

# 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**

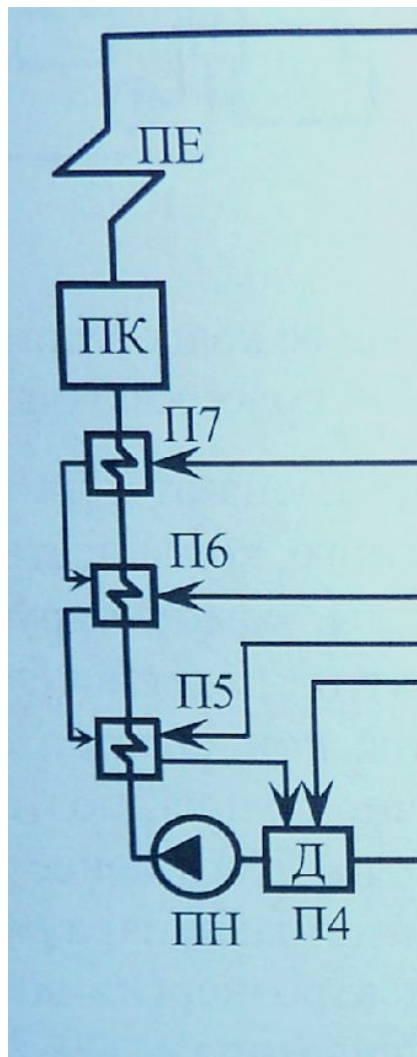
**2) минимальные необратимые потери теплоты от смешения потоков дренажей**

**и конденсата и от вытеснения нижележащих отборов;**

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

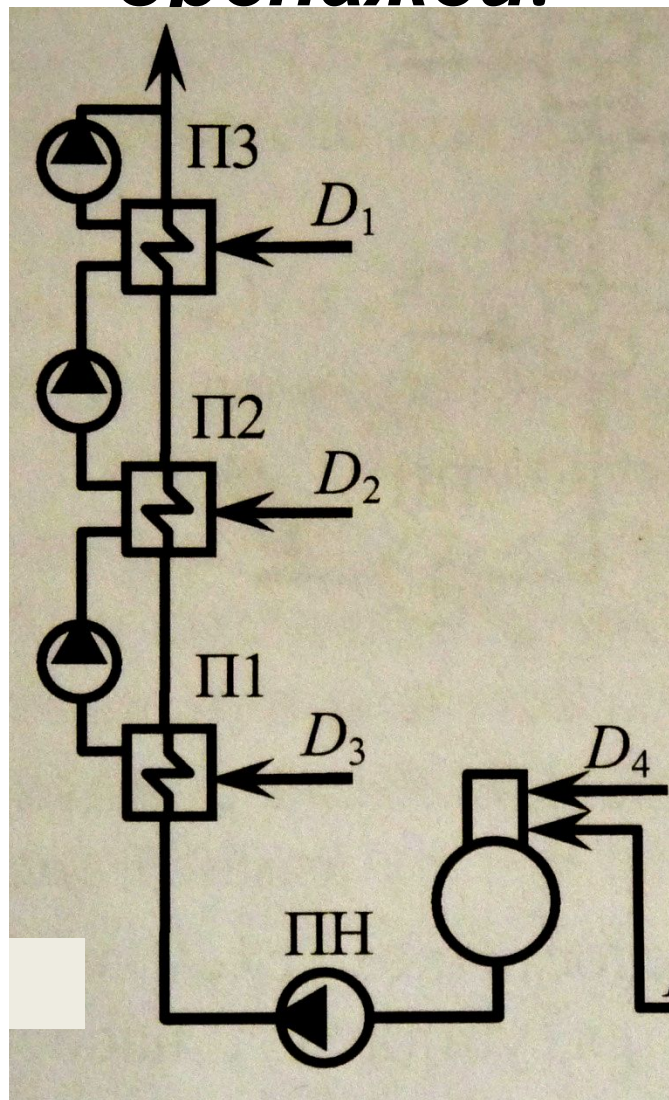
**Возможные типы схем отвода дренажей:**

