

**КОНДЕНСАЦИОННЫЕ  
УСТАНОВКИ ТЭС И  
СИСТЕМЫ  
ТЕХНИЧЕСКОГО  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

# ЛИТЕРАТУРА

1. Турбины тепловых и атомных электрических станций : учебник / под ред. А. Г. Костюка, В. В. Фролова // 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Изд-во МЭИ, 2001. — 488 с.: ил. — Библиогр.: с. 482-484. — Предм. указ.: с. 484-488. — ISBN 5-7046-0844-2.
2. Маргулова, Тереза Христофоровна. Атомные электрические станции : учебник / Т. Х. Маргулова // 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИздАТ, 1994. — 296 с.
3. Сайт: <https://acs-nnov.ru/gradirni-eto.html>

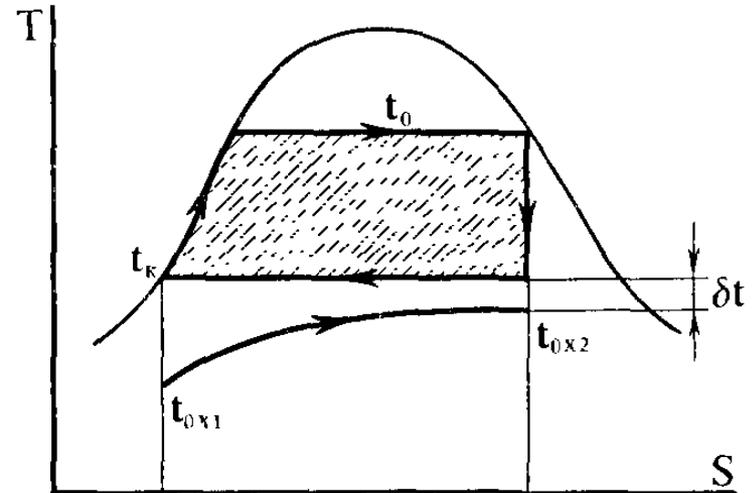
# ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ

- Влияние конечных параметров пара на экономичность
- Оптимальные технико–экономические значения  $p_k$

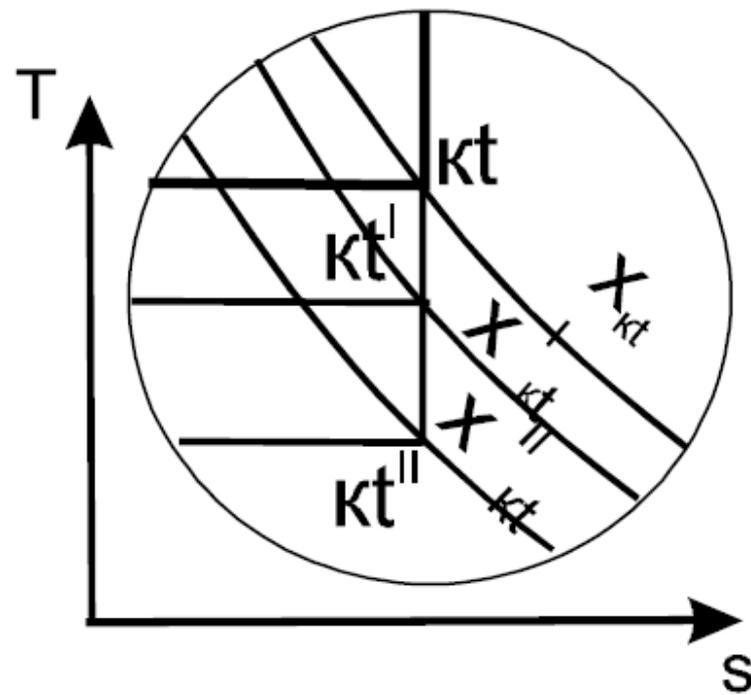
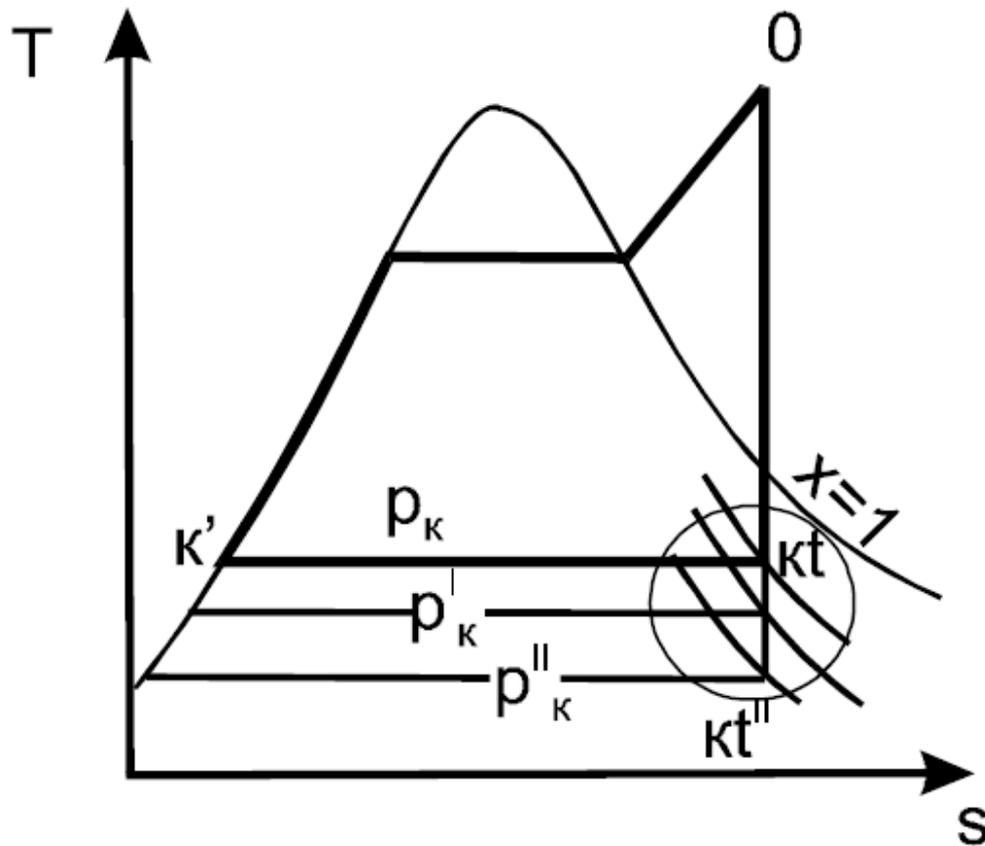
Термический КПД:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_k}{T_0}$$

Даже незначительное снижение конечной температуры пара (температуры отвода тепла) приводит к существенному росту КПД.

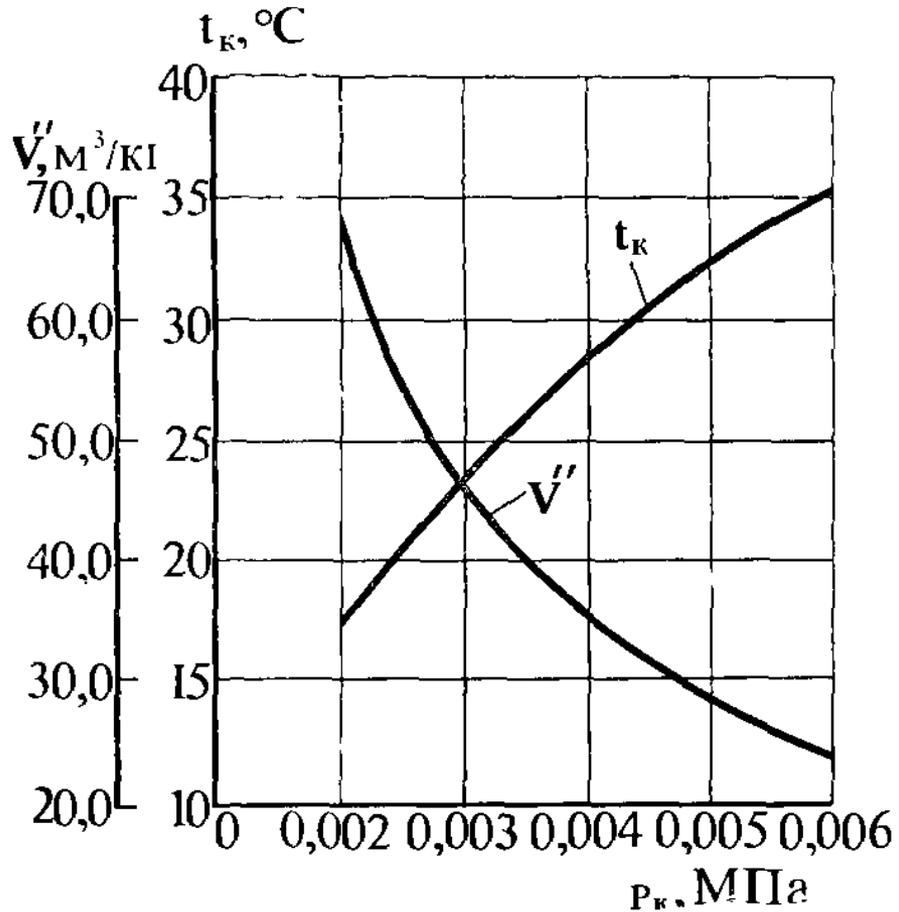


# ВЛИЯНИЕ КОНЕЧНОГО ДАВЛЕНИЯ



$$p_K^{\text{II}} < p_K^{\text{I}} < p_K \quad x_{\text{kt}}^{\text{II}} < x_{\text{kt}}^{\text{I}} < x_{\text{kt}}$$

# ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ТЭС ОТ КОНЕЧНОГО ДАВЛЕНИЯ

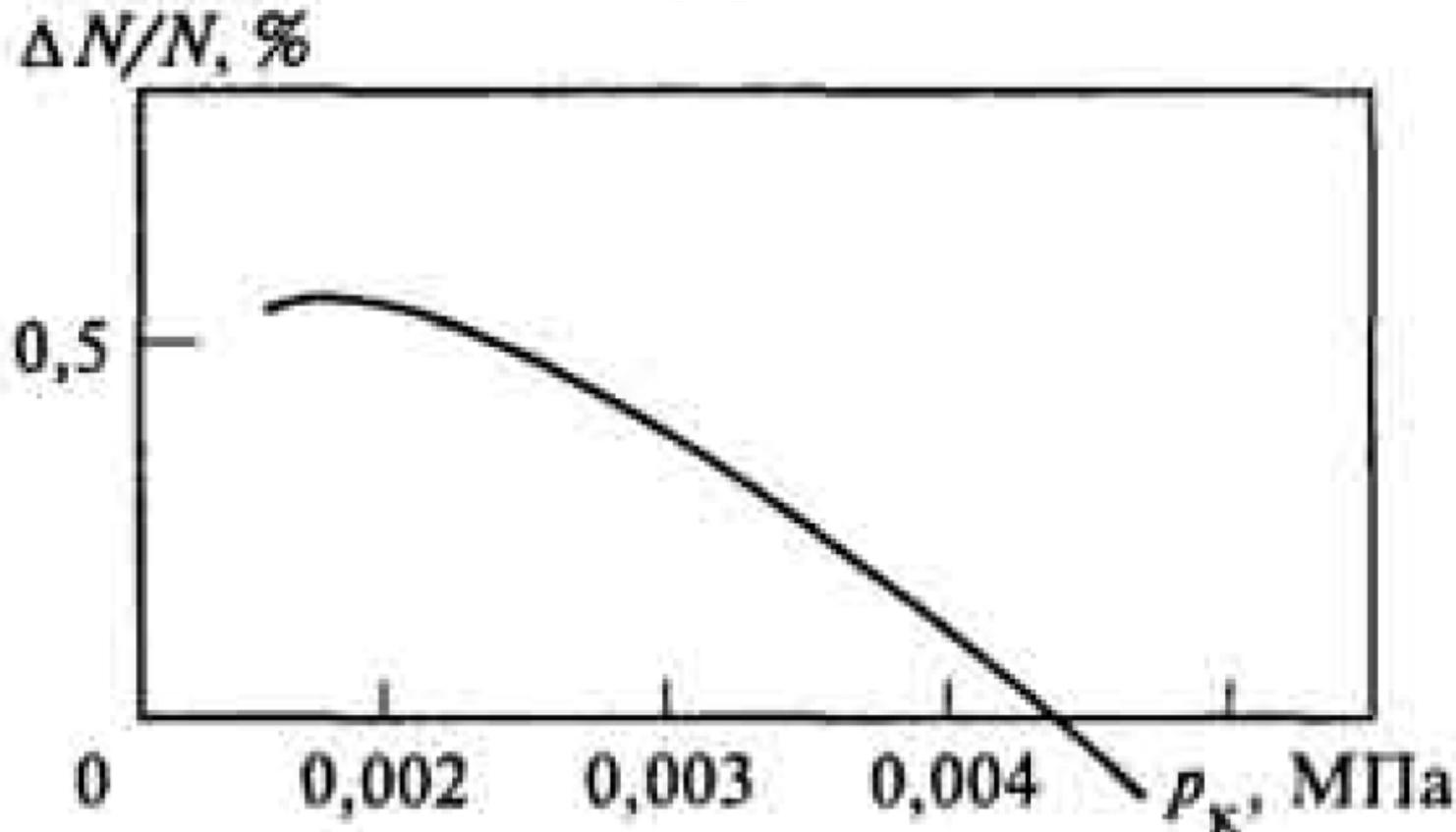


Снижение  $p_k$  ведет к:

- Росту влажности и скорости выходящего пара;
- Увеличению потерь в турбине;
- Снижению внутреннего относительного КПД турбины;
- Увеличению объемного расхода пара в конденсатор.

Снижение давления с 4,5 кПа до 3,5 кПа приводит к росту КПД на 1,5 % и увеличению удельного объема пара с 31,7 до 40,2  $\text{m}^3/\text{kg}$ .

# ЗАВИСИМОСТЬ МОЩНОСТИ ТУРБИНЫ ОТ ДАВЛЕНИЯ



Существует оптимальное конечное давление. Это связано с тем, что при снижении давления за турбиной в определенный момент перепад давления становится критическим и скорость за сопловой решеткой перестает расти. Вместе с этим и перестает расти и работа турбины.

# УКРУПНЕННЫЙ ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Технико-экономически оптимальные значения давления в конденсаторе выше термодинамически оптимальных.

Одной из причин таких значений является связь температуры насыщения пара с температурой технической воды:

$$t_n = t_{w1} + \frac{h'' - h'}{c_p \cdot m} + \delta t = t_{w2} + \delta t$$

$t_{w1}$  – температура охлаждающей воды на входе;  $t_{w2}$  – температура охлаждающей воды после конденсатора;  $m$  – кратность охлаждения;  $\delta t$  – температурный напор в конденсаторе.

