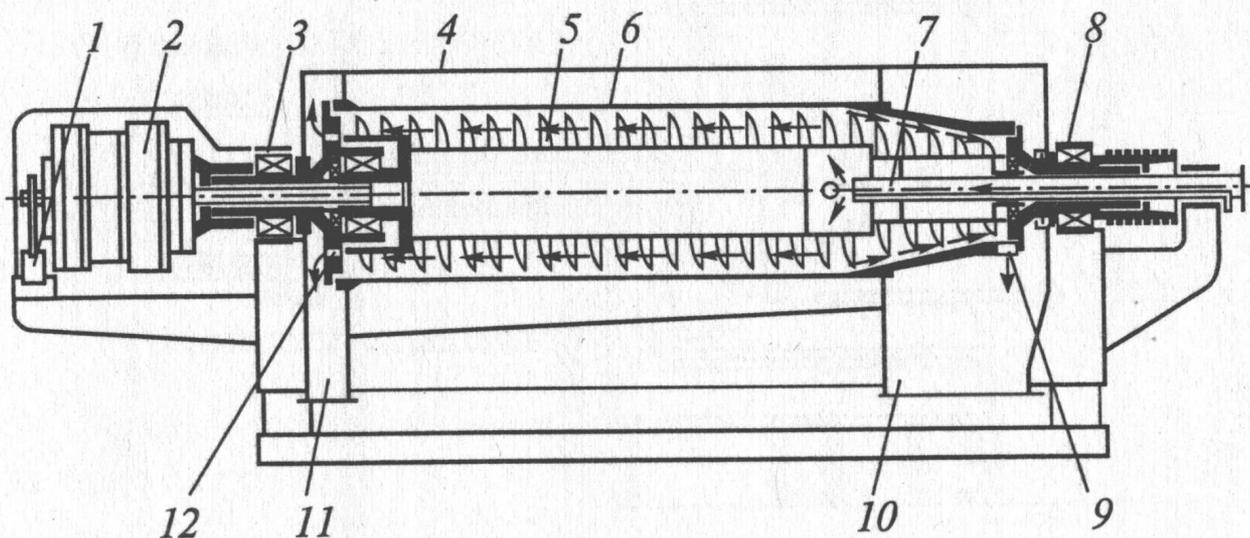


Рис. 3.11. Схема маятниковой фильтрующей центрифуги:

1 — ротор; 2 — вал; 3 — патрубок; 4 — механизм подъема; 5 — электродвигатель;
 6 — колонка; 7 — гидромуфта; 8 — клиноременная передача; 9 — фундаментная
 плита; 10 — станина; 11 — тормоз; 12 — отверстие; 13 — сливной штуцер;
 14 — отверстие в роторе

Схема осадительной горизонтальной центрифуги со шнековой выгрузкой осадка



1 — защитное устройство; 2 — редуктор; 3, 8 — опоры; 4 — кожух; 5 — шнек; 6 — ротор; 7 — труба; 9 — окно для выгрузки осадка; 10 — камера для выгрузки осадка; 11 — камера для отвода фугата; 12 — окно для слива

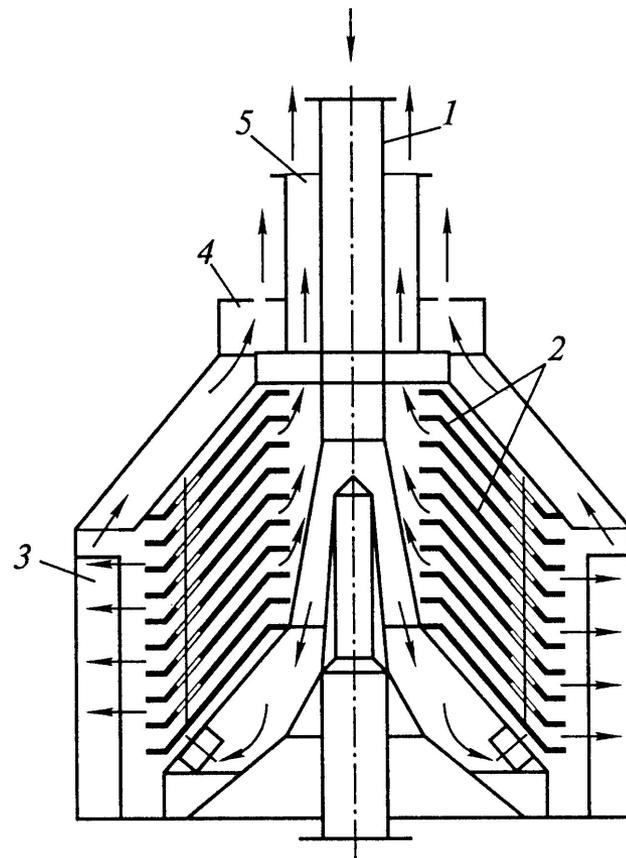


Рис. 3.16. Схема жидкостного тарельчатого сепаратора:

