

ЛЕКЦИЯ 4

Схемы отвода конденсата греющего пара
в регенеративных подогревателях
поверхностного типа

Эффективность регенеративного подогрева

с поверхностными подогревателями зависит

от схемы отвода конденсата греющего пара (дренажа). Схема отвода дренажей должна отвечать следующим требованиям:

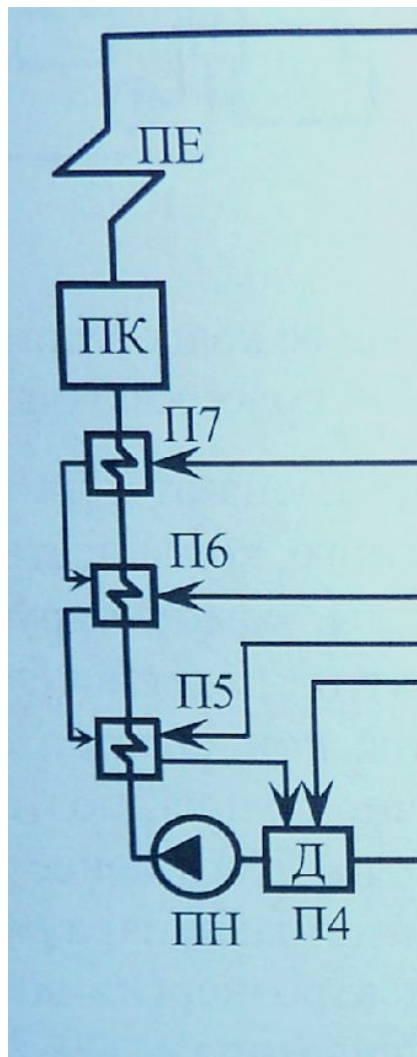
1) надежность при работе на всех

2) минимальные необратимые потери теплоты от смешения потоков дренажей и конденсата и от вытеснения нижележащих отборов;

3) высокая степень автоматизации и наличие надежной защиты при возникновении неисправностей.

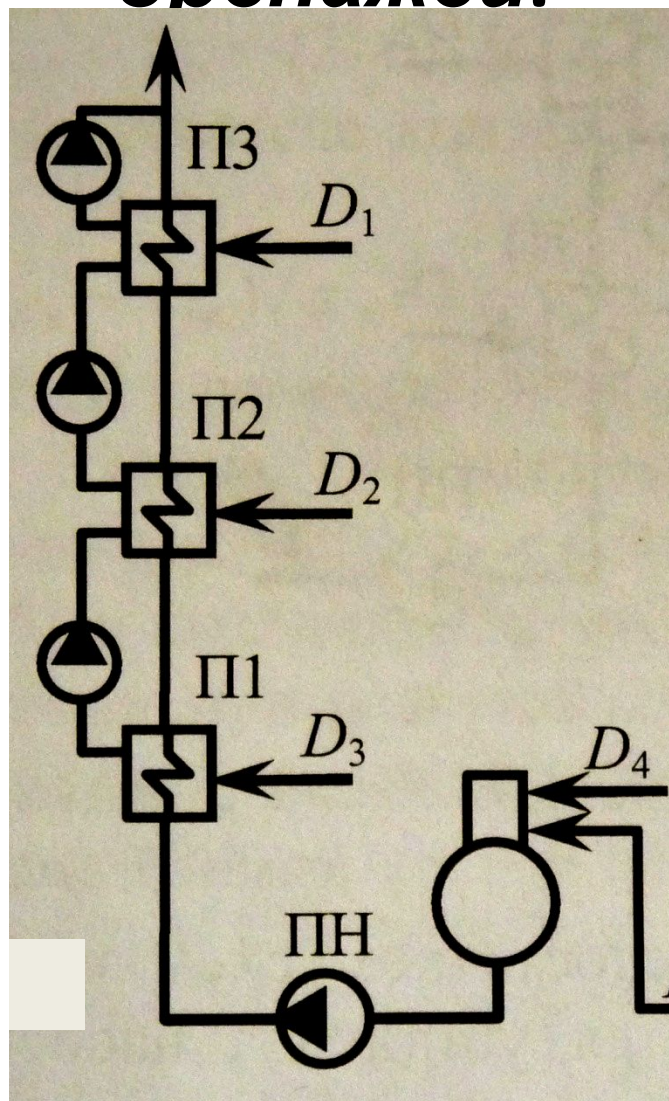
Возможные типы схем отвода дренажей:

1) *Схема с каскадным сливом дренажей* – самая надежная и простая, но наименее экономичная.



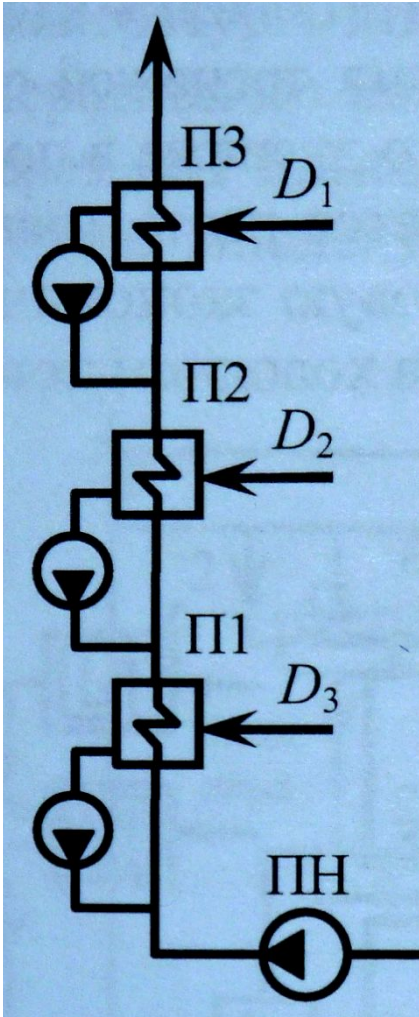
**Надежно и просто
направлять конденсат из
подогревателя
с более высоким давлением
в подогреватель с более
низким давлением. Таким
образом осуществляется
каскадный слив конденсата.
Но при вводе горячего
дренажа
в подогреватель с более
низким давлением дренаж в
нем вскипает и вытесняет
часть греющего пара этого
подогревателя, что снижает
тепловую экономичность
турбоустановки.**

2) Схема с каскадным подъемом дренажей.