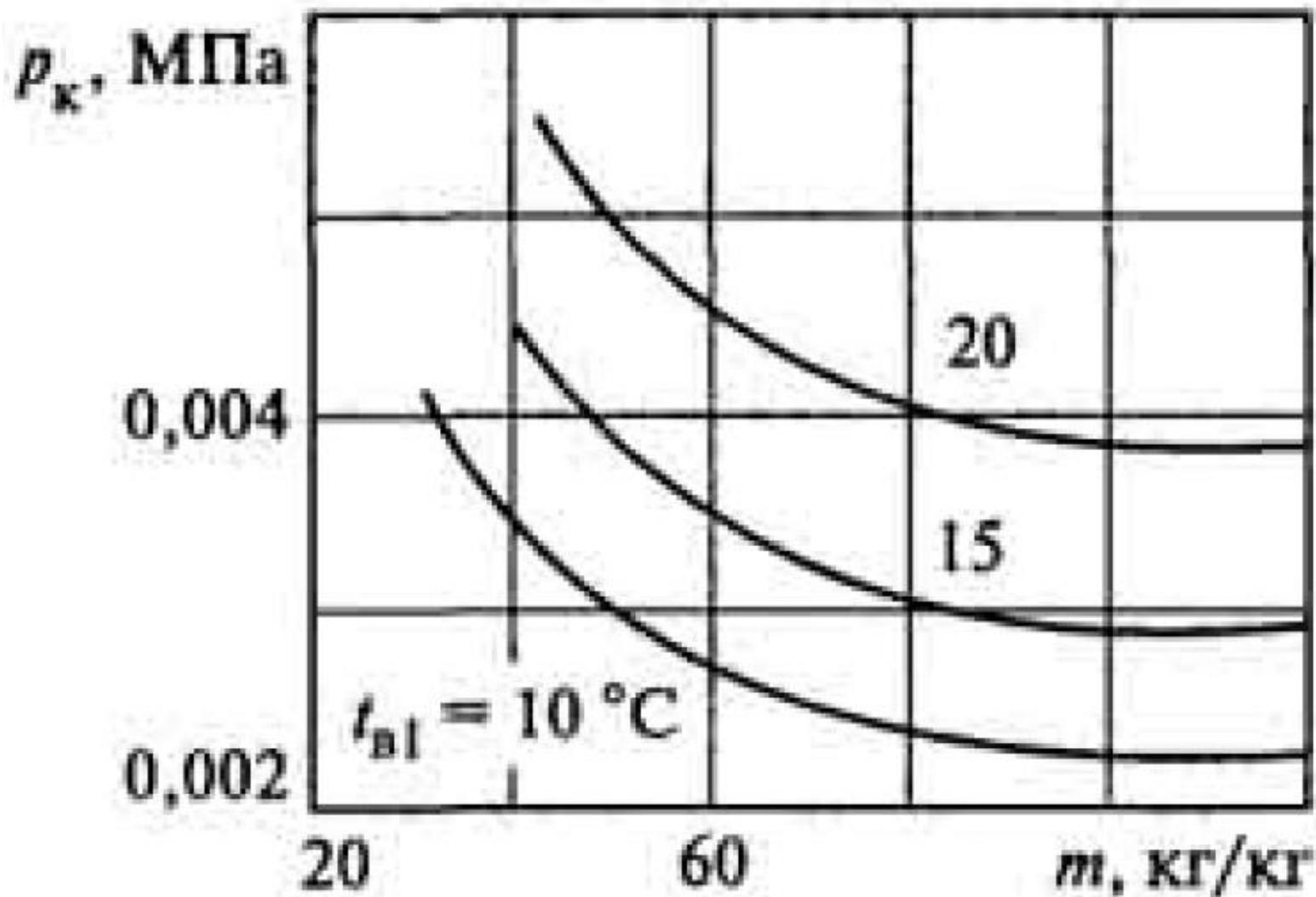
# **УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В КОНДЕНСАТОРЕ**

**Давление в конденсаторе, близкое к термодинамически оптимальному, достигается при следующих условиях:**

- Низкое значение температуры охлаждающей воды на входе в конденсатор  $t_{w1}$ ;**
- Высокой кратности охлаждения  $m$ ;**
- Низким температурным напором между охлаждающей водой и паром  $\delta t$ .**

**Выполнение данных условий приведет к высокому расходу охлаждающей воды и, соответственно, большим затратам электроэнергии на её перекачку, а также высоким капзатратам на данное оборудование.**

# ЗАВИСИМОСТЬ ДАВЛЕНИЯ ОТ КРАТНОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ



# **ВЛИЯНИЕ ПРОЧИХ ПАРАМЕТРОВ НА КОНЕЧНОЕ ДАВЛЕНИЕ**

**Более низкие температуры на входе в конденсатор приводят к:**

- Меньшей стоимости конденсационной установки;**
- Меньшим эксплуатационным затратам;**
- Меньшим оптимальным давлениям в конденсаторе.**

**Также оптимальное давление зависит от экономических параметров:**

- Меньше стоимость топлива – выше оптимальное давление;**
- Меньше мощность и эксплуатационные затраты – выше оптимальное давление;**

**Особым параметром является частота вращения турбины: чем выше частота – тем выше скорость на выходе и давление в конденсаторе.**

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИНА «КОНДЕНСАТОР»

**Конденсатор** – теплообменник, предназначенный для конденсации отработавшего пара турбины, тем самым создавая и поддерживая вакуум на выходе из турбины.

## Задачи:

- Создание и поддержание глубокого вакуума;
- Конденсация пара;
- Поддержание чистоты конденсата.

# **ПРИСОСЫ ВОЗДУХА В КОНДЕНСАТОРЕ**

**Благодаря низкому давлению в конденсаторе, воздух поступает в конденсатор и накапливается там.**

**Основные источники – это присосы воздуха в турбине, паропроводах, уплотнениях, подогревателях и прочих элементах линии конденсата. В качестве прочих газов, присутствующих в конденсаторе, являются продукты разложения добавок в питательную воду, таких как аммиак и диоксид углерода.**

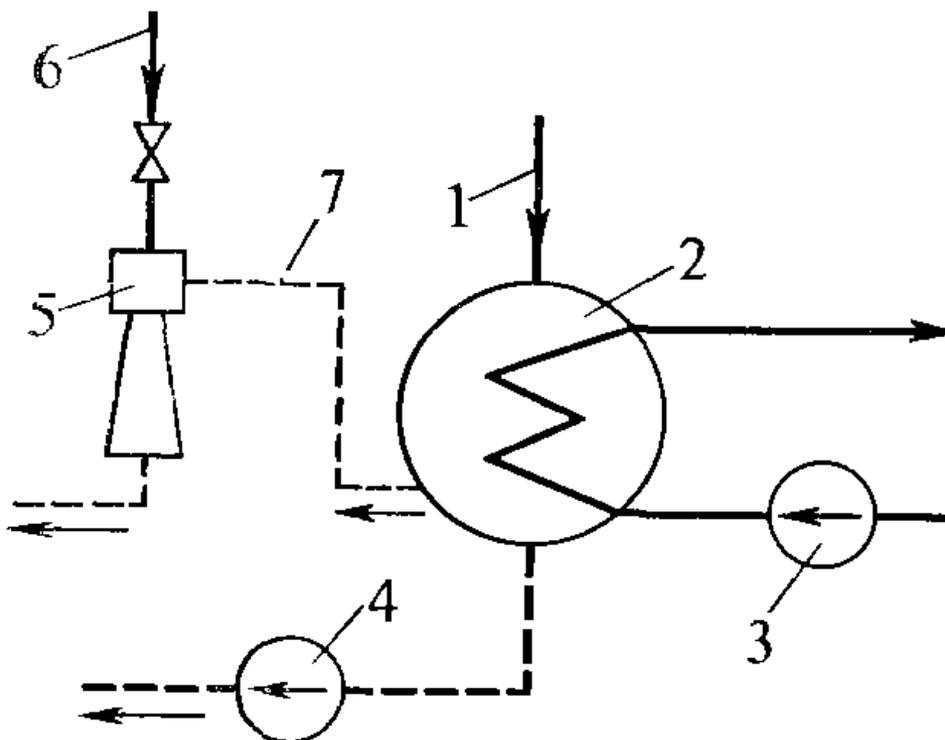
# НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ НЕКОНДЕНСИРУЮЩИХСЯ ГАЗОВ НА РАБОТУ КОНДЕНСАТОРА

**Неконденсирующиеся газы в конденсаторе приводят к:**

- Увеличению давления вследствие линейности зависимости давления газов от температуры (отсутствию процесса конденсации);
- Коррозии конденсатного тракта ввиду соответствующей активности компонент данных газов;
- Ухудшению теплопередачи ввиду низкой теплопроводности газовых компонент:
  - Даже 1 % неконденсирующихся газов приводит к снижению коэффициента теплоотдачи почти в два раза, а увеличение данной величины до 2,5–3,0 % снижает его в 4 раза.

*Удаление подобных газов требует создание ещё более низкого давления с помощью эжектора. Количество отводимых газов сильно зависит от подобной разницы давления, поэтому затраты на данный процесс также могут быть существенными.*

# ЭЛЕМЕНТЫ КОНДЕНСАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ



1 – подвод пара

2 – конденсатор

3 – цирк. насос

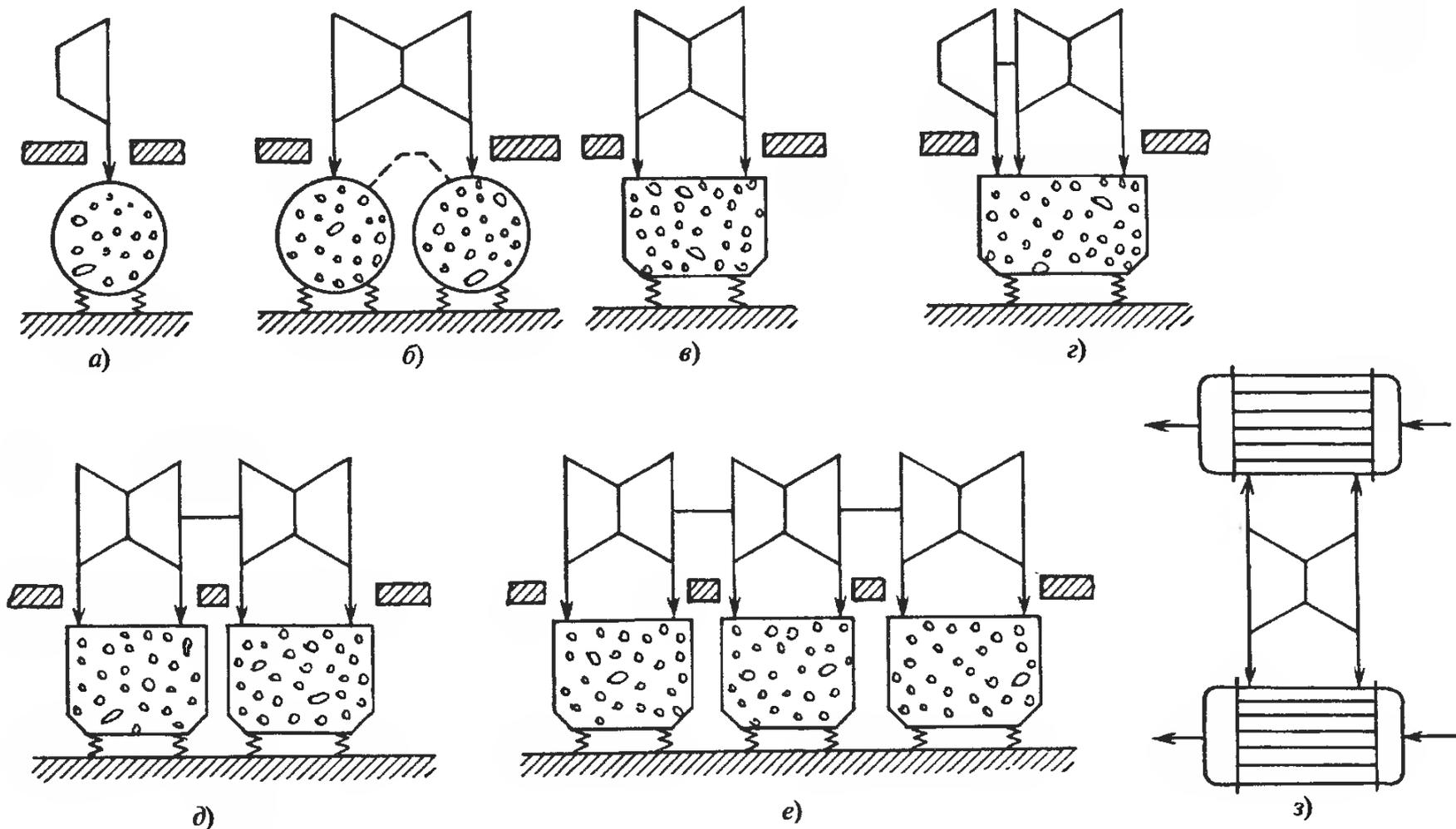
4 – конденсатный насос

5 – эжектор

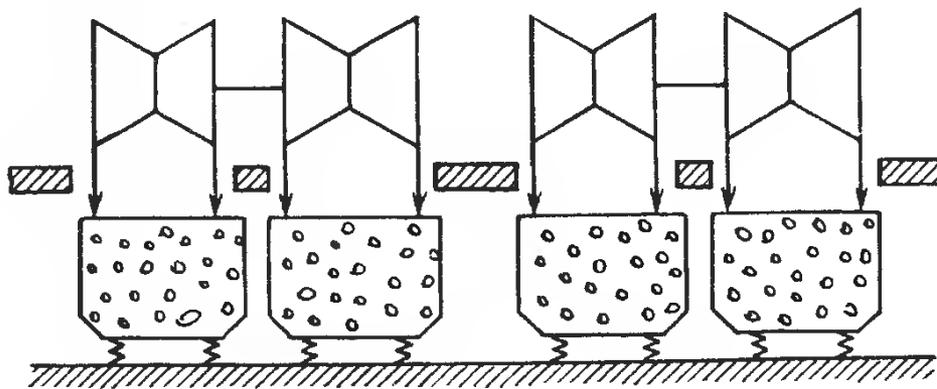
6 – подвод пара

7 – отвод паровоздушной смеси

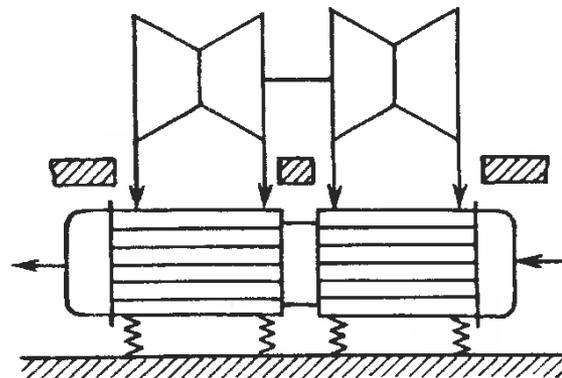
# СХЕМА УСТАНОВКИ КОНДЕНСАТОРА



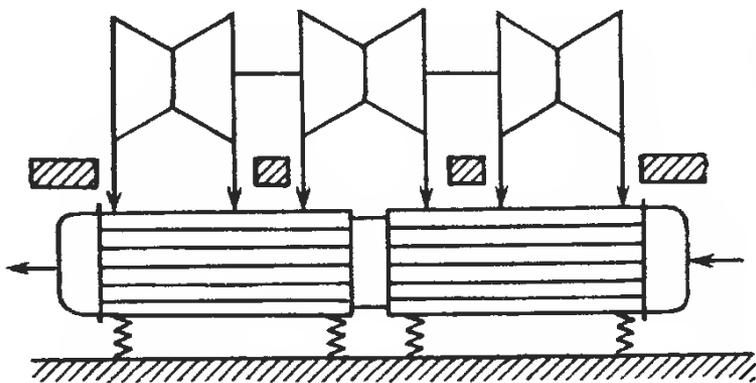
# СХЕМА УСТАНОВКИ КОНДЕНСАТОРА



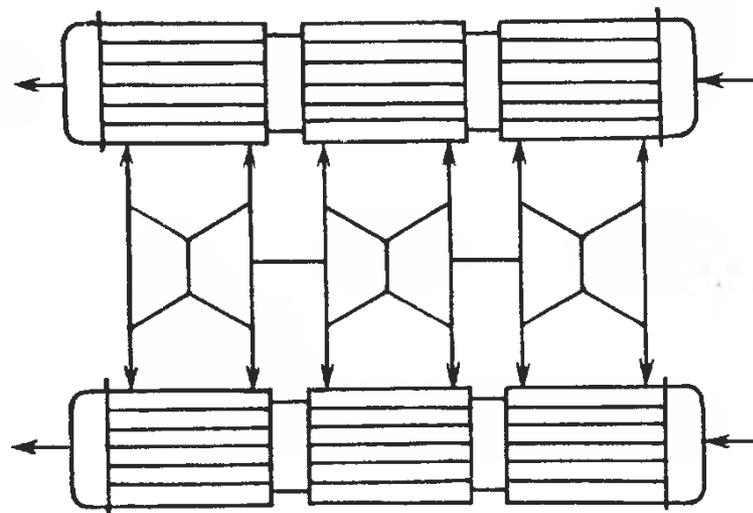
ж)



и)

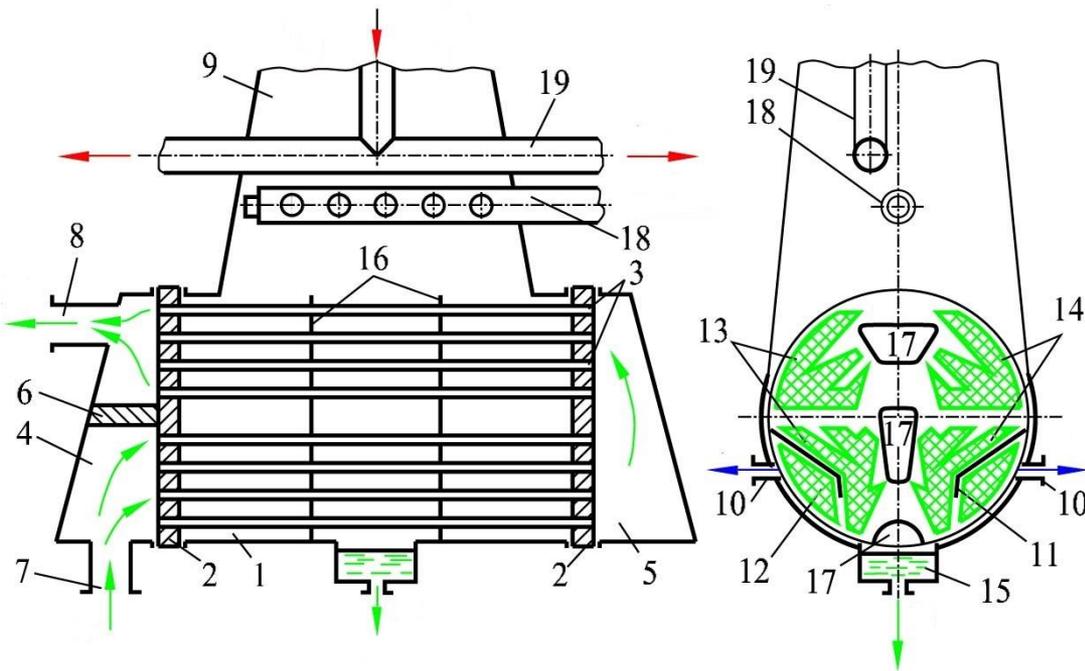


к)