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



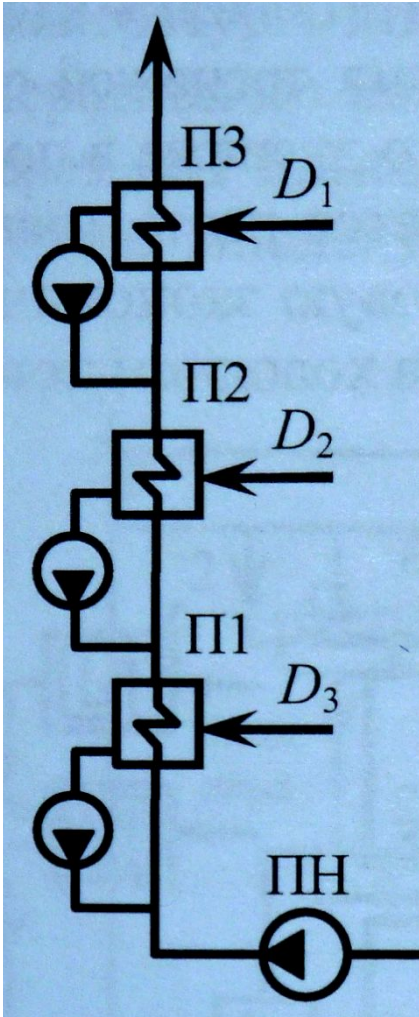
**Надежно и просто  
направлять конденсат из  
подогревателя  
с более высоким давлением  
в подогреватель с более  
низким давлением. Таким  
образом осуществляется  
каскадный слив конденсата.  
Но при вводе горячего  
дренажа  
в подогреватель с более  
низким давлением дренаж в  
нем вскипает и вытесняет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

## 2) Схема с каскадным подъемом дренажей.



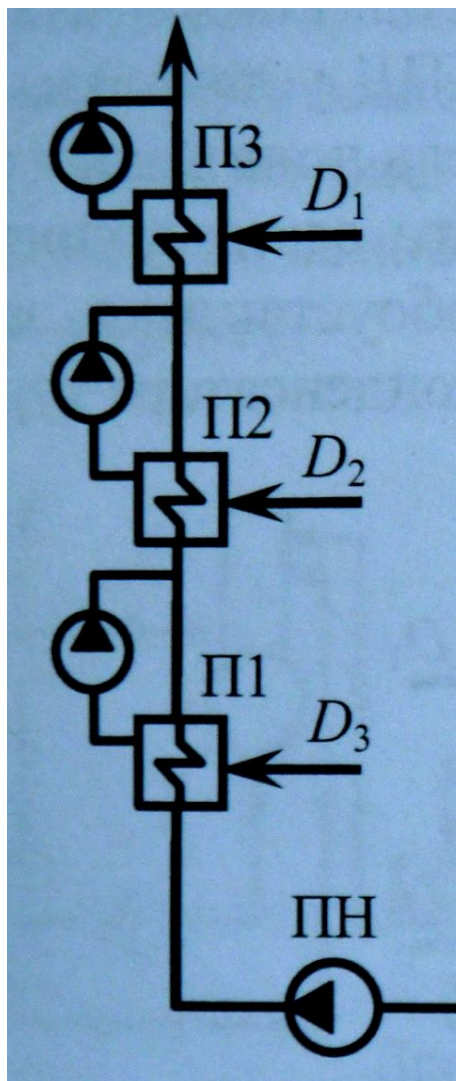
Конденсат нижнего отбора подается насосом в подогреватель с более высоким давлением. И только из подогревателя П3 конденсат подается в линию питательной воды. В этом случае облегчается работа подъемных насосов, т.к. только последний из них преодолевает

### 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:

$$G_{\text{п.в}} = D_{\text{к}} + \sum D_{\text{п.и}} + D_{\text{пр}} + G_{\text{ок}} + G_{\text{дп}} + G_{\text{доб}},$$

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  $\approx 30$  °С.