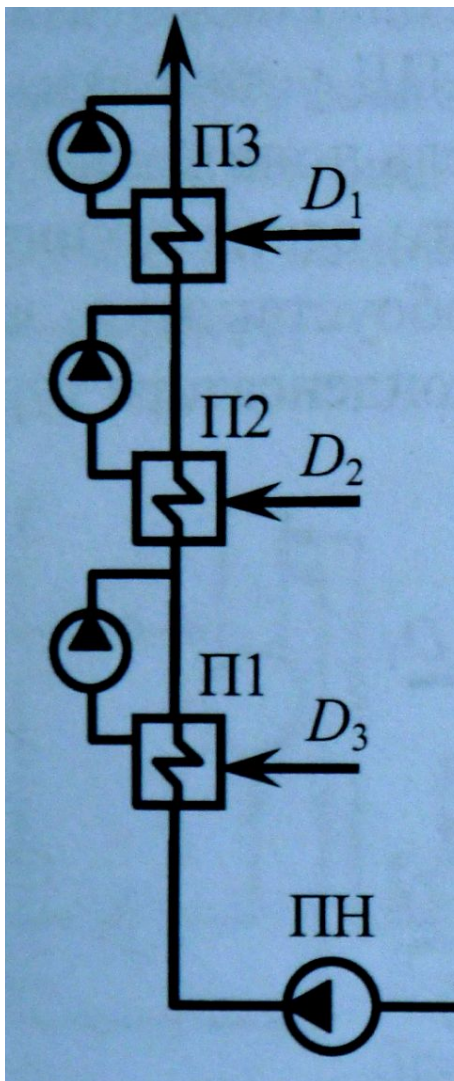
Конденсат нижнего отбора подается насосом в подогреватель с более высоким давлением. И только из подогревателя П3 конденсат подается в линию питательной воды. В этом случае облегчается работа подъемных насосов, т.к. только последний из них преодолевает

3) *Схема с опускаемыми дренажными насосами.*



Эта схема является еще более экономичной по сравнению с предыдущими. Конденсат греющего пара подается насосом в поток питательной воды перед подогревателем. При этом конденсат не вытесняет отборов более низкого давления.

4) *Схема с подъемными дренажными насосами – самая экономичная.*



Конденсат греющего пара подается насосом в поток питательной воды за подогревателем. При этом температура воды после смешения еще повышается. Идеально используется вся теплота регенеративных отборов. Основным недостатком схем 3 и 4 является установка насосов высокого давления, работающих с малыми и переменными расходами.

На практике для ПВД применяют схему с каскадным сливом (1), а для ПНД – каскадный слив с подъемным насосом (4). Такая комбинированная схема по экономичности находится между 1-й и 4-й схемами, а по надежности уступает только 1-й.

БАЛАНСЫ ПАРА И ВОДЫ. СПОСОБЫ ВОСПОЛНЕНИЯ ПОТЕРЬ ПАРА И ВОДЫ

1. Балансы пара и воды на ТЭС

На паротурбинных ТЭС имеются потери пара, его конденсата и питательной воды, которые разделяют на технологические (или потери на собственные нужды), внутренние (включая потери с продувочной водой барабанных котлов) и внешние.

Технологические потери складываются из потерь на паровую обдувку котлов, на мазутные форсунки, на мазутное хозяйство, на деаэрацию воды, отборы проб пара для химических анализов и др.

Внутренние потери – это потери теплоносителя через неплотности трубопроводов, арматуры и оборудования, включая продувку. Внутренние потери составляют обычно 0,8–1,5% от расхода свежего пара.

Внешние потери пара и конденсата возникают на ТЭЦ при отпуске пара внешнему потребителю. Внешние потери на промышленных ТЭЦ в среднем составляют 20–30% и могут достигать 70% в случае невозврата конденсата с заводов. Паровой баланс турбоустановки запишем в следующем виде:

$$D_0 = \sum D_{pi} + \sum D_{п,ti} + D_{к} + \sum D_i + \sum D_{внут} + D_{внеш},$$

где D_0 – расход свежего пара;

D_{pi} – регенеративные отборы пара;

$D_{п,ti}$ – производственные

и теплофикационные отборы;

$D_{\text{к}}$ – расход пара в конденсатор;

D_i – технологические потери пара;

$D_{\text{внут}}$ – внутренние потери пара;

$D_{\text{внеш}}$ – расход пара на внешнего потребителя.

Баланс питательной воды:

$$G_{\text{п.в}} = D_0 + G_{\text{пр}},$$

где $G_{\text{пр}}$ – расход продувочной воды котла (для прямоточного котла $G_{\text{пр}} = 0$ и $G_{\text{п.в}} = D_0$). $G_{\text{пр}} = 1\%$ при восполнении потерь пара

и конденсата дистиллятом;

$G_{\text{пр}} = 2\%$ при восполнении потерь химически очищенной водой;

$G_{\text{пр}} = 5\%$ при высокой минерализации исходной воды, большом невозврате конденсата от потребителей.

