

The image shows three large, cylindrical industrial cooling towers, likely from a nuclear power plant, at night. The towers are constructed from a complex metal lattice and are illuminated with red lights at various levels. The central tower is the most prominent, flanked by two others. The sky is a deep blue, and some ground-level structures and a bright light source are visible in the foreground.

Система технического водоснабжения

Расход технической воды на ТЭС и АЭС

Назначение	$G_{o.в}, \%$
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
Дополнительно для АЭС	
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

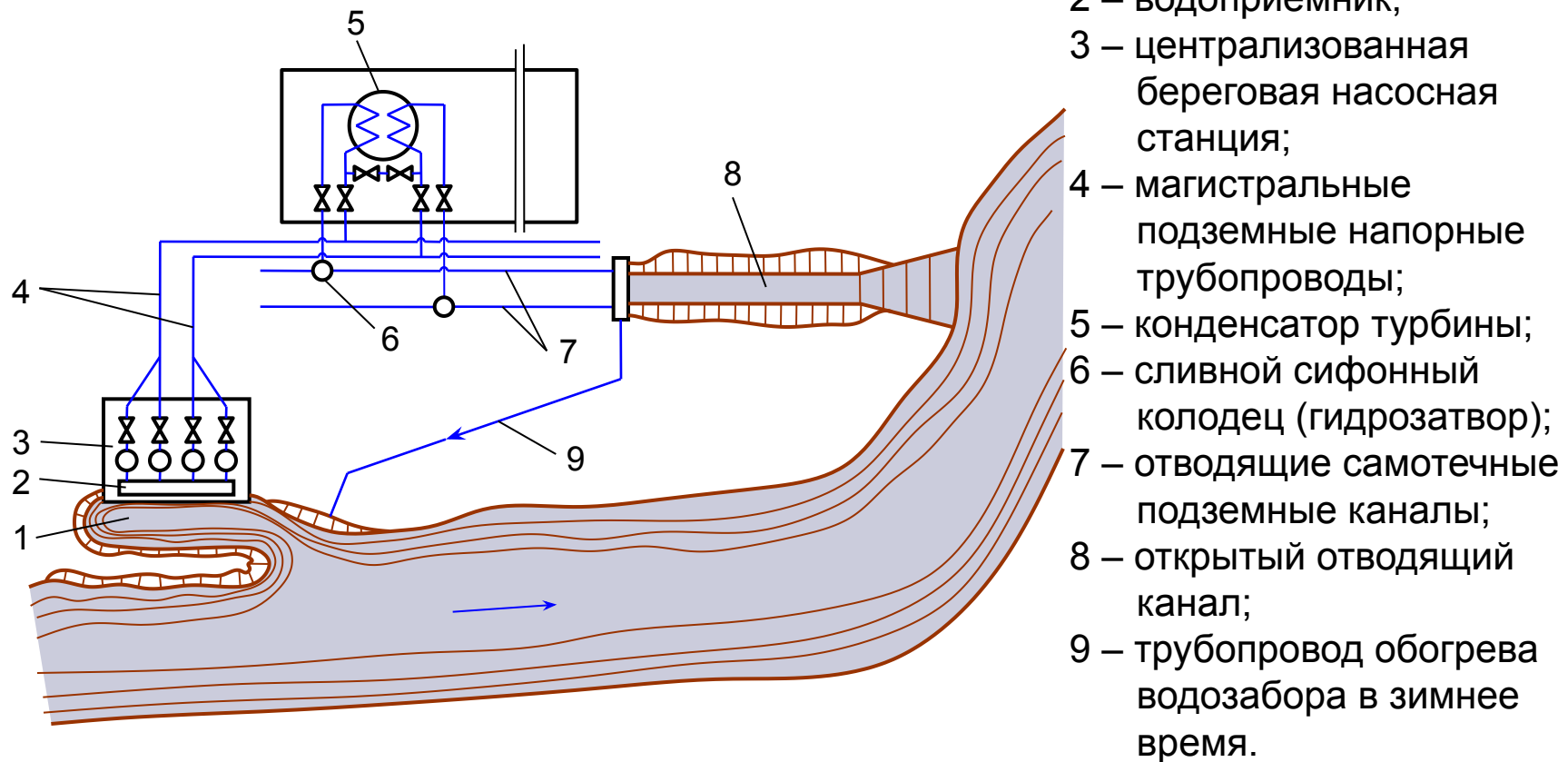
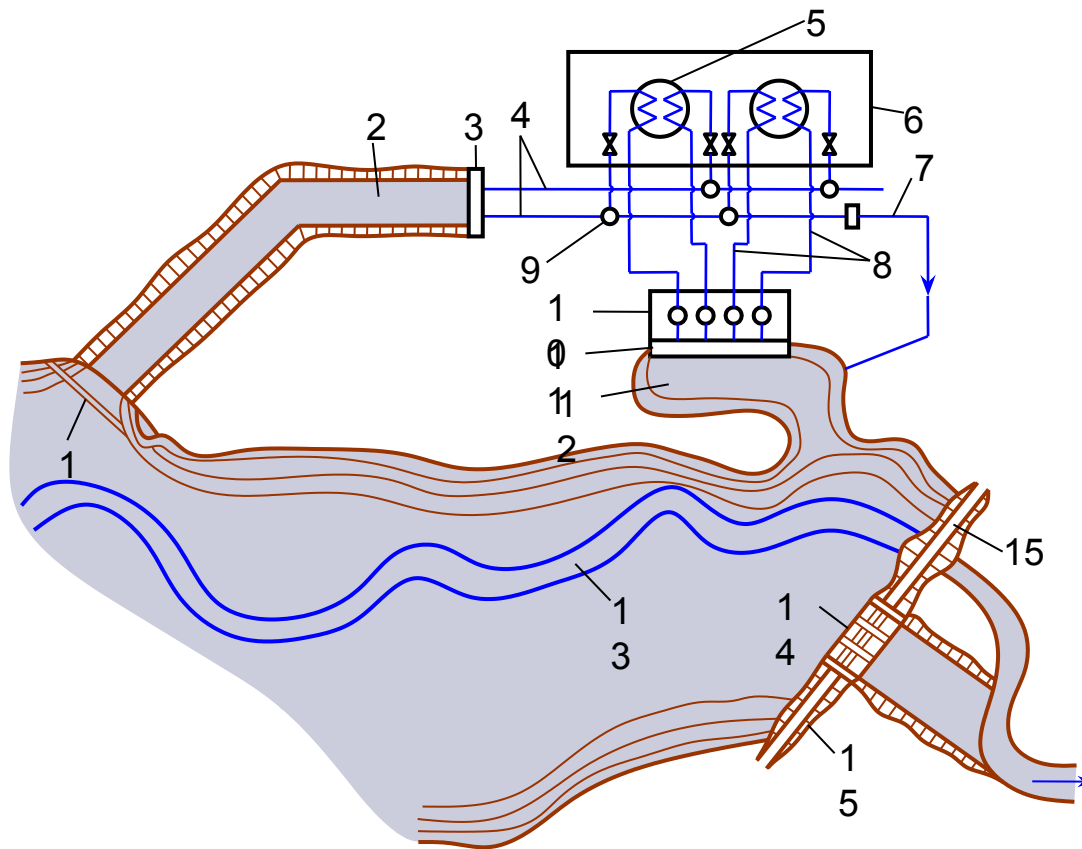