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

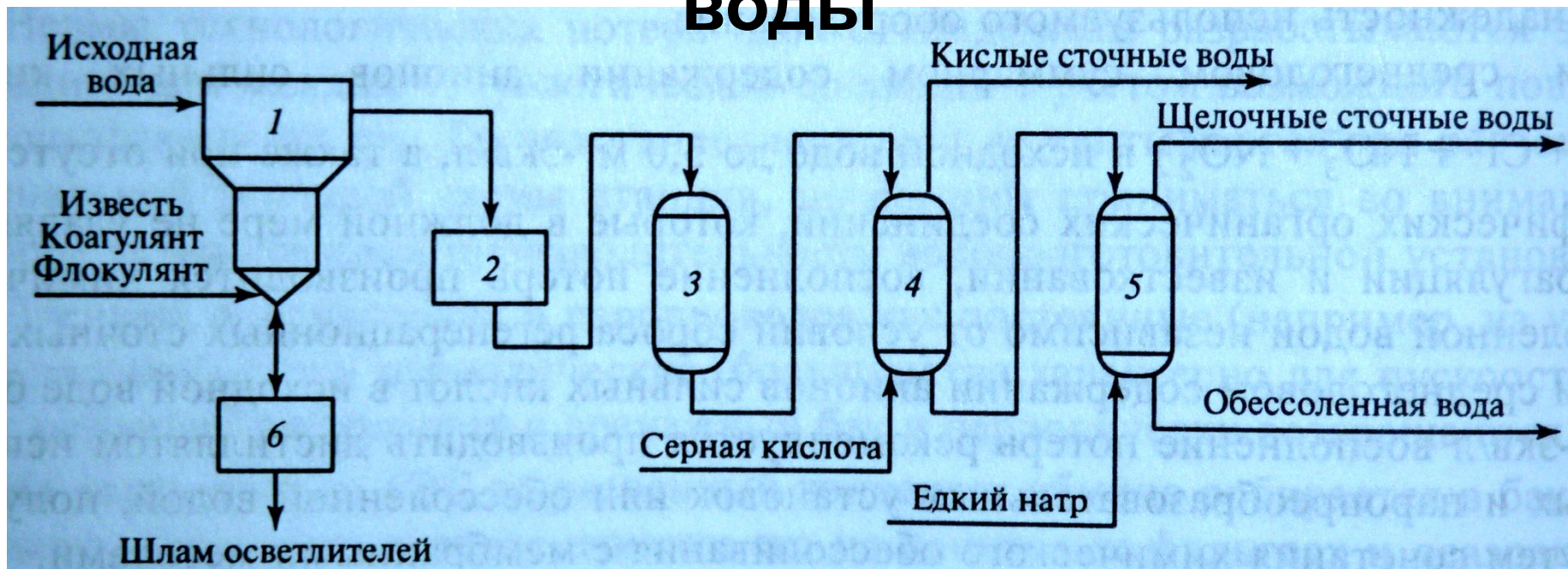
**10. Подпиточная вода подается в тепловые сети для восполнения потерь сетевой воды.**

**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.**

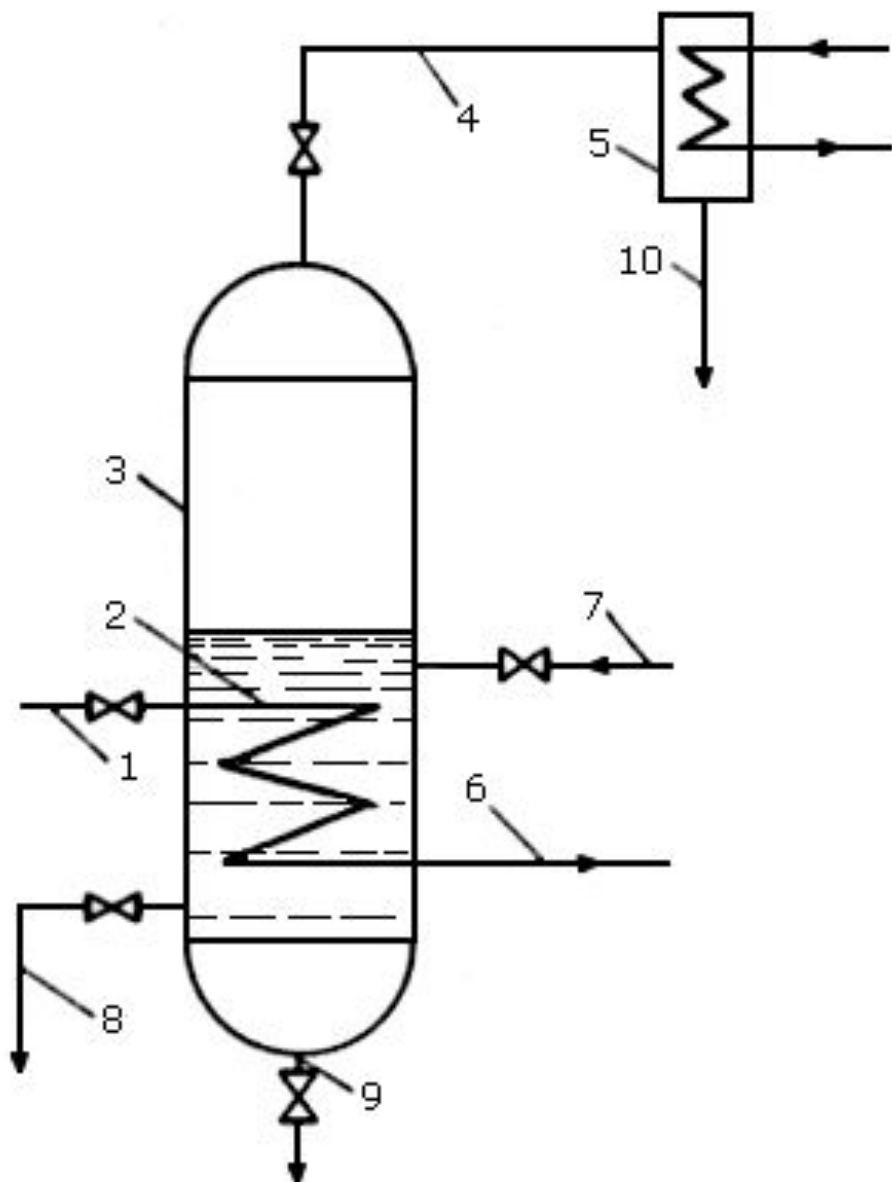
**На многих ТЭС восполнение потерь пара и конденсата производят дистиллятом. Дистиллят получают в испарительных установках термическим обессоливанием химически умягченной воды.**

