

The image shows three large, cylindrical industrial cooling towers at night. The towers are constructed from a complex metal lattice structure. They are illuminated from within, with several bright red lights visible along their upper and middle sections. The sky is a deep, dark blue. In the foreground, there are some dark silhouettes of structures and a bright yellow light source, possibly a lamp or a fire, on the right side. The overall scene is industrial and somewhat mysterious due to the low light and red lighting.

# Система технического водоснабжения

# Расход технической воды на ТЭС и АЭС

Назначение	$G_{o.B}, \%$
Конденсация пара	100
Охлаждение турбогенераторов и крупных электродвигателей	2,5 – 4,0
То же масла, циркулирующего в масляной системе, турбоагрегата и питательных насосов	1,2 – 2,5
То же подшипников вспомогательных механизмов	0,3 – 0,8
Гидротранспорт золы и шлака	0,1 – 0,5
Восполнение внутренних утечек в основном цикле электростанции	0,04 – 0,1
<b>Дополнительно для АЭС</b>	
Охлаждение подшипников питательных и главных циркуляционных насосов АЭС	0,3 – 0,5
Теплообменники контура расхолаживания реактора	0,5 – 0,6
Охлаждение бассейна выдержки отработавшего ядерного топлива	1,0 – 1,2
То же бассейна перегрузки ядерного топлива	0,3 – 0,5
То же продувки реакторов и парогенераторов АЭС	0,2 – 0,4
На спринклерные устройства	0,3 – 0,6

# Техническое водоснабжение электростанции

Расход охлаждающей воды для конденсации отработавшего пара определяют из уравнения теплового баланса конденсатора:

$$Q_K = D_K (h_K - h'_K) = G_{Ц} (h_{B2} - h_{B1})$$

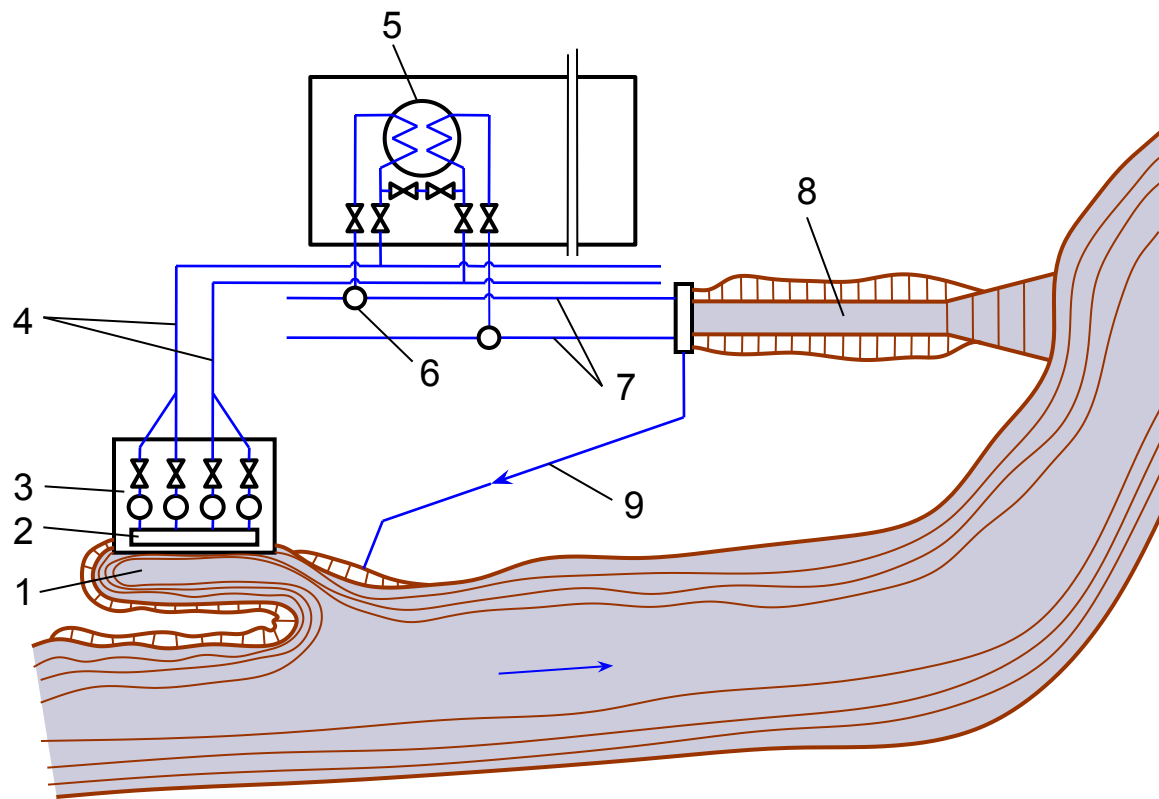
Кратность охлаждения – основной показатель работы конденсатора:

$$m = \frac{G_{Ц}}{D_K} = \frac{h_K - h'_K}{h_{B2} - h_{B1}}$$

Нагрев охлаждающей воды в конденсаторе:

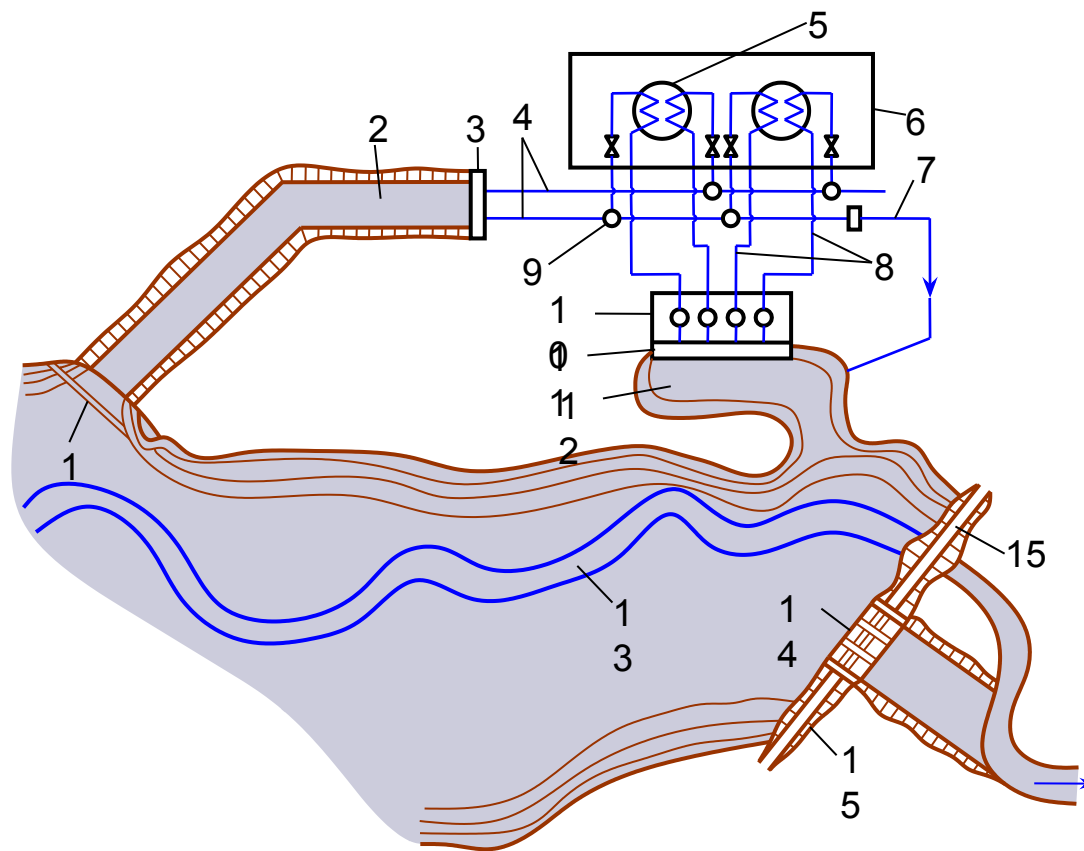
$$\Delta t = \frac{h_K - h'_K}{c_p m} \approx \frac{520}{m}$$

# Схема прямооточного водоснабжения



- 1 – водозаборный ковш;
- 2 – водоприемник;
- 3 – централизованная береговая насосная станция;
- 4 – магистральные подземные напорные трубопроводы;
- 5 – конденсатор турбины;
- 6 – сливной сифонный колодец (гидрозатвор);
- 7 – отводящие самотечные подземные каналы;
- 8 – открытый отводящий канал;
- 9 – трубопровод обогрева водозабора в зимнее время.