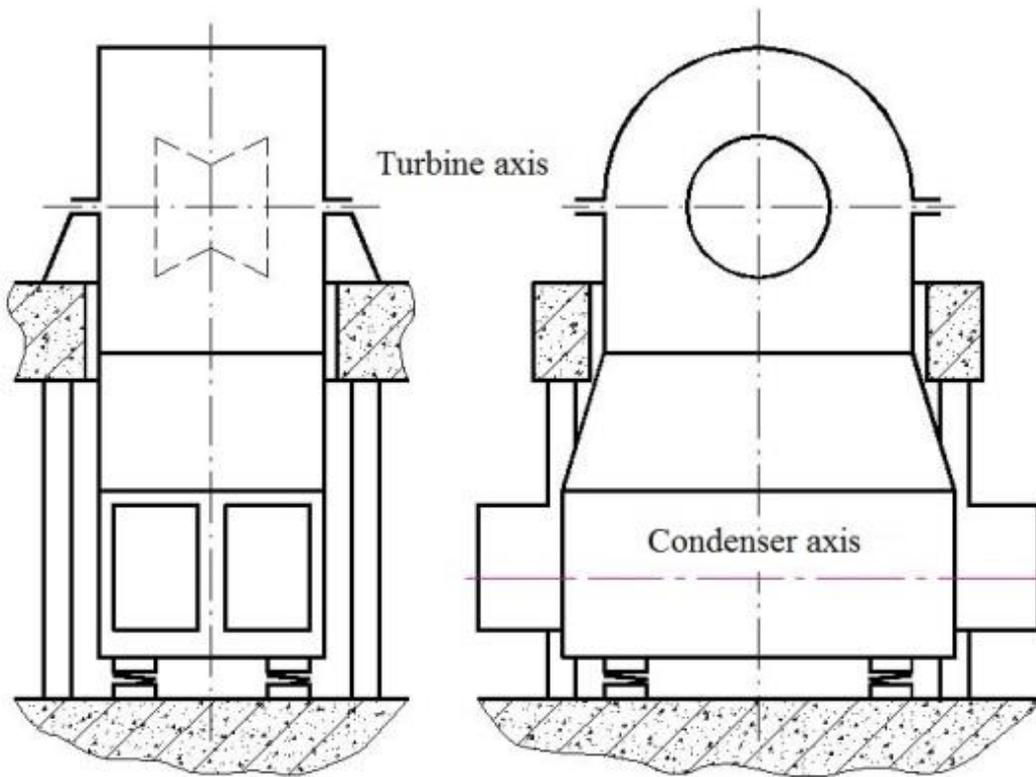
л)

# КОНСТРУКЦИЯ КОНДЕНСАТОРА



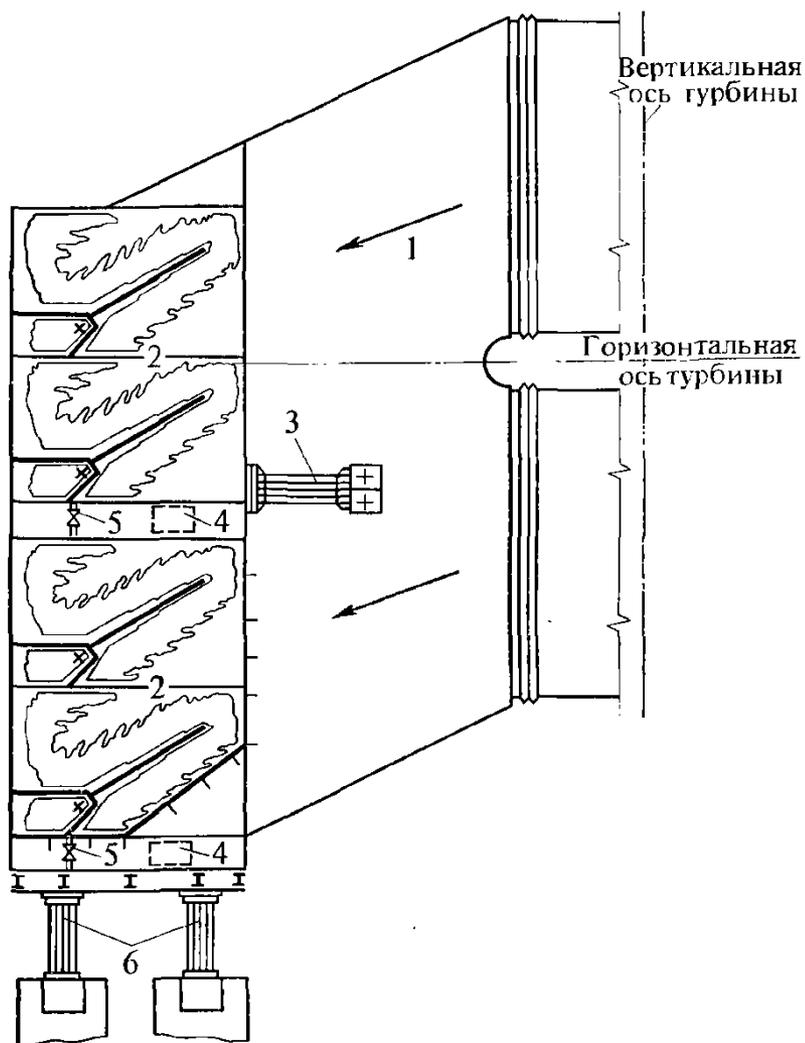
- 1 – корпус;
- 2 – трубные листы;
- 3 – трубки;
- 4,5 – передняя и задняя камеры охлаждающей воды, соответственно;
- 6 – разделительная стенка;
- 7 – вход охлаждающей воды;
- 8 – выход охлаждающей воды;
- 9 – пароподводящий патрубок;
- 10 – отсос паровоздушной смеси;
- 11 – паронаправляющие листы;
- 12 – воздухоохладитель;
- 13,14 – левая и правая часть трубного пучка, соответственно;
- 15 – коллектор конденсата;
- 16 – разделительные перегородки;
- 17 – окна в промежутках конденсатоотвода;
- 18 – паровой патрубок аварийного сброса пара;
- 19 – паропровод отбора низкого давления.

# УСТАНОВКА КОНДЕНСАТОРА



Конденсатор жестко связан с выхлопным патрубком части низкого давления. Для компенсации тепловых расширений, конденсатор устанавливается на пружинные опоры.

# УСТАНОВКА КОНДЕНСАТОРА



- 1 — переходный патрубок от турбины к конденсаторам;
- 2 — конденсаторы;
- 3 — боковая опора;
- 4 — размещение элементов деаэрационного устройства;
- 5 — дренаж водяных камер;
- 6 — нижние опоры;
- х — места отсоса парогазовой смеси

# ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КОНДЕНСАТОРА

**Цель:**

Определить теплообменную поверхность конденсатора.

**Основные уравнения:**

- Уравнение теплопередачи:  $Q_c = F \cdot k \cdot \Delta t_{av}$ .
- Уравнение теплового баланса:  $Q_c = D_c \cdot (h_c - h'_c) = W_{cw} \cdot c_w \cdot (t_{w2} - t_{w1})$ .

**Отношение массовых расходов пара и охлаждающей воды в конденсаторе называется кратностью охлаждения:**

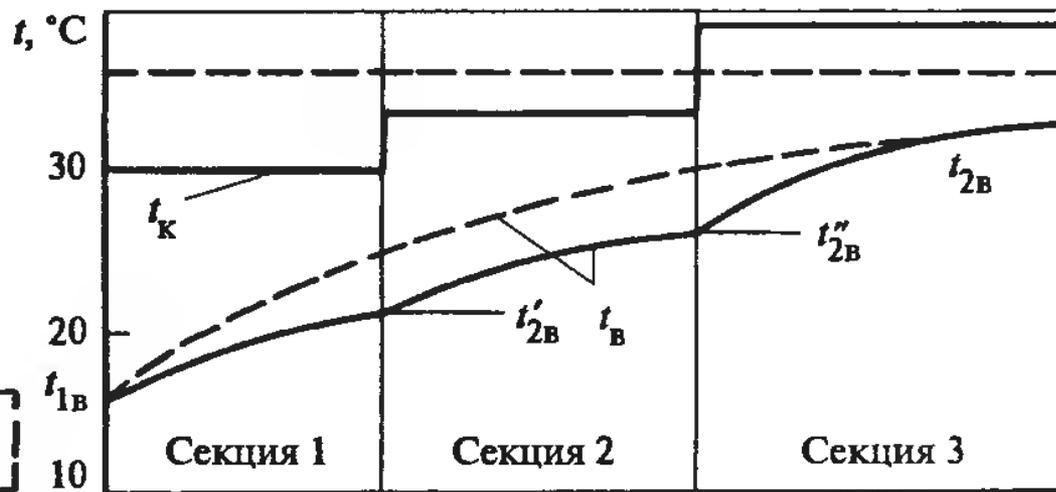
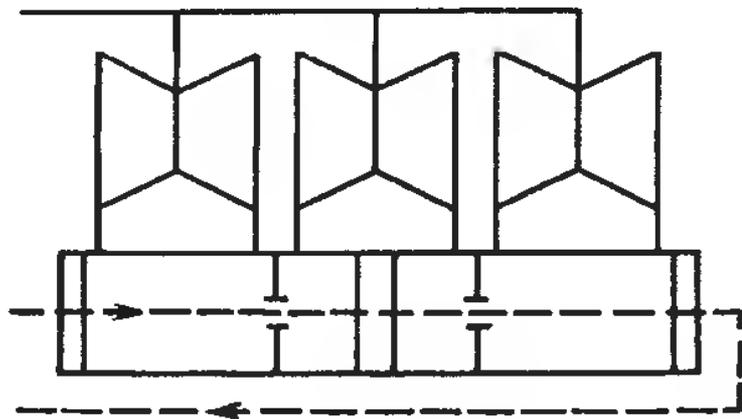
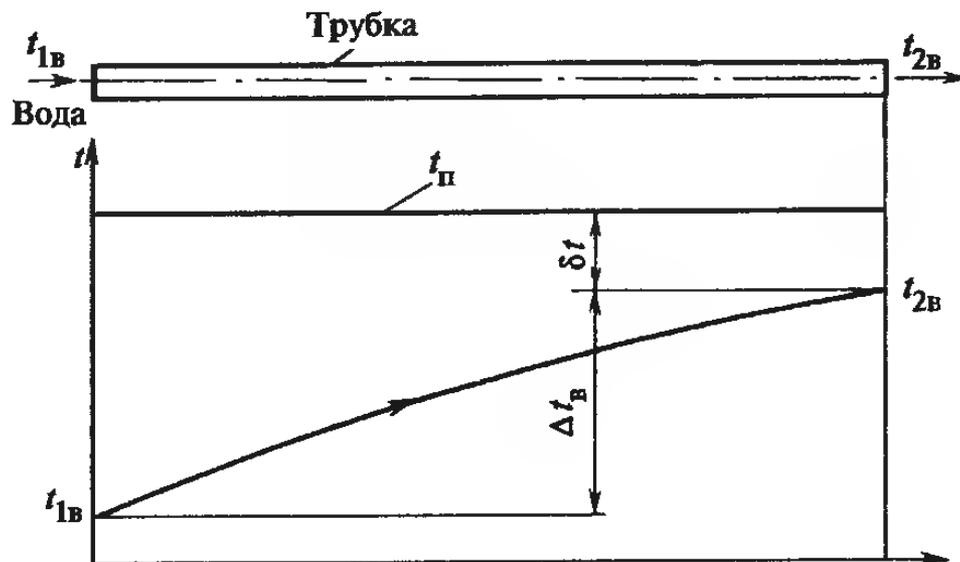
$$m = \frac{W_{cw}}{D_c}$$

**Для существующих ТЭС кратность охлаждения равна:  $m=20-150$ .**

**Увеличение кратности охлаждения приводит к:**

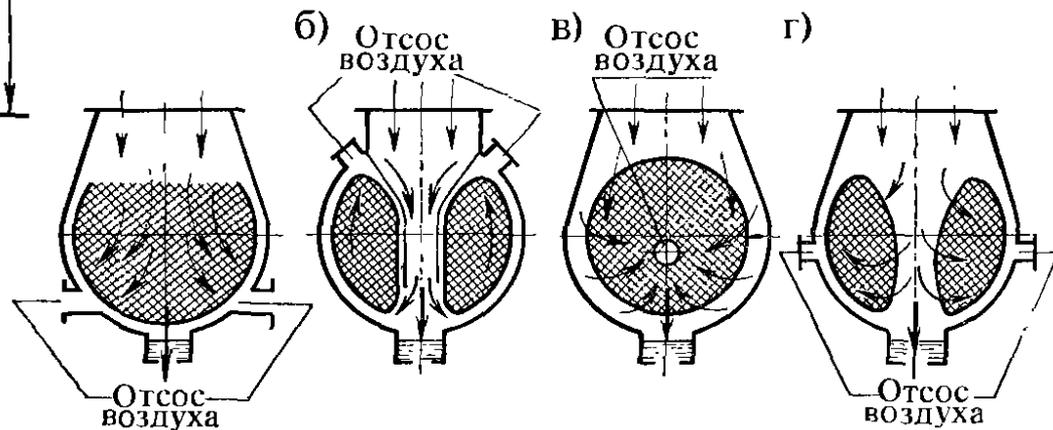
- Снижению давления в конденсаторе;
- Увеличению расхода охлаждающей воды (и затрат энергии на перекачку);
- Увеличению стоимости конденсационной установки.

# ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КОНДЕНСАТОРА

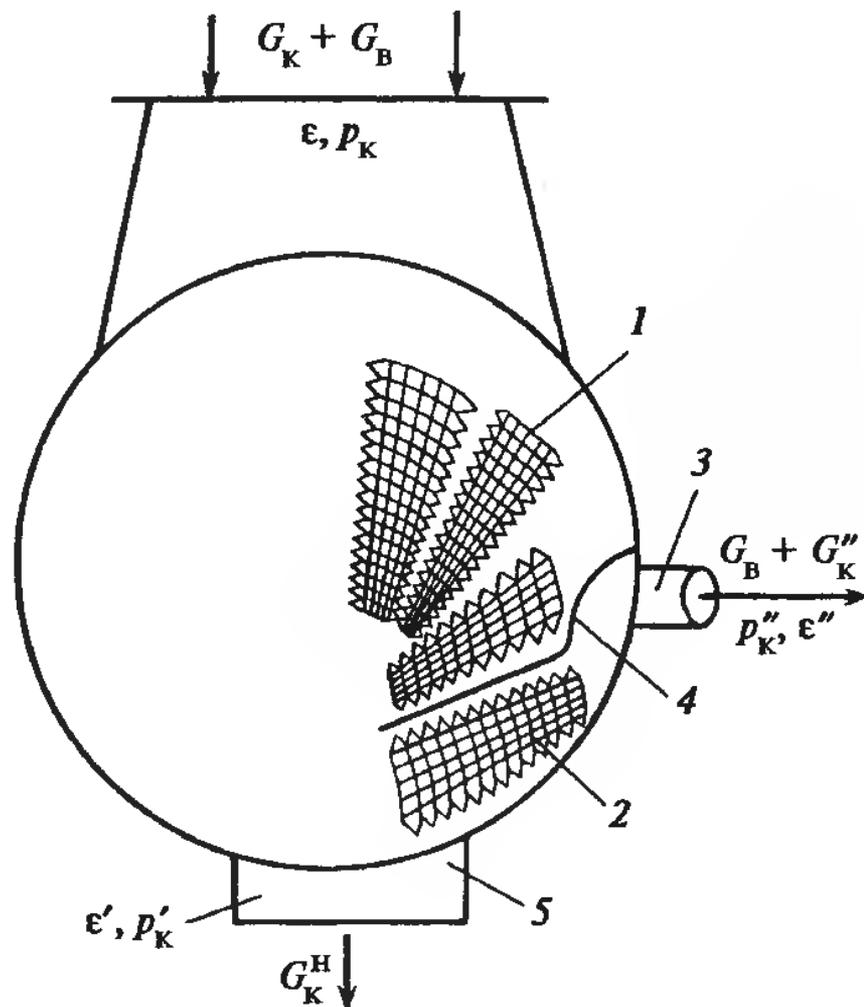


# ОПТИМАЛЬНАЯ ТОЧКА ОТСОСА ПАРОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

Согласно закону Дальтона, по мере конденсации пара парциальное давление пара в смеси пара и воздуха увеличивается, достигая оптимального соотношения  $R_{air}/R_s=0,622$ .



