

ЛЕКЦИЯ 5

4. Термическая подготовка добавочной воды.

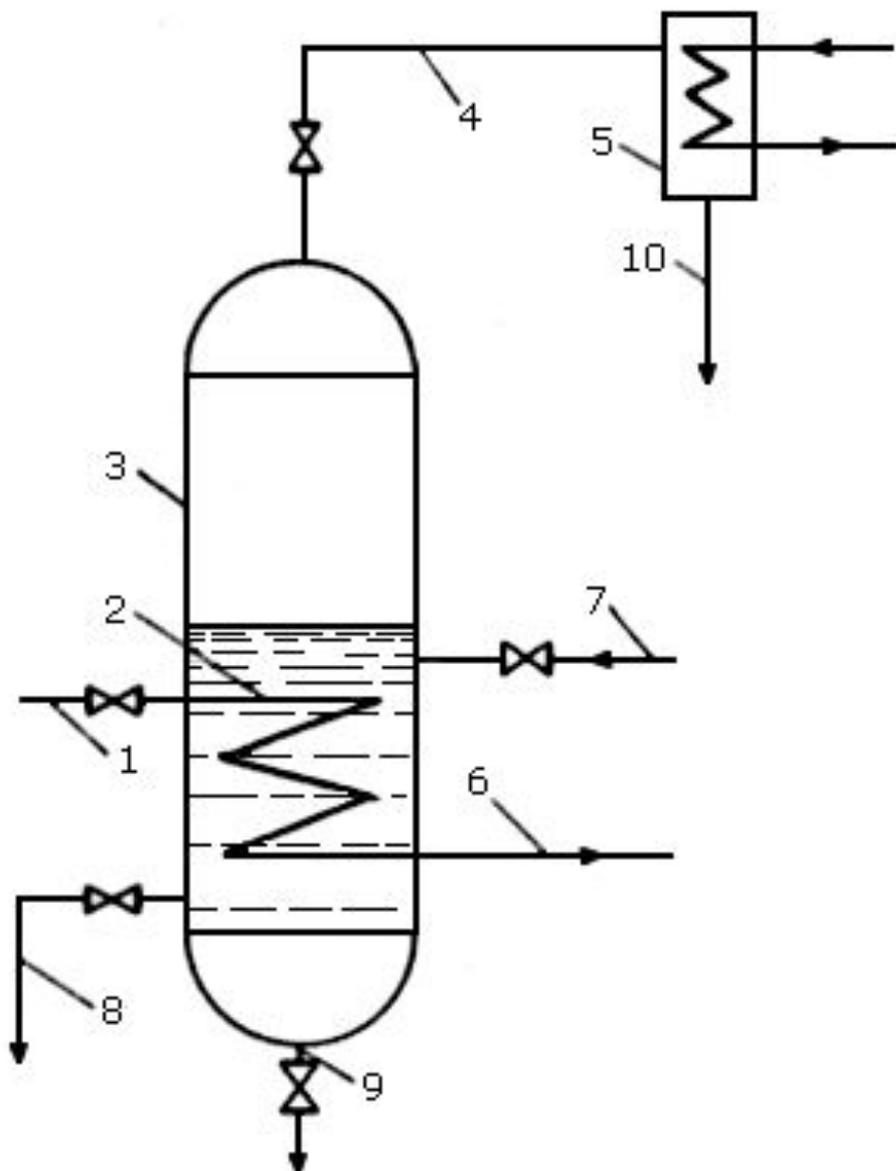
На многих ТЭС восполнение потерь пара и конденсата производят дистиллятом. Дистиллят получают в испарительных установках термическим обессоливанием химически умягченной воды.

В основе термической подготовки воды лежит принцип концентрации примесей в процессе парообразования.

Аппараты, в которых происходит процесс парообразования с концентрацией примесей, называются *испарителями*.

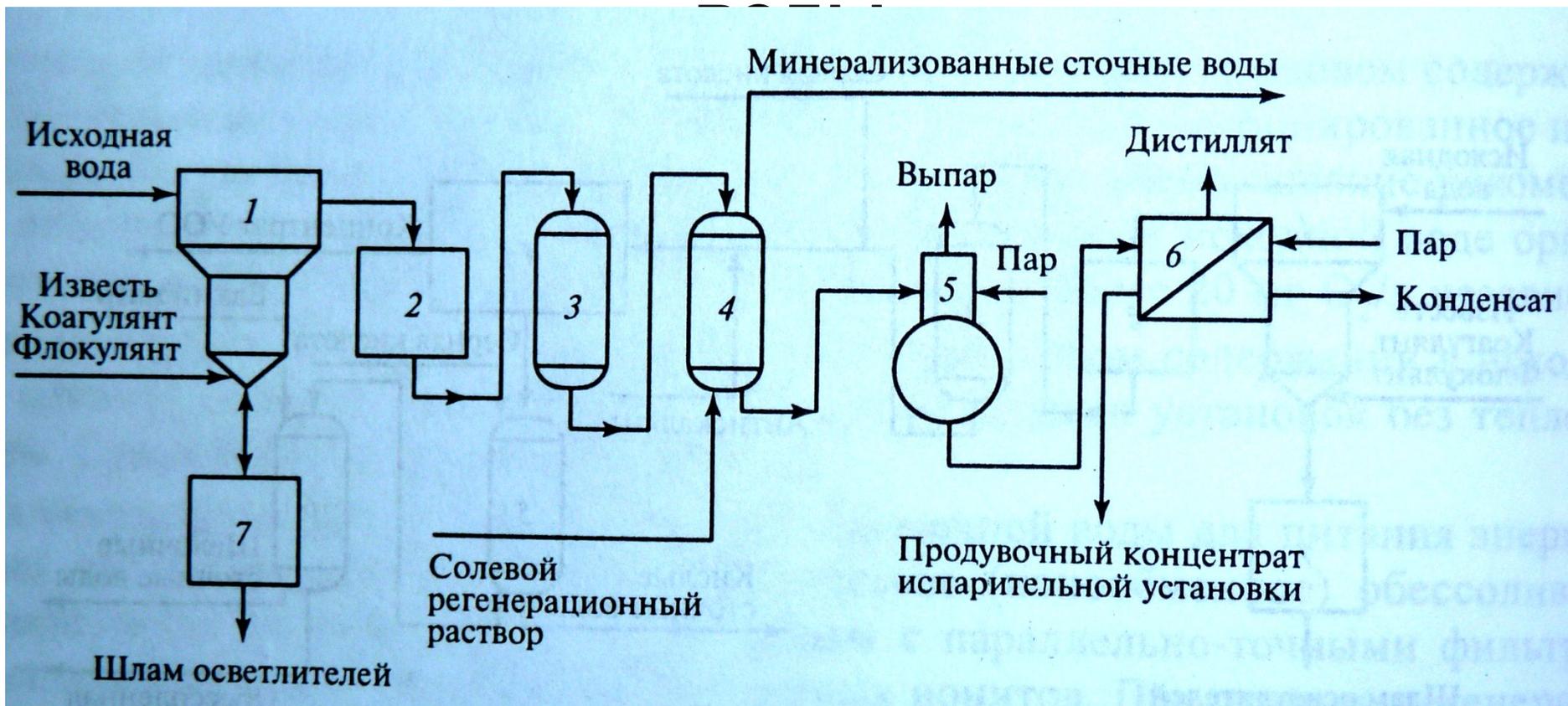
Испаритель – это теплообменник поверхностного типа. К нему непрерывно подводится первичный пар из отборов турбины и умягченная вода, часть которой испаряется, образуется вторичный пар, который направляют в конденсатор испарителя, включенный в систему регенеративного подогрева питательной воды.