**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.**

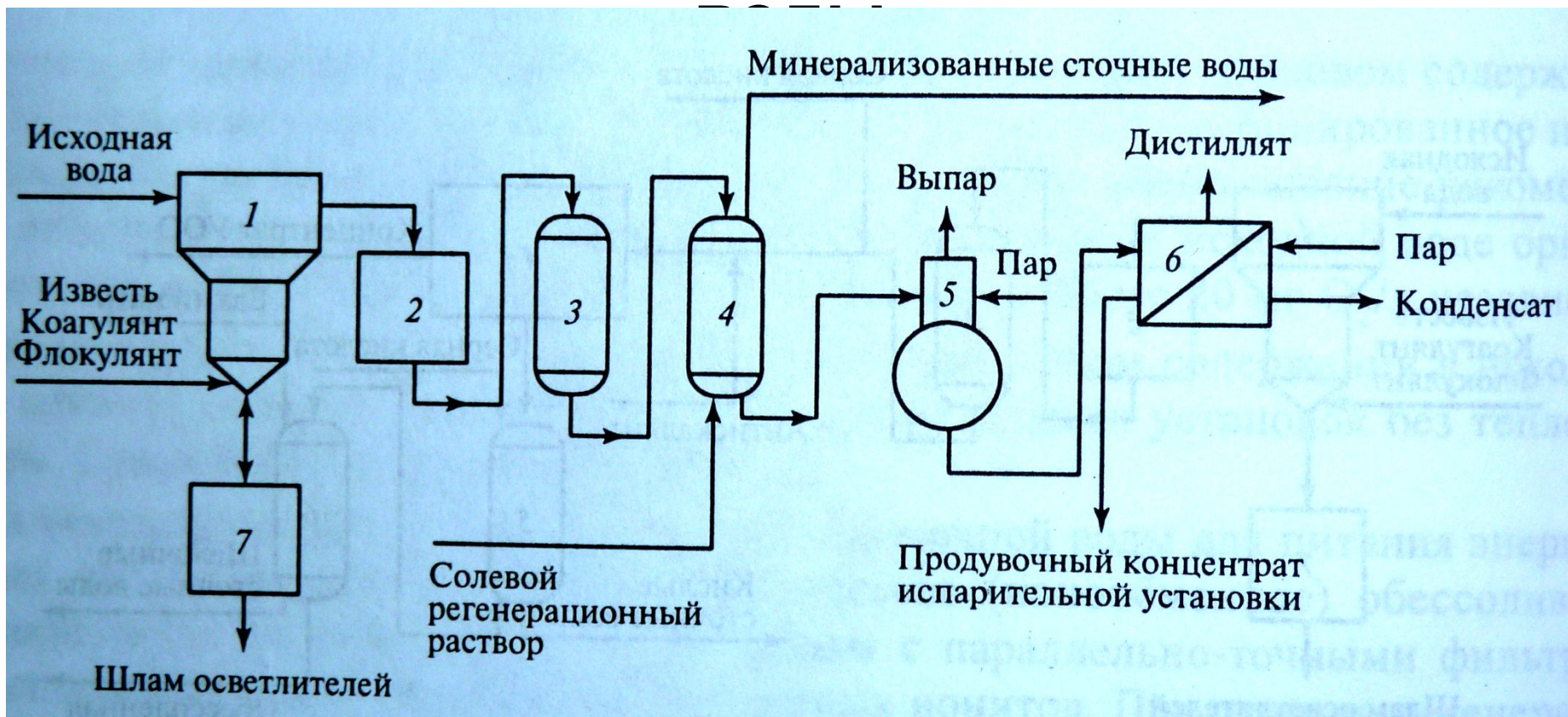
# Схема испарительной установки



- 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



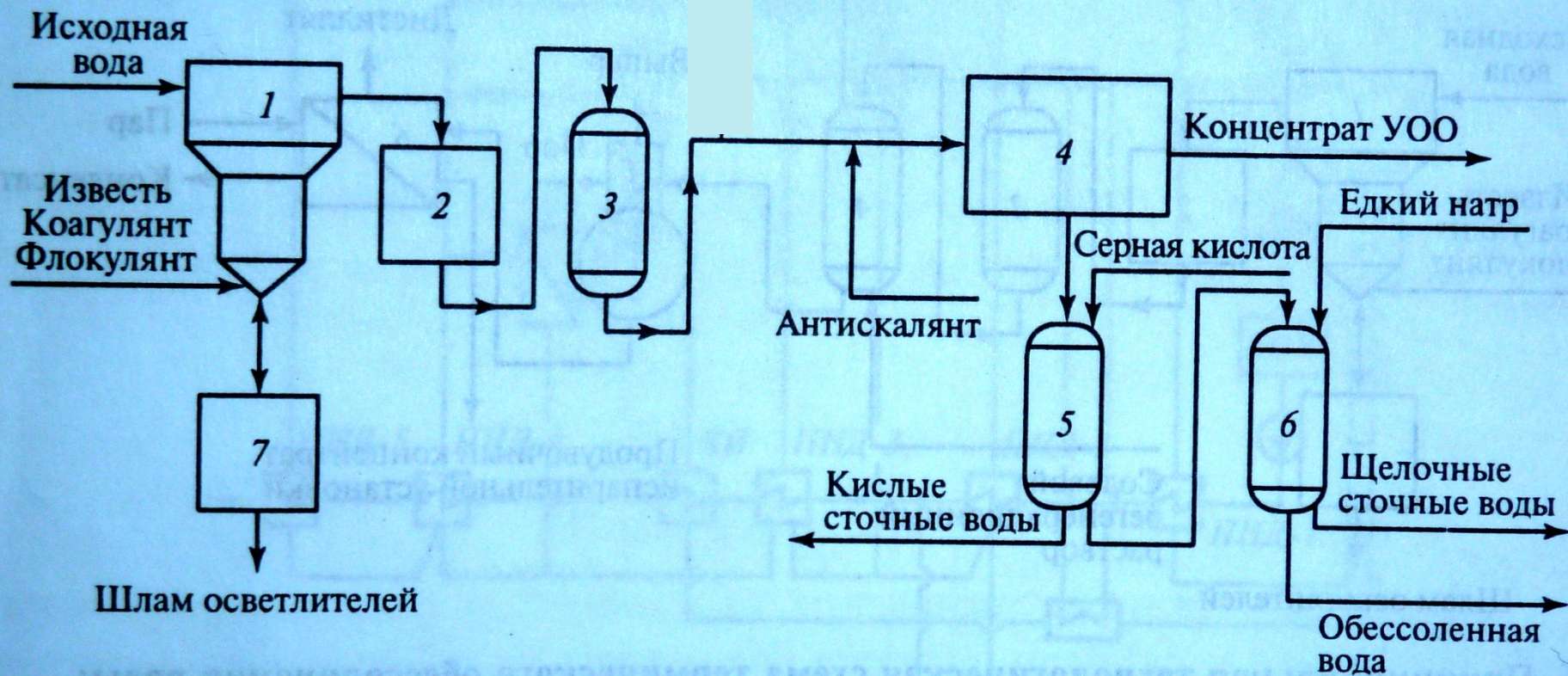
**1 – осветлитель; 2 – бак осветленной воды;  
3 – механический фильтр; 4 – Na-катионитный  
фильтр; 5 – деаэратор; 6 – испарительная  
установка; 7 – шламоуплотнительная станция**