# СХЕМА КОНДЕНСАТОРА С РАЗДЕЛЬНЫМ ОТВОДОМ ПАРОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ



# ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЕ КОНДЕНСАТА

Переохлаждение конденсата – это разница между температурой конденсации пара  $t_c$  и температурой конденсата  $t'_c$ :

$$\Delta t_c = t_c - t'_c.$$

**Переохлаждение конденсата приводит к :**

- Дополнительный потерям энергии на поддержание вакуума.
- Более высоком давлении в конденсаторе.
- Обогащению воды кислородом.

***Для предотвращения переохлаждения конденсата используются схемы с регенеративным подогревом конденсата.***

# ТРУБНЫЙ ПУЧОК

Трубный пучок представлен рядом простых трубок с внешним диаметром порядка 25-28 мм, толщиной стенки порядка 1 мм и длиной порядка 10 м, поддерживаемых разделительными стенками.

**Материал трубок:**

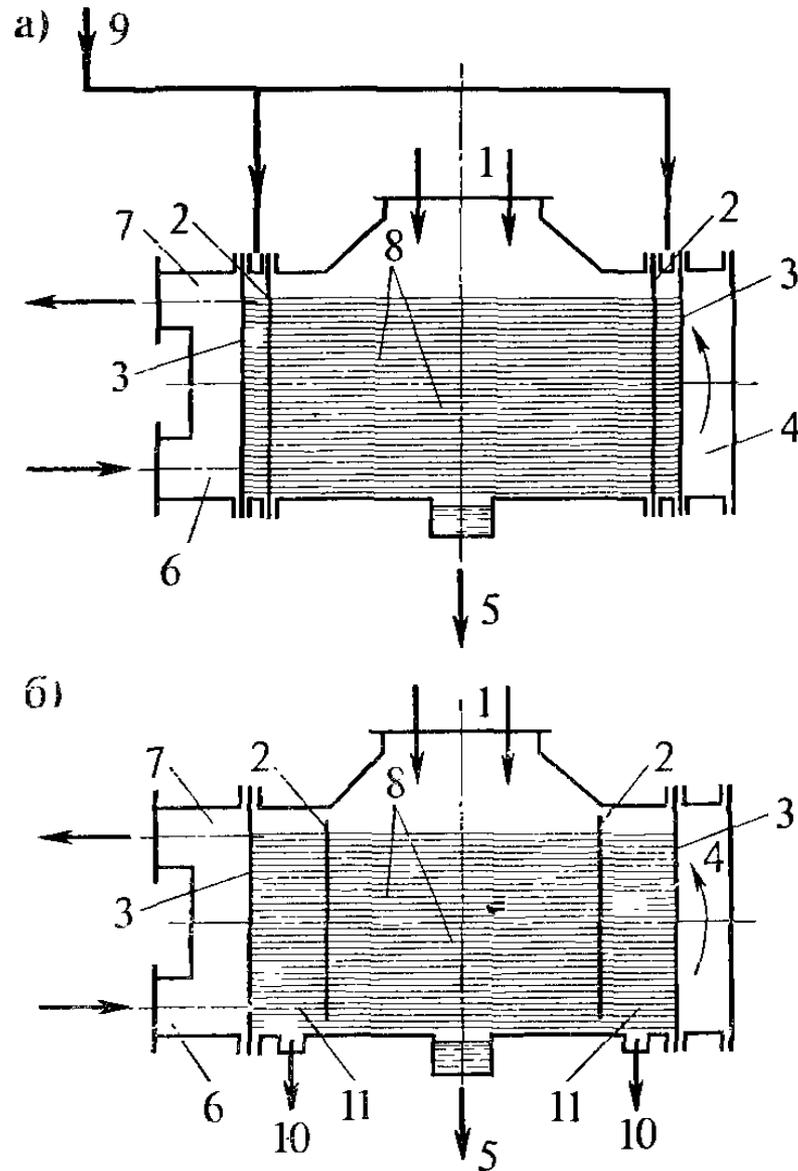
- Латунь (благодаря высокой теплопроводности);
- Медно-никелевый сплав (высокая теплопроводность и коррозионная и эрозионная устойчивость);
- Титановые сплавы (достаточно высокая теплопроводность и отличная устойчивость к коррозии).

**Скорость охлаждающей воды: 2–2,1 м/с для латуни и 2,5–2,7 м/с для сплавов.**

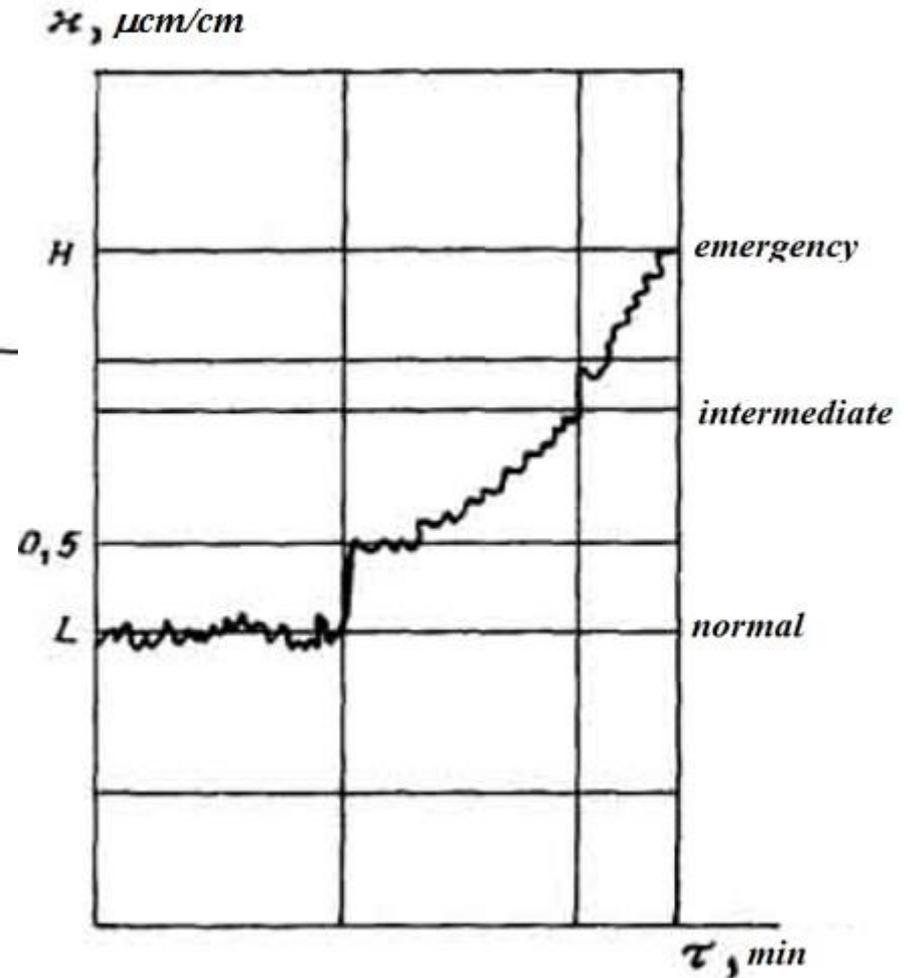
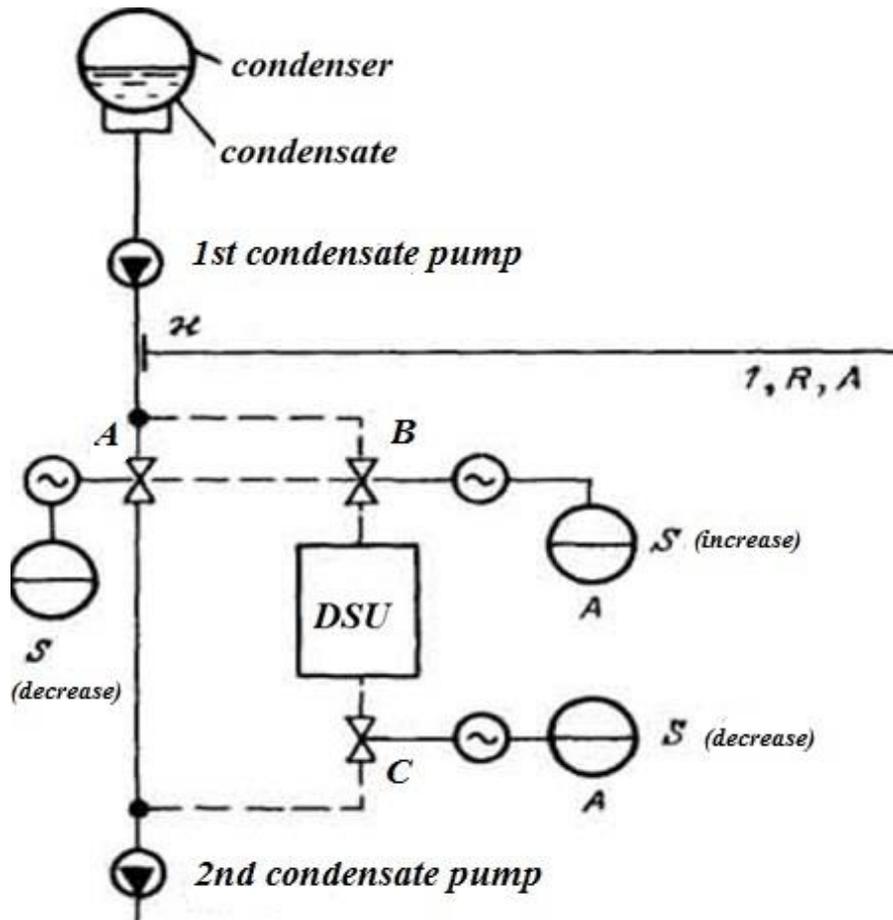
**Для снижения утечки охлаждающей воды крепеж трубок уплотняется:**

- Битумом или эпоксидным материалом;
- Дополнительной сваркой;
- С помощью двойной трубной доски.

# ДВОЙНАЯ ТРУБНАЯ ДОСКА



# СХЕМА КОНДЕНСАТООЧИСТКИ



# РАЦИОНАЛЬНАЯ КОМПОНОВКА ТРУБНОГО ПУЧКА

## Задачи:

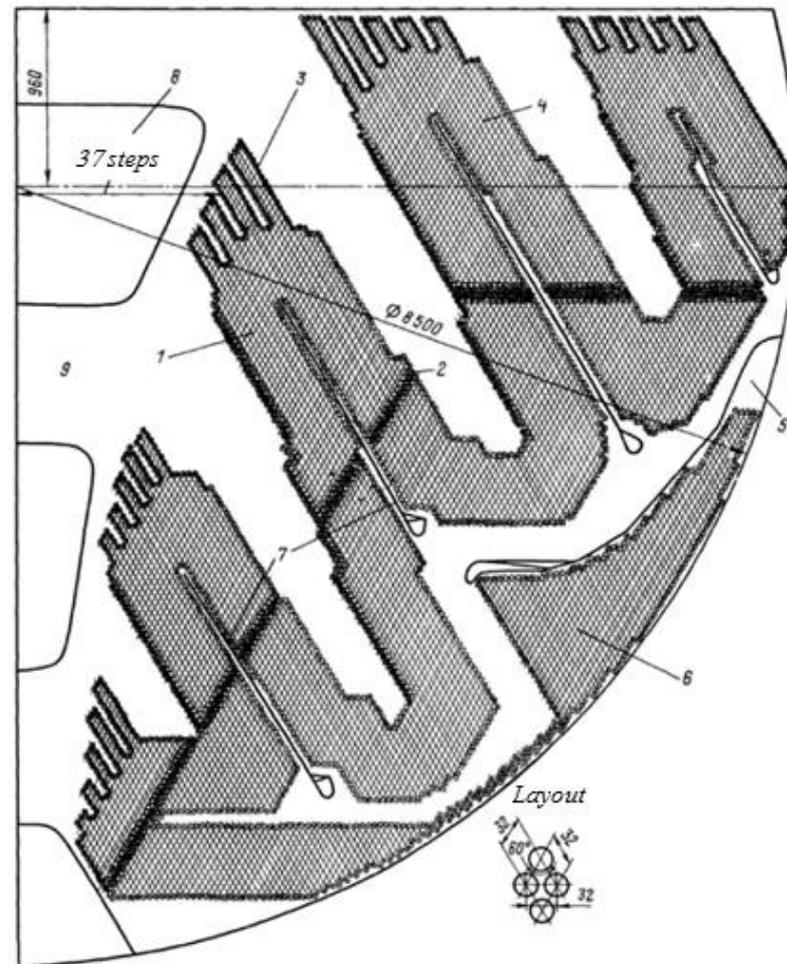
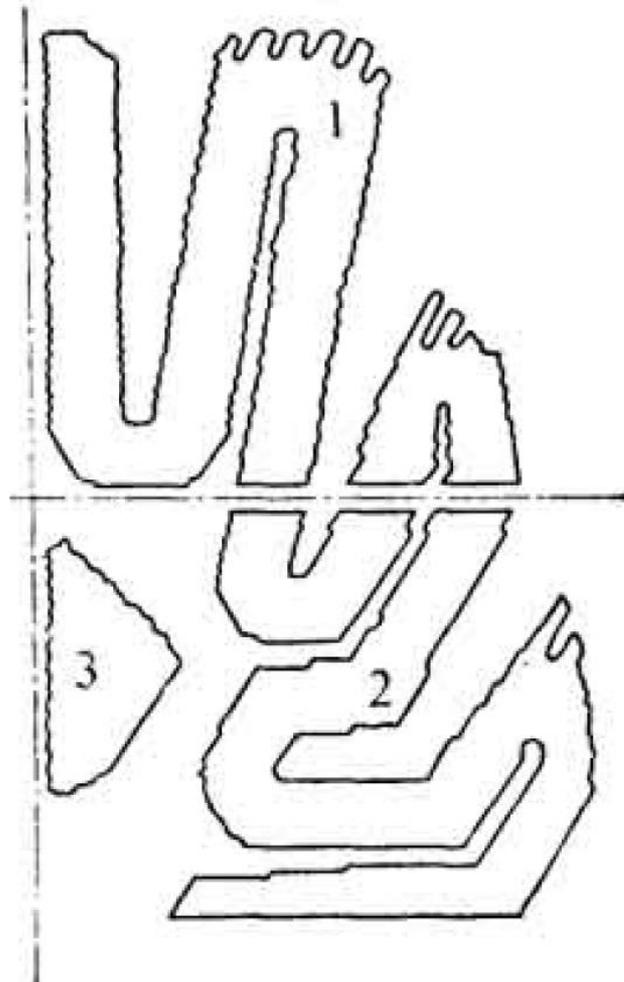
- Снижение температурного напора;
- Снижение сопротивления парового пространства;
- Снижение количества воздуха, удаляемого из конденсатора.

