

Обеспечение качества воды и пара на ТЭС

СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ ВОСПОЛНЕНИЯ ПОТЕРЬ ПАРА И КОНДЕНСАТА НА ТЭС

Потери пара и конденсата восполняются с *добавочной водой*

При выборе способа подготовки добавочной воды (ДВ) учитывают:

- 1) качество исходной воды;
- 2) параметры пара;
- 3) тип котлов;
- 4) количество и качество сточных вод, возможность их утилизации,
- 5) надежность используемого оборудования.

Нормы потерь пара и конденсата

КЭС - 1 %

Отопительные ТЭЦ – 1,2 %

ТЭЦ с производственными отборами –
1,6 %

АЭС с ВВЭР – 1 %

АЭС с РБМК – 0,5 %

Материальные балансы пара и воды на ТЭС

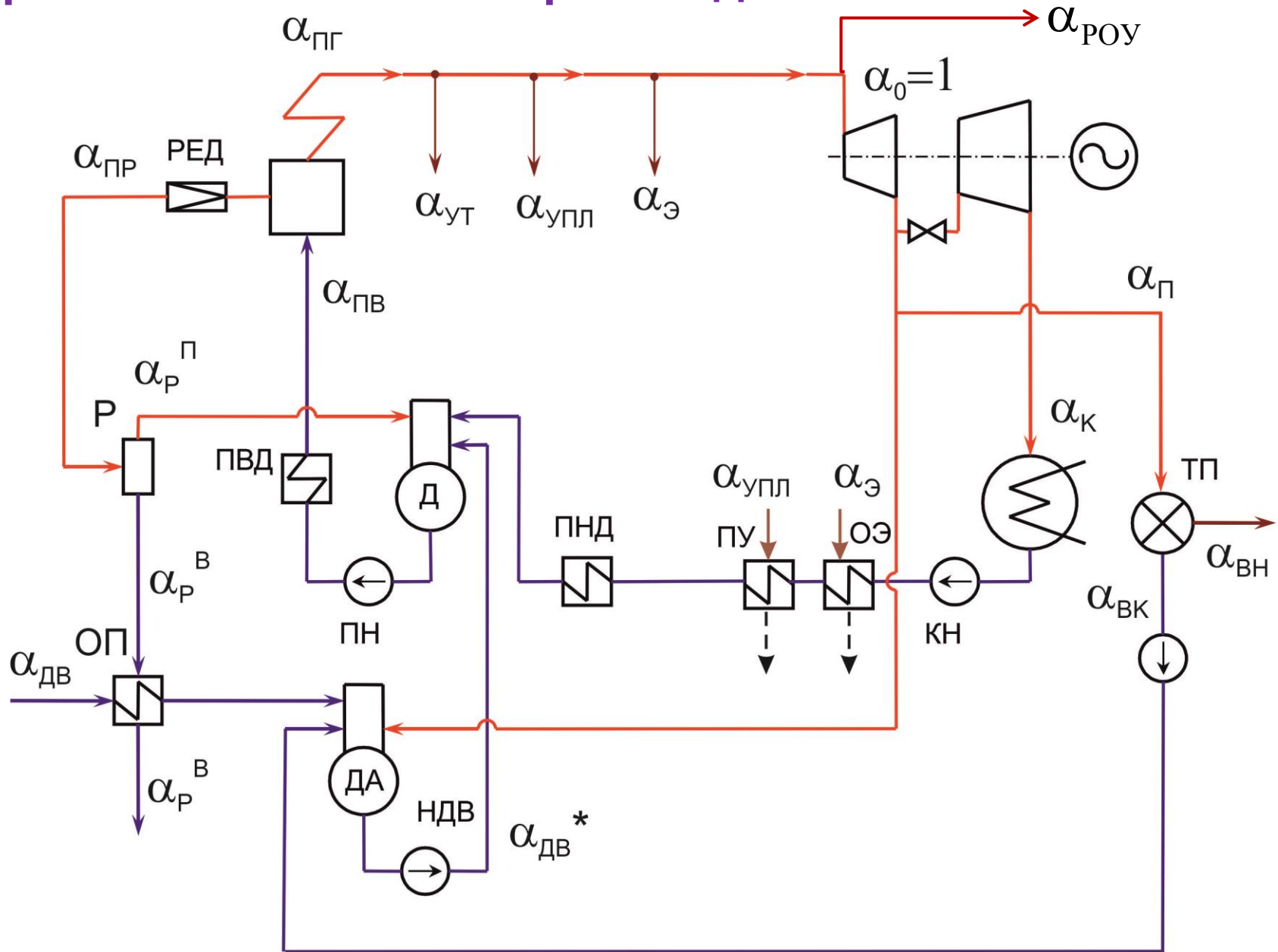


Схема баланса расходов пара и конденсата на ТЭС

Общие уравнения материального баланса

$\alpha_0 = 1$ – относ. расход пара на турбину

$\alpha_{\text{ТУ}} = \alpha_0 + \alpha_{\text{РОУ}}$ – относ. расход пара на ТУ

$\alpha_{\text{ПГ}} = \alpha_{\text{ТУ}} + \alpha_{\text{УПЛ}} + \alpha_{\text{УТ}} + \alpha_{\text{Э}}$ – относ. расход пара из котла

$\alpha_{\text{ПВ}} = \alpha_{\text{ПГ}} + \alpha_{\text{ПР}}$ – относ. расход питательной воды

$\alpha_{\text{ДВ}} = \alpha_{\text{ВНУТР}} + \alpha_{\text{ВНЕШ}}$ – относ. расход добавочной воды

$\alpha_{\text{ВНЕШ}} = \alpha_{\text{П}} - \alpha_{\text{БК}}$ – внешние потери рабочего тела

(невозврат от промышл. потреб.)

