

# Деаэрация воды на ТЭС



Применяется для  
удаления из воды  
**агрессивных** газов -  
углекислоты **CO<sub>2</sub>**;  
- кислорода **O<sub>2</sub>**.

CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> вызывают  
**коррозию** оборудования  
ТЭС.

Термическая  
деаэрация основана на  
**законе Генри.**

# Закон Генри

Массовая концентрация (растворимость) газа в воде пропорциональна парциальному давлению газа над водой

$$C_{\Gamma} = k_{\Gamma} \cdot p_{\Gamma} = k_{\Gamma} \left( p_{\Sigma} - p_{\text{H}_2\text{O}} \right) \quad , \text{ МГ/КГ}$$

$k_{\Gamma}$  – коэффициент растворимости газа, мг/(кг·МПа);

$p_{\Gamma}$  – парциальное давление газа, МПа;

$p_{\Sigma}$  – суммарное давление газа и водяных паров, МПа;

$p_{\text{H}_2\text{O}}$  – парциальное давление водяных паров, МПа.

$$t_s \rightarrow p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\Sigma} \rightarrow p_{\Gamma} = 0 \rightarrow C_{\Gamma} = 0$$

# Условия эффективной деаэрации

1) Нагрев воды до температуры насыщения пара  $t_{дс}$  ( $P_{д}$ )

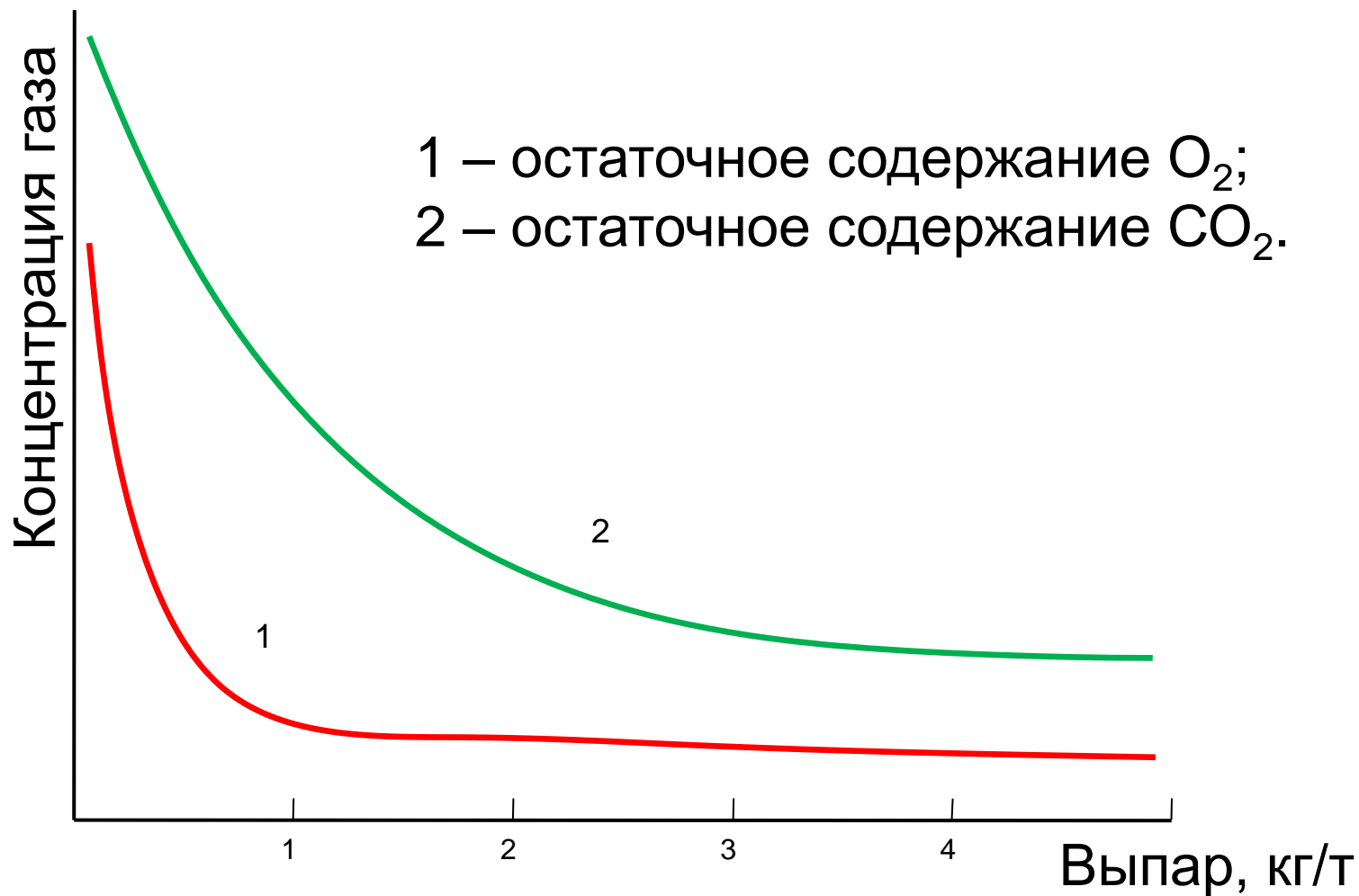
2) Наличие выпара

**Выпар** - непрерывный отвод небольшого количества пара из деаэратора вместе с выделившимися газами .

Выпар составляет  $D_{п}=(2-3)$  кг пара на 1 тонну деаэрируемой воды.