**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.**

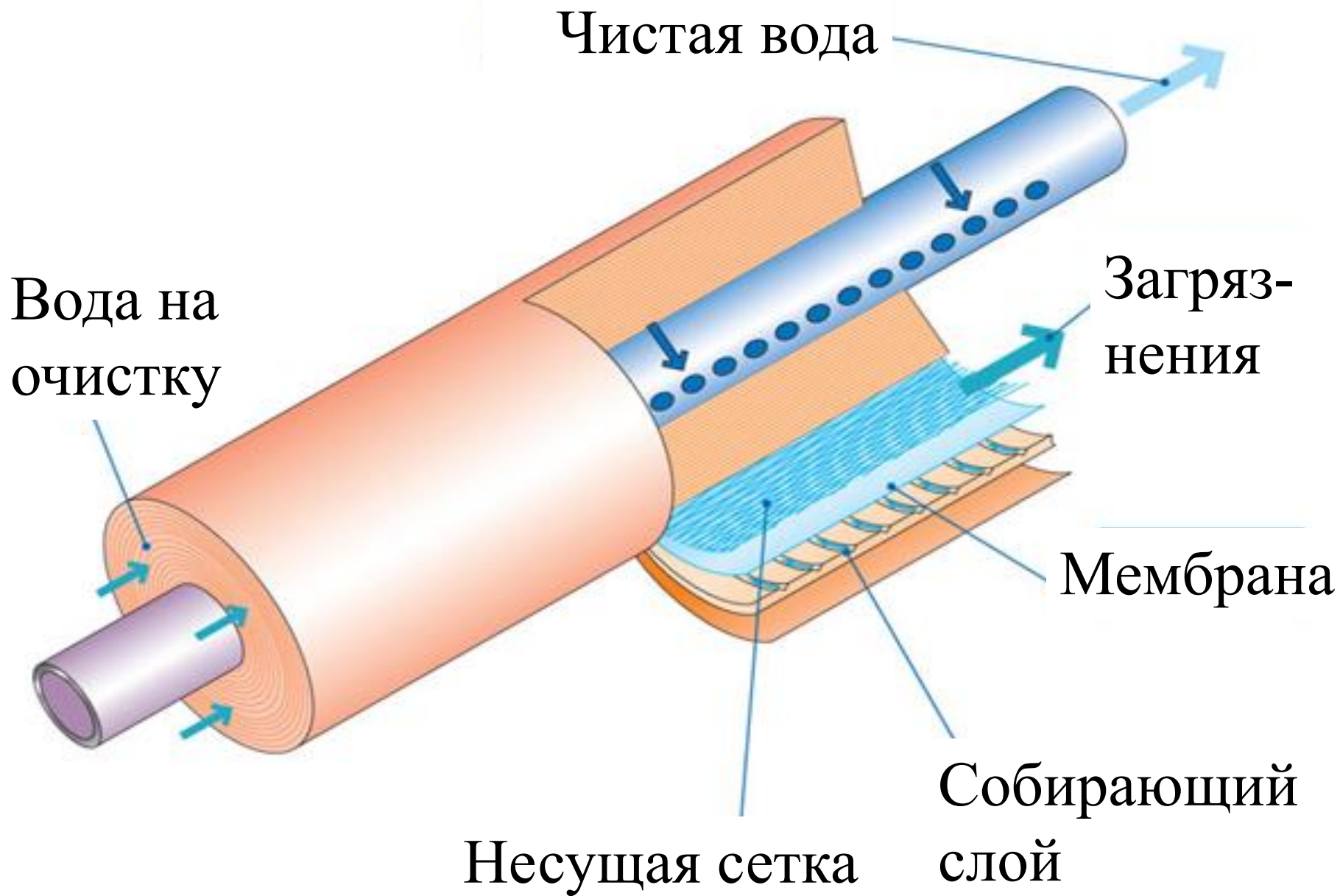
# Принципиальная технологическая схема комбинированного обессоливания воды