***Для обеспечения простоты и надежности эксплуатации, конструкция конденсатора выполняется в модульном исполнении, что позволяет избегать остановов в случаях:***

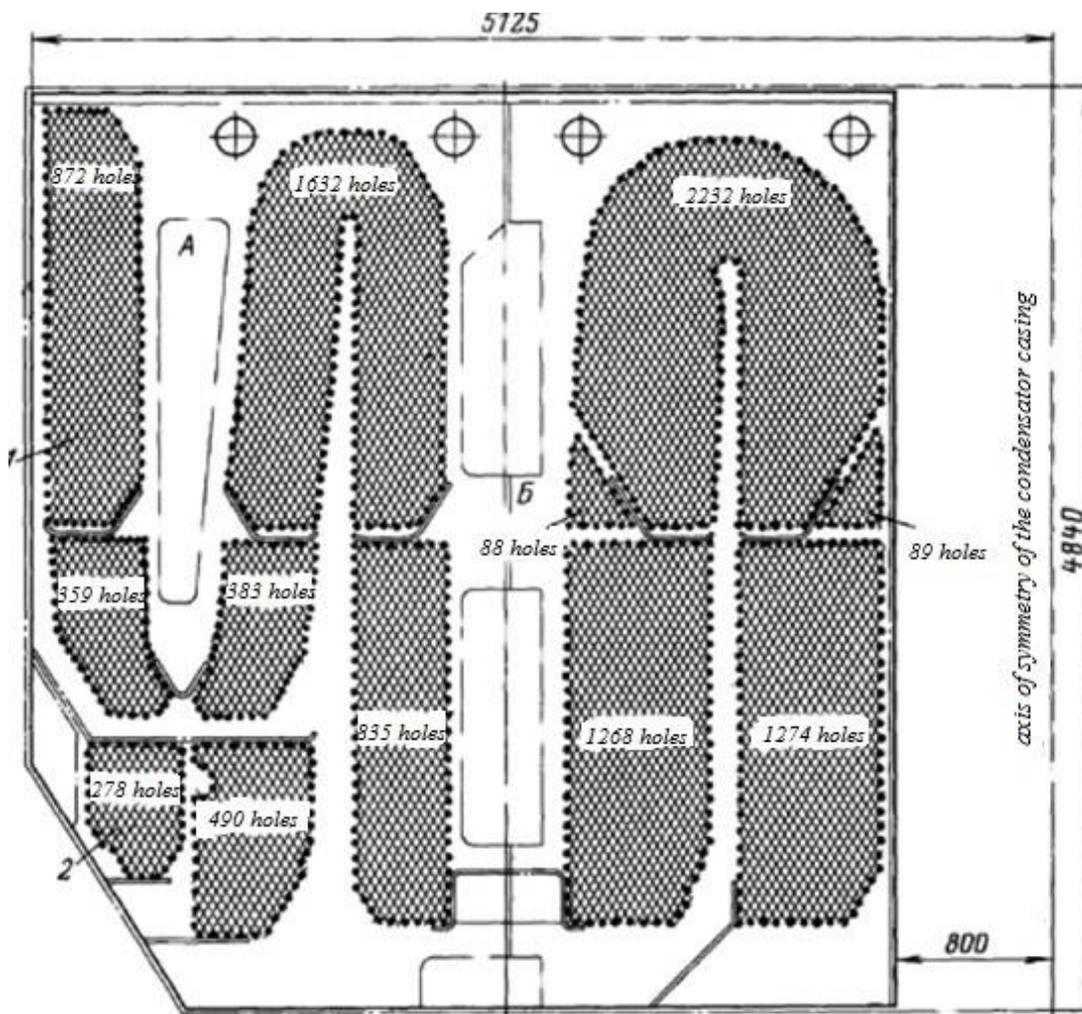
- Ремонтных и технического обслуживания;
- Аварийных остановов.

*Питание конденсатора по питательной воде реализуется в двухходовом исполнении, что приводит к повышению давления охлаждающей воды.*

# ЛЕНТОЧНАЯ КОМПОНОВКА ТРУБНОГО ПУЧКА



# МОДУЛЬНАЯ КОМПОНОВКА ТРУБНОГО ПУЧКА



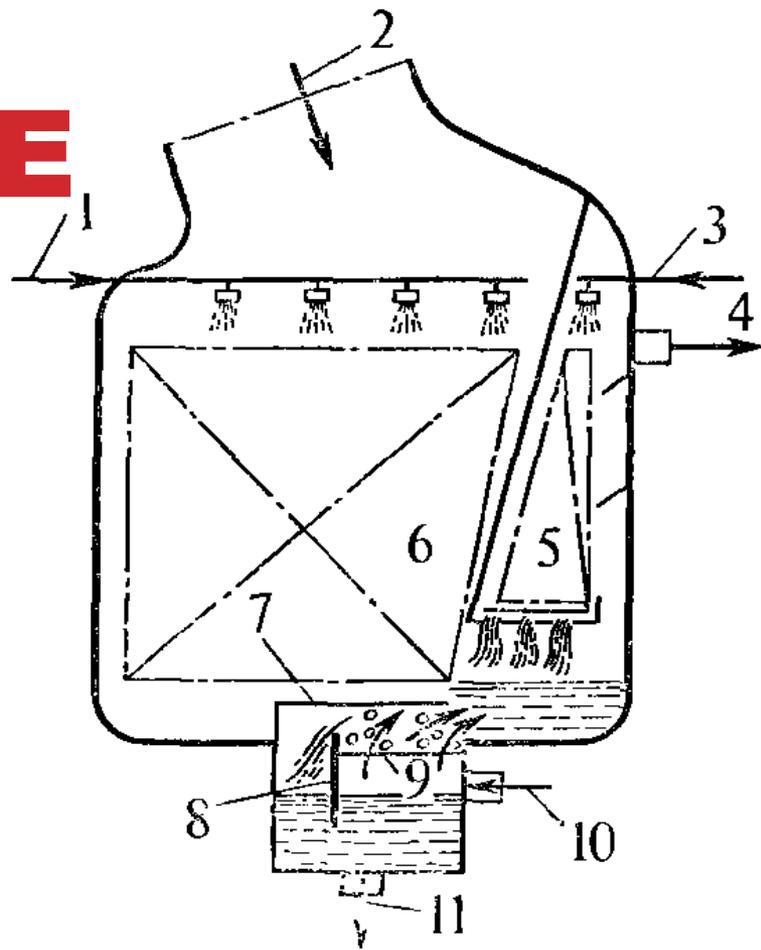
# ДЕАЭРАЦИЯ В КОНДЕНСАТОРЕ

Деаэрация в конденсаторе реализуется с помощью:

- Постоянного отвода воздуха эжектором;
- Подогревом конденсатора в конденсатосборнике.

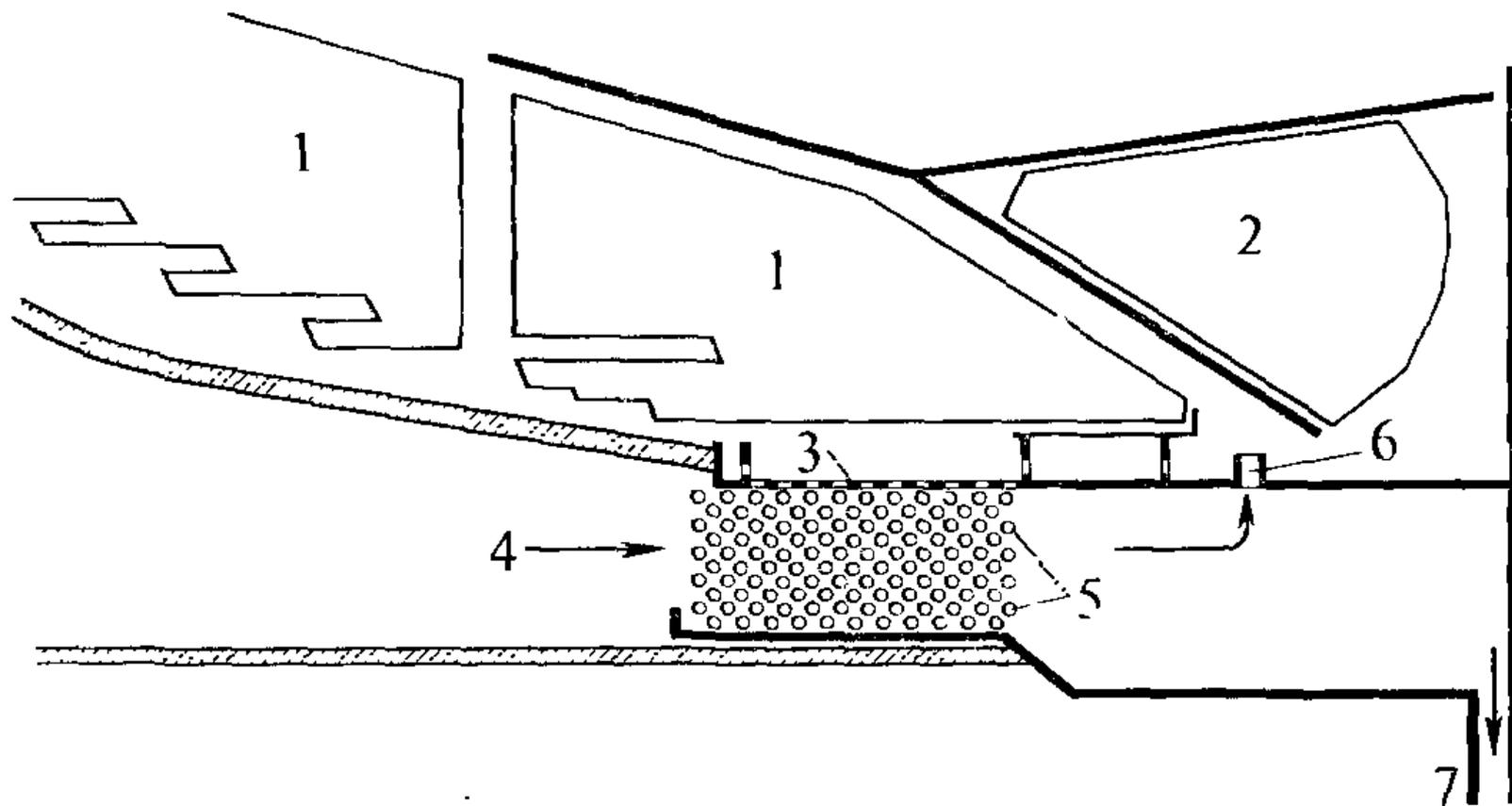
Это позволяет:

- Снизить интенсивность коррозии трубок;
- Снизить поступление продуктов распада, радиолиза и кислорода в активную зону реактора (для одноконтурных АЭС).



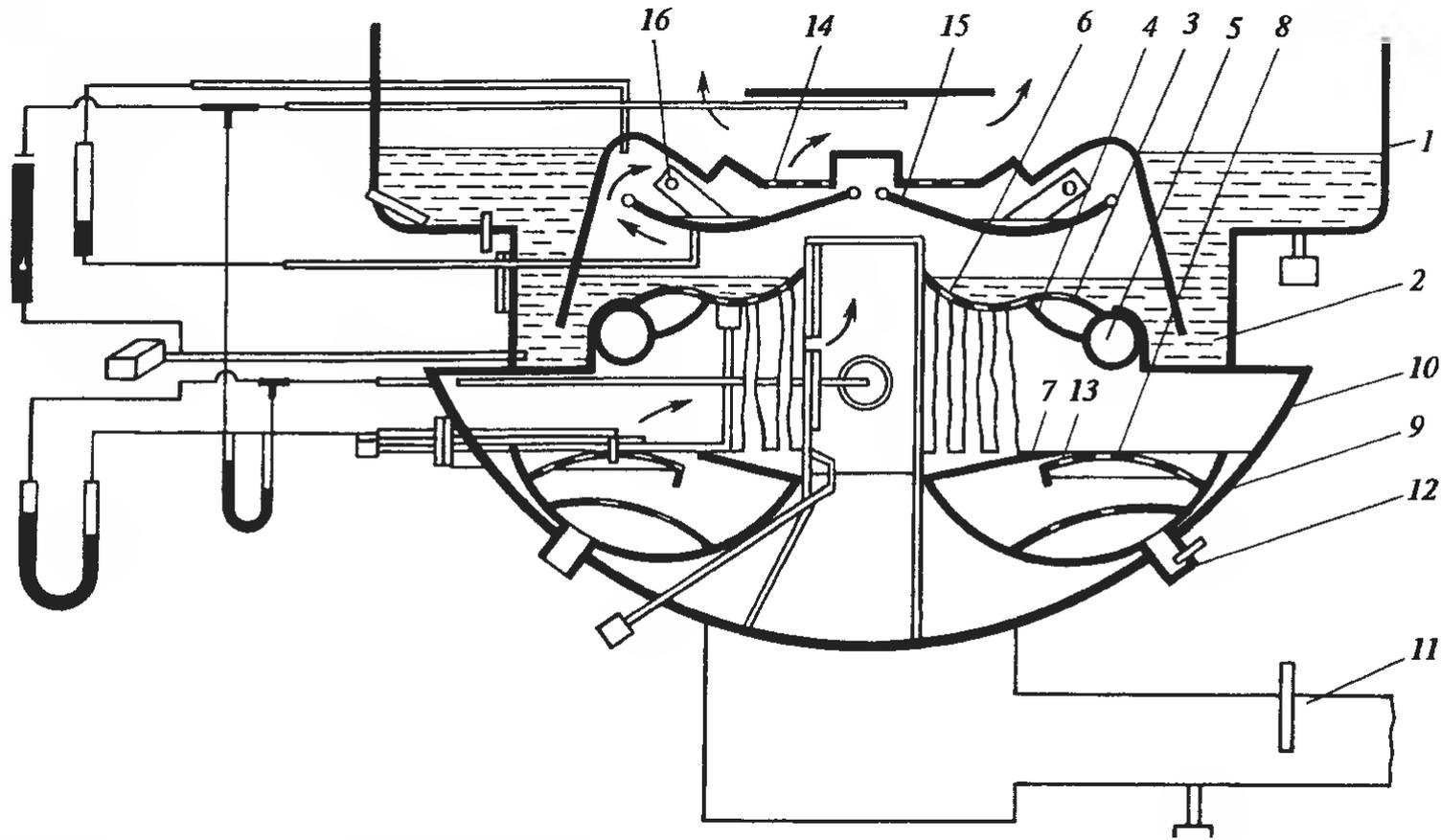
- 1 — подвод химически очищенной воды;
- 2 — выхлоп пара от турбины;
- 3 — подвод конденсата пара от эжектора;
- 4 — отсос паровоздушной смеси;
- 5 — трубный пучок охладителя паровоздушной смеси;
- 6 — основная поверхность охлаждения конденсатора;
- 7 — направляющая перегородка;
- 8 — переливная перегородка к конденсатным насосам;
- 9 — дырчатый щит барботажного устройства;
- 10 — подвод пара на барботажное устройство;
- 11 — отвод деаэрированного конденсата к конденсатным насосам

# СТРУЙНАЯ ДЕАЭРАЦИЯ В КОНДЕНСАТОРЕ



- 1 — теплообменные поверхности конденсатора; 5 — стержни;  
2 — теплообменная поверхность охладителя паровоздушной смеси; 6 — проход пара непосредственно к охладителю паровоздушной смеси;  
3 — конденсаторораспределительная тарелка; 7 — отвод продеаэрированного конденсата в конденсаторосборник  
4 — подача пара к деаэрирующему устройству;

# СТРУЙНО-БАРБОТАЖНАЯ ДЕАЭРАЦИЯ В КОНДЕНСАТОРЕ



1 — конденсатор; 2 — гидрозатвор; 3, 8 — барботажные листы; 4 — камера подачи вскипающего горячего дренажа; 5 — коллектор горячих дренажей; 6 — перфорированный водораспределитель; 7 — разделительная перегородка; 9 — отводящий канал для деаэрированного конденсата; 10 — конденсатосборник; 11 — отводящий трубопровод деаэрированного конденсата; 12 — патрубок подачи вскипающего конденсата рециркуляции; 13 — канал; 14 — перфорированный лист; 15 — поддон; 16 — патрубки

# ПРИЕМНО-СБРОСНОЕ УСТРОЙСТВО

## Цель:

Снижение давления и температуры пара на входе в конденсатор в случаях байпасирования турбины.

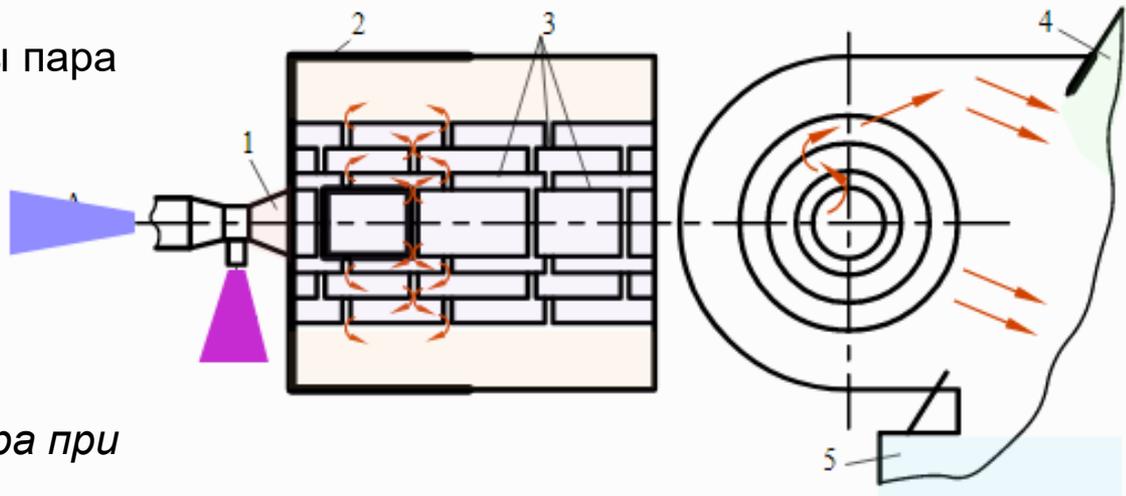
## Используется в случаях:

- Утилизации пара в аварийных ситуациях;
- Неприемлемых параметров пара при пусках и остановах.