Поток питательной воды включает следующие величины:

$$G_{\text{п.в}} = D_{\text{к}} + \sum D_{\text{п.и}} + D_{\text{пр}} + G_{\text{ок}} + G_{\text{д.р.}} + G_{\text{д.об.}}$$

где $D_{\text{пр}}$ – возврат конденсата пара из расширителя непрерывной продувки котла;

$G_{\text{ок}}$ – расход обратного конденсата внешних потребителей;

$G_i^{\text{др}}$ – возврат конденсата от технологических потребителей турбоустановки;

$G_{\text{доб}}$ – расход добавочной воды (восполняет потери пара и конденсата в тепловой схеме).

$$G_{\text{доб}} = D'_{\text{ут}} + G'_{\text{пр}} + G_{\text{внеш}};$$

$$G_{\text{пр}} = D_{\text{пр}} + G'_{\text{пр}},$$

где $D'_{\text{ут}}$ – потери пара и конденсата на электростанции; $G'_{\text{пр}}$ – потеря воды в виде дренажа из расширителя непрерывной продувки; $G_{\text{внеш}}$ – потери конденсата от внешнего потребителя.

Мероприятия по уменьшению потерь пара и конденсата:

- 1) применение ступенчатого испарения в барабанных котлах снижает величину продувки;
- 2) сбор конденсата от всех технологических потребителей, в т.ч.

3) применение сварных соединений во всех трубопроводах и аппаратах турбоустановки;

4) организация сбора и возврата чистого конденсата от внешних потребителей.

2. Классификация потоков воды, используемых на ТЭС.

1) Исходная природная вода используется для получения на ВПУ подпиточной и добавочной воды.

2) Добавочная вода готовится из исходной воды

и направляется в контур ТЭС для восполнения потерь пара и конденсата.

3) *Конденсат турбин*, содержащий незначительное количество растворенных веществ, является основной составляющей питательной воды.

4) *Возвратный конденсат* внешних потребителей пара используется после его очистки от внесенных загрязнений как составная часть питательной воды.

5) *Питательная вода* – это вода, подаваемая в парогенераторы, представляющая собой смесь конденсата турбин, регенеративных и теплофикационных подогревателей, возвратного конденсата и добавочной воды.

6) *Котловая вода* – это вода, испаряемая в парогенераторе.

7) *Продувочная вода* – это вода, выводимая из парогенератора для поддержания в котловой воде заданной концентрации солей.

8) *Охлаждающая или циркуляционная вода* используется в конденсаторах паровых турбин для конденсации отработавшего пара при температуре ≈ 30 °С.

9) *Сетевая вода* циркулирует в трубопроводах тепловых сетей, является греющим теплоносителем в

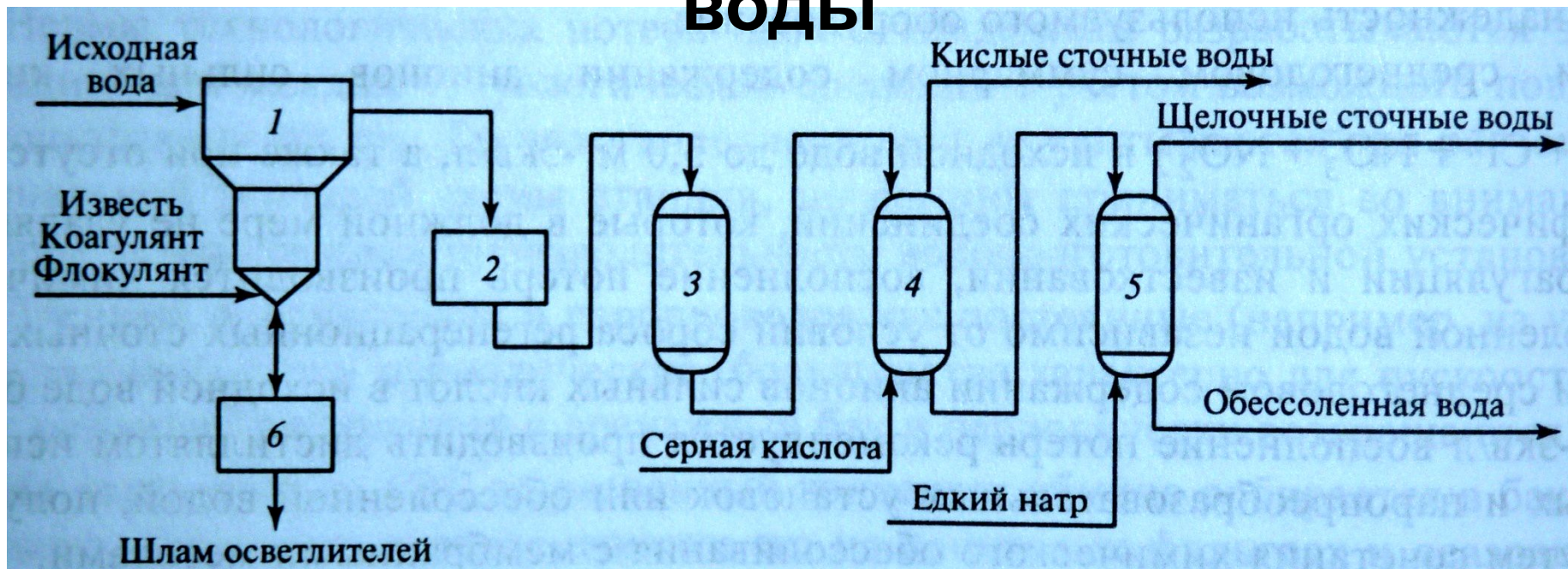
10. Подпиточная вода подается в тепловые сети для восполнения потерь сетевой воды.