Схема испарительной установки



- 1 – подвод**
- первичного пара;**
- 2 – греющая секция;**
- 3 – корпус**
- испарителя;**
- 4 – отвод**
- вторичного пара; 5**
- конденсатор; 6 –**
- отвод конденсата; 7**
- подвод**
- добавочной воды;**
- 8 – продувка;**
- 9 – опорожнение;**
- 10 – отвод**

Принципиальная технологическая схема термического обессоливания



**1 – осветлитель; 2 – бак осветленной воды;
3 – механический фильтр; 4 – Na-катионитный
фильтр; 5 – деаэратор; 6 – испарительная
установка; 7 – шламоуплотнительная станция**

В схемах с термическим обессоливанием расходуется значительно меньше химических реактивов, снижается количество сбросных вод после промывок фильтров. Существенное преимущество термического обессоливания – малое влияние состава исходной воды на качество дистиллята.

5. Обессоливание воды обратным осмосом.

В настоящее время в РФ действует ряд относительно крупных установок обратного осмоса, входящих в состав комбинированных схем получения глубоко обессоленной воды. Одна из первых установок обратного осмоса была введена в эксплуатацию в 1997 г. На ТЭЦ-23 ОАО «Мосэнерго» производительностью 50 т/ч.

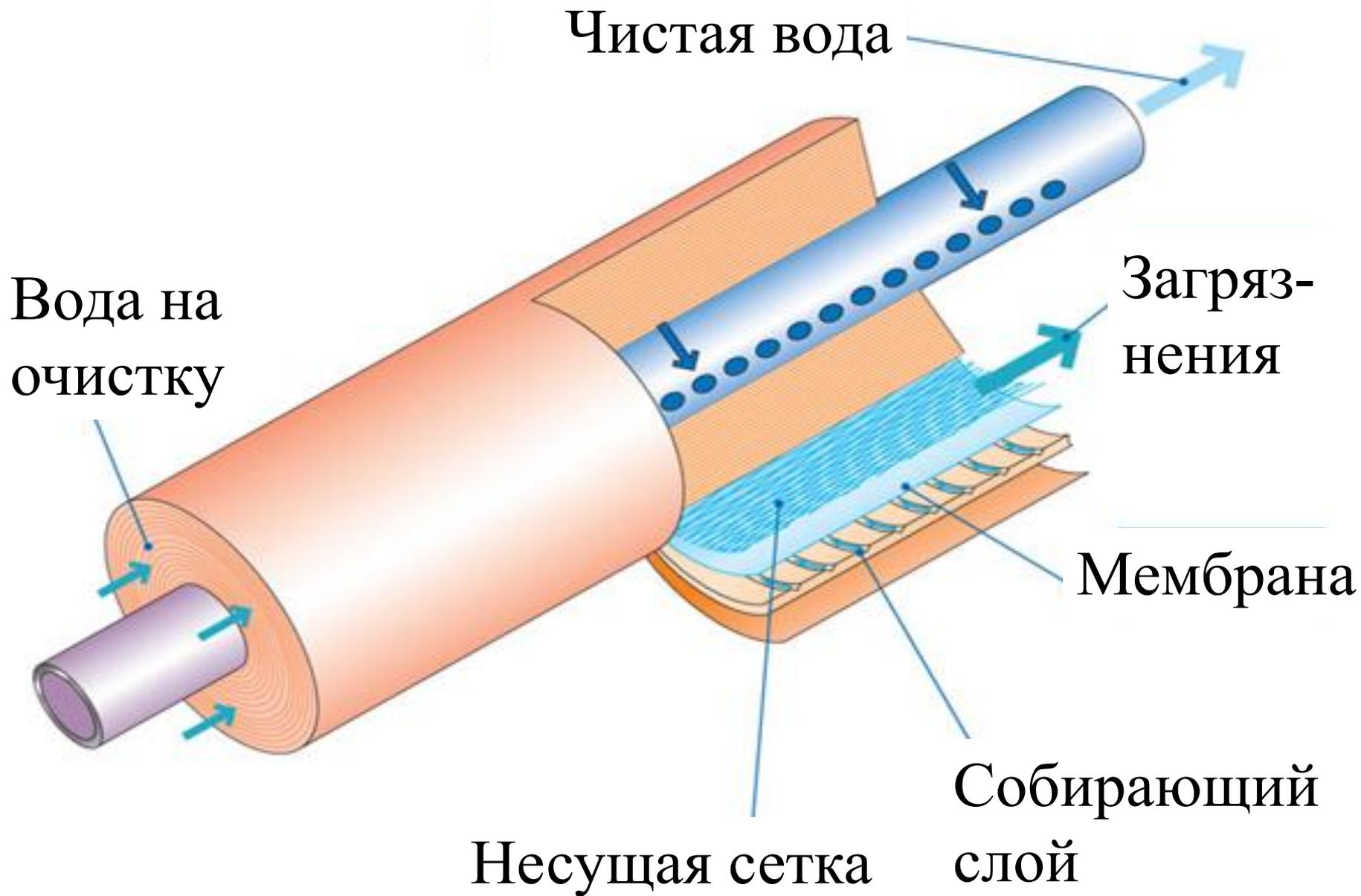
Осмотическое давление раствора зависит от концентрации растворенного вещества и температуры раствора.

Например, для раствора NaCl с концентрацией 35 г/дм^3 (солесодержание морской воды) и температурой $20 \text{ }^\circ\text{C}$ $p_{\text{осм}} = 2,9 \text{ МПа}$.

Для работы аппаратов обратного осмоса требуется тщательная очистка воды от коллоидных примесей и ГДП, которые могут повредить мембрану.