- 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.**

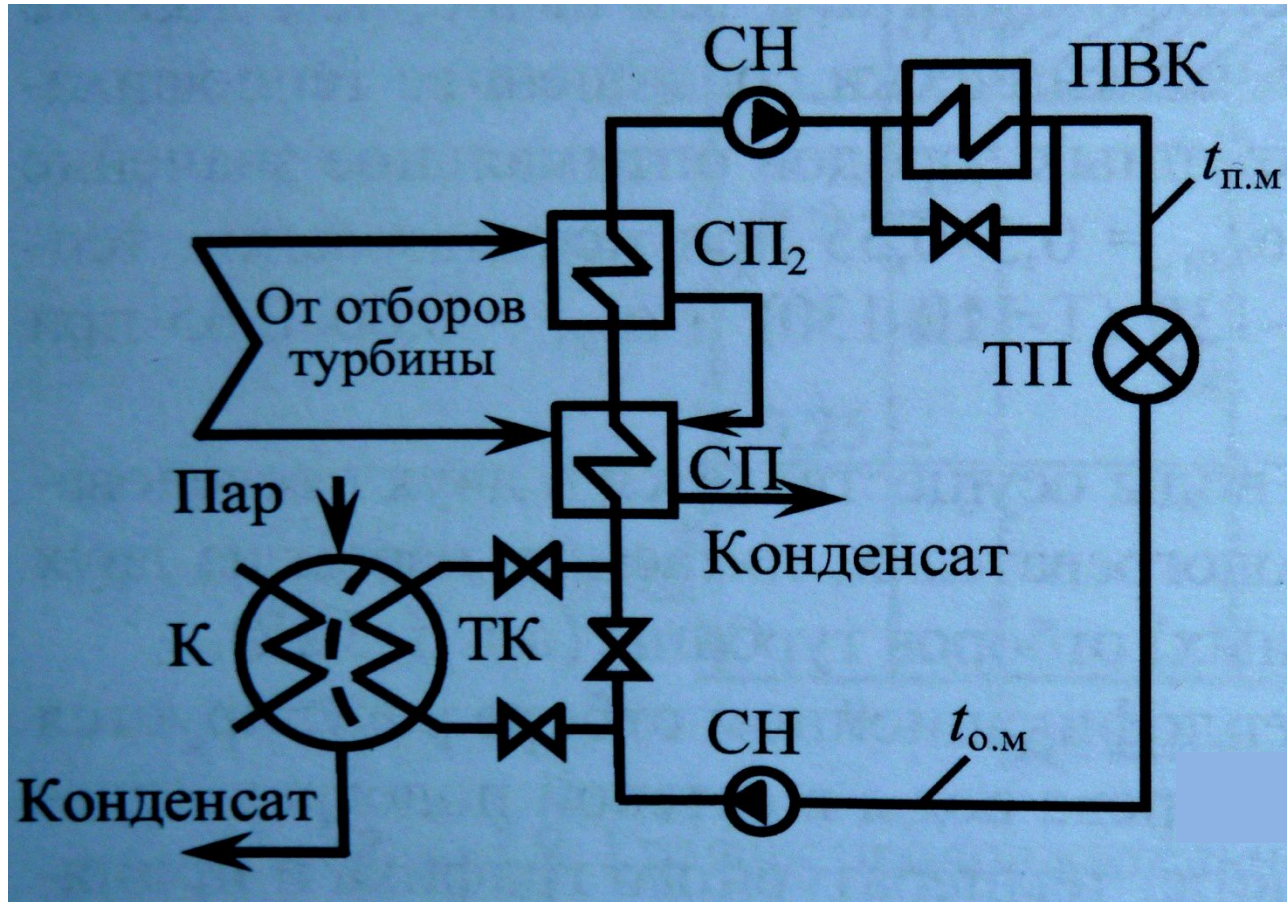
**2) По сравнению с промышленными ионообменными фильтрами установки обратного осмоса более компактные.