По правилам ПТЭ (питательная вода):  
при  $P_0 < 10$  МПа содержание  $O_2 < 20$  мкг/кг,  
при  $P_0 > 10$  МПа содержание  $O_2 < 10$  мкг/кг.  
содержание  $CO_2 \rightarrow 0$

# Влияние выпара на процесс деаэрации



# Классификация деаэраторов

## По назначению

- Деаэраторы **питательной** воды (устанавливаются в рассечку между группой ПВД и ПНД)
- Деаэраторы **добавочной** воды (устанавливаются после ХВО)
- Деаэраторы **подпиточной** воды тепловых сетей

## По давлению греющего пара

- **Повышенного** давления (0,6-1,0 МПа) ДСП-1600, ДСП-1000, ...
- **Атмосферного** давления (0,12 МПа) ДА-300, ...
- **Вакуумного** типа (0,0075-0,05 ) МПа ДВ-2400, ...

## По конструкции

- Струйно-капельного тарельчатого типа с барботажем и без него.
- Плёночного типа – вертикальные и горизонтальные.

## Баки-аккумуляторы деаэраторов

- 1) Подпорная ёмкость перед питательным насосом;
- 2) Компенсирующая ёмкость при изменении расхода рабочего тела в цикле станции.

## ❖ Деаэраторы повышенного давления

(деаэраторы питательной воды котельных установок).

$P_d = (0,6 - 1,2)$  МПа

Типы: ДСП-1600, ДСП-1000 и др.

(Числа в типоразмерах указывают производительность в т/час)

Подогрев воды (1-40) °С

$P_o < 10$  МПа  $\leq 20$  мкг/кг,  
 $P_o > 10$  МПа  $\leq 10$  мкг/кг.

Содержание  $O_2$

## ❖ Деаэраторы атмосферные

(деаэраторы добавочной воды котлов и подпитки тепловых сетей)

$P_d = 0,12$  МПа

Типы: ДА-300, ДА-150 и др.

Подогрев воды (10-50) °С

$\leq 20$  мкг/кг

## ❖ Деаэраторы вакуумные

(подпиточной воды тепловых сетей)

$P_d = (0,0075 - 0,05)$  МПа

Типы: ДВ-2400, ДВ-2000 и др.