1 — труба; *2* — тарелки; *3* — ребро; *4* — отверстие для отвода тяжелой жидкости; *5* — кольцевой канал для отвода легкой жидкости

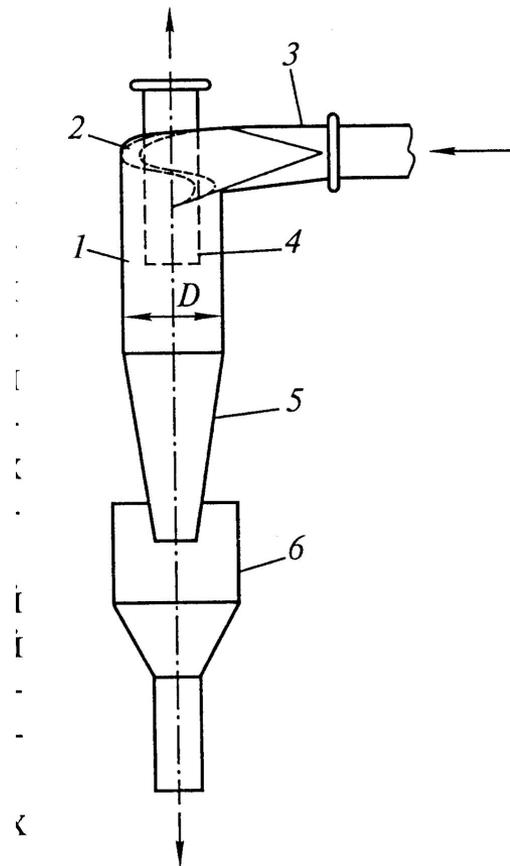


Рис. 3.17. Циклон конструкции НИИОГАЗ:

1, 5 — цилиндрическая и коническая части корпуса; 2 — крышка; 3 — патрубок; 4 — выхлопная труба; 6 — бункер

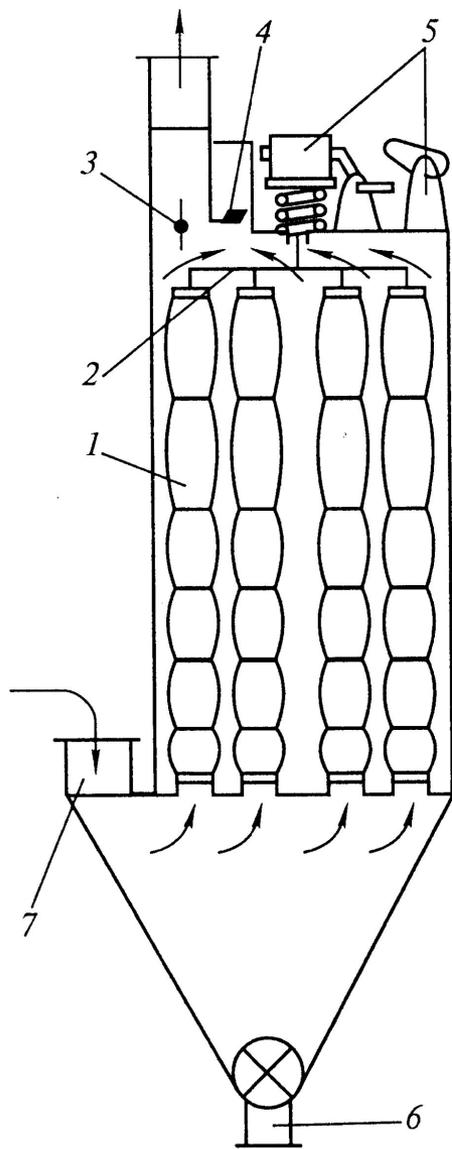
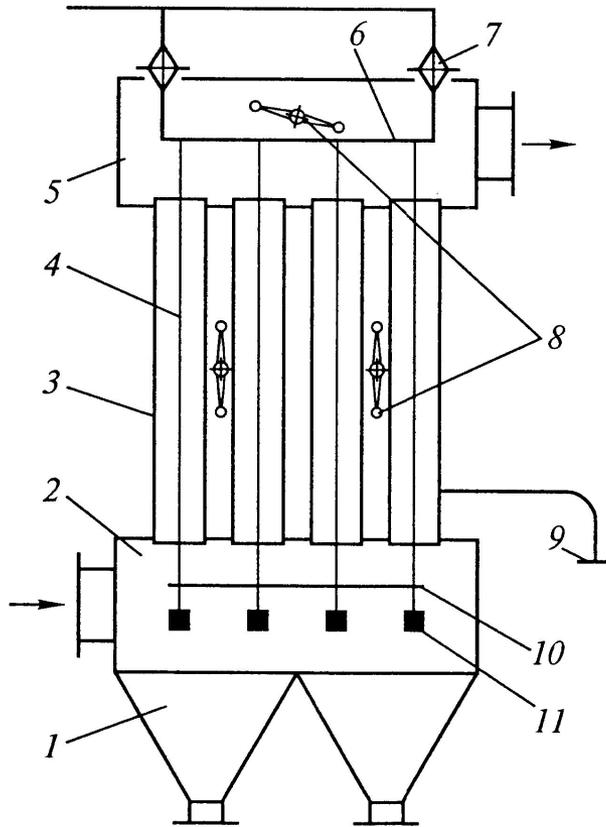