3. Химическая подготовка добавочной воды.

Основной метод водоподготовки на ТЭС – это химическое обессоливание воды в Н-ОН-ионитных фильтрах.

Принципиальная технологическая схема химического обессоливания

ВОДЫ



1 – осветлитель; 2 – бак осветленной воды;

3 – механический фильтр; 4 – Н-катионитный фильтр; 5 – ОН-анионитный

**Для утилизации сточных вод
предочистки
на ТЭС сооружают
шламоуплотнительные станции (ШУС),
в которых шлам обезвоживается, а
вода возвращается
в технологический цикл. Обезвоженный
шлам осветлителей, прежде всего
известковый, используется для
производства извести, в
строительстве, для раскисления почв и
т.п.**

4. Термическая подготовка добавочной воды.

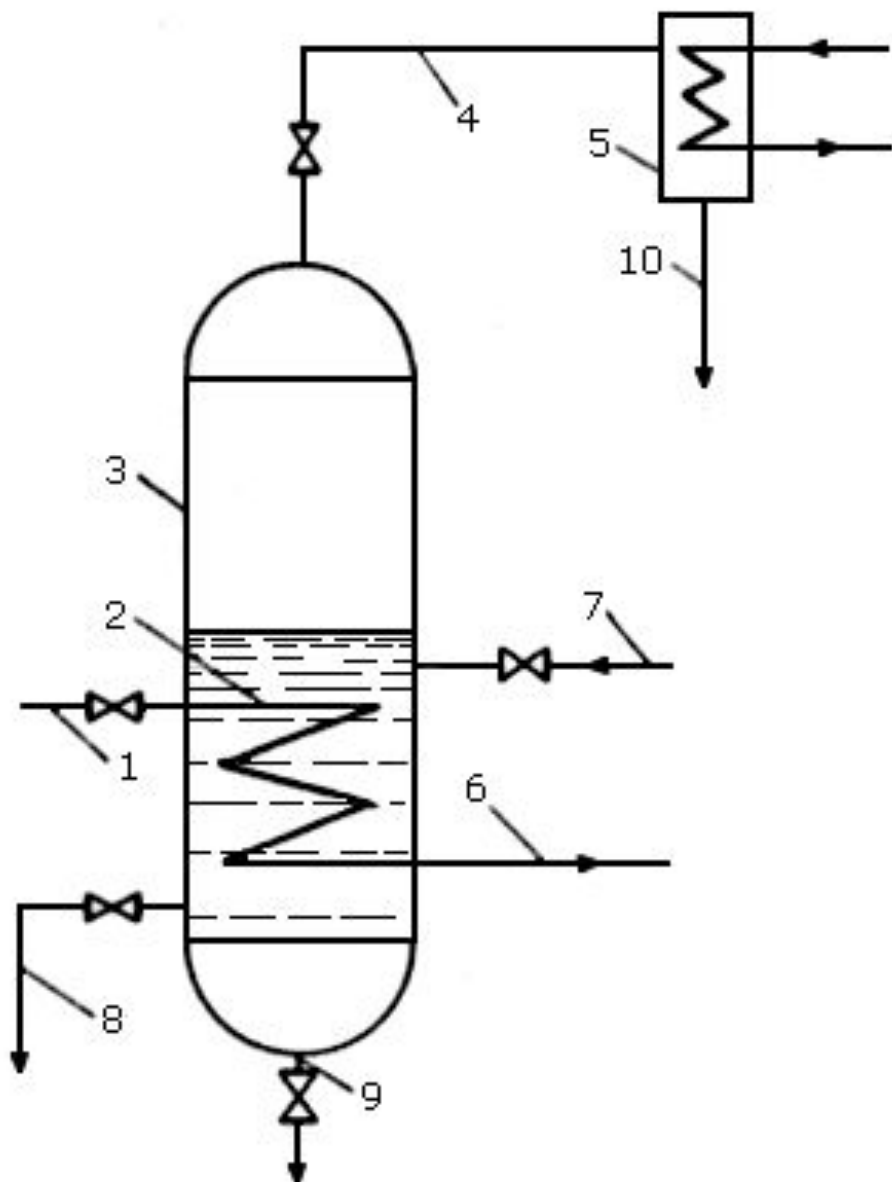
На многих ТЭС восполнение потерь пара и конденсата производят дистиллятом. Дистиллят получают в испарительных установках термическим обессоливанием химически умягченной воды.