**



## **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.**

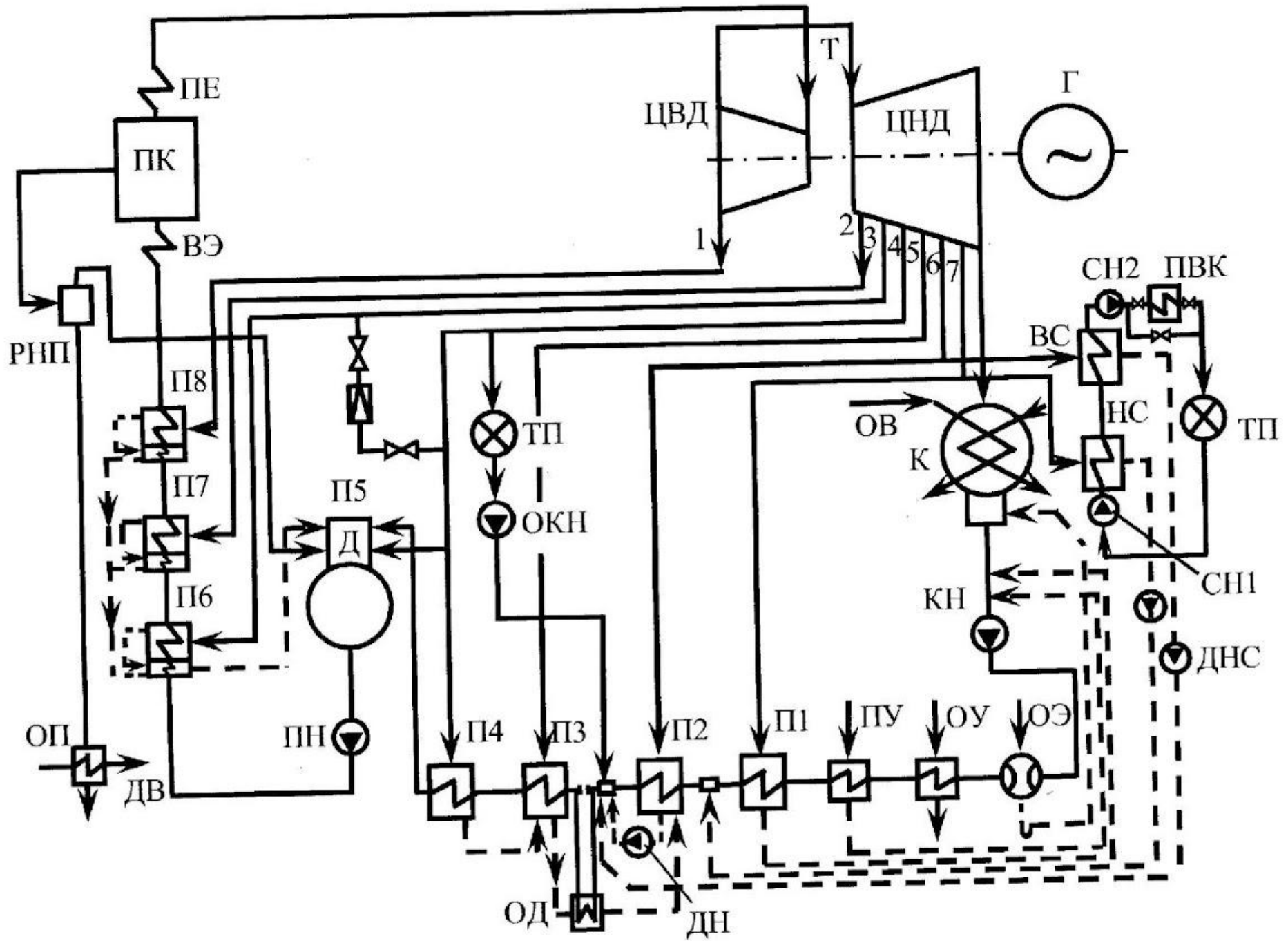
**5) Выбирается способ подготовки добавочной воды (химический, термический, комбинированный).**