Схема рукавного фильтра:

1 — фильтрующий элемент; *2* — рама; *3, 4* — заслонки; *5* — встряхивающий механизм; *6, 7* — патрубки

Схема трубчатого электрофильтра



1 — бункер; 2, 5 — камеры подачи и отвода очищенного газа; 3 — осадительный электрод; 4 — коронирующие электроды; 6 — рама; 7 — изолятор; 8 — приспособления для встряхивания; 9 — заземление; 10 — решетка; 11 — груз

Схема пневматического перемешивания

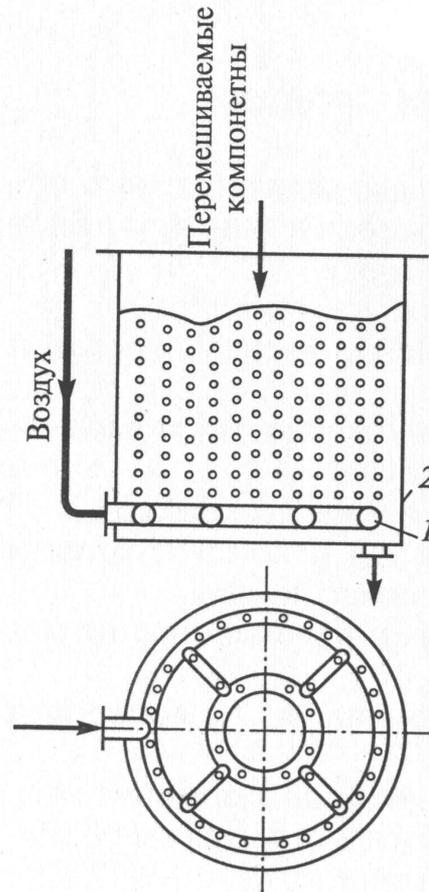


Схема циркуляционного перемешивания

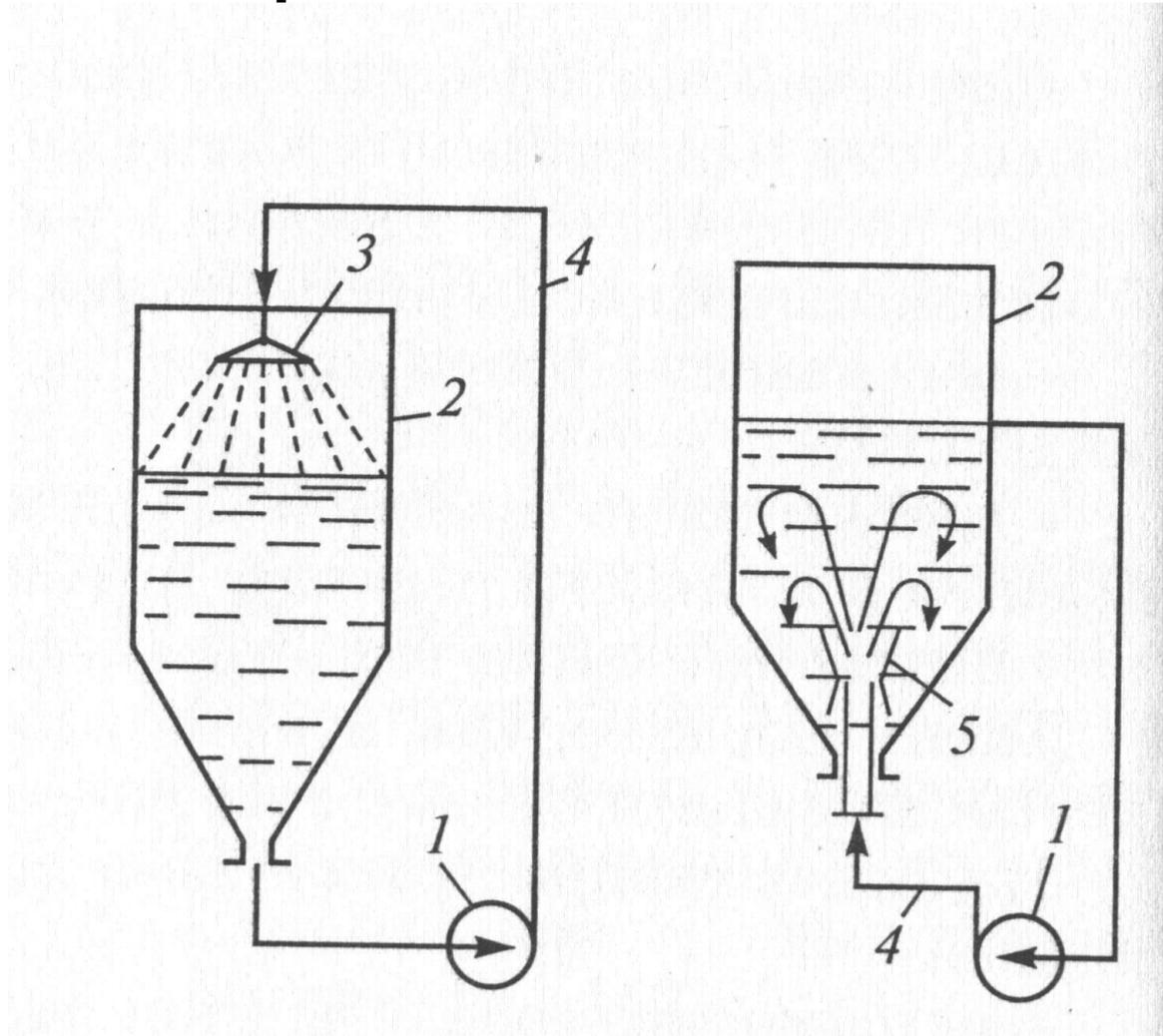