$\alpha_{\text{ВНУТР}} = \alpha_{\text{УТ}} + \alpha_{\text{Р}}^{\text{В}} + \alpha_{\text{ПР}}^{\text{И}}$ – внутренние потери рабочего тела

$\alpha_{\text{К}} = \alpha_0 - \sum \alpha_j^{\text{ПОЛН}}$ – относ. расход пара в конденсатор

Показатели качества воды

1. **Грубодисперсные примеси** $CaCO_3, Mg(OH)_3, Fe_3O_4$
2. **Солесодержание** – суммарная концентрация в воде катионов и анионов, мг/кг (мкг/кг)
3. **Жесткость** воды общая Жо , мг-экв/кг (мкг-экв/кг) –
Суммарная концентрация в воде ионов $Ca^{2+} + Mg^{2+}$
4. **Щелочность** воды общая Що, мг-экв/кг (мкг-экв/кг) –
сумма концентраций находящихся в воде анионов слабых кислот
5. **Кремнесодержание**, мкг-экв/кг
6. Показатель концентрации водородных ионов (**pH**)
7. Растворенные газы O_2, CO_2, N_2

Нормы качества питательной воды

1. Барабанные котлы с ЕЦ

Показатель	P<4 МПа	P(4-10) МПа	P>10 МПа
Жо, мкг-ЭКВ/кг	5-10	3-5	1
O_2 , мкг/кг	20	20	10
CO_2 , мкг/кг	отсутствует		
рН	9,1		
Железо, мкг/кг	100-200	50-100	20-30
Медь, мкг/кг	10-20	10-20	5

2. Прямоточные котлы СКД

Жо 0,2 мкг-ЭКВ/кг;

Железо 10 мкг/кг;

Медь 5 мкг/кг;

O_2 10 мкг/кг

Пути поступления примесей в ПВ

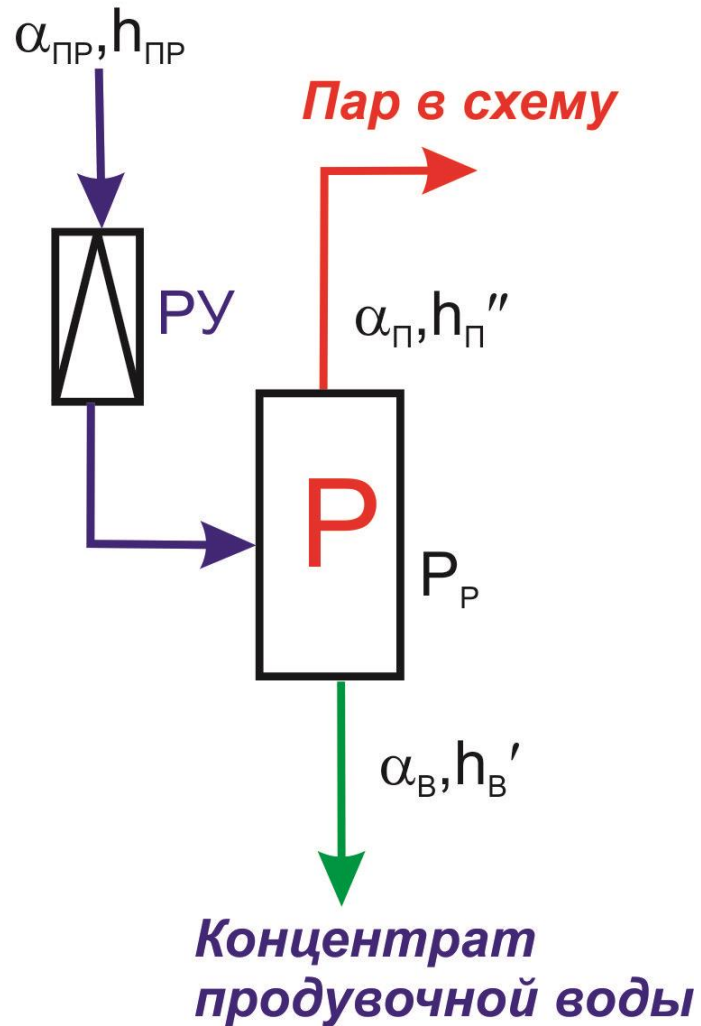
- с добавочной водой;
- с присосами сырой воды в конденсаторе турбины;
- в результате попадания сетевой воды в конденсат греющего пара в СП;
- в результате присосов воздуха в элементах оборудования ($P < P_{\text{атм}}$)
- с продуктами коррозии конструкционных материалов (окислами железа (магнетитом), меди)

Мероприятия и способы поддержания нормируемого качества воды

1. Обессоливание и обескремнивание добавочной воды (ХВО)
2. Обессоливание потока основного конденсата (БОУ)
3. Деаэрация (удаление летучих примесей CO_2 и O_2)
4. Постоянные продувки контуров циркуляции
5. Коррекция водного режима (автоматическая дозировка добавок)
6. Отмывки оборудования от отложений
 - 6.1. Предпусковые
 - 6.2. Эксплуатационные
7. Консервация оборудования во время простоев
8. Антикоррозионные покрытия оборудования