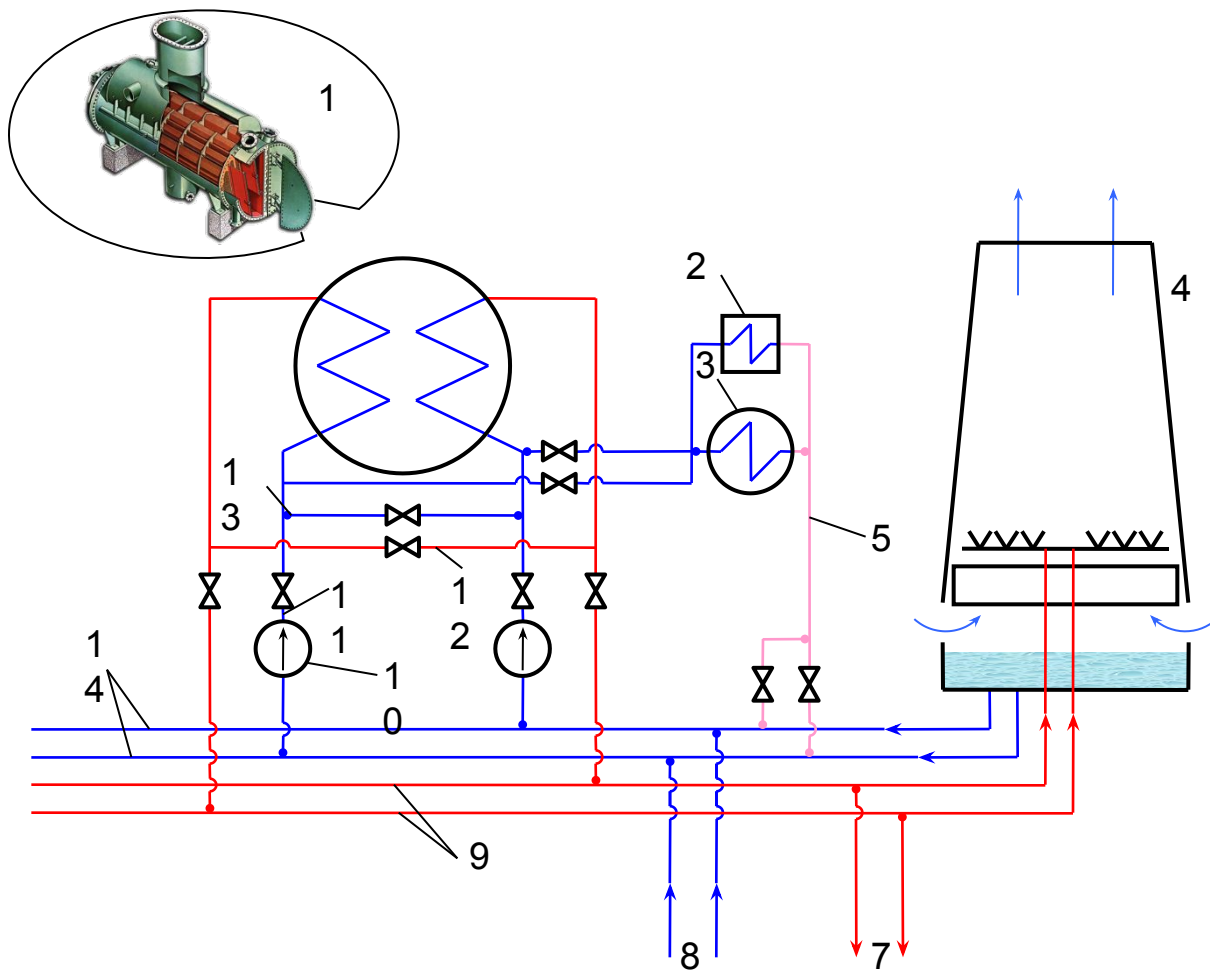
# Схема оборотного водоснабжения с прудом-охладителем



- 1 – струераспределительное сооружение;
- 2 – открытый отводящий канал;
- 3 – сооружение для регулирования уровня воды в закрытых отводящих каналах;
- 4 – закрытые отводящие каналы;
- 5 – конденсаторы блоков;
- 6 – главный корпус ГРЭС;
- 7 – трубопровод обогрева водозабора;
- 8 – напорные трубопроводы циркуляционной воды к конденсатору блока;

- 9 – сливной сифонный колодец (гидрозатвор);
- 10 – блочная береговая насосная;
- 11 – водоприемник;
- 12 – открытый подводящий канал;
- 13 – русло реки;
- 14 – железобетонный водосброс плотины;
- 15 – земляная плотина.