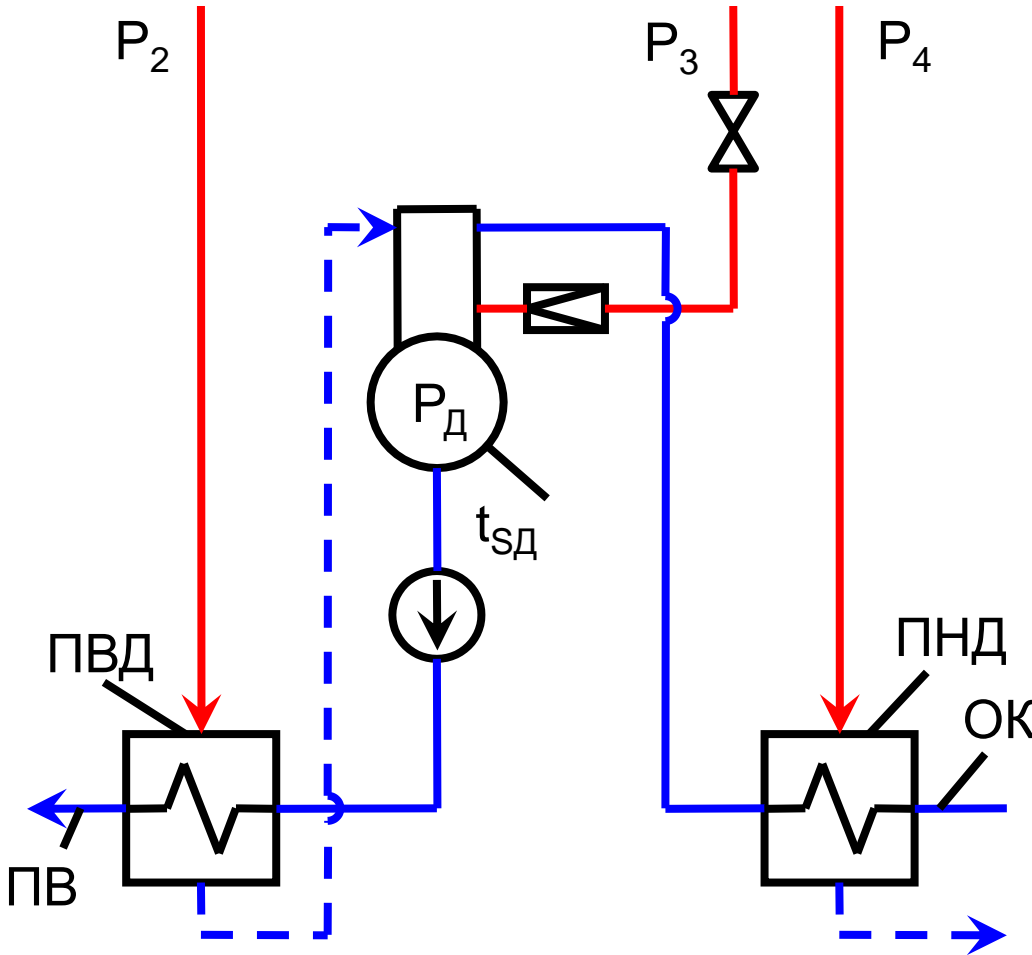
Подогрев воды (15-25) °С

$\leq 50$  мкг/кг

Содержание  $CO_2 \rightarrow 0$

# Схемы включения деаэраторов питательной воды

## 1. Деаэратор – отдельная ступень РППВ



### Недостатки

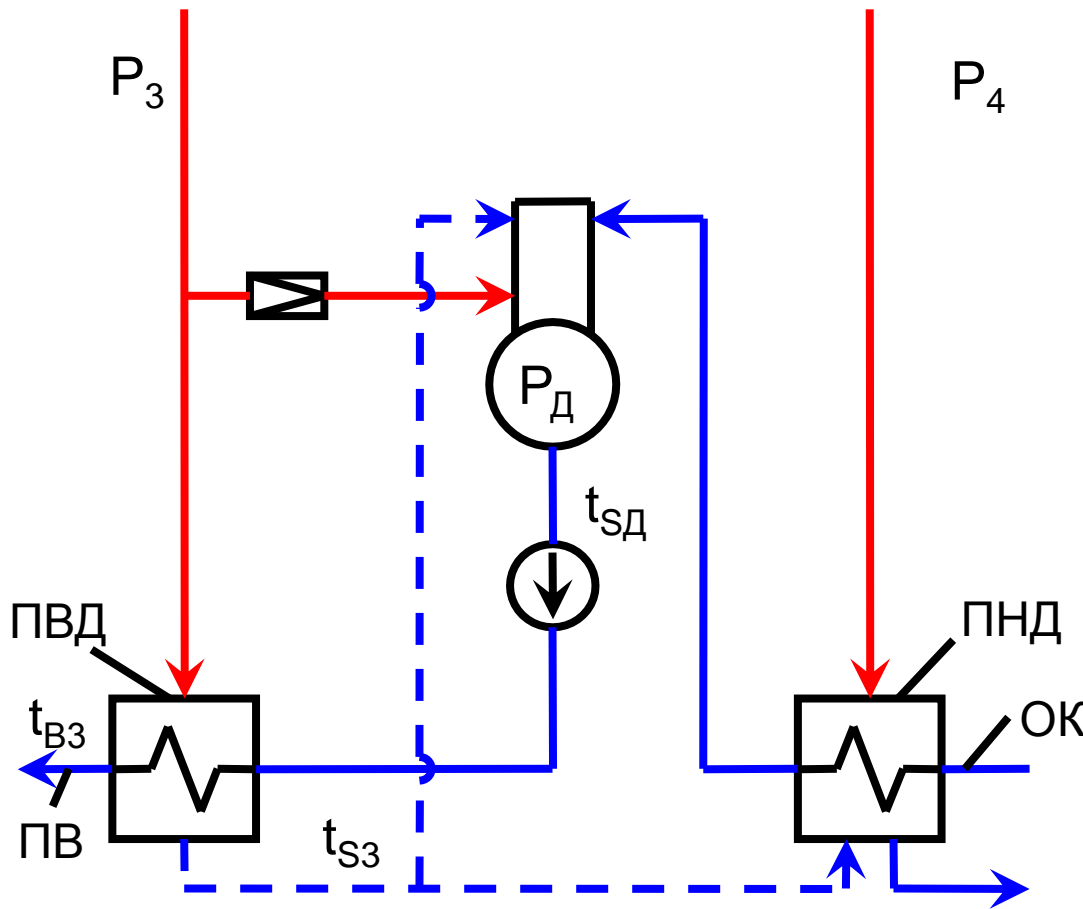
1)  $P_{отб} (P_3) > P_д$   
(~на 30 %) →  
энергетическая потеря  
 $t_{сд} < t_{с3} (P_3)$

2) Необходимо предусмотреть переключение на вышестоящий отбор

**Область применения –**  
на базовых ТЭС или на ТЭЦ  
(к производственному отбору)

## 2. Деаэратор – предвключенная ступень РППВ

(«вилочатая» схема)