Схема ректификационной установки

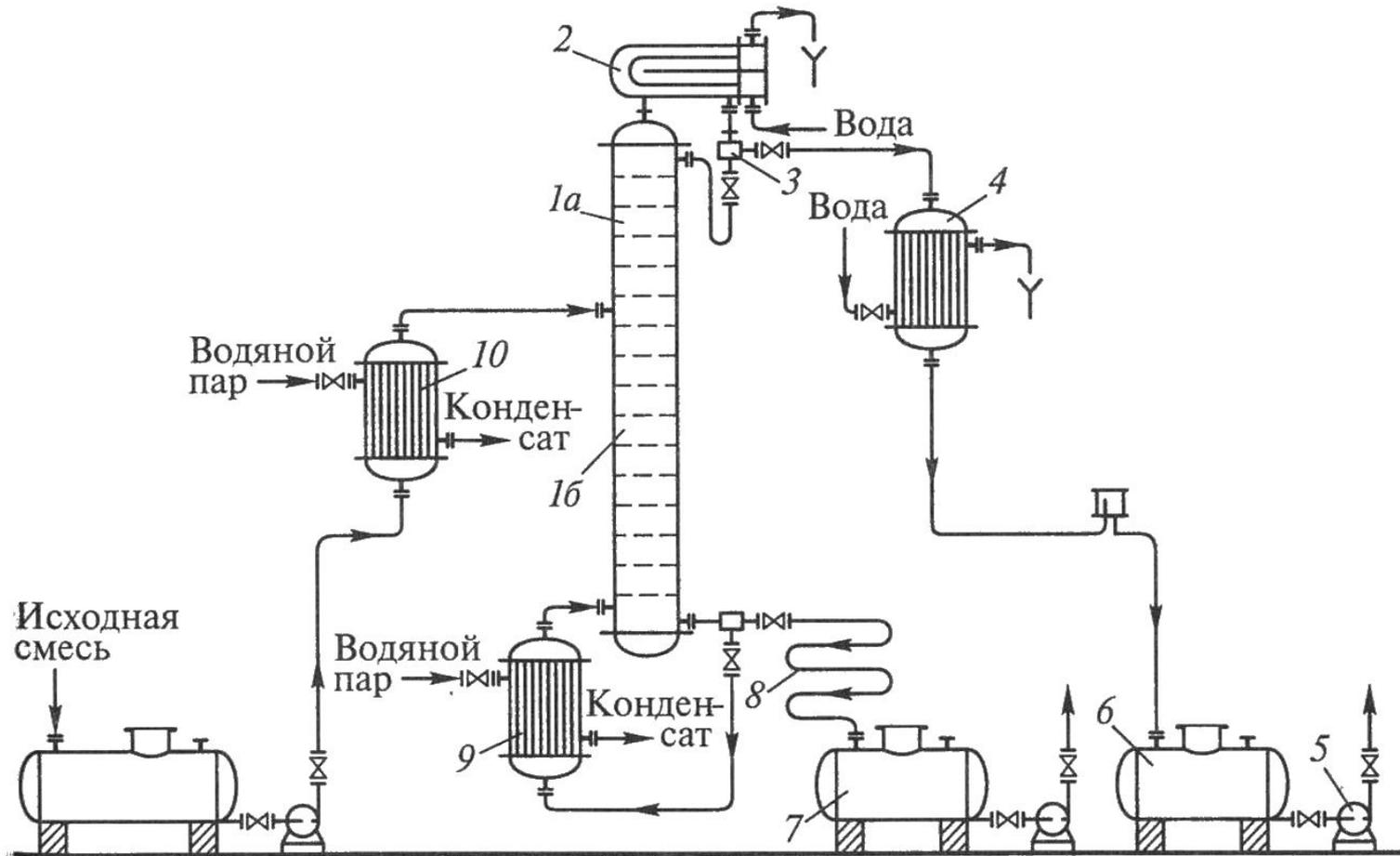
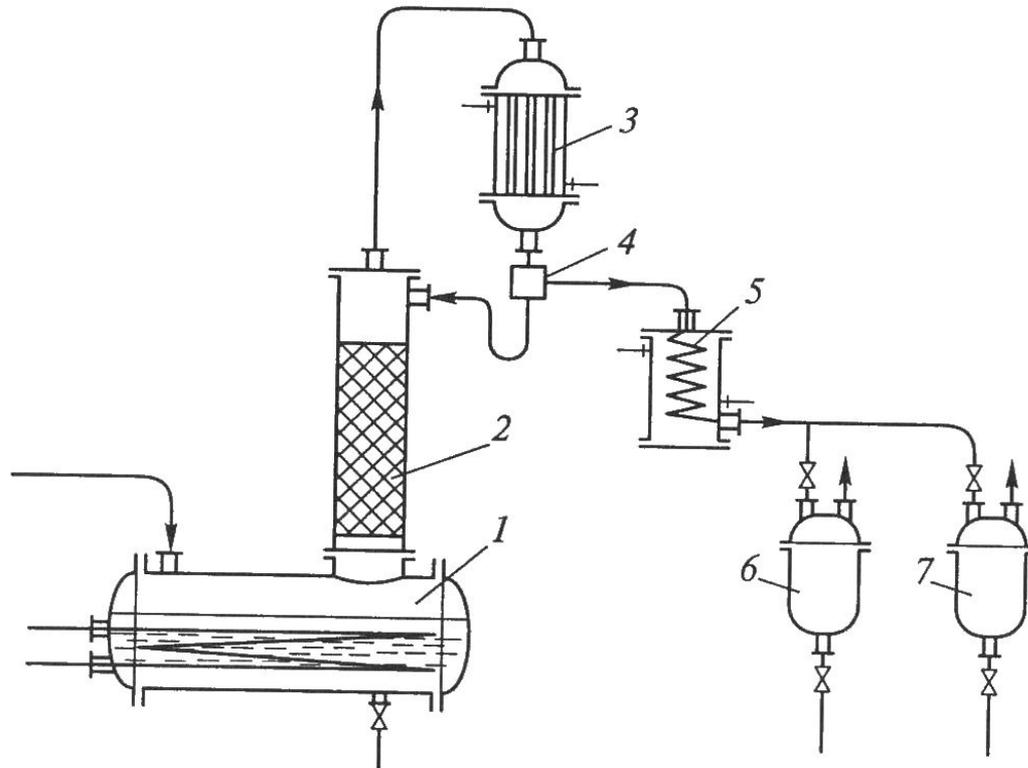


Схема ректификационной установки периодического действия



1 — куб; 2 — ректификационная колонна; 3 — дефлегматор; 4 — делитель потока; 5 — холодильник; 6, 7 — сборники