# Схема обратного водоснабжения ТЭС с



# Градирни (влияние работы градирни на показатели ТЭУ)

Характер изменения температуры воды	Влияние на показатели работы оборудования
Снижение температуры воды, подаваемой на конденсаторы турбин <b>КЭС</b> , на 1 °С	Уменьшение на 1,2-2 г. Расхода условного топлива на выработку 1 кВт*час электроэнергии
Повышение температуры воды, подаваемой на конденсаторы компрессионных холодильных станций <b>ТЭС</b> , на 1 °С	Снижение вакуума в конденсаторах на 0,5%, что равноценно снижению мощности турбины на 0,4% или перерасходу пара на 0,5%
Снижение температуры воды, подаваемой на конденсаторы компрессионных холодильных станций, на 1 °С	Уменьшение на 2-4% расхода электроэнергии на привод компрессоров.
Снижение температуры воды подаваемой на конденсаторы парозежекционных холодильных станций, на 7 °С (с 27 до 20 °С)	Уменьшение расхода пара с 3,4 до 2,1 т на 4 ГДж вырабатываемого холода
Снижение температуры воды при расчетах размеров теплообменной аппаратуры предприятий нефтехимии на 5 °С (с 30 до 25 °С)	Уменьшение на 23% площадь поверхности охлаждения теплообменников и на 20% расхода металла на их изготовление
Снижение температуры воды на установке пиролиза нефти мощностью 340 тыс.т/год на 2,3 °С	Уменьшение выработки топливно-энергетически ресурсов в год на 518 тыс.долларов США
Недоохлаждение воды в летний период относительно ее расчетной температуры на предприятиях по выработке химической продукции	Уменьшение среднегодовой выработки кальцинированной соды примерно на 3,4, аммиака - на 10, метанола - на 8, сернистого натрия - на 4,5, уксусной кислоты - на 11%

# Градирни (классификация)

По типу орошения различают

Пленочные

Капельные

Брызгальные



По способу подачи воздуха различают

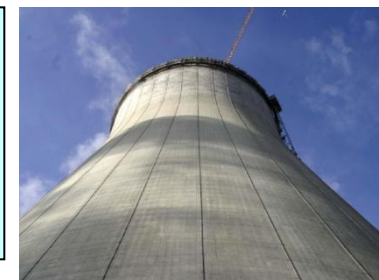
Вентиляторные

Секционные

Отдельно стоящие



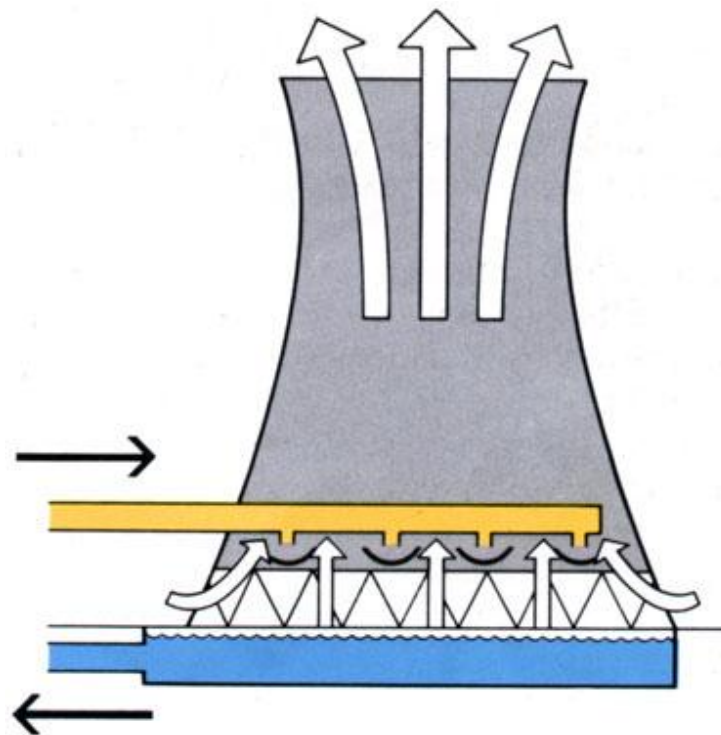
Башенные (создаётся тяга воздуха при помощи высокой вытяжной башни )