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

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

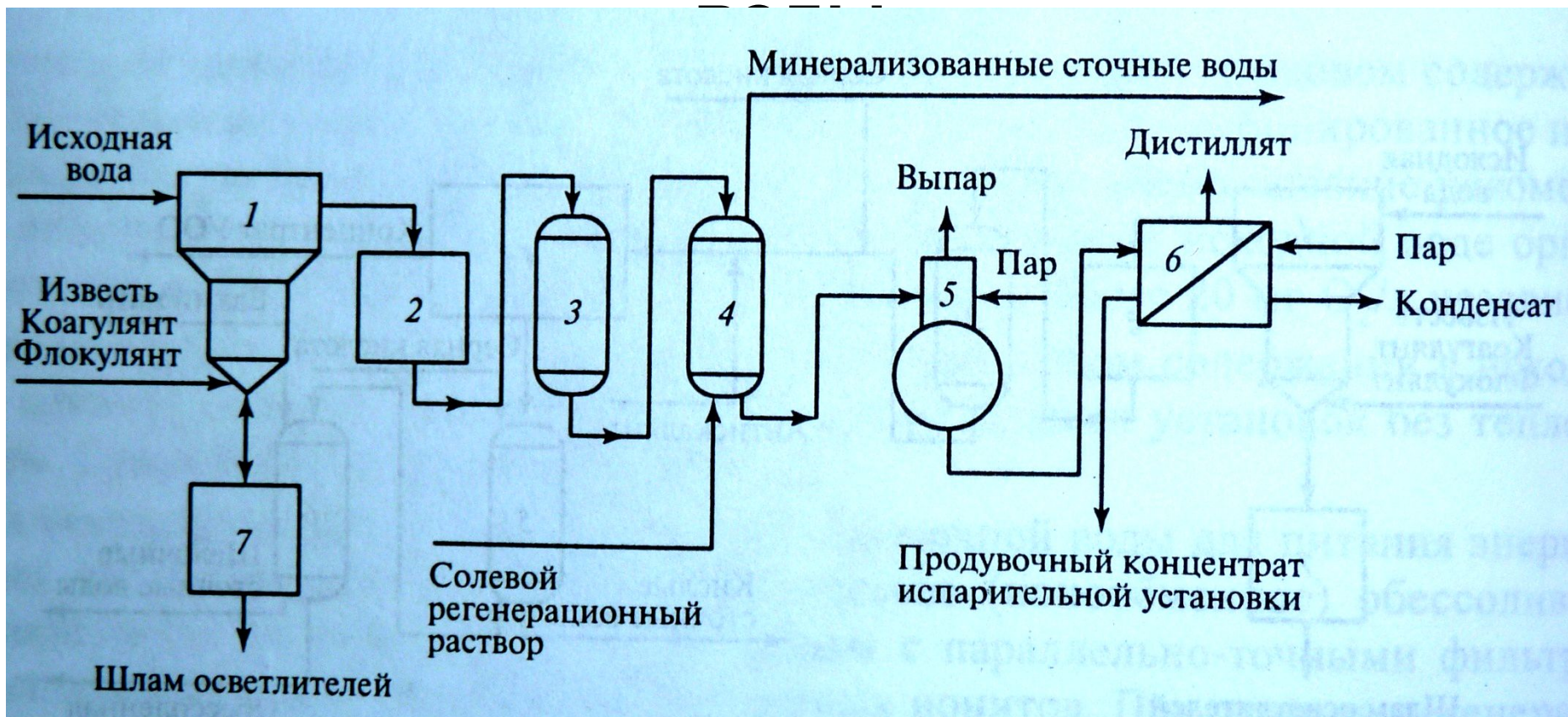
Испаритель – это теплообменник поверхностного типа. К нему непрерывно подводится первичный пар из отборов турбины и умягченная вода, часть которой испаряется, образуется вторичный пар, который направляют в конденсатор испарителя, включенный в систему регенеративного подогрева питательной воды.

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



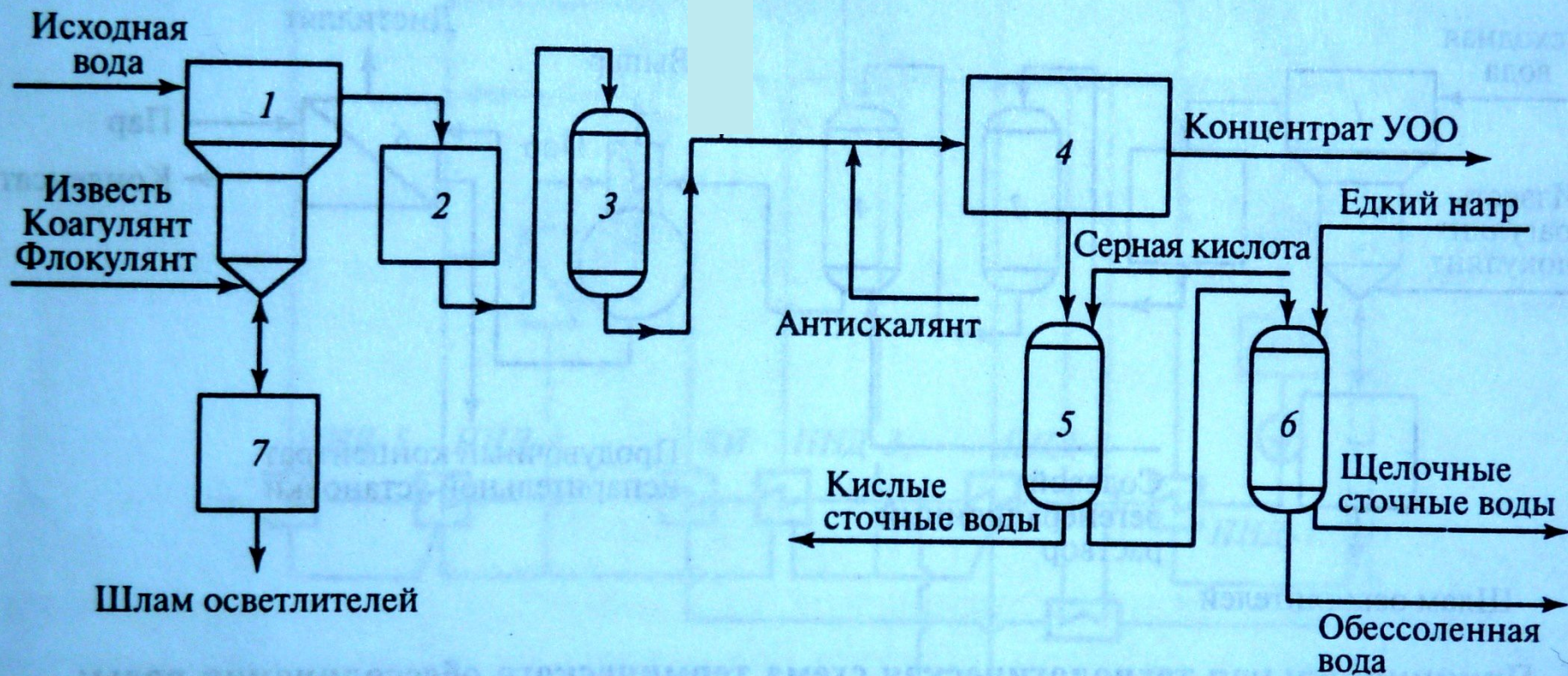
**1 – осветлитель; 2 – бак осветленной воды;
3 – механический фильтр; 4 – Na-катионитный
фильтр; 5 – деаэратор; 6 – испарительная
установка; 7 – шламоуплотнительная станция**