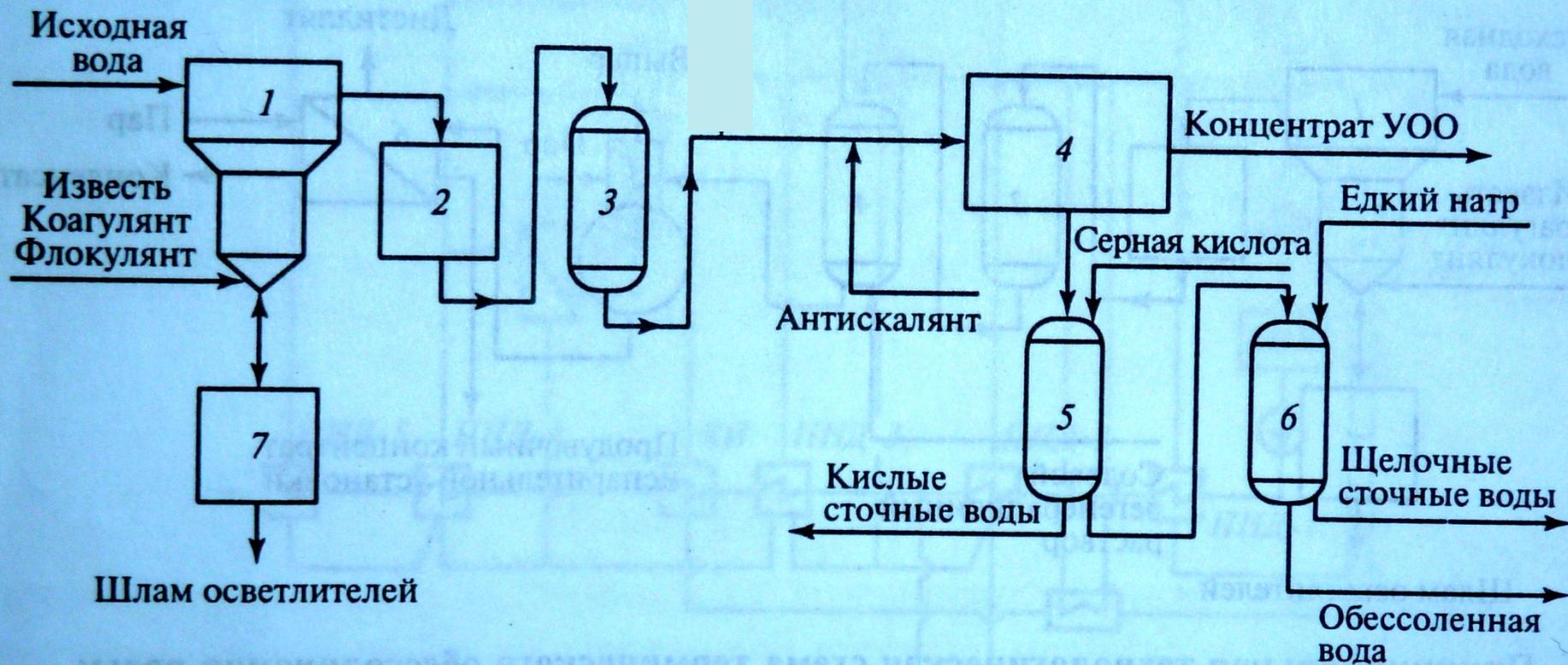
Осмотические мембраны
изготавливаются из ацетилцеллюлозы
или ароматических полиамидов.
Толщина мембран 100–200 мкм. Срок
службы мембран от 2 до 5 лет.

Современные обратноосмотические
установки представляют собой аппараты
рулонного типа.



Рулонный фильтр располагается в кожухе, по оси которого установлена перфорированная трубка для отвода фильтрата. Исходная вода под давлением подается через распределительное устройство в кожух, просачивается через мембрану и стекает к перфорированной трубке. Концентрат выводится из аппарата отдельным потоком.

Принципиальная технологическая схема комбинированного обессоливания воды



- 1 – осветлитель; 2 – бак осветленной воды;**
3 – механический фильтр; 4 – установка
обратного осмоса; 5 – Н-катионитный фильтр
2-й степени;
6 – ОН-анионитный фильтр 2-й степени; 7 –

Промышленная установка обратного осмоса



Преимущества обратного осмоса перед методами ионного обмена:

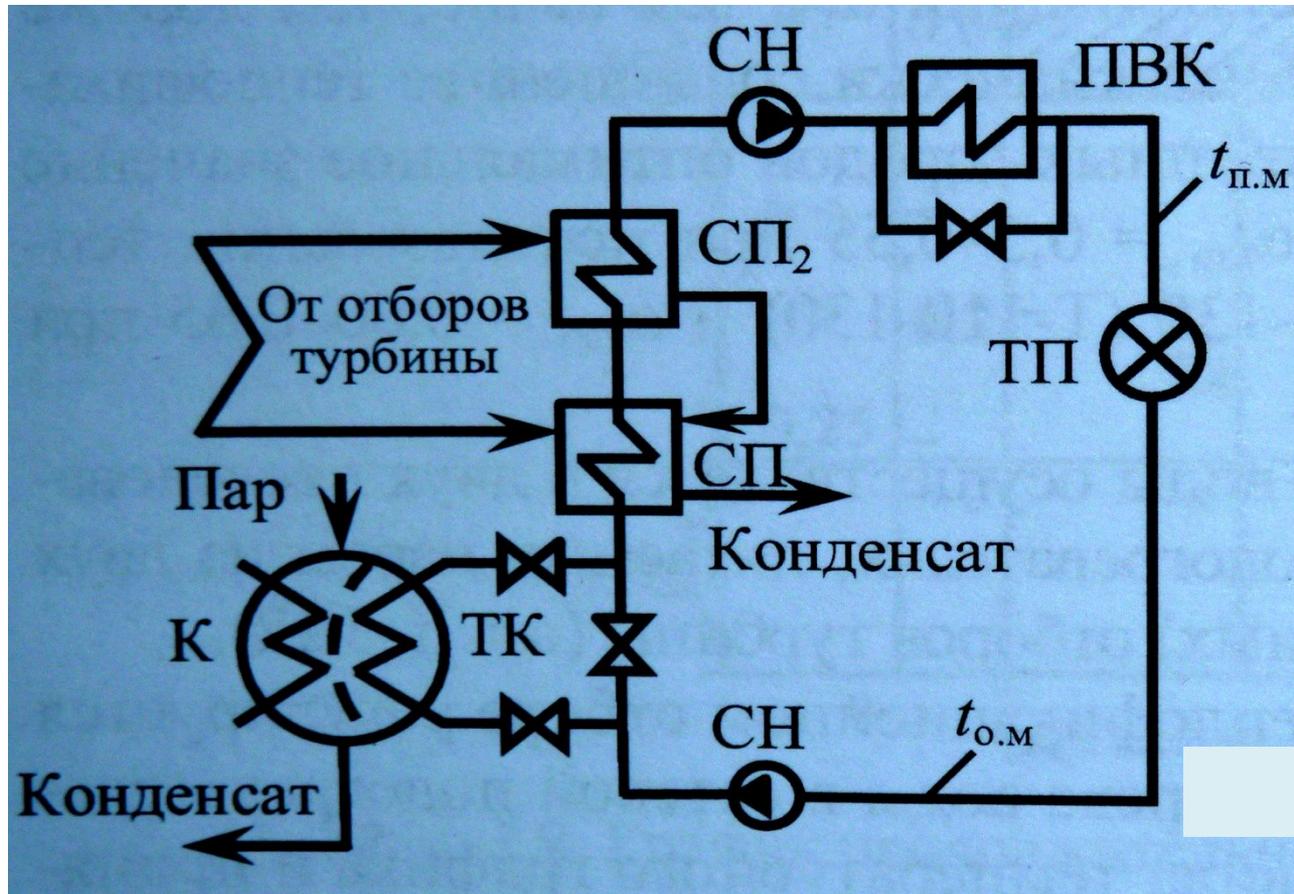
1) Нет необходимости в промывках с использованием химических реагентов, как следствие нет сбросов кислотных, солевых или щелочных растворов в канализацию.