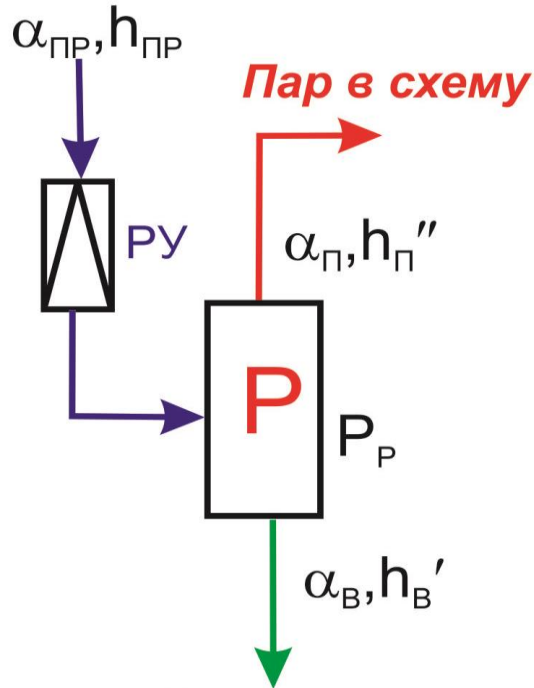
РАСЧЕТНАЯ СХЕМА РАСШИРИТЕЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОДУВКИ

*Из «соленого» отсека
барабана котла*



Расширитель непрерывной продувки (Р)

Из «соленого» отсека барабана котла



Концентрат продувочной воды

Непрерывная продувка производится для ограничения концентрации солей, щелочей, кремниевой кислоты и др. примесей в котловой воде и обеспечения требуемой чистоты пара

$C_{ПР}, C_{ПВ}$ – концентрация примесей в продувочной и котловой воде ($C_{ПР} \rightarrow 0$)

$$\alpha_{ПР} \approx \frac{1}{C_{ПР} / C_{ПВ} - 1}$$

$$\alpha_{ПР} \downarrow \text{ при } C_{ПР} \uparrow, C_{ПВ} \downarrow$$

Уравнения мат. и теплового балансов Р

$$\alpha_{ПР} = \alpha_{П} + \alpha_{В}$$

$$\alpha_{ПР} \cdot h_{ПР} \cdot \eta_{см} = \alpha_{П} \cdot h_{П}'' + \alpha_{В} \cdot h_{В}'$$

$$\alpha_{ПР} = 0,005 \div 0,03 \text{ (X)}$$

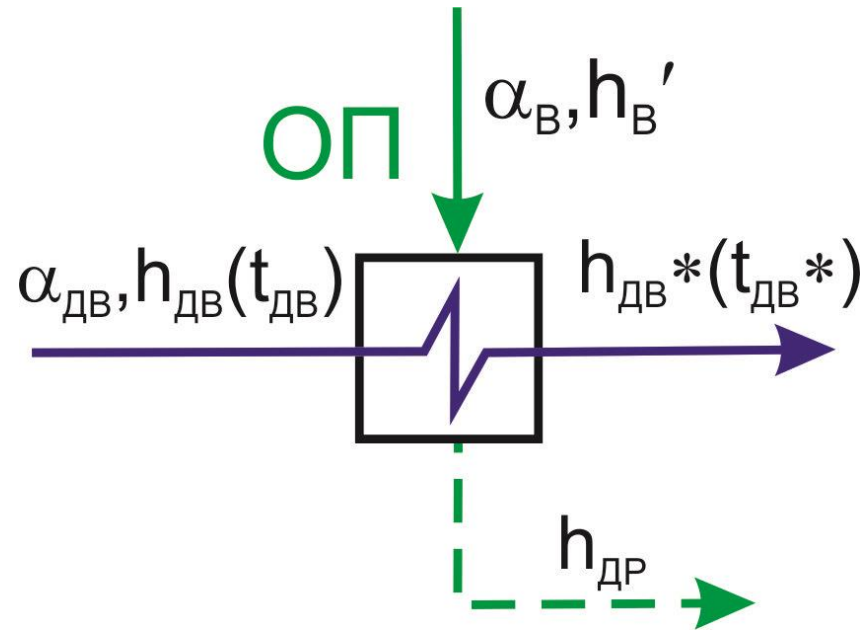
$$\alpha_{ПР} = 0,003 \div 0,005 \text{ (И)}$$

$$P_B = 1,2 \cdot P_0 \rightarrow h_{В}' = h'(P_P)$$

$$P_P = \dots \rightarrow h_{П}'' = h''(P_P)$$

$$h_{В}' = h'(P_P)$$

Охладитель непрерывной продувки (ОП)



Уравнение теплового баланса ОП

$$\alpha_{\text{В}} \cdot (h_{\text{В}}' - h_{\text{ДР}}) \eta_{\text{П}} = \alpha_{\text{ДВ}} \cdot (h_{\text{ДВ}}^* - h_{\text{ДВ}})$$

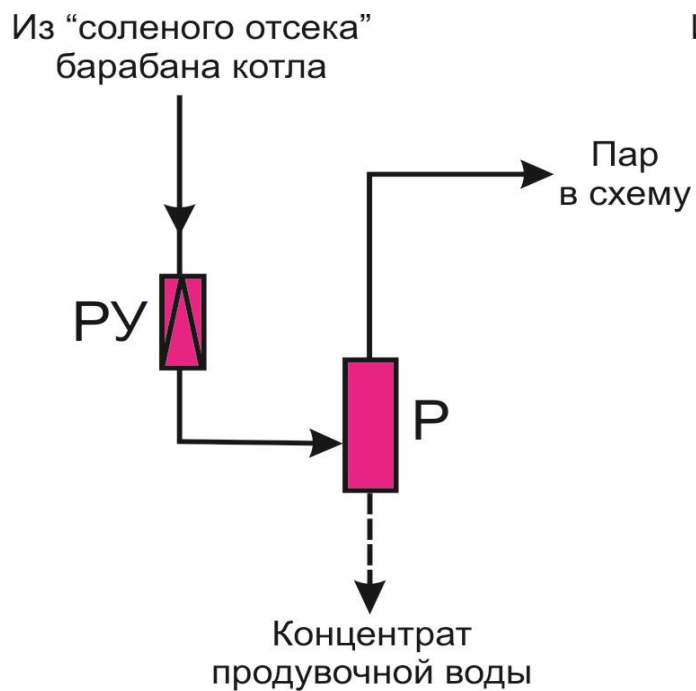
$$t_{\text{ДВ}} = (10 - 40)^{\circ}\text{C}$$