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.

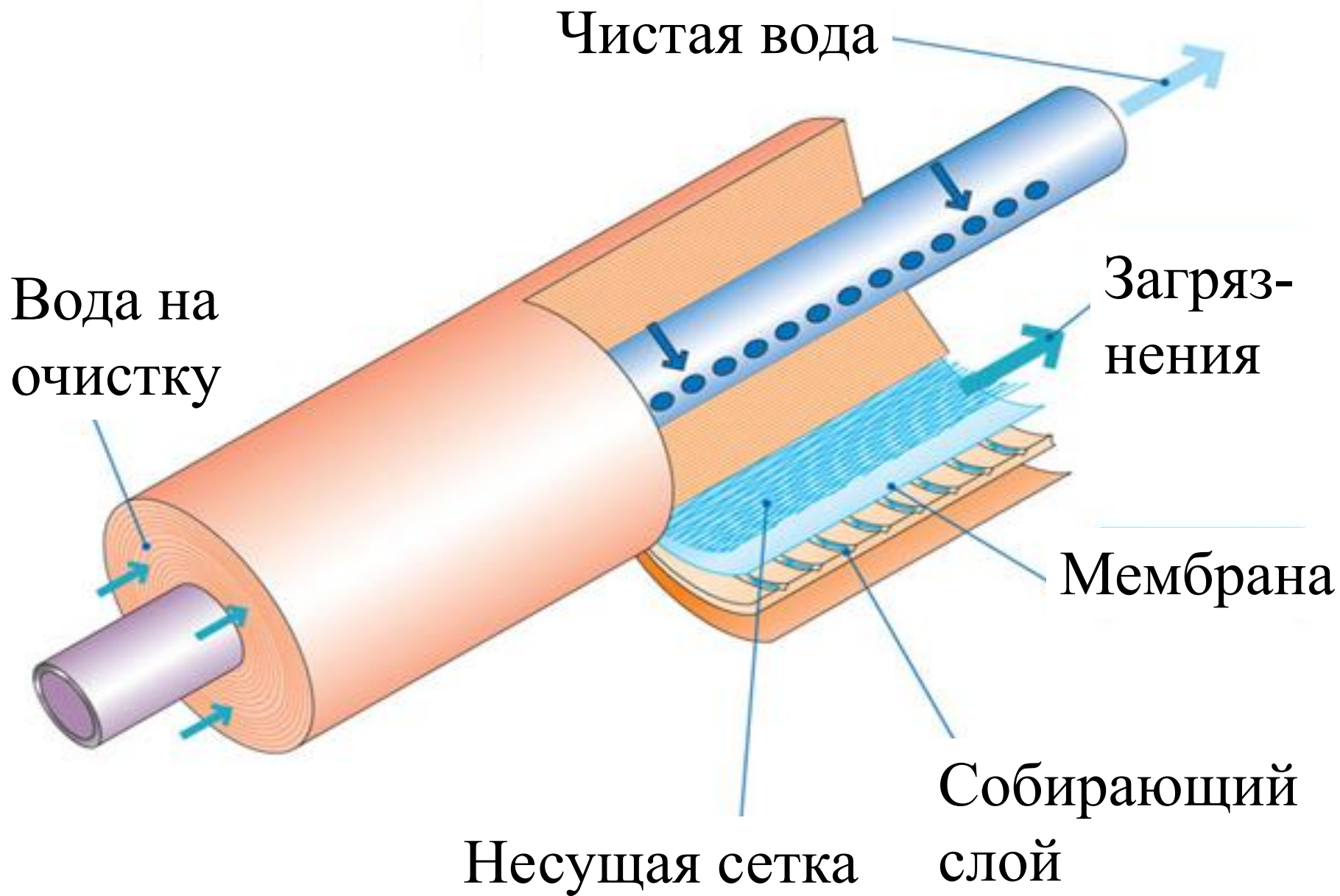
Принципиальная технологическая схема комбинированного обессоливания воды



- 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





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.