(Д+ПВД) –  
одна регенеративная  
ступень –  
без энергетической потери

$P_3 \rightarrow t_{S3} \rightarrow t_{B3}$

**Недостаток -**  
переключение на  
вышестоящий отбор при  
снижении нагрузки турбины

**Область применения -**  
самый распространенный  
способ



### 3. Деаэратор – отдельная ступень РППВ со скользящим давлением

#### Недостатки

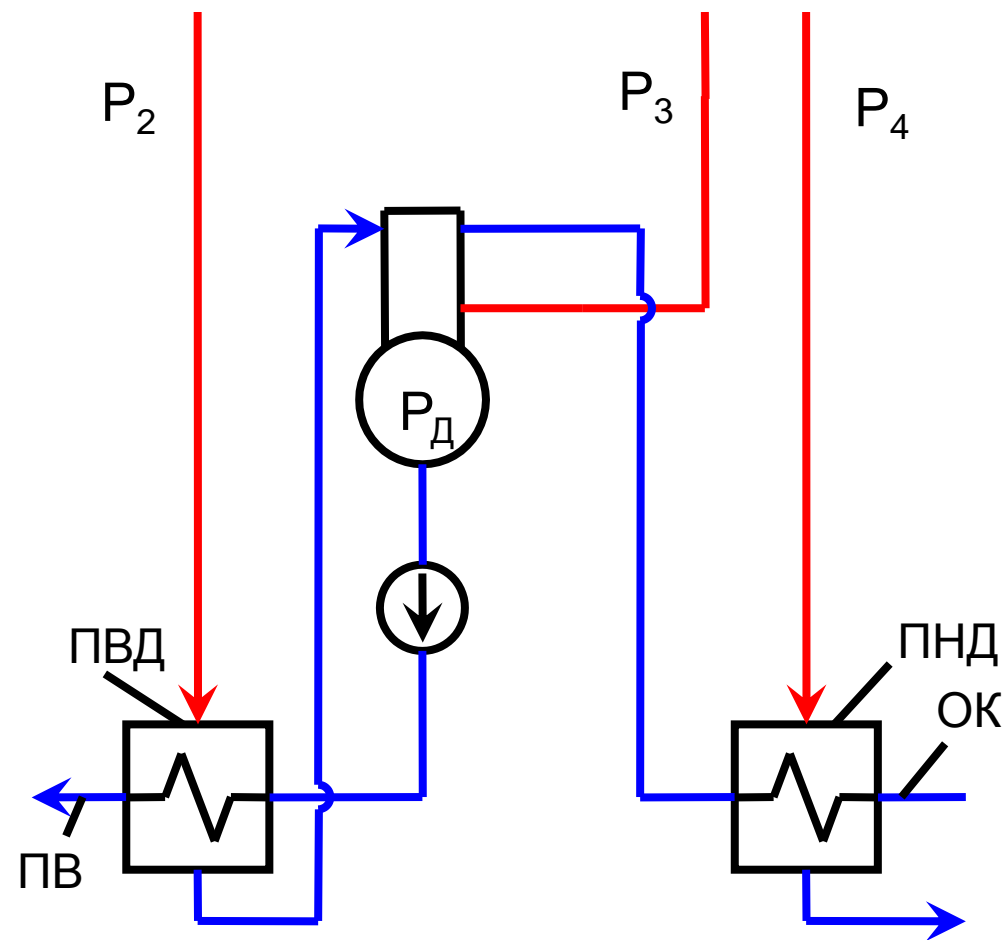
1) Деаэратор должен быть рассчитан на максимальное давление в отборе.

2) В переменных режимах высокая вероятность кавитации в ПН.