Атмосферные (использующие силу ветра и отчасти естественную конвекцию для протока воздуха через ороситель)



# Градирни (башенная градирня)



Средняя площадь оросителя, м <sup>2</sup>	915	1730	2060	2240	2680	3180
Средний диаметр оросителя, м	31,9	44,0	48,3	50,8	56,3	60,0
Высота башни градирни, м	42,7	55,3	64,1	79,3	85,5	64,6

# Градирни (вентиляторная градирня)

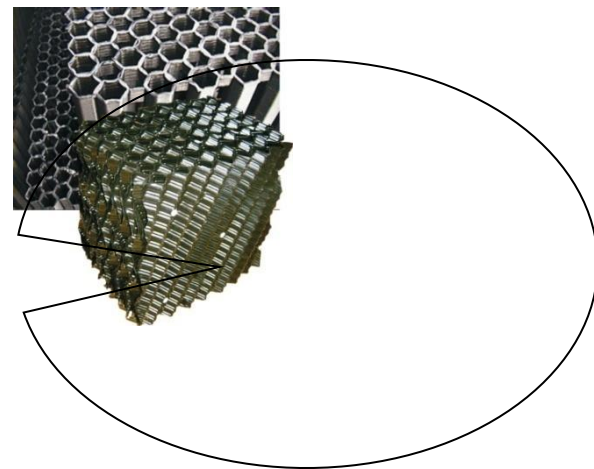
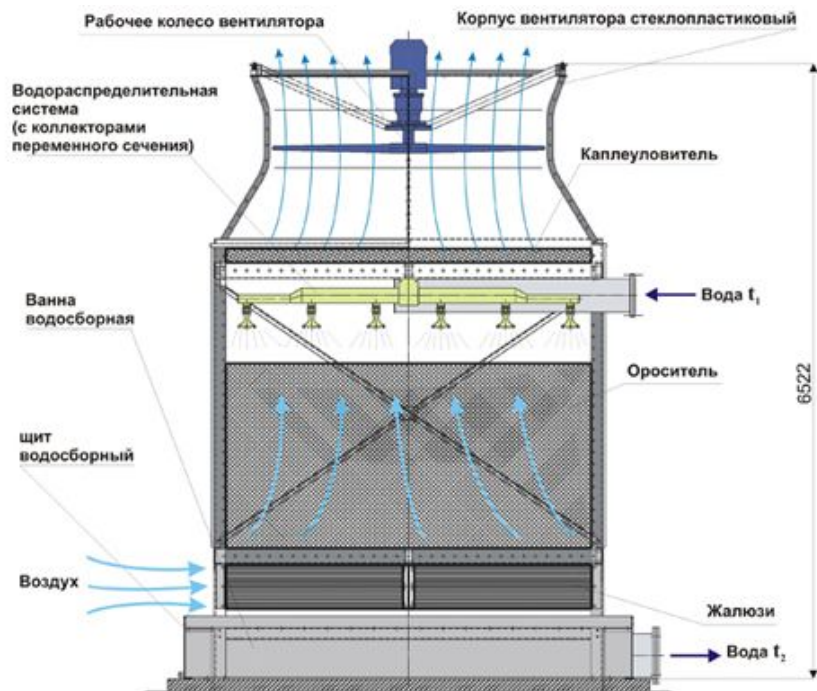