Преимущества обратного осмоса перед методами ионного обмена:

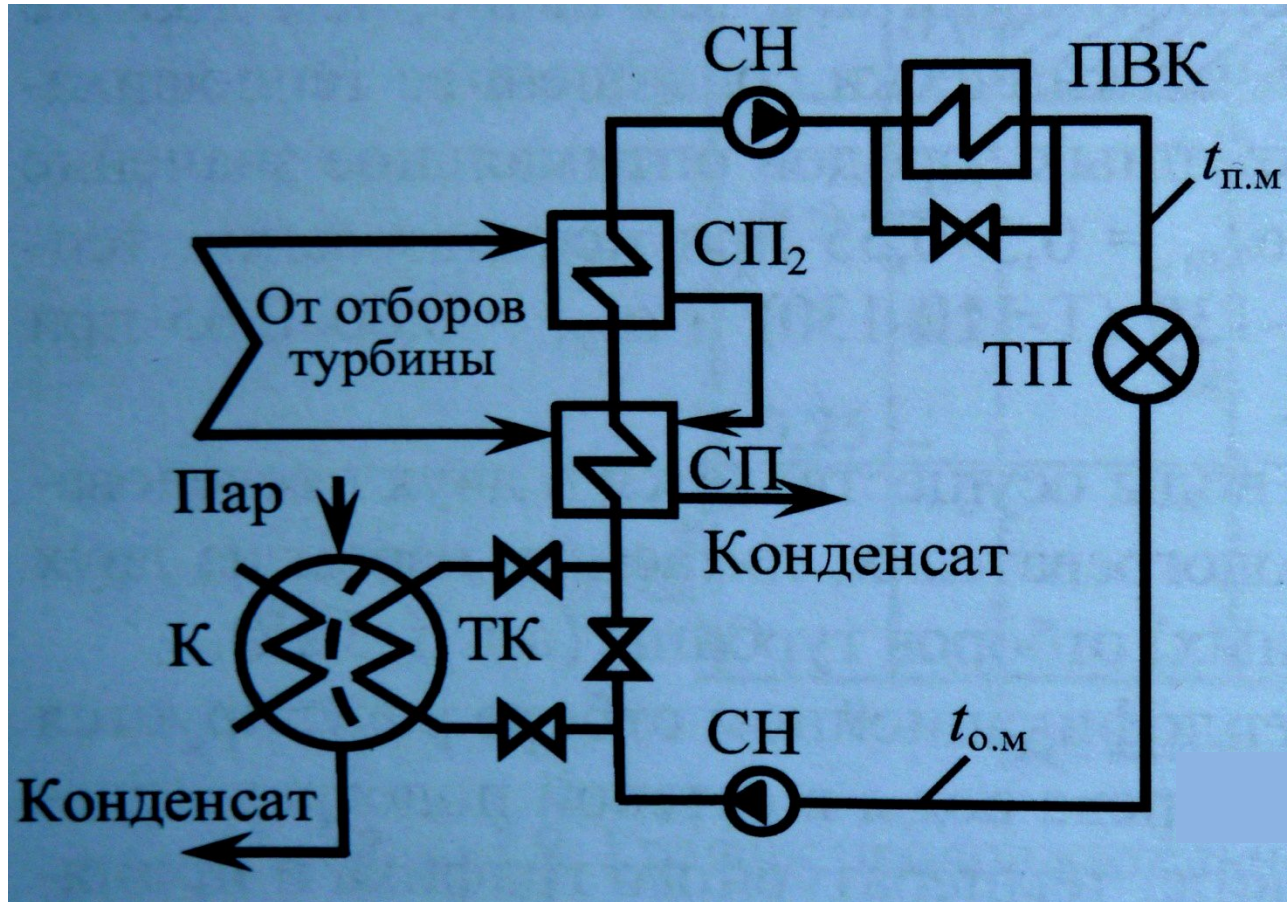
1) Нет необходимости в промывках с использованием химических реагентов, как следствие нет сбросов кислотных, солевых или щелочных растворов в канализацию.

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 – тепловой пункт

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 источнике. Вакуум при этом понижается.

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.

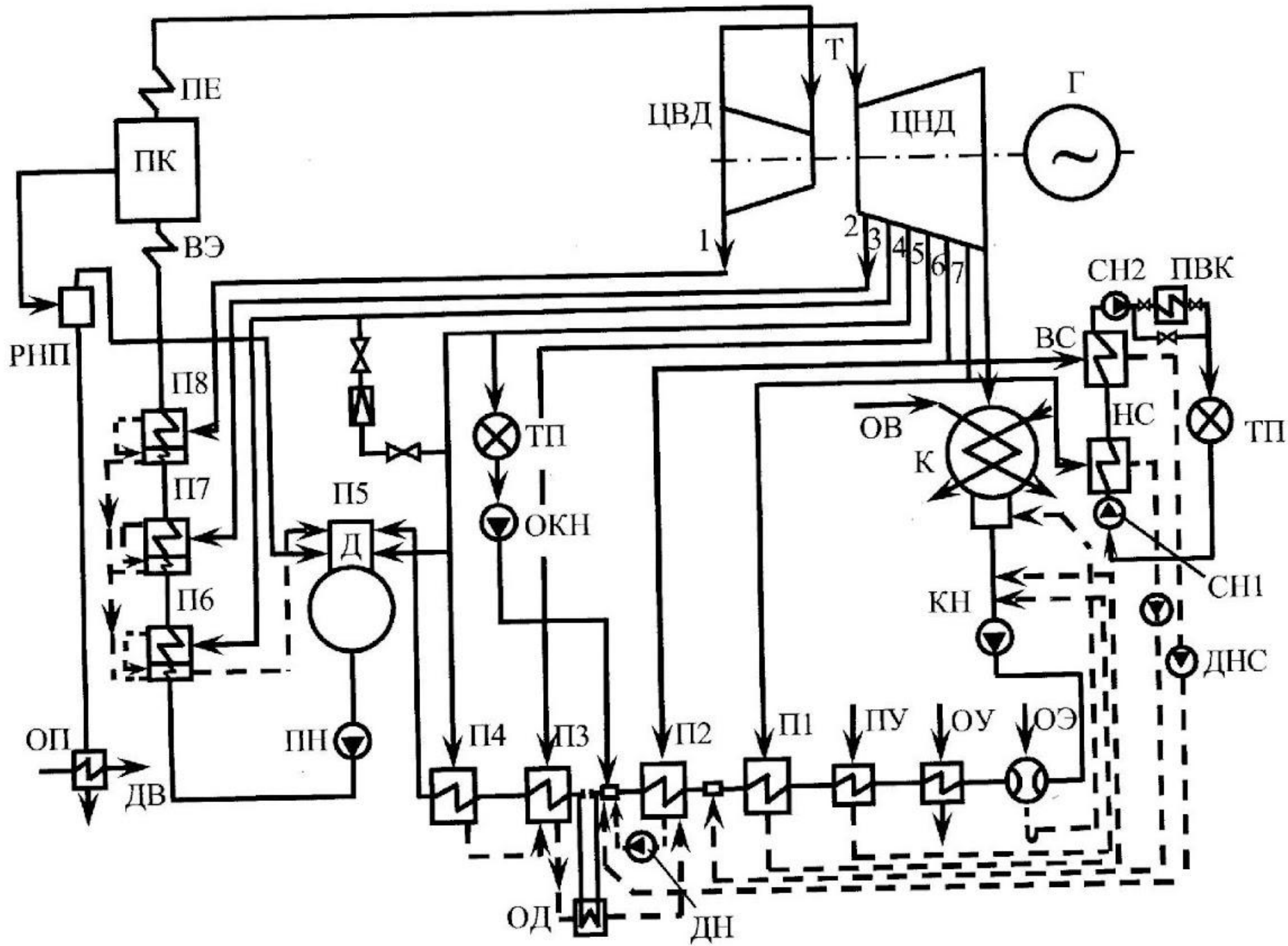
5) Выбирается способ подготовки добавочной воды (химический, термический, комбинированный).