2) По сравнению с промышленными ионообменными фильтрами установки обратного осмоса более компактные.

6. Схемы подогрева сетевой воды на ТЭЦ.

На крупных ТЭЦ установка для подогрева сетевой воды состоит из двух сетевых подогревателей, которые питаются паром из двух отопительных (теплофикационных) отборов турбины, и пикового водогрейного котла. Давление пара в верхнем отборе регулируется обычно в пределах 0,06–0,25 МПа, в нижнем – 0,05–0,20 МПа.

Схема подогрева сетевой воды



СП – сетевые подогреватели; ТК – теплофикационный пучок конденсатора турбины; ПВК – пиковый водогрейный котел; СН – сетевой насос;

К – конденсатор турбины; ТП – температурный датчик

**В конденсаторе имеется отдельный
встроенный теплофикационный пучок
(ТК). Через этот пучок пропускается
сетевая вода, которая подогревается в
нем
на несколько градусов и затем
поступает
в сетевые подогреватели. При
включенном теплофикационном пучке
конденсатора циркуляционная вода к
нему
не подводится, и турбина работает
без потерь теплоты в холодном**

ПВК включается в работу, когда количества пара из отборов недостаточно для покрытия всей тепловой нагрузки. Распределение нагрузки между отборами турбины и водогрейными котлами характеризуется отношением максимального отпуска теплоты из отборов турбины $Q_{отб}$ к полному отпуску теплоты от ТЭЦ Q_T . Это отношение называется коэффициентом теплофикации $\alpha_{ТЭЦ}$.

На электростанциях сетевые подогреватели устанавливаются без резерва, а число их выбирается минимальным. Площадь поверхности нагрева определяется из расчета тепловой схемы при максимальном отпуске теплоты из отборов турбины для самого холодного месяца года.

Конструктивно сетевые подогреватели выполняются горизонтальными (ПСГ) и вертикальными (ПСВ). На крупных ТЭЦ применяют исключительно ПСГ.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕПЛОВАЯ СХЕМА СТАНЦИИ

1. Назначение принципиальной тепловой схемы

**В состав принципиальной тепловой
схемы входят основное и
вспомогательное оборудование
пароводяного тракта ТЭС.**

**Принципиальная тепловая схема
устанавливает основные связи
по теплоносителю, объединяющие это
оборудование в единую установку.**

На принципиальной тепловой схеме указывается лишь главное оборудование (котлы, турбины, теплообменные аппараты, деаэраторы и насосы) и основные трубопроводы без арматуры, без уточнения количества и расположения оборудования.

Проектирование ТЭС начинается с расчета принципиальной тепловой схемы, цель которого – определение всех тепловых и массовых потоков, необходимых для выбора основного и вспомогательного оборудования

2. Составление принципиальной тепловой схемы станции

Составление принципиальной тепловой схемы связано с решением следующих задач:

- 1) Выбирается тип станции – КЭС или ТЭЦ.**
- 2) Выбираются начальные параметры пара.**
- 3) По установленной тепловой и электрической мощности, а также по параметрам пара, определяются тип**

4) Определяются число, тип и место включения регенеративных подогревателей, питательных насосов, деаэраторов, схема сбора дренажей.

5) Выбирается способ подготовки добавочной воды (химический, термический, комбинированный).

6) Для ТЭЦ разрабатывается схема отпуска теплоты внешним потребителям.

3. Принципиальная тепловая схема ТЭЦ

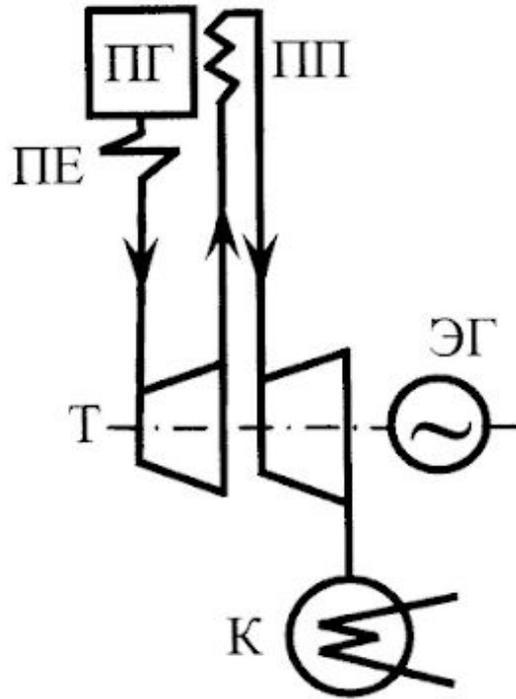
Отечественная промышленность выпускает для ТЭЦ паровые турбоагрегаты трех типов:

- 1) конденсационные турбины типа Т, имеющие два регулируемых отопительных отбора пара (верхний и нижний);**
- 2) конденсационные турбины типа ПТ, имеющие один регулируемый отбор промышленного пара и один или два отопительных отбора;**
- 3) турбины без конденсаторов с противодавлением типа Р (без**

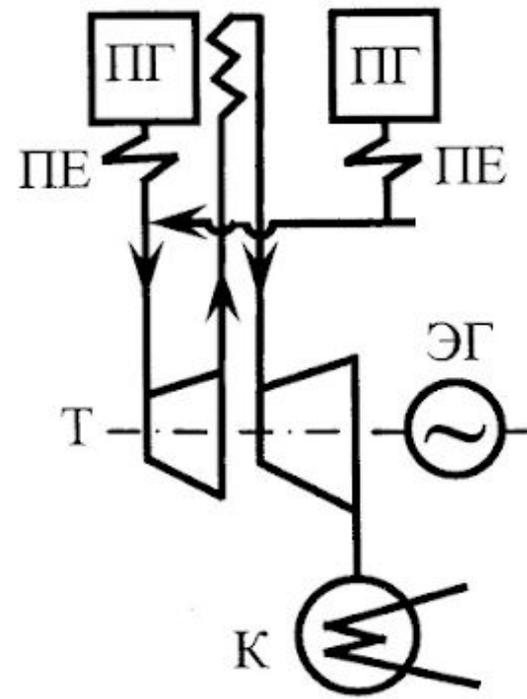
4. Выбор соединения парогенераторов и турбин ТЭС