Схема воздушного потока в градирне

# Вентиляторная градирня



Две секции градирни



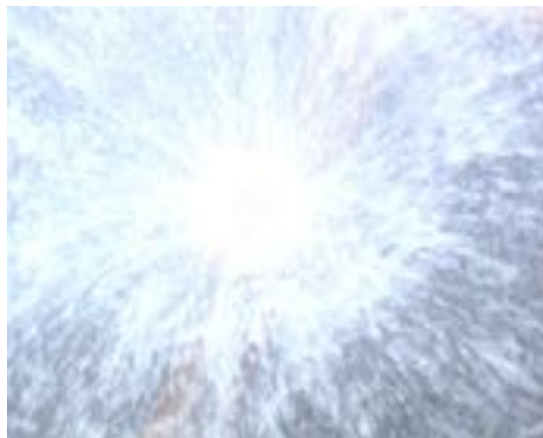
Вентилятор

# Орошающие устройства

Типовые



Нового поколения



# Некоторые элементы современных градирен



Тепломассообменные устройства



Водоуловители



Эвольвентные сопла



Регулирование воздуха

# Некоторые элементы современных градирен



Поворотные панели на Набережно-челнинской ТЭЦ

# Возведение современной градирни



Бетонирование опорного кольца

# Возведение современной градирни



Монтаж клеток лесов



# Возведение современной градирни



Высота 50 м

# Возведение современной градирни



Высота 120 м

# Возведение современной градирни



Высота 130 м

# Возведение современной градирни



Покраска оболочки

# Выбор циркуляционных насосов

Расход охлаждающей воды  $D_{\text{ОВ}}$ , кг/с, при конденсационном режиме приводится в данных завода-изготовителя конденсатора или рассчитывается по формуле

$$D_{\text{ОВ}} = m D_{\text{К}}^{\text{п}},$$

где  $D_{\text{К}}^{\text{п}}$  – максимальный расход пара в конденсатор, кг/с, определенный в расчете тепловой схемы;  $m$  – кратность охлаждения, кг/кг. Оптимальное значение  $m$  принимается в зависимости от системы водоснабжения и конструкции конденсатора ( $m = 45 \dots 100$ ).

Расчетный расход охлаждающей воды,  $D_{\text{ОВ}}^{\text{р}}$ , кг/с,

$$D_{\text{ОВ}}^{\text{р}} = 1,1 \dots 1,2 D_{\text{ОВ}}$$

выбирается с учетом подачи части воды на газо- и воздухоохладители генератора, маслоохладители, водяные эжекторы, водоподготовку и прочие нужды.



# Выбор циркуляционных насосов

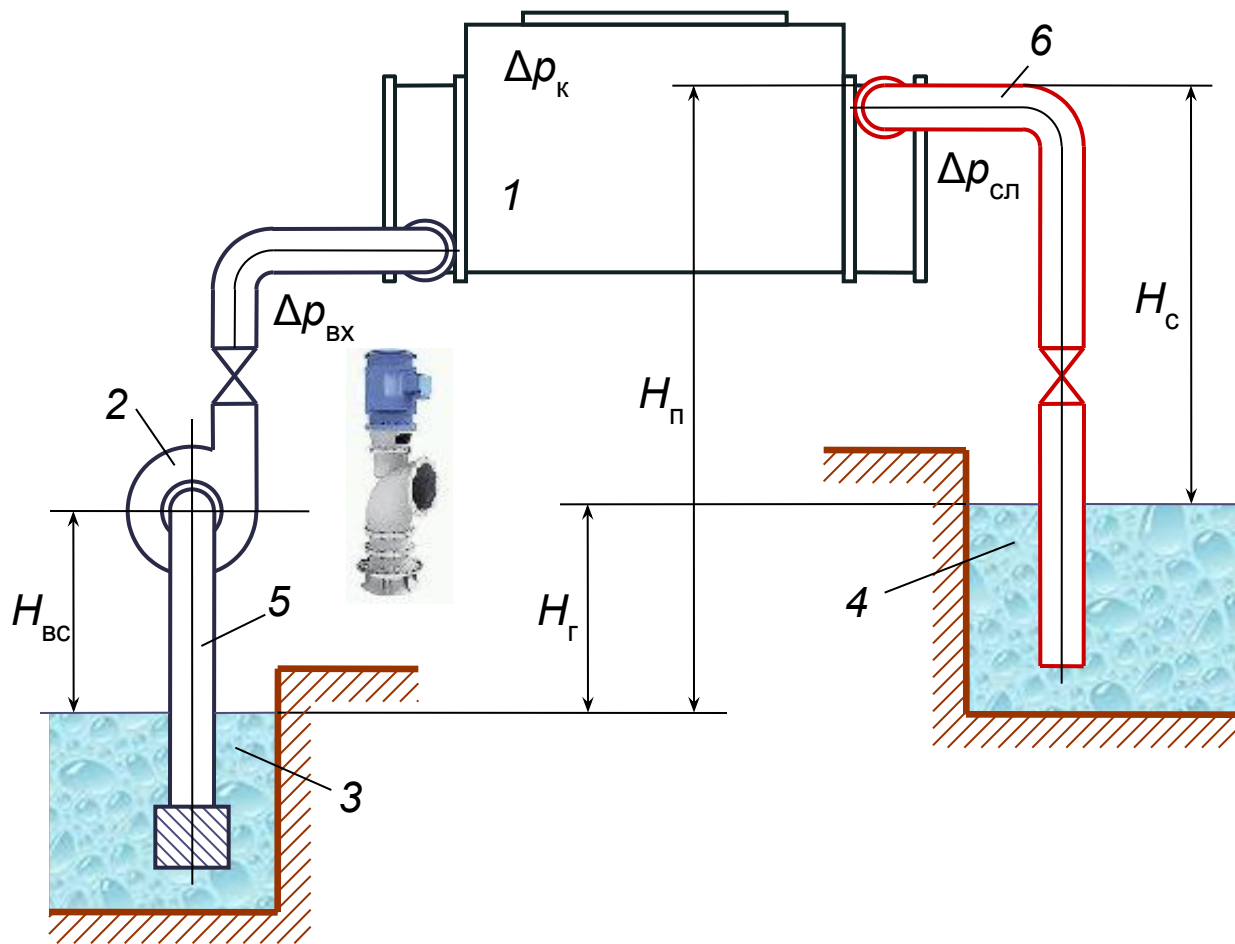
На электростанциях блочного типа принята блочная схема водоснабжения. Устанавливаются два циркуляционных насоса по 50% производительности *без резерва*. Каждый насос работает на свою систему, включающую напорный водовод, половину конденсатора и сливной водовод.