6) Для ТЭЦ разрабатывается схема отпуска теплоты внешним потребителям.

3. Принципиальная тепловая схема ТЭЦ

Отечественная промышленность выпускает для ТЭЦ паровые турбоагрегаты трех типов:

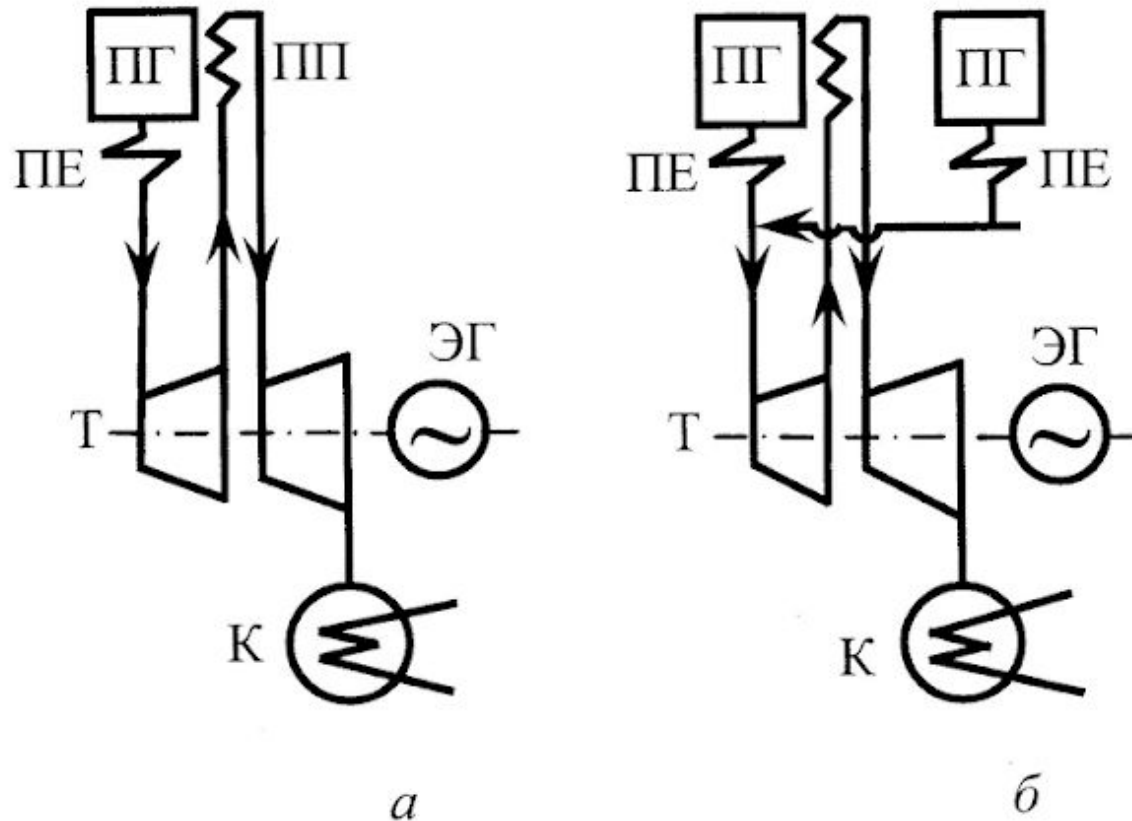
- 1) конденсационные турбины типа Т, имеющие два регулируемых отопительных отбора пара (верхний и нижний);**
- 2) конденсационные турбины типа ПТ, имеющие один регулируемый отбор промышленного пара и один или два отопительных отбора;**
- 3) турбины без конденсаторов с противодавлением типа Р (без**



4. Выбор соединения парогенераторов и турбин ТЭС

1) КЭС: соединение котлов и турбин по пару

выпс



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