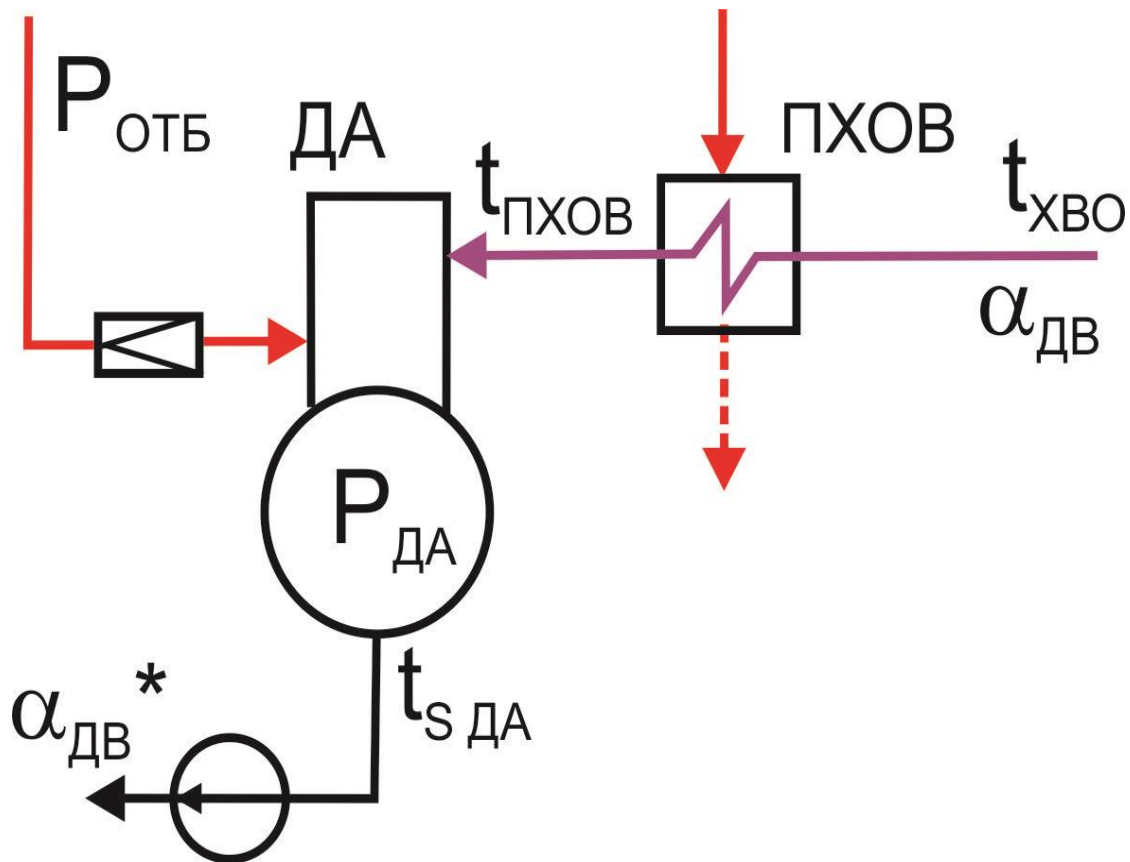
#### Преимущества

1) ликвидация потерь, связанных с дросселированием пара;

2) более полное использование ПВД при пониженных нагрузках.