$$h_{\text{ДВ}} = C_P \cdot t_{\text{ДВ}}$$

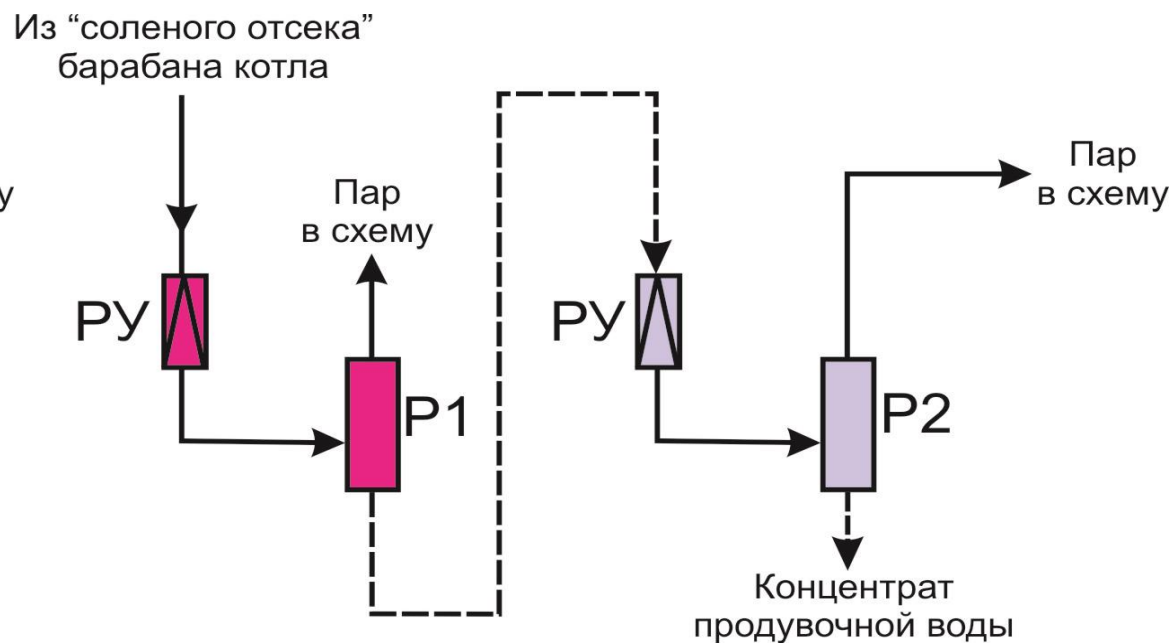
$$h_{\text{ДР}} = h_{\text{ДВ}}^* + (40 - 60) \text{ кДж/кг}$$

СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ РАСШИРИТЕЛЕЙ НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОДУВКИ

одноступенчатая



двухступенчатая



Способы обессоливания воды

1) *химический* (ионообменный);

2) *мембранный*

2.1. электродиализ

2.2. установки обратного осмоса

3) *термический*.

ХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ

применяется

- при среднегодовом суммарном содержании анионов сильных кислот в исходной воде до **5,0-7,0** мг-экв/л,
- при отсутствии специфических органических соединений, которые в должной мере не удаляются при коагуляции и известковании



Барабаннные котлы – I и II – ступенчатые
схемы хим. обессоливания

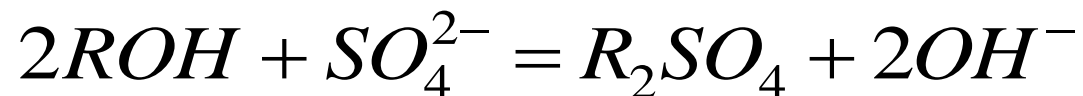
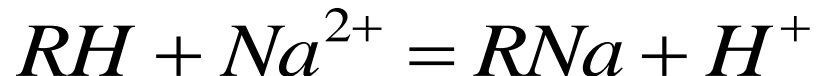
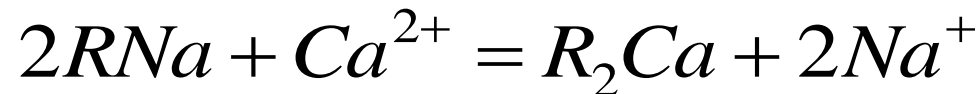
Прямоточные котлы – трехступенчатые
схемы хим. обессоливания (I + II + БОУ)