1) КЭС: соединение котлов и турбин по пару

выпс



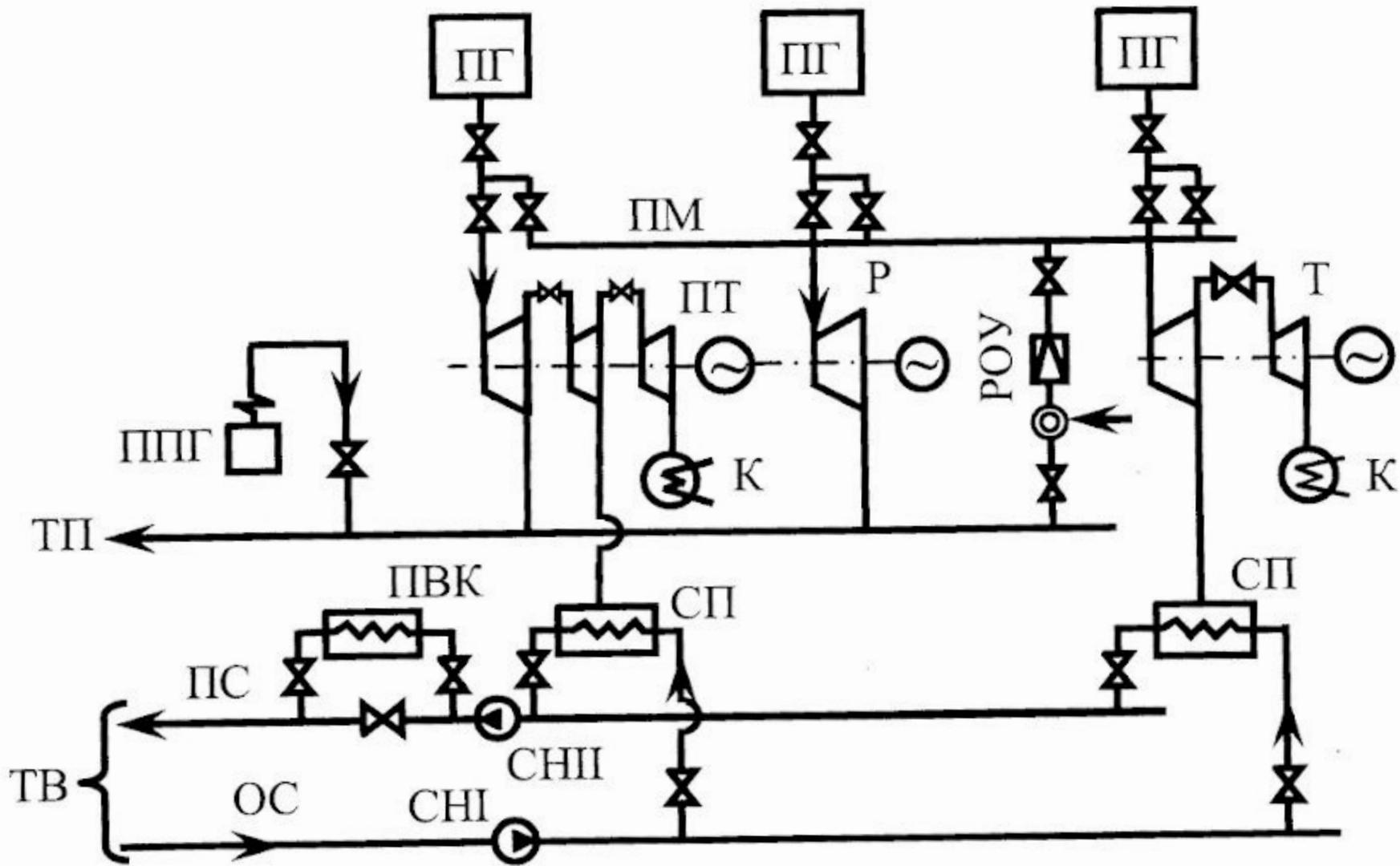
а



б

2) ТЭЦ: в районах с развитым промышленным и тепловым потреблением сооружают ТЭЦ смешанного типа с турбинами ПТ, Р и Т. Турбины типа Р применяются для покрытия базовых нагрузок и устанавливаются совместно с турбинами, имеющими регулируемые отборы.

Принципиальная схема неблочной ТЭЦ с поперечными связями



5. Выбор насосов

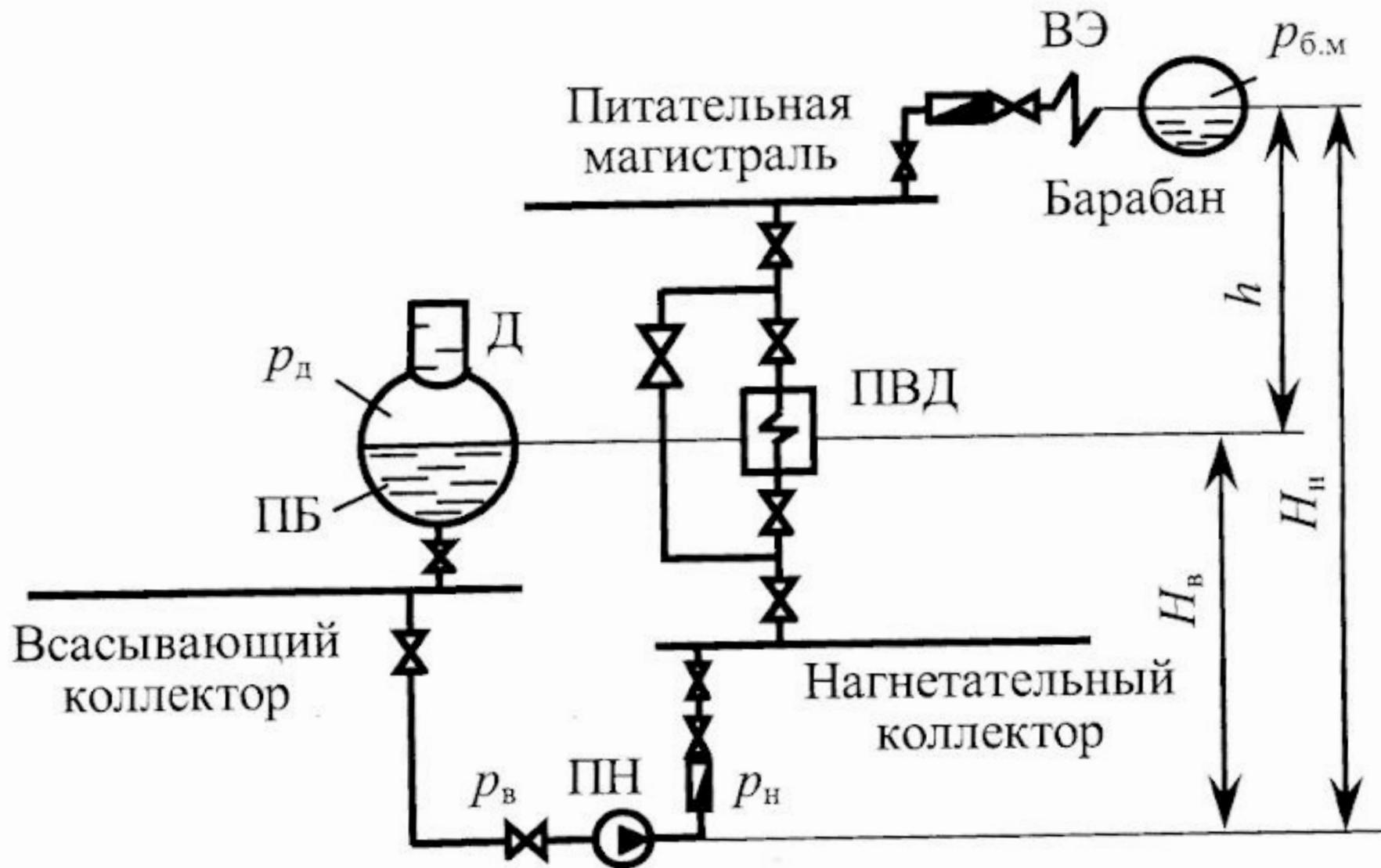
1) Питательные насосы (ПН).