# Схема включения деаэратора добавочной воды



$$t_{S ДА} = f(P_{ДА})$$

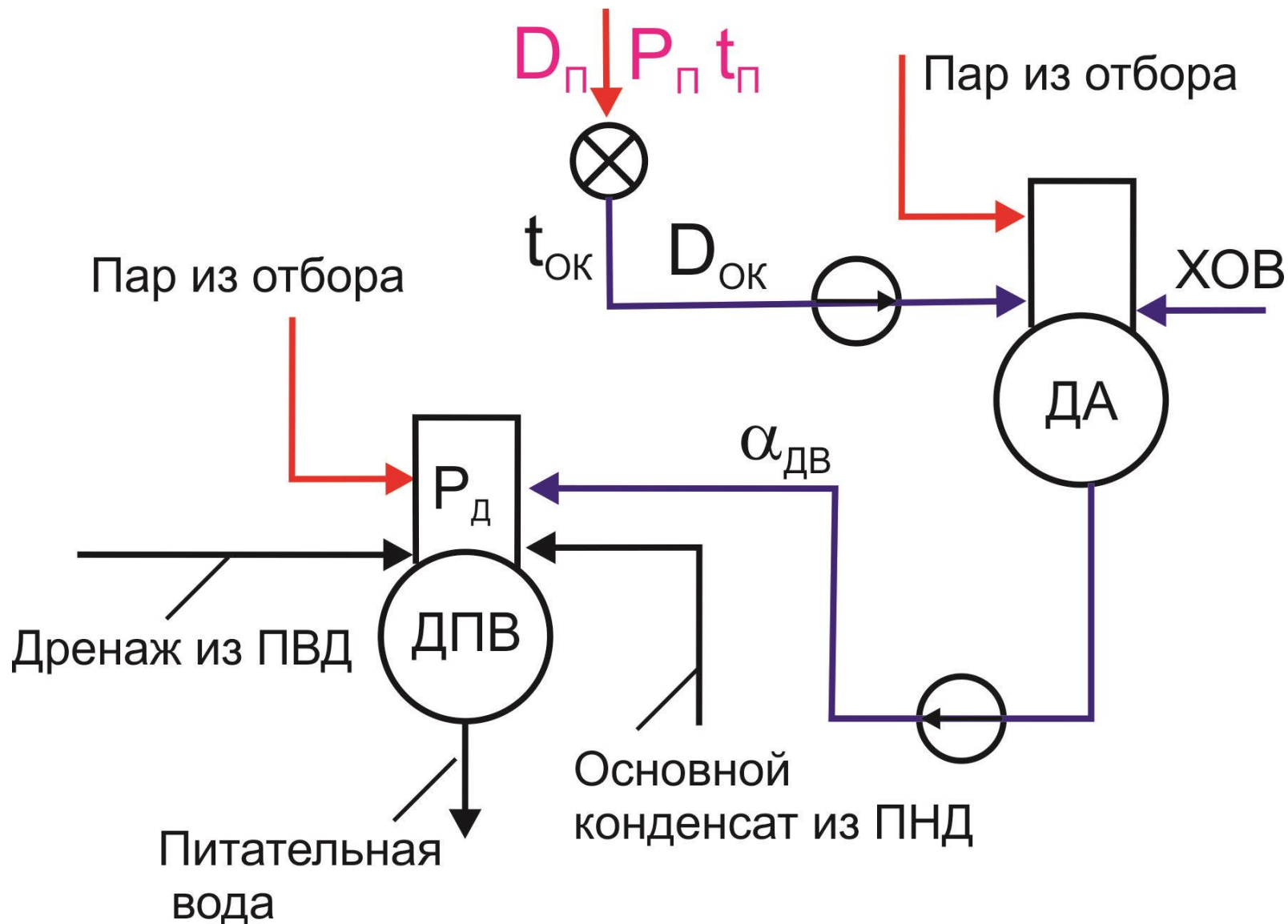
$$t_{ХВО} = (10 - 40)^{\circ}C$$

$$\Delta t_{ПХОВ}^{\max} = 50^{\circ}C$$

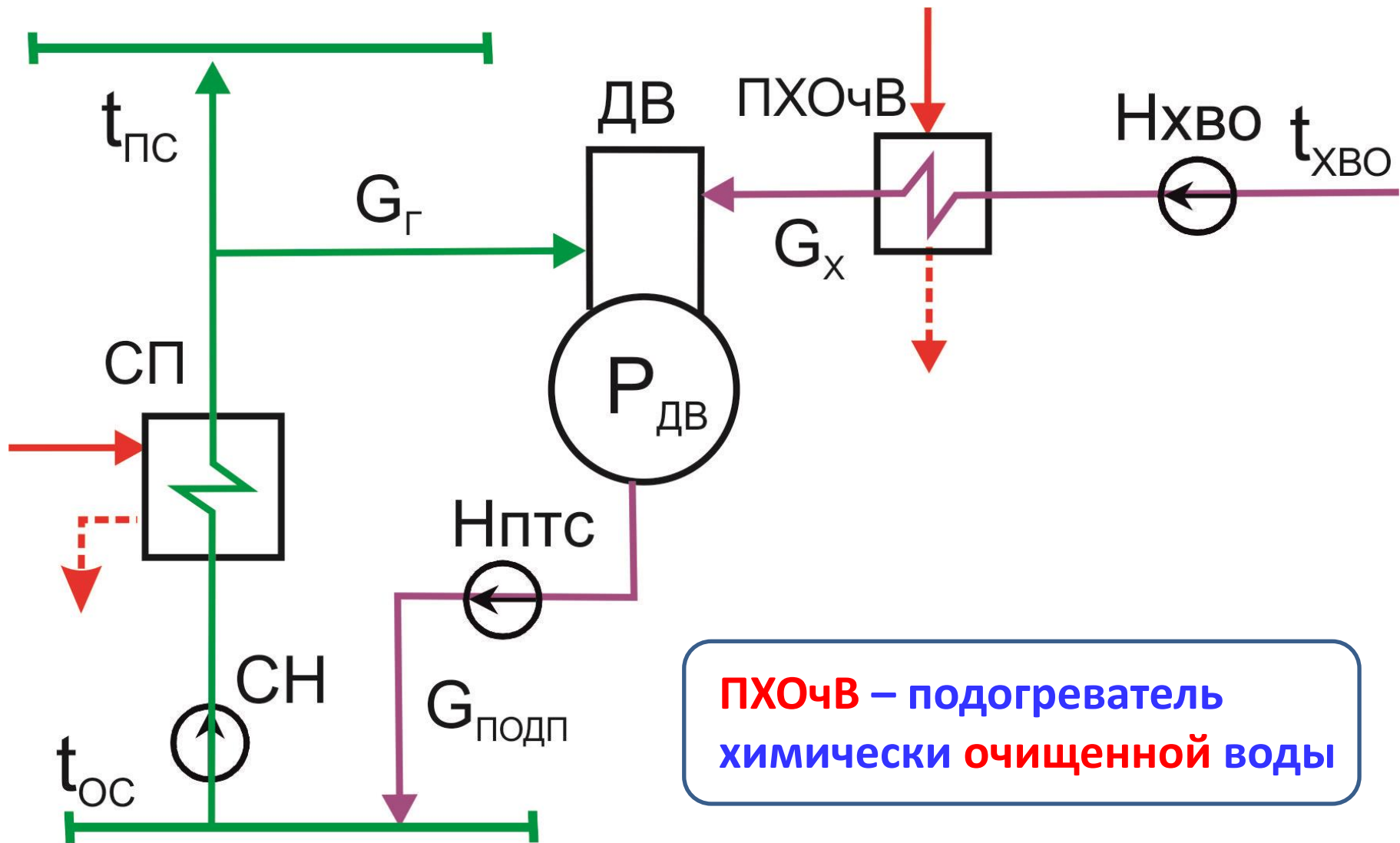