Обработка воды методом ионного обмена

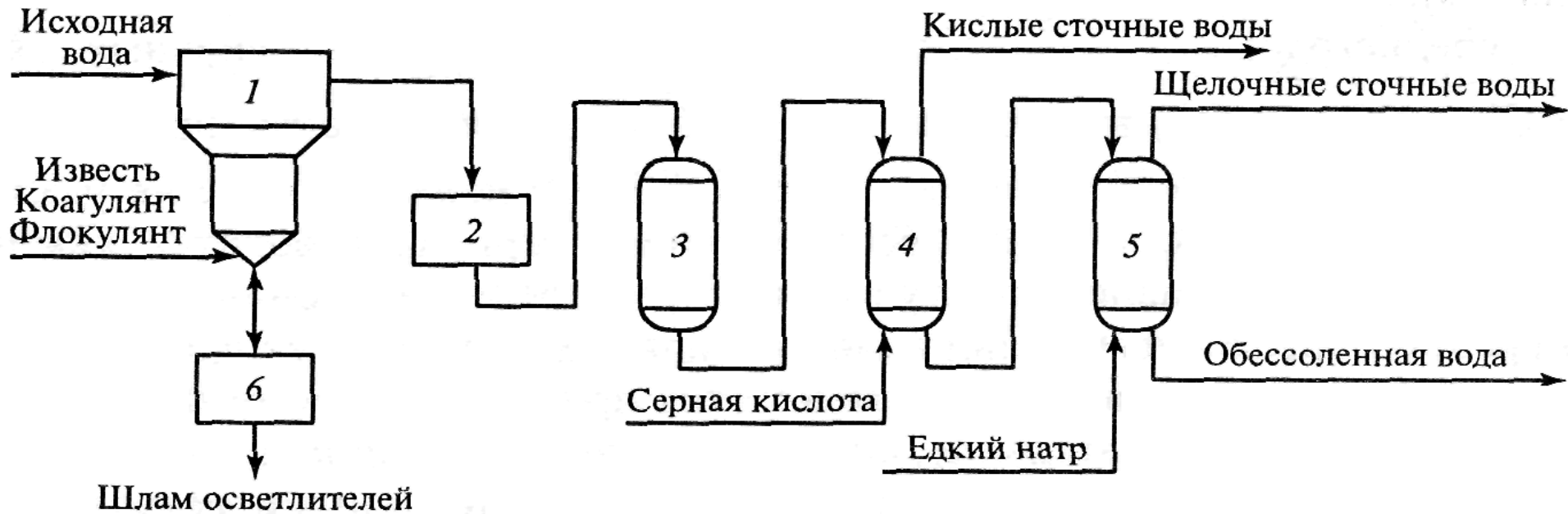
Осуществляется путем фильтрования воды через слой **ионита** – высокомолекулярного синтетического вещества, способного поглощать ионизированные примеси и отдавать в раствор другие ионы.

Катиониты – материалы, способные к обмену катионами (в H, Na - формах)

Аниониты – материалы, способные к обмену анионами (в OH - форме)



Принципиальная технологическая схема химического обессоливания воды



- 1 – осветлитель;
- 2 – бак осветленной воды;
- 3 – механический фильтр,
- 4 – противоточный H-фильтр;
- 5 – противоточный OH-фильтр;
- 6 – шламоуплотнительная станция

ТЕРМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ

Суть термического обессоливания - испарение воды за счет теплоты пара из отбора турбины с последующей конденсацией вторичного пара.

Дистиллят – конденсат вторичного пара.

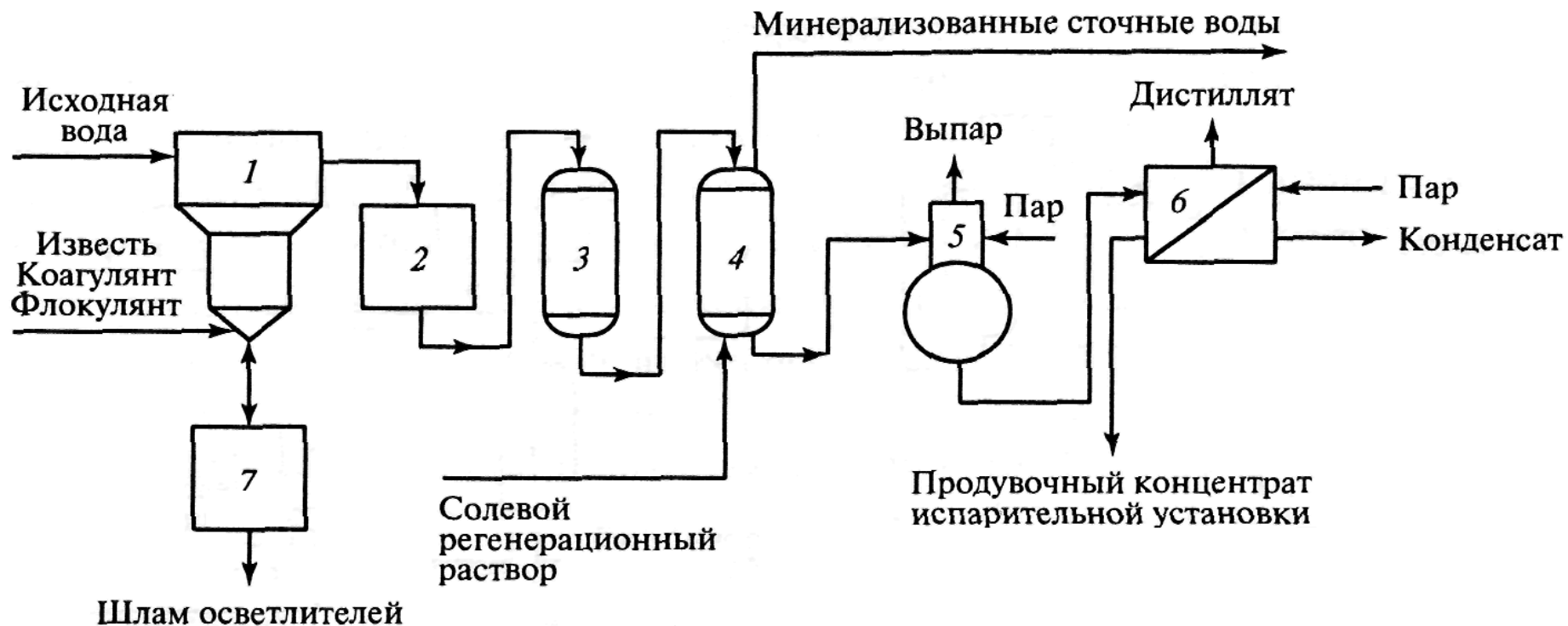
Преимущества термического обессоливания:

- 1) высокая степень очистки от минеральных и органических примесей повышенной минерализации
- 2) малое влияние состава исходной воды на качество дистиллята (обессоливание природных и сточных вод).