На неблочных ТЭС устанавливают не менее четырех насосов (без резерва). Резервные насосы предусматривают только на электростанциях, использующих для охлаждения морскую воду.

*Давление* циркуляционного насоса зависит от выбранной системы водоснабжения и размещения оборудования на территории ТЭС.



# Выбор циркуляционных насосов



1. Конденсатор
2. Циркуляционный насос
3. Приемный колодец
4. Сливной колодец
5. Всасывающая труба
6. Напорная магистраль

# Выбор циркуляционных насосов

Давление нагнетания насоса  $p_n$  при прямоточной схеме должно преодолевать гидравлическое сопротивление тракта и геодезический напор воды от уровня в приемном колодце до верха конденсатора  $H_n$ . Уменьшение расчетной величины подъёма при перетекании воды с одного уровня на другой можно достичь, используя свойства *сифона*. Реальная величина сифона  $H_c$  меньше теоретической (10 м) из-за сопротивления сливной линии и составляет 6,5...8 м. При использовании сифона давление нагнетания насоса  $p_n$ , кПа,

$$p_n = \Delta p_{вх} + \Delta p_k + \Delta p_{сп} + (H_n - H_c) g \rho \cdot 10^{-3}.$$

где  $\Delta p_{вх}$ ,  $\Delta p_{сп}$  – сопротивление входного и сливного трактов, каждое из них не должно превышать 20...25 кПа;  $\Delta p_k$  – сопротивление конденсатора,  $\Delta p_k = 40...60$  кПа.



# Выбор циркуляционных насосов

Давление во всасывающей патрубке циркуляционного насоса  $\Delta p_{\text{вх}}$  определяется допустимым кавитационным запасом, указываемом в типоразмере насоса; в среднем оно составляет 20...80 кПа.

На насосных станциях блочного типа применяются преимущественно вертикальные осевые насосы с поворотными лопастями (тип ОПВ) производительностью до 120000 м<sup>3</sup>/ч и давлении нагнетания от 70 до 220 кПа.

При оборотной системе водоснабжения с прудами-охладителями давление определяется так же, как в прямоточной схеме. В системах охлаждения с градирнями расчетное давление насосов существенно выше, чем при прямоточной схеме за счет подачи воды к оросительному устройству градирни на высоту 10...20 м и составляет 220...250 кПа.

**Спасибо за внимание**