$$\Delta t_{ДА} = (10 - 50)^{\circ}C$$

**ПХОВ** – подогреватель  
химически **обессоленной** воды

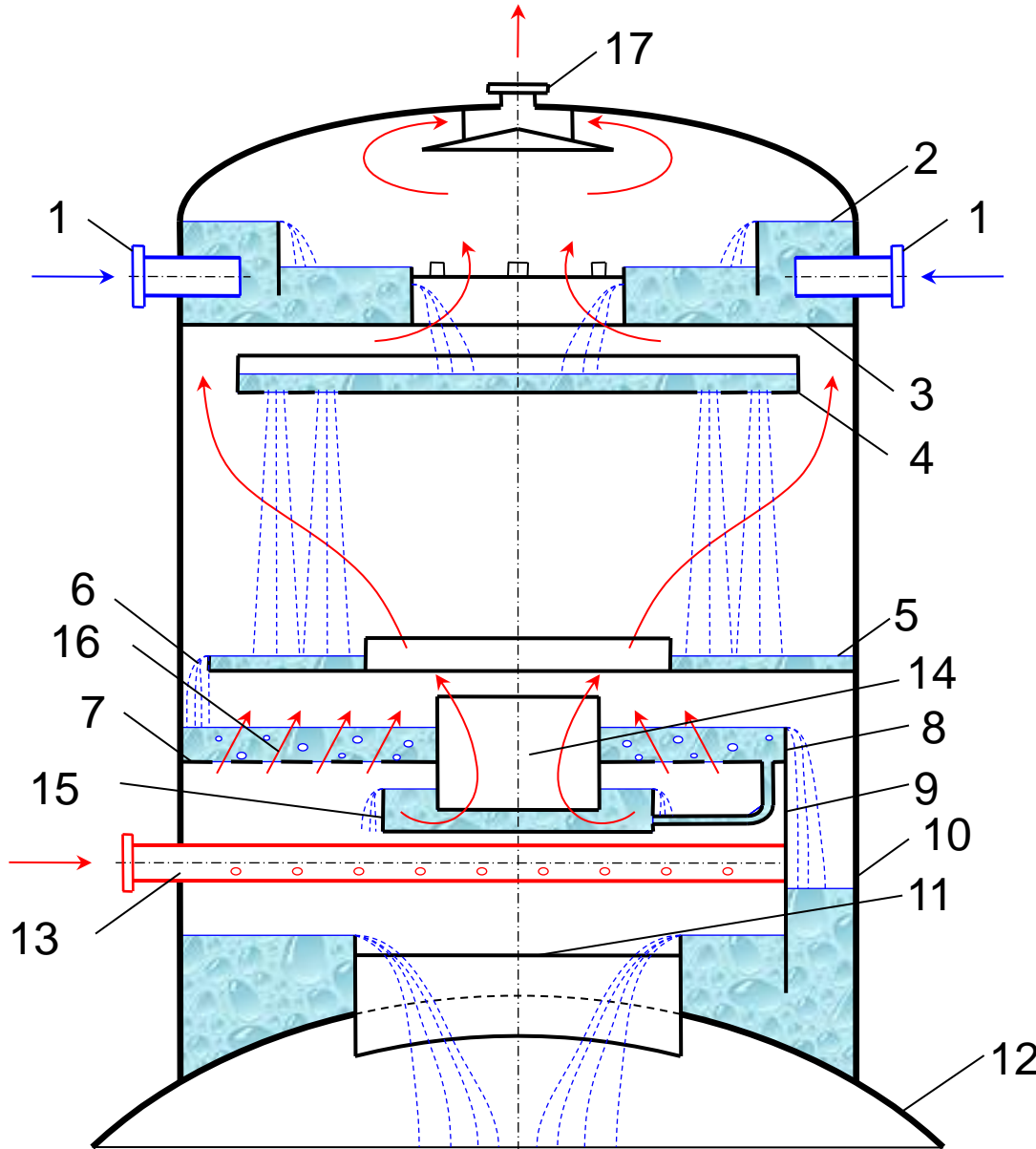
# Схема включения ДА на промышленно-отопительных ТЭЦ