Применяется:

- при относительно небольших потерях пара и конденсата;
- при среднегодовом содержании в исходной воде органических соединений по перманганатной окисляемости более 20 мг O₂/л независимо от концентрации анионов сильных кислот или при любом содержании в исходной воде анионов сильных кислот

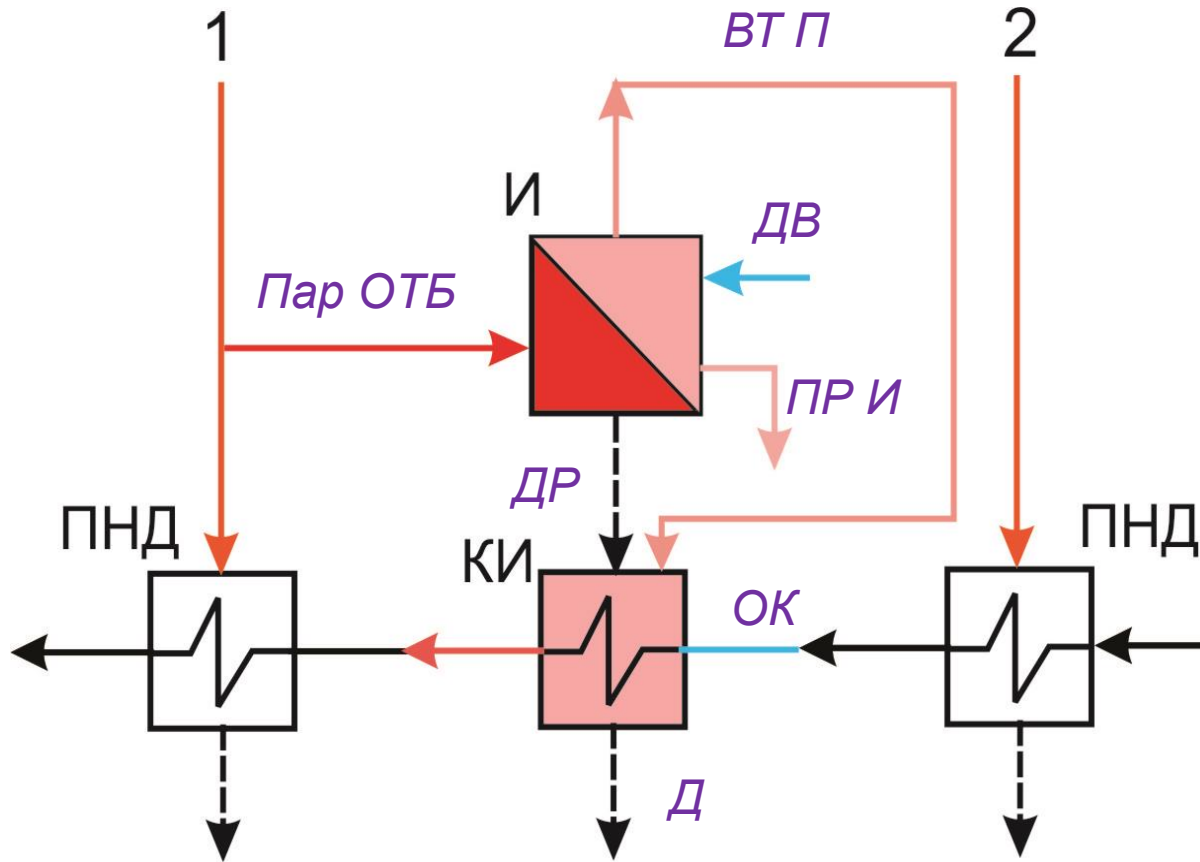
Принципиальная технологическая схема термического обессоливания воды