## Конструкция:

**Увлажнитель** – сопло Вентури с отверстиями для конденсата – используется для снижения температуры пара;

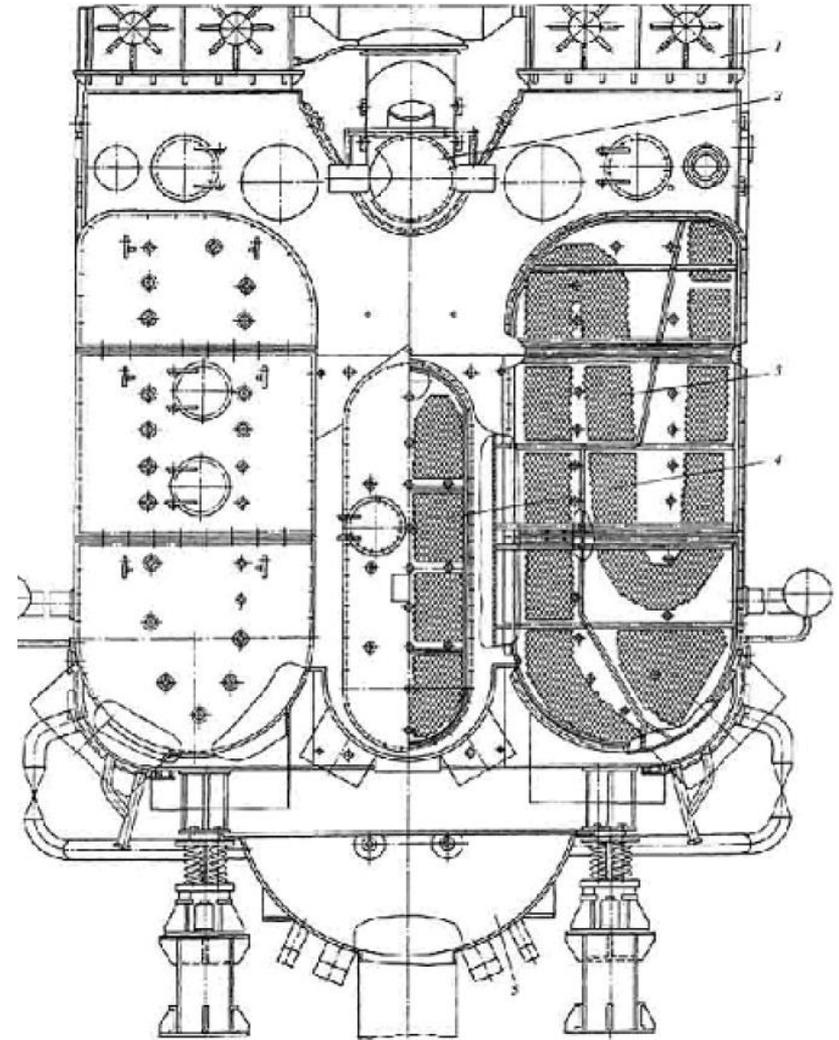
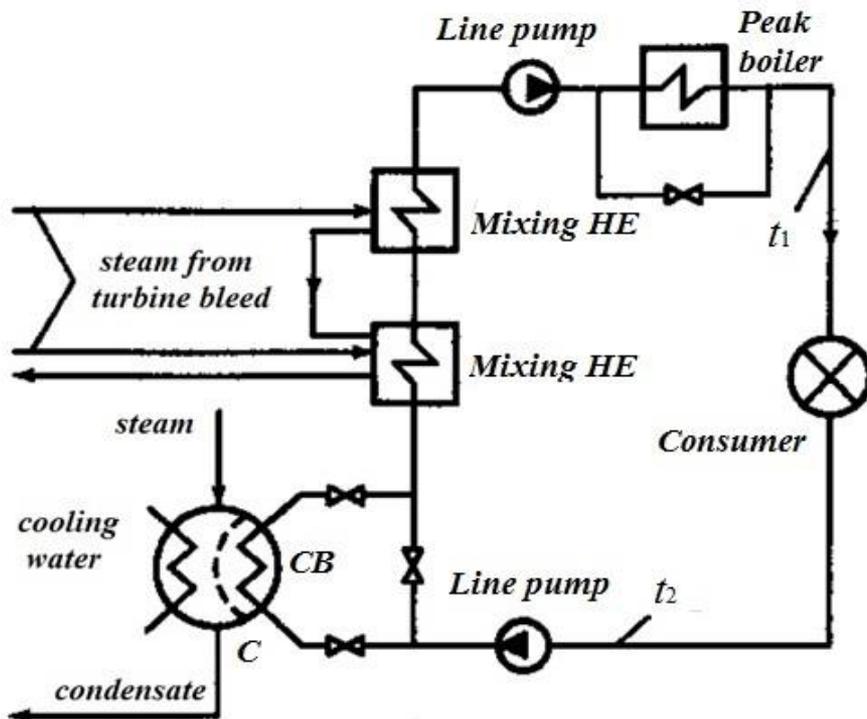
**Дроссель** – зазор между пластинами – используется для снижения давления.



- 1 – увлажнитель;
- 2 – корпус;
- 3 – щелевой зазор;
- 4 – отводящий патрубков;
- 5 – конденсатор.

# ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЙ ПУЧОК

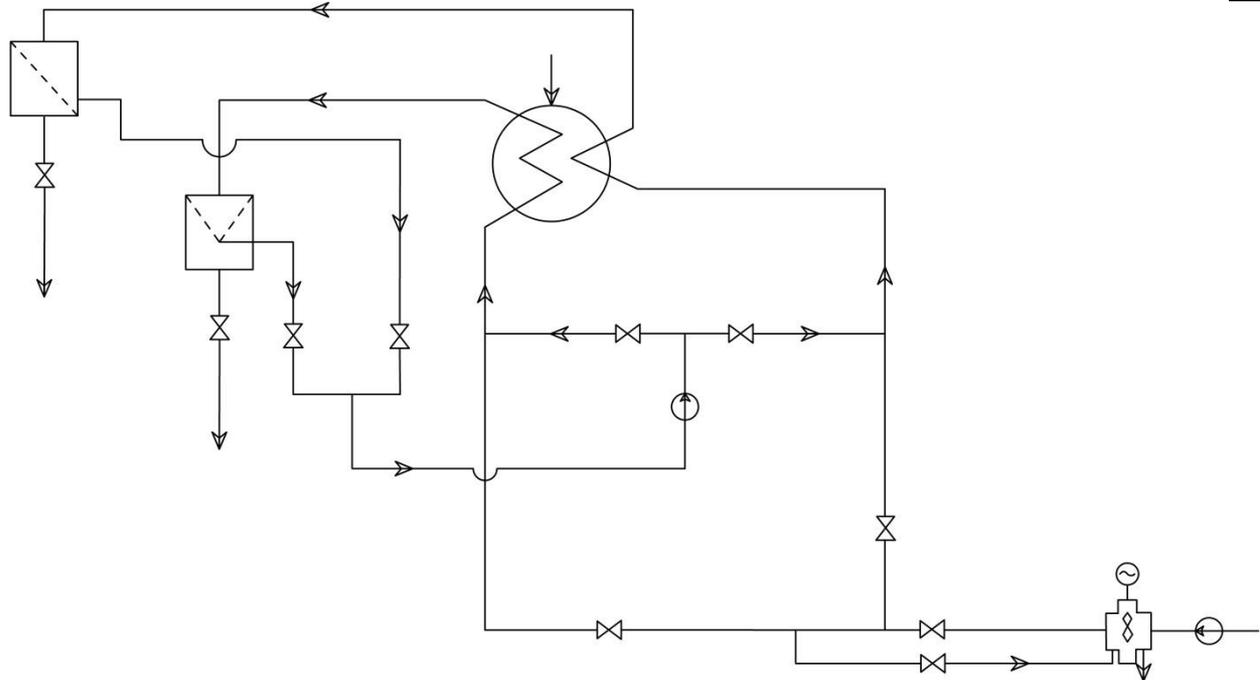
**Цель:** использование тепла конденсации пара для предварительного нагрева сетевой воды для повышения экономичности.



# ШАРОВАЯ ОЧИСТКА ТРУБОК КОНДЕНСАТОРА

**Цель:** очистка трубок от отложений солей, накипи, зарастания, тем самым снижая гидравлическое сопротивление и повышая коэффициент теплопередачи.

**Конструкция:** резиновый шарик диаметром на 1-2 мм больше диаметра трубки продавливается сквозь неё с помощью давления воды.



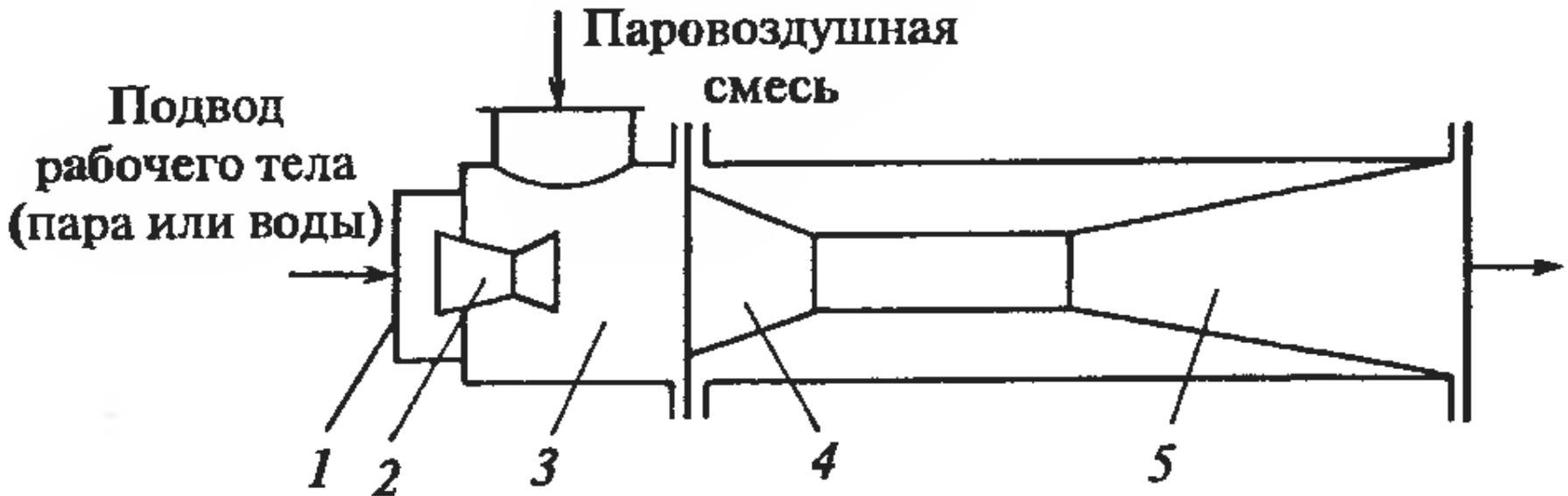
# ПАРАМЕТРЫ КОНДЕНСАТОРОВ ТУРБОУСТАНОВОК ТЭС

Турбина	Конденсатор	Площадь поверхности, м <sup>2</sup>	Расход пара, т/ч	Число секций	Температура охл. воды, °С	Давление, кПа
К-220-44	К-12150	12150	365	2	22	5,1
К-500-65/3000	К-10120	10120	435	4	12	3,6
К-750-65/3000	К-16100	1610	600	4	15	4,4
К-1000-60/1500	К-45600	45600	1725	2	15	3,9
К-1000-60/3000	КЦ-1000	22000	765	4	20	4,9

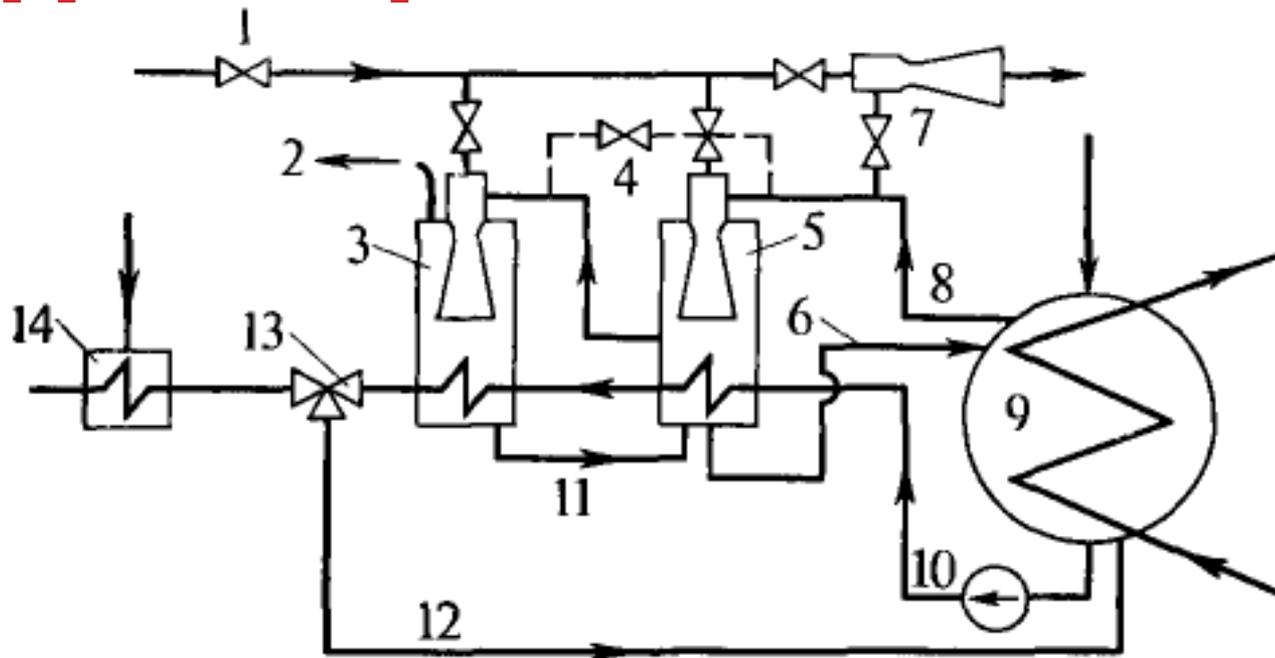
# ЭЖЕКЦИЯ

**Цель:** создание глубокого вакуума для удаления неконденсирующихся газов.

**Конструкция:** сопло с диффузором и подводом паровоздушной смеси в точку с минимальным давлением.



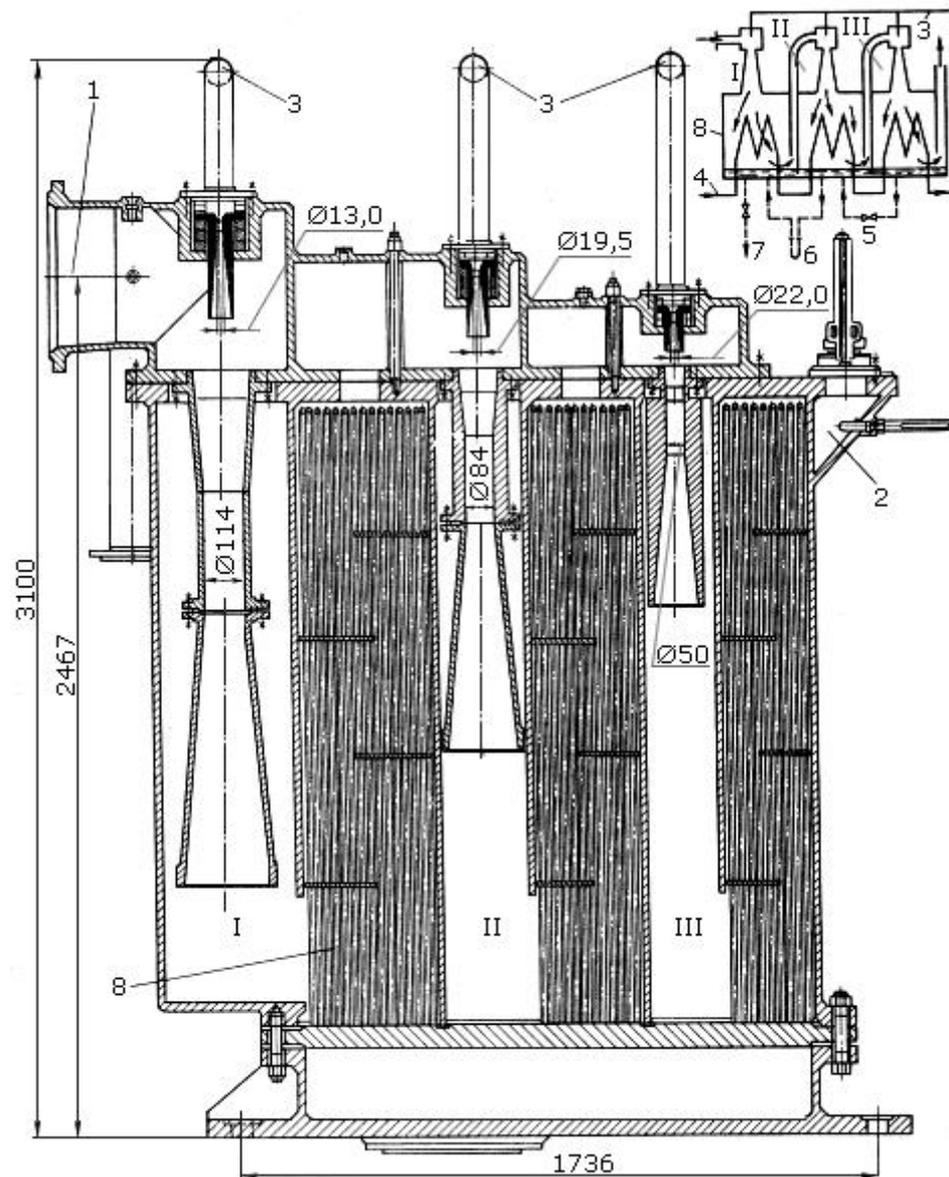
# СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ ЭЖЕКТОРОВ КОНДЕНСАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ



- 1 — подвод рабочего пара;
- 2 — выпуск воздуха;
- 3 — вторая ступень основного эжектора;
- 4 — переключатель для возможности работы одной второй ступени при пуске турбины;
- 5 — первая ступень основного эжектора;
- 6 — отвод конденсата в паровой объем конденсатора;
- 7 — пусковой эжектор;
- 8 — отсос воздуха из конденсатора;
- 9 — конденсатор турбины;

- 10 — конденсатный насос;
- 11 — перепуск конденсата рабочего пара эжекторов из холодильника второй ступени в холодильник первой ступени;
- 12 — трубопровод для рециркуляции конденсата турбины при ее пуске;
- 13 — клапан рециркуляции и поддержания уровня в конденсаторе;
- 14 — регенеративный подогреватель низкого давления

# ТРЕХСТУПЕНЧАТЫЕ ЭЖЕКТОРЫ



# СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**Цель:** обеспечение потребителей ТЭС водой необходимой температуры и качества.