**6) Для ТЭЦ разрабатывается схема отпуска теплоты внешним потребителям.**

### **3. Принципиальная тепловая схема ТЭЦ**

**Отечественная промышленность выпускает для ТЭЦ паровые турбоагрегаты трех типов:**

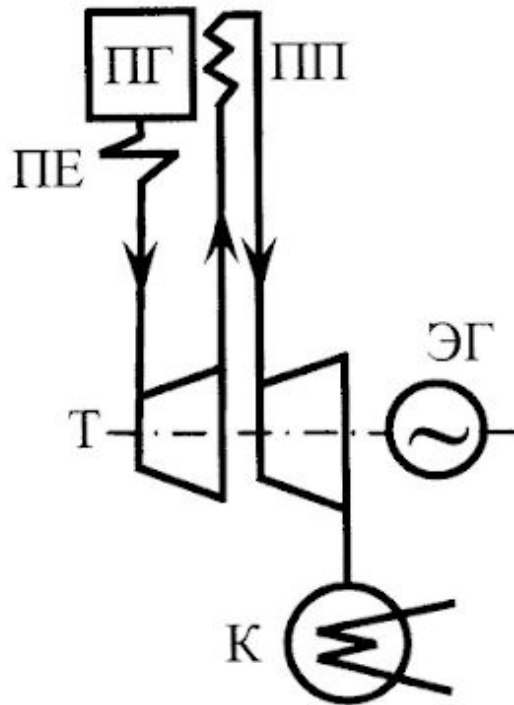
- 1) конденсационные турбины типа Т, имеющие два регулируемых отопительных отбора пара (верхний и нижний);**
- 2) конденсационные турбины типа ПТ, имеющие один регулируемый отбор промышленного пара и один или два отопительных отбора;**
- 3) турбины без конденсаторов с противодавлением типа Р (без**



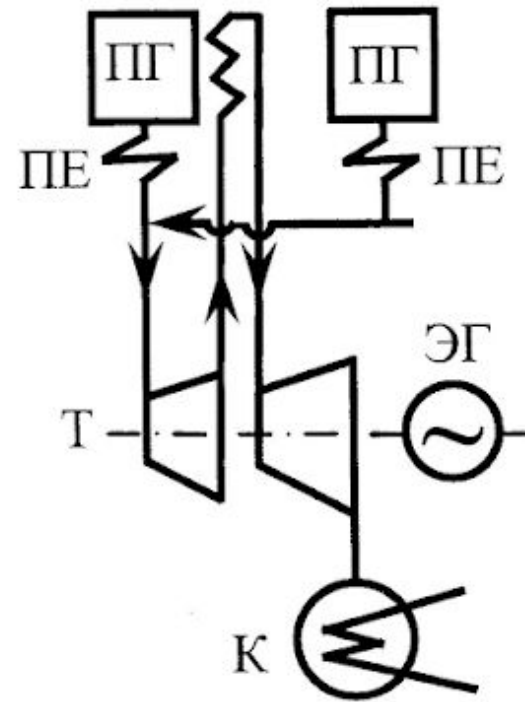
# 4. Выбор соединения парогенераторов и турбин ТЭС

1) КЭС: соединение котлов и турбин по пару

выпс



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