# Схема включения ДВ на ТЭЦ



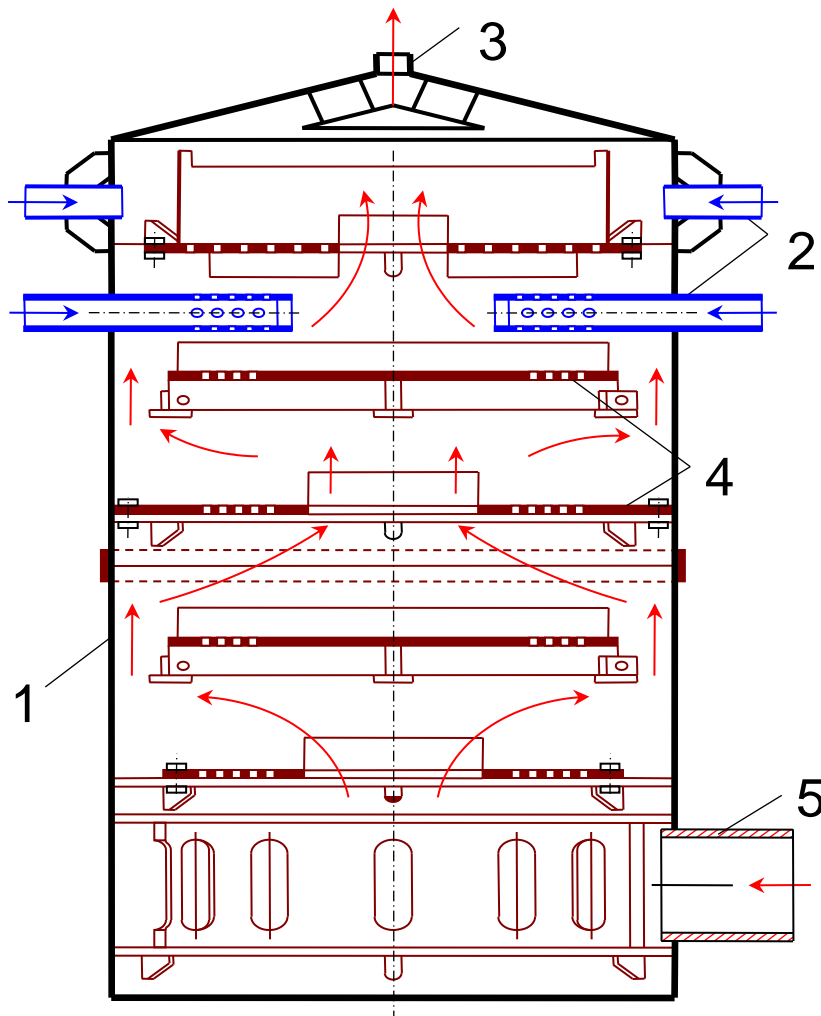
# Деаэрационная колонка струйно-барботажного типа



- 1 – подвод воды;
- 2 – смешительное устройство;
- 3 – переливное устройство;
- 4 – дырчатая тарелка;
- 5 – пароперепускная тарелка;
- 6 – сливной канал;
- 7 – барботажная тарелка;
- 8 – переливной порог;
- 9 – гидрозатвор;
- 10 – корпус;
- 11 – водослив;
- 12 – бак-аккумулятор;
- 13 – подвод пара;
- 14 – пароперепускная труба;
- 15 – гидрозатвор;
- 16 – барботажный слой;
- 17 – выпар

# Конструкции деаэратора

Деаэрационная колонка струйного типа



- 1 – деаэрационная колонка;
- 2 – подвод деаэрируемой воды;
- 3 – отвод выпара;
- 4 – струйная тарелка деаэратора;
- 5 – подвод греющего пара к колонке

# Основные характеристики струйно-барботажных деаэраторов

Характеристика	Типоразмер деаэратора					
	ДП-500	ДП-1000	ДП-1600-2	ДП-2000	ДП-2600	ДП-2800
Производительность колонки (номинальная), т/ч	500	1000	1600	2000	2600	2800
Давление пара в деаэраторе, МПа	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Диаметр колонки, м	2,0	2,4	2,4	3,4	3,4	3,4
Высота колонки, м	3,6	4,6	7,5	5,07	7,54	7,17
Полезная вместимость бака-аккумулятора, м <sup>3</sup>	65; 100	100; 120	185	150; 185	120	185
Тип паротурбинной установки	К-200-130	К-200-130; К-300-240; Т-250-240; К-500-65	К-500-60	К-500-60; К-1200-240	К-750-65	К-800-240

### Деаэрационные колонки и охладители пара

Тип	Производительность, т/ч	Рабочее давление (абсолютное), кгс/см <sup>2</sup>	Температура, °С	Наружный диаметр, мм	Высота, мм	Вес, т	Охладитель пара		
							Поверхность охлаждения, м <sup>2</sup>	Диаметр корпуса, мм	Длина или высота, мм
ДСА-25	25	1,2	До 104	1100	1370	0,37	2	325	1200
ДСА-50	50	1,2	» 104	1450	1330	0,52	2	325	1200
ДСА-75	75	1,2	» 104	1450	1354	0,50	8	325	2600
ДСА-100	100	1,2	» 104	1450	1608	0,51	8	325	2600
ДСА-150	150	1,2	» 104	1650	1608	0,76	16	426	2700
ДСА-200	200	1,2	» 104	1650	1608	0,76	24	530	2800
ДСА-300	300	1,2	» 104	2092	1730	1,12	24	530	2800
ДСП-160	160	6	» 160	1820	3440	4,6	28	900	2590
ДСП-225	225	6	» 160	1820	3440	4,7	40	900	3100
ДСП-320	320	6	» 160	2032	3000	6,8	18	—	—
ДСП-400	400	6	» 160	2032	5020	5,9	—	—	—
ДСП-500	500	7	» 165	2432	2550	8,6	—	—	—
ДСП-800	800	7	» 165	2432	4000	8,2	—	—	—