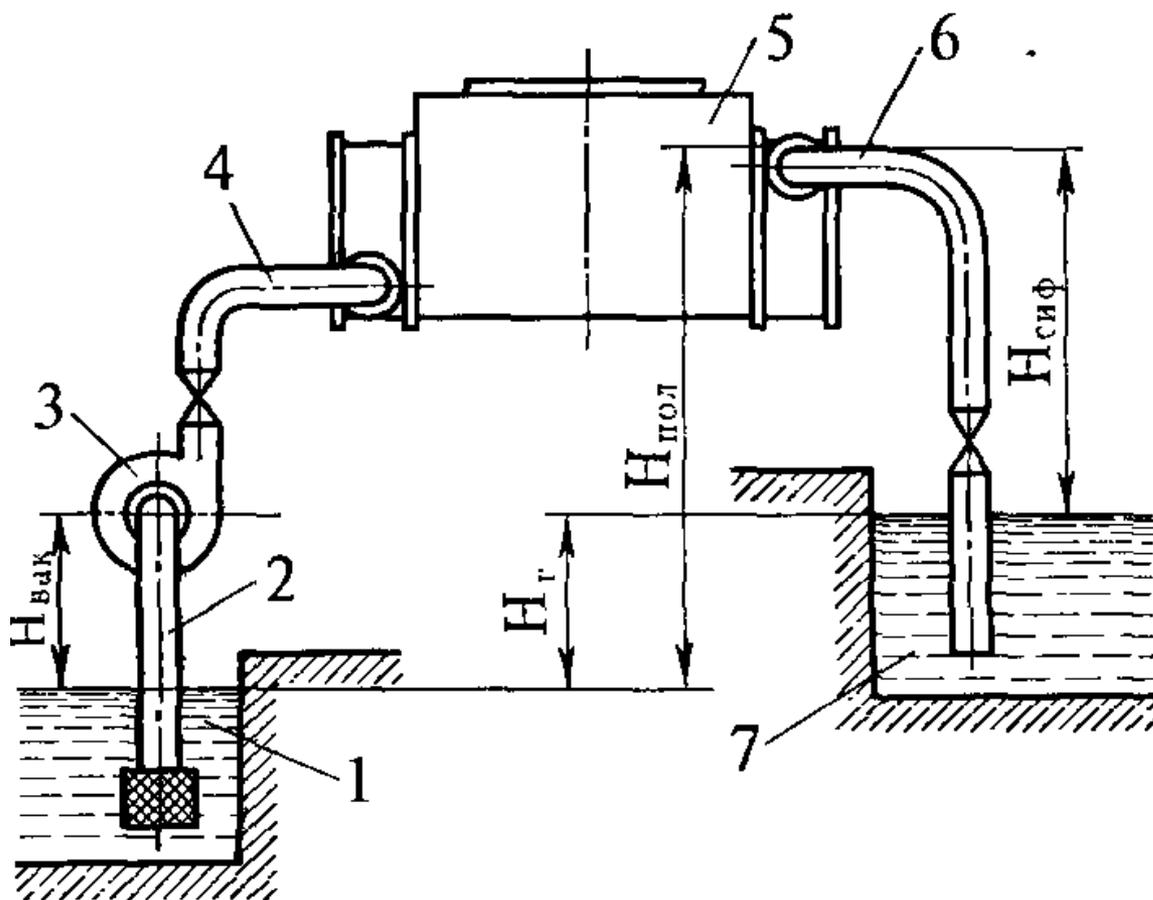
Охлаждение всех элементов ТЭС так или иначе осуществляется с использованием технической воды. Для повышения эффективности данных процессов система водоснабжения должна обеспечивать минимально возможную температуру охлаждающей воды.

Выбор источника охлаждающей воды и соответствующей системы является одной из наиболее важных задач при проектировании ТЭС.

Виды систем технического водоснабжения:

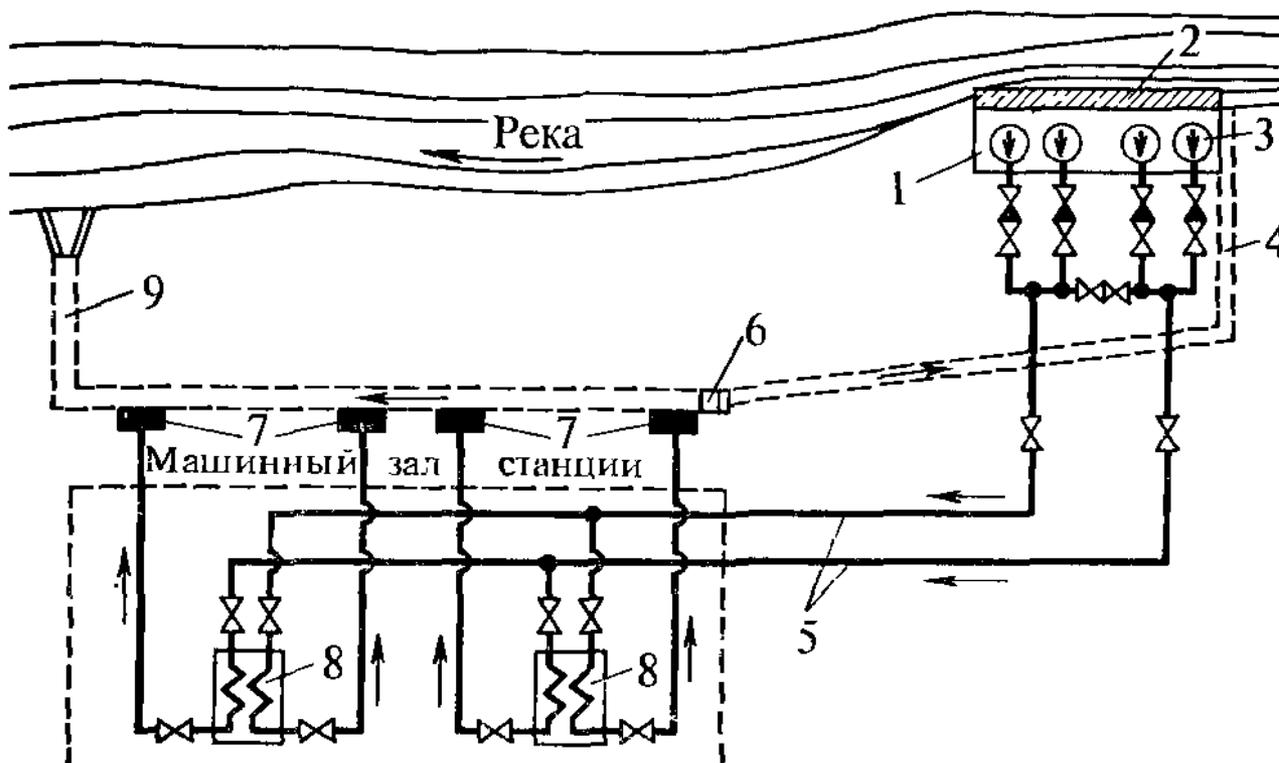
- **Прямоточные (разомкнутые)** – вода берется из источника и возвращается в неё после использования.
- **Оборотные (замкнутые)** – вода циркулирует по замкнутому контуру, а вода из источника используется только для компенсации потерь в системе.

# ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПРЯМОТОЧНОЙ СИСТЕМЫ



- 1 — приемный колодец;
- 2 — всасывающая труба;
- 3 — циркуляционный насос;
- 4 — напорный трубопровод;
- 5 — конденсатор;
- 6 — сифонная труба;
- 7 — сливной колодец

# ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПРЯМОТОЧНОЙ СИСТЕМЫ



- 1 — береговая насосная;
- 2 — сетки;
- 3 — циркуляционные насосы;
- 4 — перепускной сливной канал;
- 5 — напорные магистрали;
- 6 — переключательный колодец;
- 7 — сливные колодцы (сифонные);
- 8 — конденсаторы;
- 9 — основной сливной канал

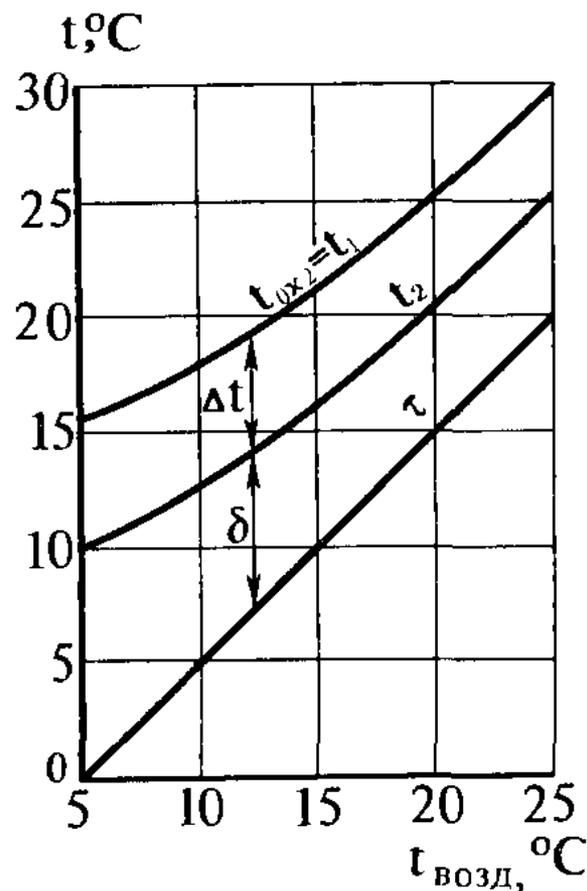
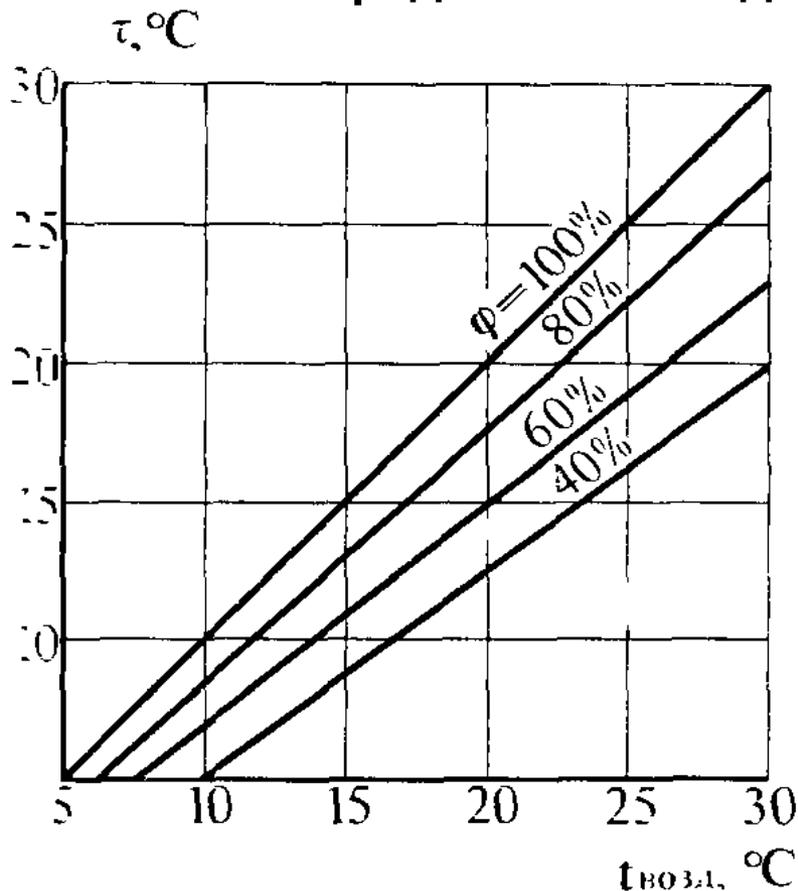
# ВИДЫ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

1. С прудом-охладителем
2. С брызгальным бассейном
3. С градирнями

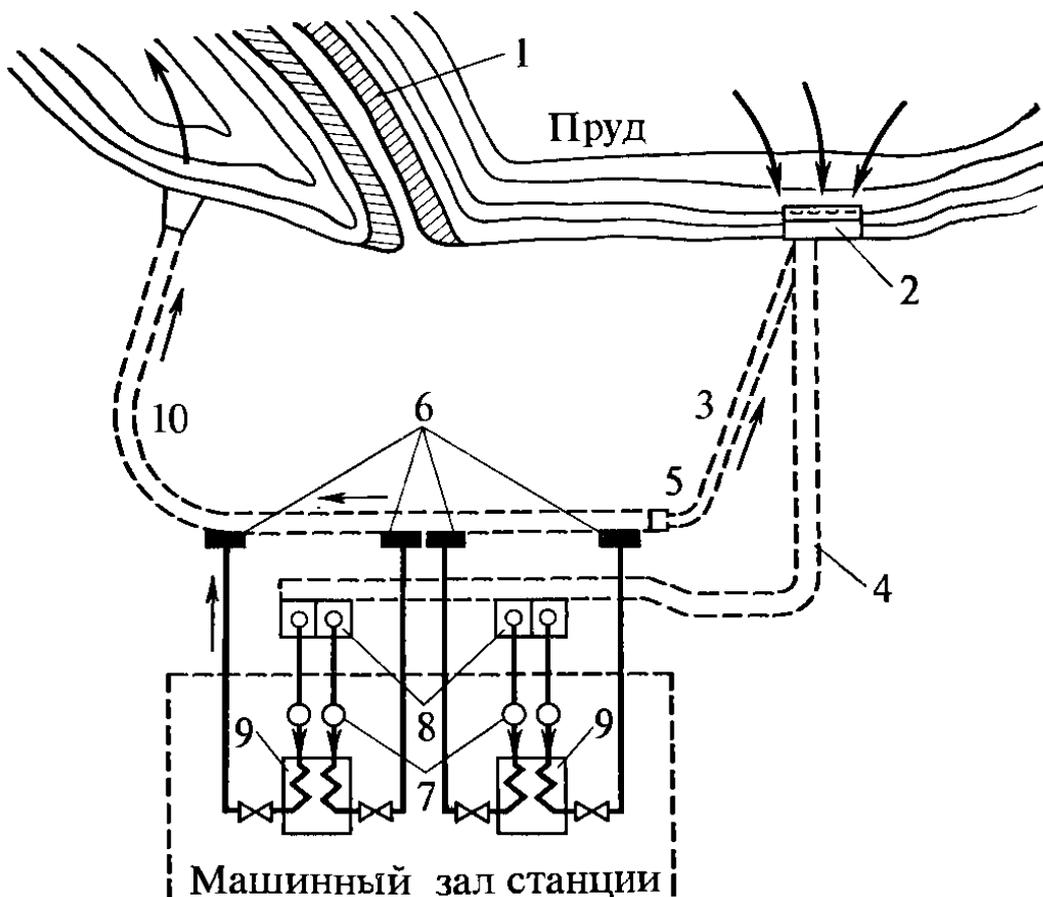
Тип охладителя	Удельная гидравлическая нагрузка $W/S_{\text{орош}},$ $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Удельная тепловая нагрузка $Q_{\text{ох}}/S_{\text{орош}},$ $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Удельная площадь орошения $S_{\text{орош}}/N_{\text{э. уст}},$ $\text{м}^2/\text{кВт}$
Пруды-охладители . . . . .	0,025—0,05	800—1 600	14—7
Брызгальные бассейны . . . . .	1—1,5	30 000—50 000	0,35—0,2
Открытые градирни . . . . .	2—5	65 000—170 000	0,2—0,07
Башенные деревянные капельные градирни . . . . .	2—5	65 000—170 000	0,2—0,07
Башенные железобетонные градирни с естественной вентиляцией:			
капельные . . . . .	3—7,5	100 000—250 000	0,1—0,05
пленочные . . . . .	7—10	200 000—350 000	0,05—0,03
Башенные железобетонные градирни с искусственной вентиляцией:			
капельные . . . . .	5—7	170 000—200 000	0,07—0,05
пленочные . . . . .	10—14	300 000—450 000	0,04—0,025

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Теоретический предел охлаждения  $\tau$  – температура смоченного термометра, теоретически минимальная температура охлаждения при данной влажности воздуха. Разница между действительной и теоретической температурой на выходе из охладителя называется **относительным пределом охлаждения  $\delta$** .