Питательные насосы устанавливаются непосредственно после деаэратора и развивают полный напор, необходимый для подачи воды в котел.

Выбираются

по производительности (расходу) и напору (давлению). Напор ПН зависит от параметров пара, вырабатываемого котлом, типа котла, регенеративной схемы.

Схема включения питательного насоса



Для барабанного котла давление, создаваемое питательным насосом, рассчитывается по формуле:

$$p_{\text{пн}} = p_{\text{б.м}} - p_{\text{д}} + \rho_{\text{пв}} gh \cdot 10^{-6} + \Sigma \Delta p_{\text{тр}}, \text{ МПа}$$

Здесь $p_{\text{б.м}} = (1,05-1,08)p_{\text{б}}$ – максимальное давление в барабане с учетом регулировки

предохранительных клапанов, МПа;

$p_{\text{д}}$ – давление в деаэраторе, МПа;

$\Sigma \Delta p_{\text{тр}}$ – суммарное гидравлическое сопротивление трубопроводов и теплообменников от деаэратора до барабана, МПа.

Высота установки деаэратора должна исключить вскипание и кавитацию на входе в питательный насос; она составляет не менее 12–15 м.

На ТЭС используются деаэраторы повышенного давления, рассчитанные на 0,6–0,7 МПа.

**2) Конденсатные насосы (КН).
Предназначены для транспорта конденсата из конденсатора в деаэратор питательной воды.**

Подача конденсатного насоса определяется наибольшим пропуском пара в конденсатор с учетом регенеративных отборов. Расход конденсата определяется при полной электрической нагрузке, летней температуре воды и выключенных отборах пара.

Производительность конденсатного насоса:

$$G_{\text{КН}} = kD_{\text{К}}, \text{ т/ч,}$$

где $D_{\text{К}}$ – количество пара, поступившего в конденсатор, т/ч; $k = 1,1-1,2$ –

Давление, создаваемое конденсатным насосом, составляет 0,35–1,6 МПа

и определяется по формуле:

$$p_{\text{кн}} = H_{\text{д}} + (p_{\text{д}} - p_{\text{к}})/(\rho_{\text{к}}g) + \Sigma\Delta p_{\text{тр}}, \text{ м вод. ст.},$$

где $H_{\text{д}}$ – высота установки деаэратора, м;

$p_{\text{д}}$ – давление в деаэраторе, Па;

$p_{\text{к}}$ – давление в конденсаторе, Па;

$\Sigma\Delta p_{\text{тр}}$ – суммарные гидравлические потери

в трубопроводах и теплообменниках от конденсатора до деаэратора, м вод.

**3) Циркуляционные насосы (ЦН).
Предназначены для подачи
охлаждающей воды в конденсатор,
маслоохладители турбоагрегатов и
воздухоохладители
электрогенераторов. Расчетная
производительность циркуляционного
насоса:**

$$G_{\text{ЦН}} = G_{\text{К}} + G_{\text{М}} + G_{\text{В}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

**где $G_{\text{К}}$ – расход циркуляционной
(охлаждающей) воды в конденсатор;
 $G_{\text{М}}$ – расход воды на маслоохладители;
 $G_{\text{В}}$ – расход воды на**