- 4 – Na-фильтр;
- 5 – деаэратор;
- 6 – испарительная установка

остальные обозначения те же,
что на предыдущем рисунке

СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ИСПАРИТЕЛЯ В СИСТЕМУ РЕГЕНЕРАЦИИ ТУРБИНЫ



*I. С отдельным
конденсатором
испарителя (КИ)*

ДВ – добавочная вода

ВТ П – вторичный пар

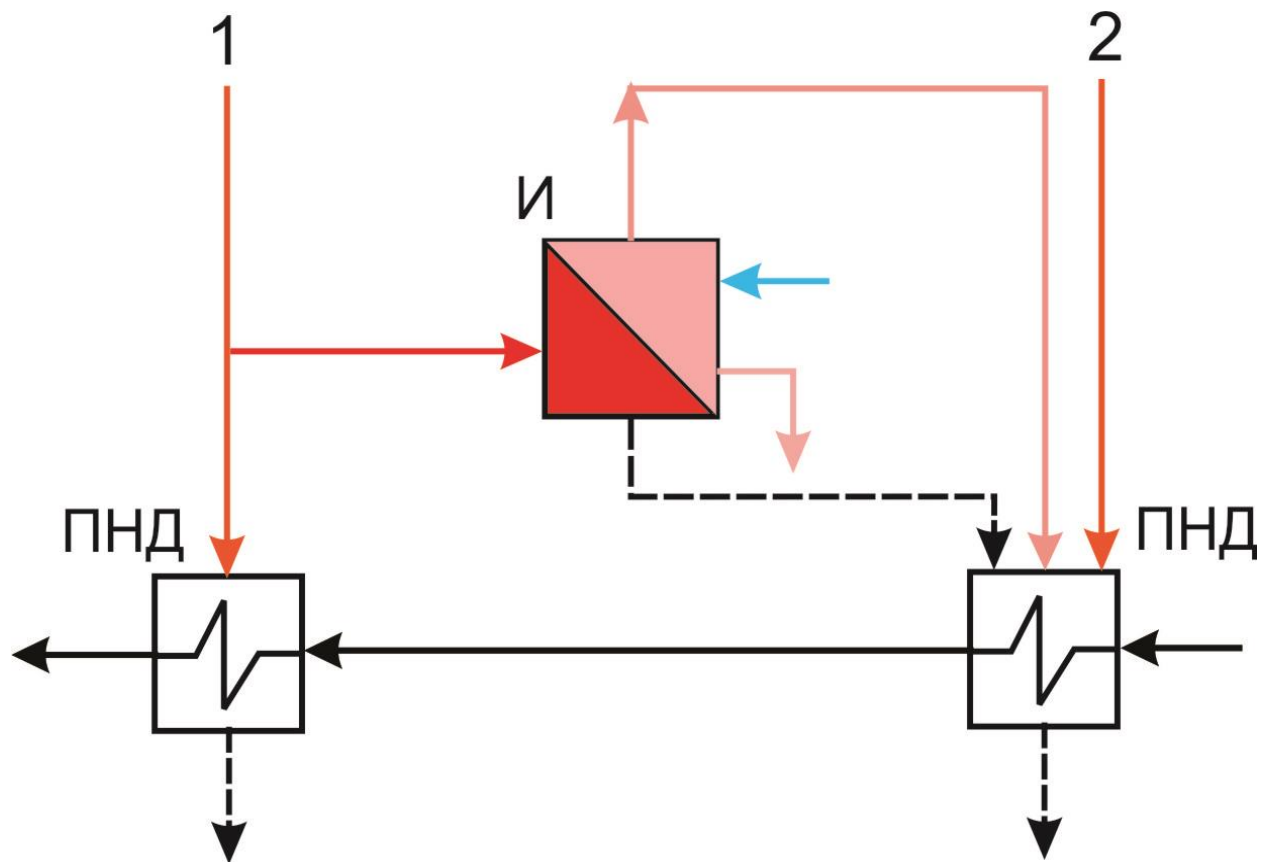
*ПР И – продувка
испарителя*

Д - дистиллят

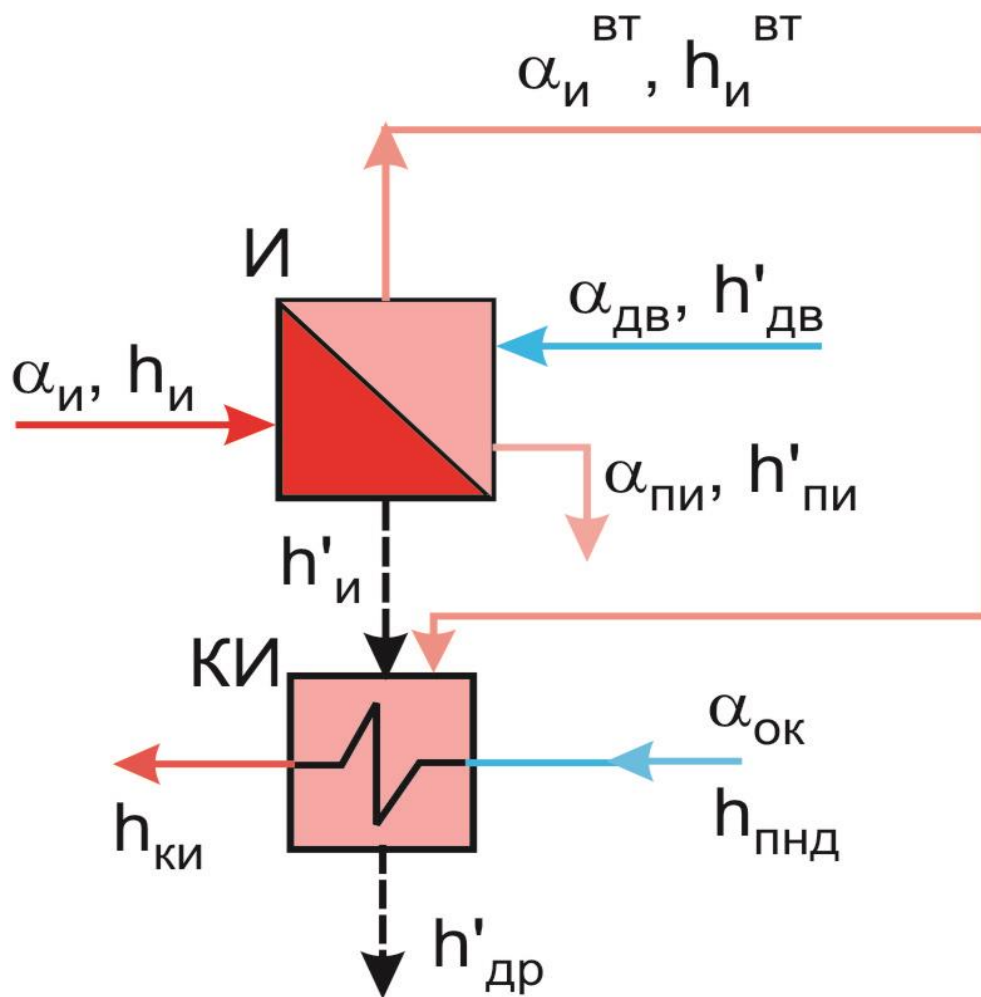
Пар ОТБ – пар из отбора

ДР – дренаж греющего пара

II. Без КИ



РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ИСПАРИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ



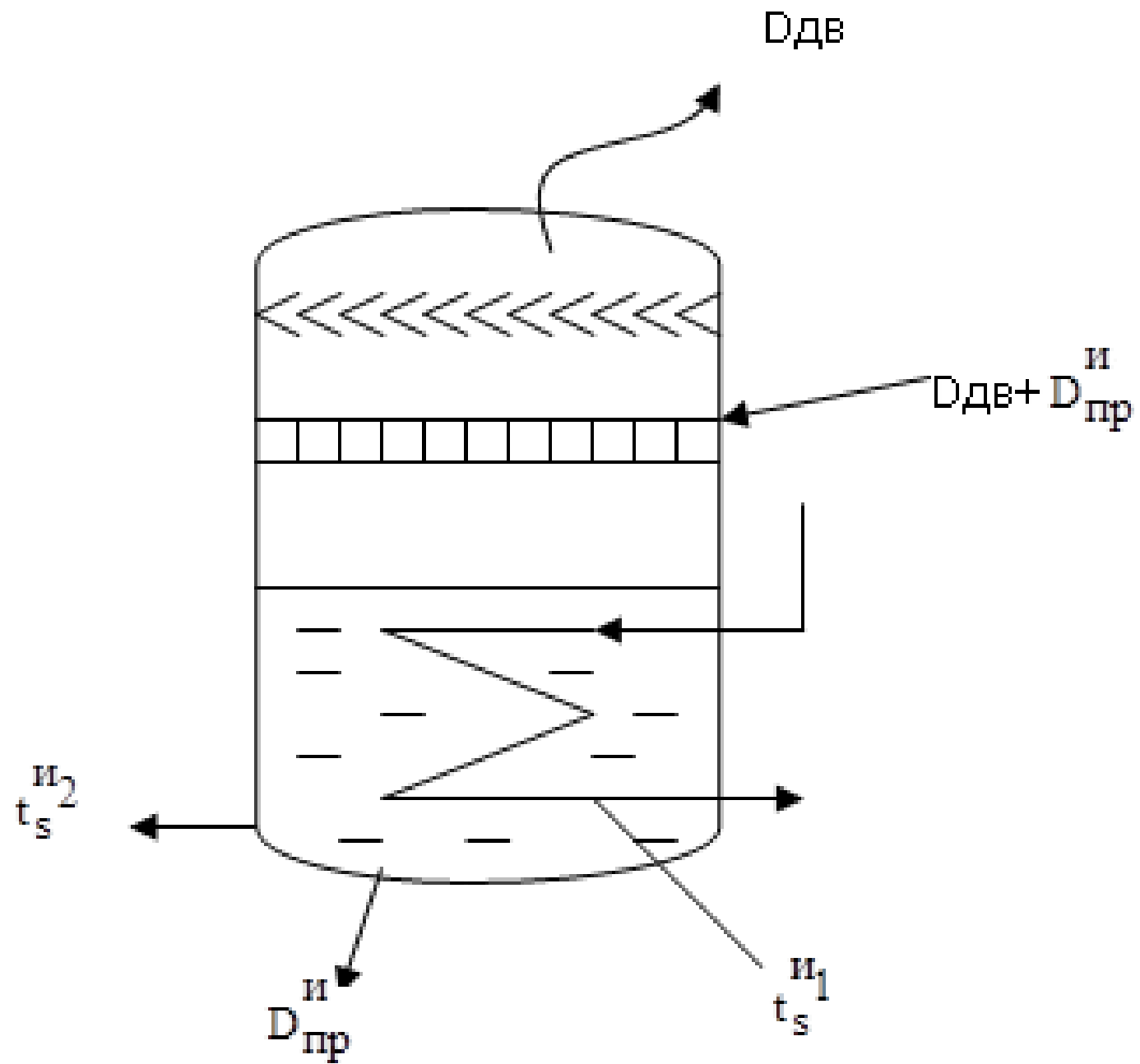
$$\alpha_{ДВ} = \alpha_{И}^{ВТ} + \alpha_{ПИ}$$

И

$$\alpha_{И} \cdot (h_{И} - h'_{И}) \cdot \eta_{П} = \alpha_{И}^{ВТ} \cdot (h_{И}^{ВТ} - h_{ДВ}) + \alpha_{ПИ} \cdot (h'_{ПИ} - h_{ДВ})$$

КИ

$$\alpha_{И}^{ВТ} \cdot (h_{И}^{ВТ} - h'_{ДР}) \cdot \eta_{П} = \alpha_{ОК} \cdot (h_{КИ} - h_{ПНД})$$



ТИПЫ ИСПАРИТЕЛЕЙ

Наибольшее распространение получили испарители типа

- ✓ **блочные испарительные установки (БИУ), включенные в систему подогрева основного конденсата турбин на КЭС;**
- ✓ **БИУ, включенные в систему подогрева сетевой воды на ТЭЦ;**
- ✓ **многоступенчатые испарительные установки (МИУ) на промышленно-отопительных ТЭЦ;**
- ✓ **паропреобразовательные установки на промышленных ТЭЦ.**

БЛОЧНАЯ ИСПАРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА (БИУ), ВКЛЮЧЕННАЯ В СИСТЕМУ ПОДОГРЕВА ОСНОВНОГО КОНДЕНСАТА ТУРБИНЫ К-300-240