# ПРУДОВАЯ СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ



Определяющей характеристикой системы прудового охлаждения является активная площадь поверхности:

$$S_a = k \cdot S$$

$k$  – коэффициент использования пруда:

0,8-0,9 – для прудов вытянутой формы;

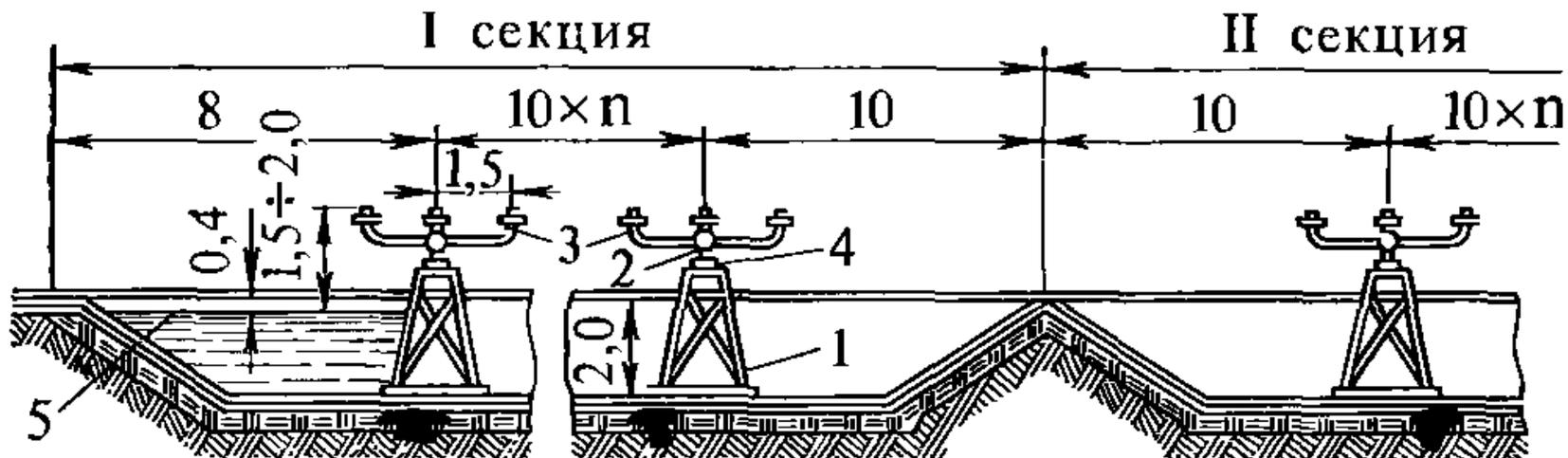
0,6-0,75 – для прудов неправильной формы;

0,4-0,5 – для прудов округлой формы.

1 – направляющая дамба;  
2 – водоприемники;  
3 – перепускной канал;  
4 – приемные самотечные каналы;  
5 – переключательный колодец;

6 – сливные (сифонные) колодцы;  
7 – циркуляционные насосы;  
8 – приемные колодцы;  
9 – конденсаторы;  
10 – сливной канал

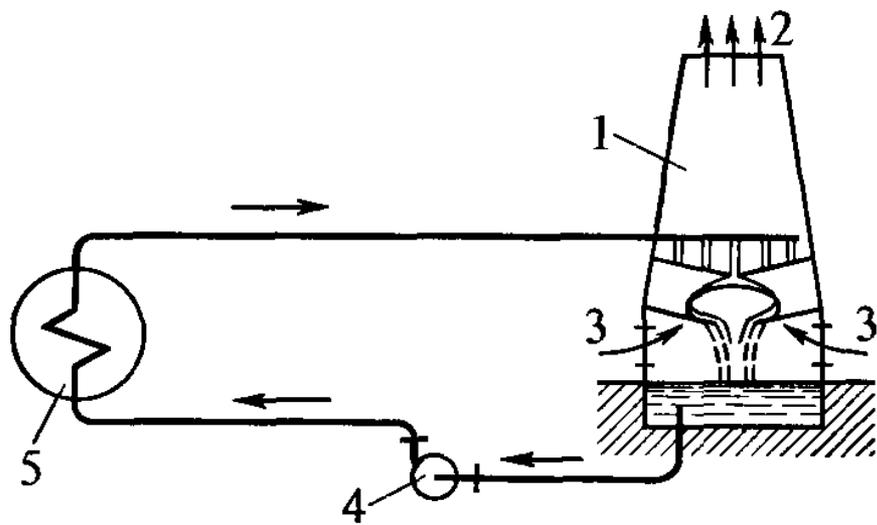
# РАЗРЕЗ БРЫЗГАЛЬНОГО БАССЕЙНА



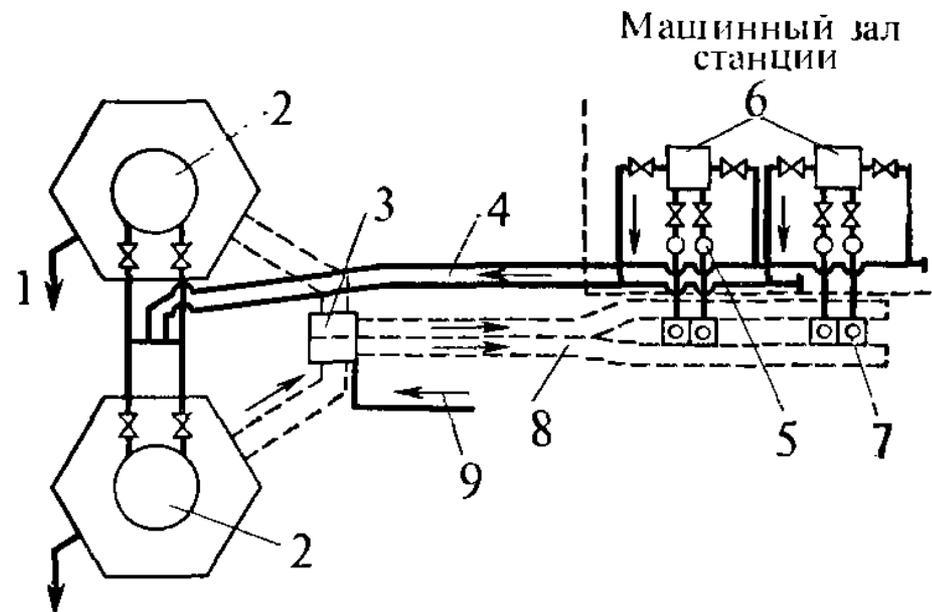
1 — стальные опорные конструкции;  
2 — распределительная труба;  
3 — сопла;

4 — роликовые опоры;  
5 — нормальный уровень воды

# СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ С ГРАДИРНЯМИ

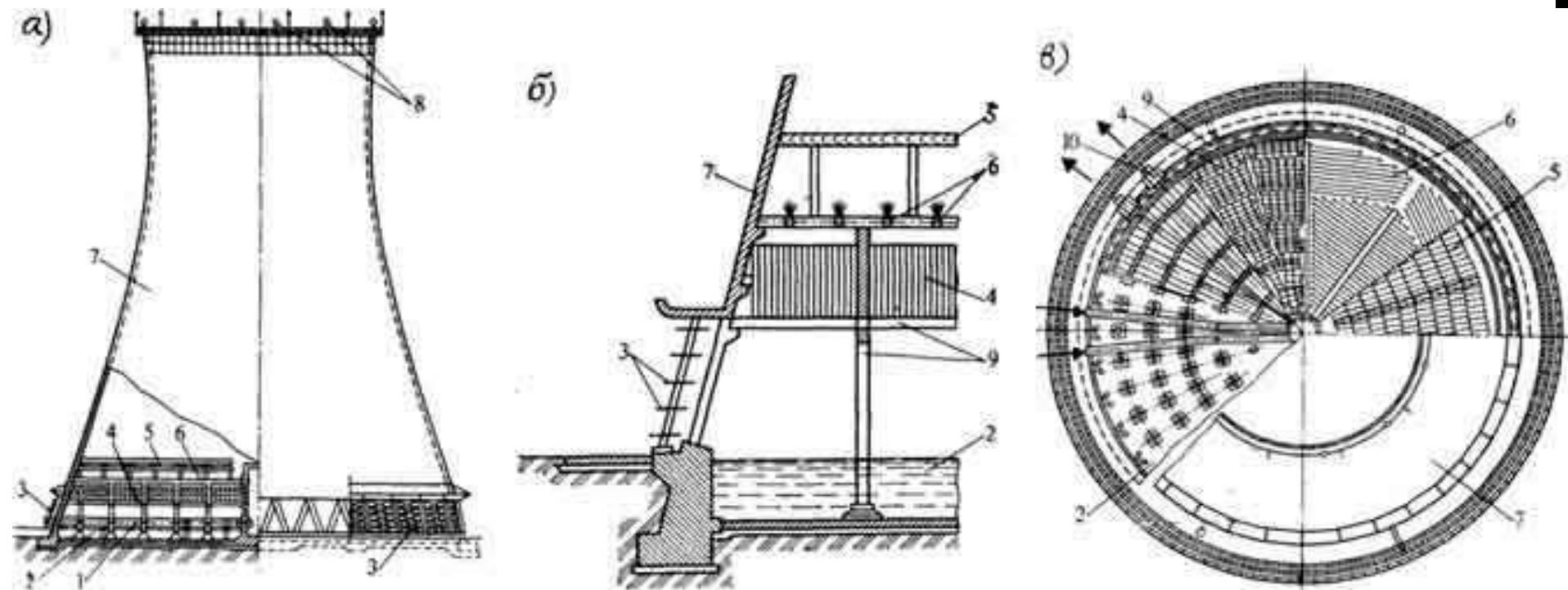


- 1 — градирня;
- 2 — выход нагретого влажного воздуха;
- 3 — вход холодного воздуха;
- 4 — циркуляционный насос;
- 5 — конденсатор



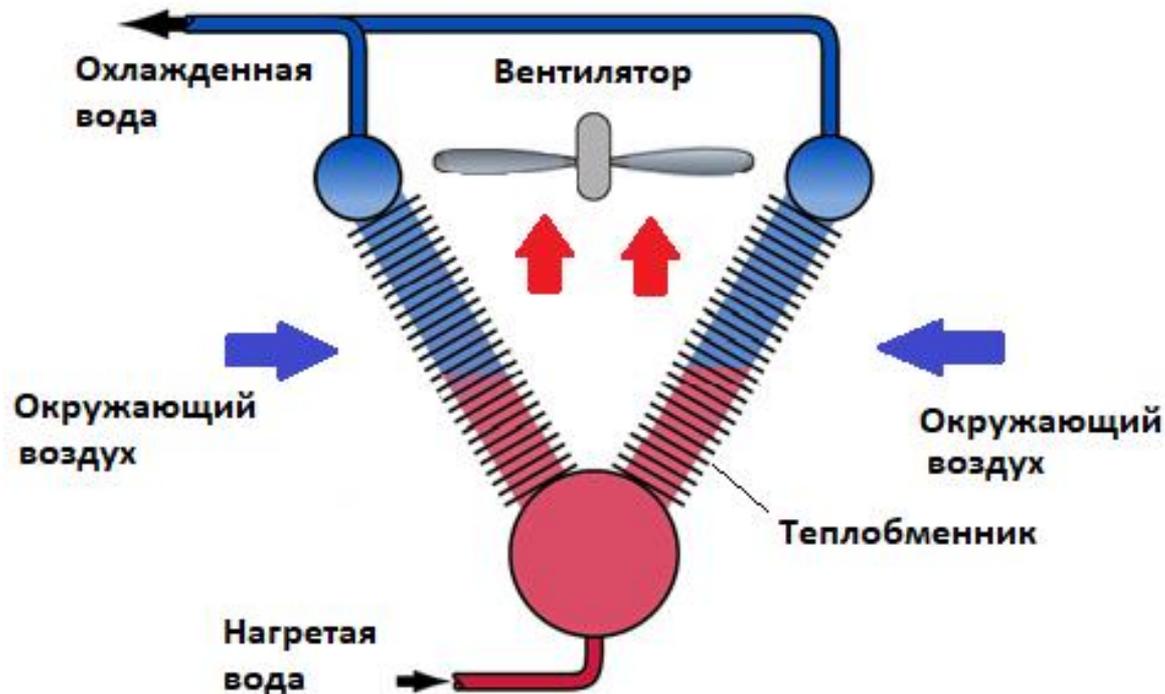
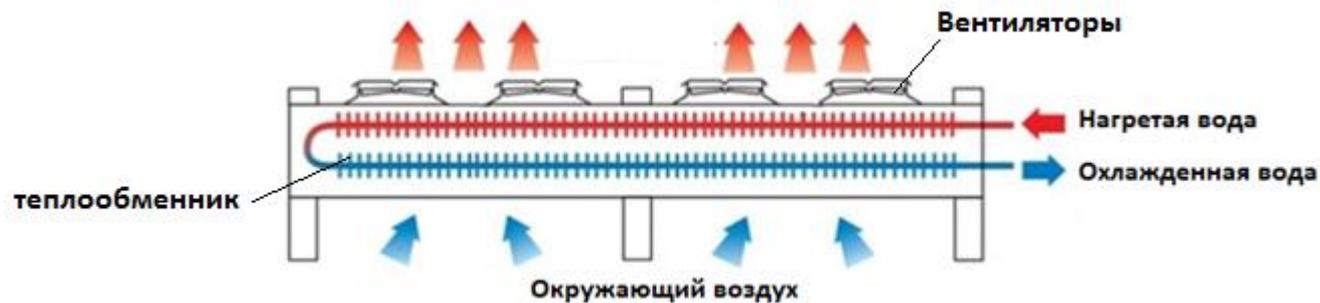
- 1 — продувка;
- 2 — градирни;
- 3 — переключательный колодец;
- 4 — напорные магистрали;
- 5 — циркуляционные насосы у турбин;
- 6 — конденсаторы;
- 7 — приемные колодцы;
- 8 — водоподводящие самотечные каналы;
- 9 — подвод добавочной воды

# КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ МОКРОЙ ГРАДИРНИ



1 — подводящие трубопроводы; 2 — водосборный бассейн; 3 — воздухонаправляющие щиты; 4 — щиты оросительного устройства пленочного типа; 5 — водоуловитель; 6 — водораспределительные трубопроводы с разбрызгивающими соплами; 7 — вытяжная железобетонная башня; 8 — светоограждение; 9 — каркас оросителя; 10 — отводящие трубы

# КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ СУХОЙ ГРАДИРНИ



# ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТЕМПЕРАТУРУ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ

- Климатические условия.
- Доступность технической воды.
- Качество технической воды.
- Тип системы охлаждения.

Географические районы	Прямоточная система во- доснабжения	Оборотные системы водоснабжения	
		с прудами-ох- ладителями	с брызгальны- ми бассейнами и градирнями
Урал и Сибирь . . . . .	6—10	12—15	18—22
Средняя полоса европейской части . . .	10—12	15—20	18—22
Юг европейской части . . . . .	10—12	15—20	20—24

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**