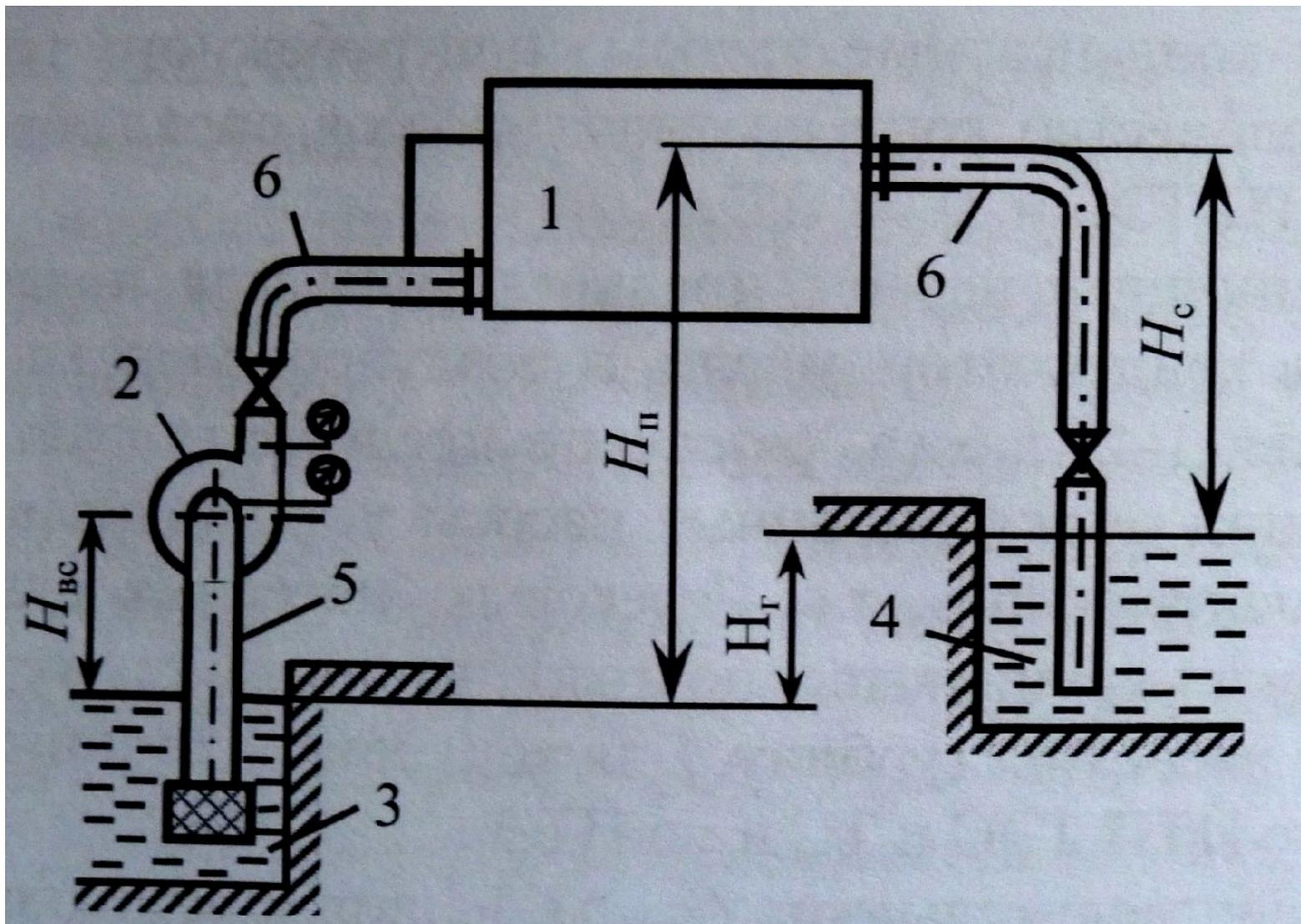
Расход воды циркуляционным насосом определяют по летнему режиму при наиболее высокой температуре воды.

Расход воды на масло- и воздухоохладители составляет 3–8% от расхода охлаждающей воды в конденсатор.

Напор, создаваемый циркуляционным насосом, рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{цн}} = H_{\text{г}} + \Delta P_{\text{к}} + \Sigma \Delta p_{\text{тр}}, \text{ м вод. ст.},$$

где H_{Γ} – геометрическая высота подъема воды, м; ΔP_{κ} – гидравлическое сопротивление конденсатора; $\Sigma \Delta p_{\text{тр}}$ – потери на трение и местные сопротивления во всасывающем и нагнетательном трубопроводах.



1 – конденсатор; 2 – циркуляционный насос;
 3, 4 – приемный и сборный бассейн;
 5, 6 – всасывающий и нагнетательный

Расход циркуляционной воды на ТЭС составляет 120–200 кг/(кВт·ч).

На современных ТЭС устанавливают в основном осевые циркуляционные насосы, которые развивают давление 13–23 м вод. ст. при подаче от 750 м³/ч до 65000 м³/ч и более.

4) Сетевые насосы. Предназначены для создания циркуляции сетевой воды

в трубопроводах тепловой сети.

Расход сетевой воды зависит от тепловой нагрузки на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды:

$$G_c = \frac{Q_{\text{max}}^{\text{о,в,гвс}}}{c_p (\tau'_1 - \tau'_2)}$$

Напор сетевых насосов определяется гидравлическим сопротивлением тепловых сетей. Промышленность выпускает сетевые насосы производительностью

6. Выбор вспомогательного оборудования котельной установки

К вспомогательному оборудованию котельной установки относятся устройства для подготовки топлива к сжиганию, золоуловители, дымососы, дутьевые вентиляторы. Состав вспомогательного оборудования определяется видом сжигаемого топлива, типом котлоагрегата и его мощностью.

1) Пылеприготовление.

Основным видом сжигаемого на ТЭС твердого топлива являются каменные и бурые угли. Сжигание твердого топлива в энергетических котлах производится в камерных топках, т.е. в пылевидном состоянии. Для размола твердого топлива до состояния пыли на ТЭС имеются системы пылеприготовления.

Для размола топлив используют четыре типа углеразмольных мельниц:

- шаровые барабанные мельницы (ШБМ);**
- молотковые мельницы (ММ);**
- мельницы-вентиляторы (М-В);**
- среднеходные валковые мельницы (СМ).**

Размол бурых углей осуществляется в основном в молотковых мельницах производительность до 100 т/ч с принудительной вентиляцией

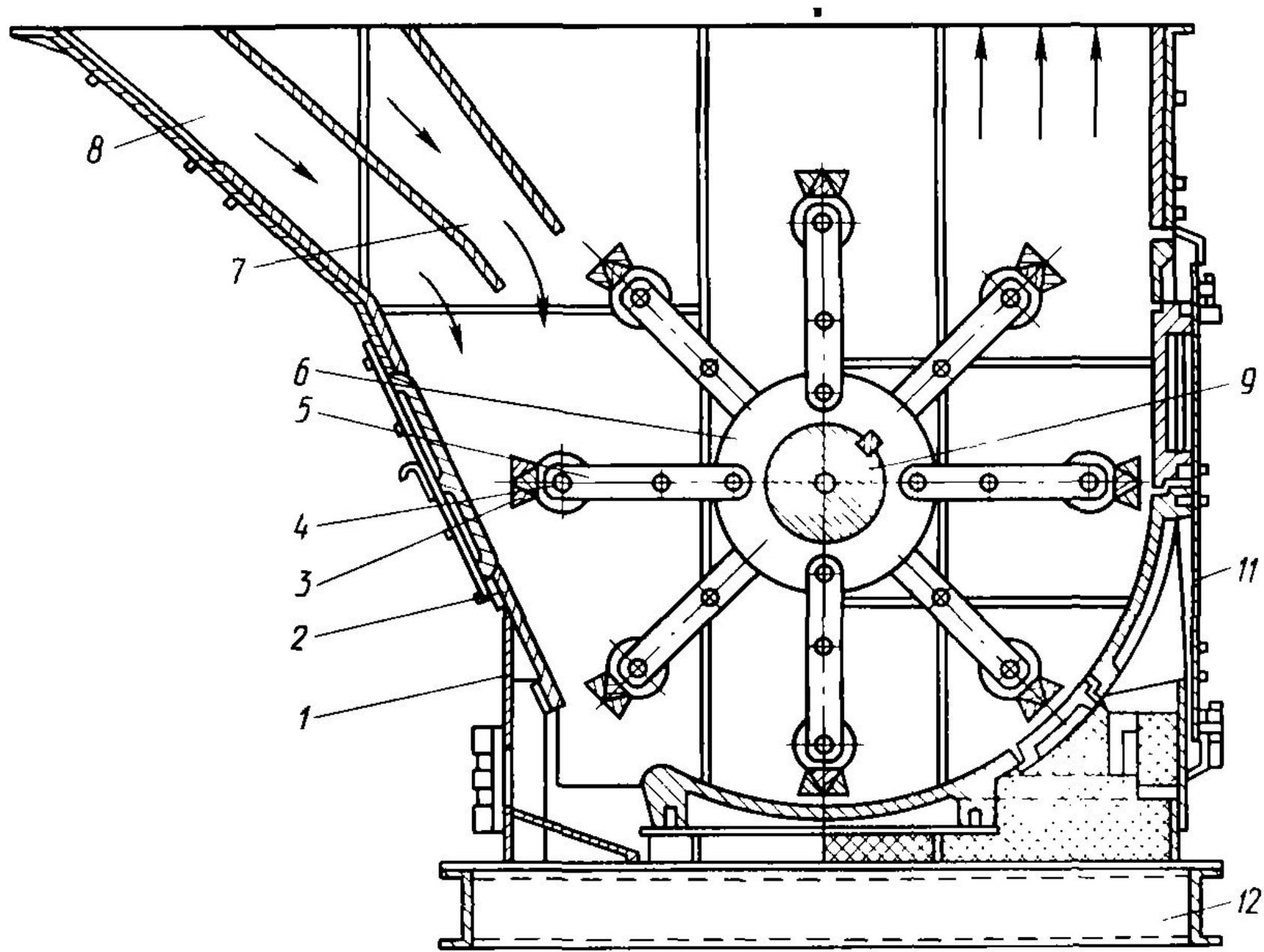
Быстроходная молотковая мельница состоит из вращающегося ротора, на котором закреплены диски с шарнирно прикрепленными билами.

Топливо измельчается ударами бил. В этих мельницах обычно размалывают сравнительно мягкие и имеющие большой выход летучих топлива.

Наддув в мельнице создается вентилятором горячего дутья.

Молотковая мельница





Существенным недостатком молотковых мельниц является непродолжительный срок службы бил.

Так, при размоле экибастузского угля он составляет 1000–1200 ч, а при размоле подмосковного угля – 300–500 ч.

Для топлив с повышенной влажностью более эффективным оказывается применение мельниц-вентиляторов.

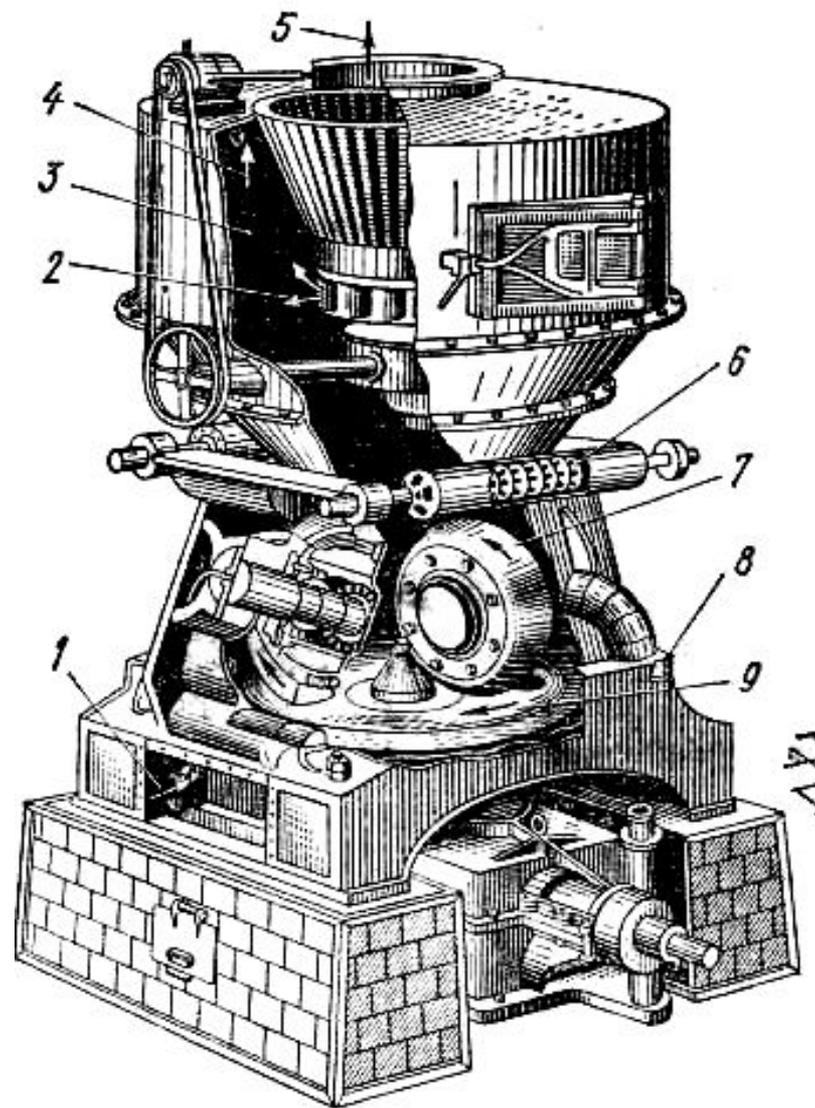
Быстроходная мельница-вентилятор состоит из колеса с лопатками, бронированного корпуса и сепаратора и обычно применяется для размола высоковлажных мягких бурых углей с большим выходом летучих и торфа. Топливо измельчается за счет удара о лопатки и транспортируется в виде пылевоздушной смеси к горелкам котлов.

Валковая среднеходная мельница предназначена для размола каменных углей, полуантрацитов, тощих углей.

Уголь поступает по центральной трубе на вращающуюся тарелку. Под действием центробежных сил он отбрасывается к периферии и попадает под размольные валки, которые тоже вращаются.

Размол происходит за счет раздавливания и истирания.

Валковая мельница



Для размола антрацита и каменных углей, требующих тонкого измельчения из-за слабой реакционной способности, применяются шаровые барабанные мельницы.

Шаровая барабанная мельница (ШБМ) состоит из цилиндра (барабана) диаметром 2–4 м и длиной 3–10 м, частично заполненного стальными шарами диаметром 30–60 мм. Внутренние стенки барабана покрыты толстыми плитами (броней).

При вращении барабана с частотой 16–25 об./мин. шары, поднимаясь на определенную высоту, падают.

Размол топлива происходит за счет удара шаров и вследствие истирания перемещающимися шарами. ШБМ пригодны для размола углей всех сортов, однако, применяются только для трудноразмалываемых топлив и топлив, требующих тонкого помола (антрациты), т. к. имеют высокую стоимость и большой расход электроэнергии на помол.

Шаровая барабанная мельница