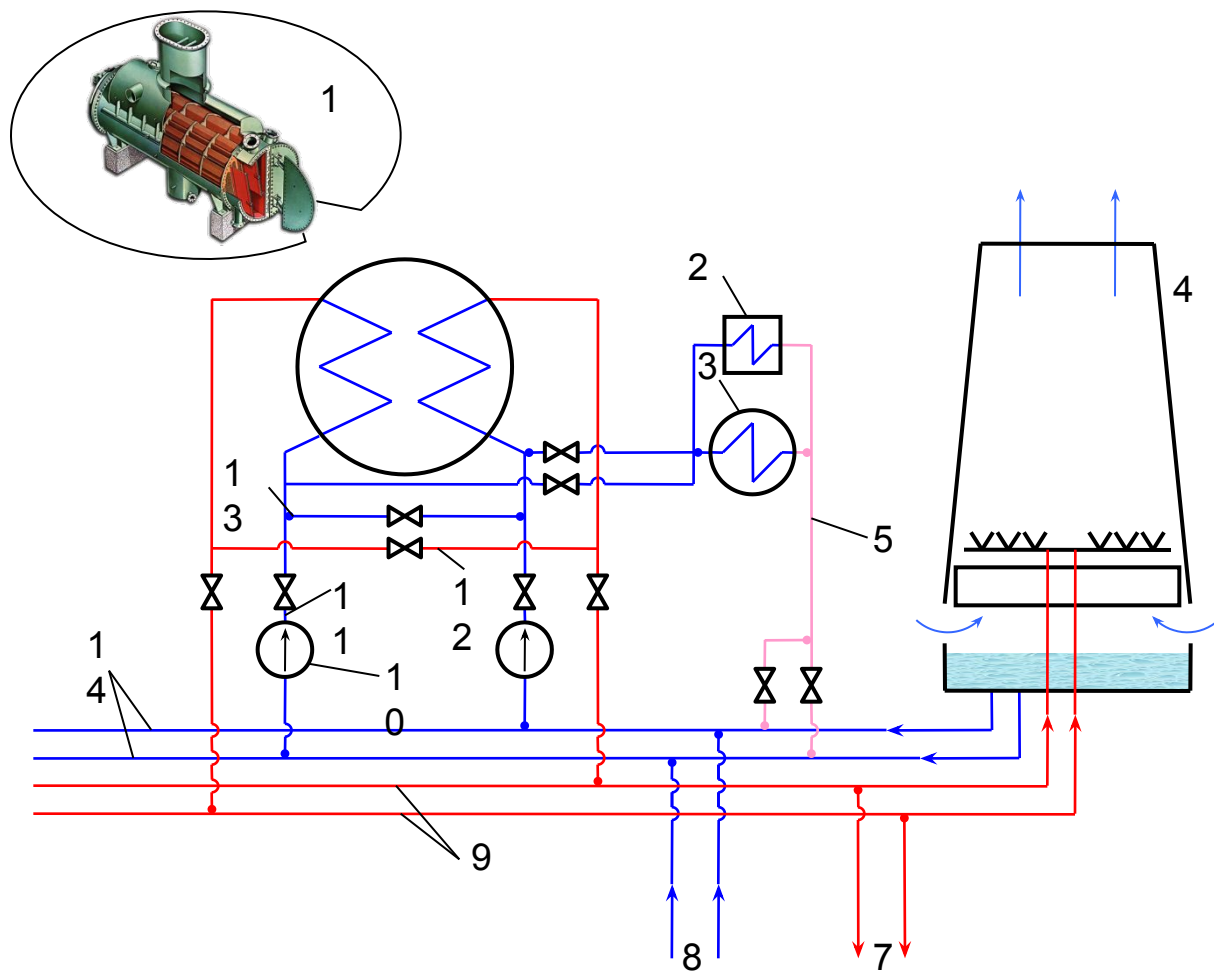
Схема оборотного водоснабжения с прудом-охладителем



- 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 оборотного водоснабжения ТЭЦ с



Градирни (влияние работы градирни на показатели ТЭУ)

Характер изменения температуры воды	Влияние на показатели работы оборудования
Снижение температуры воды, подаваемой на конденсаторы турбин КЭС , 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 ТЭС , 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 парозжекционных 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

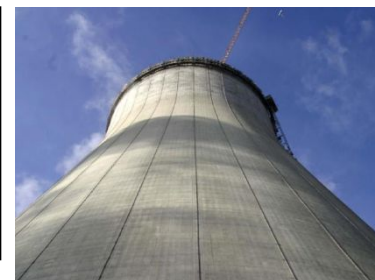
Вентиляторные

Секционные

Отдельно стоящие

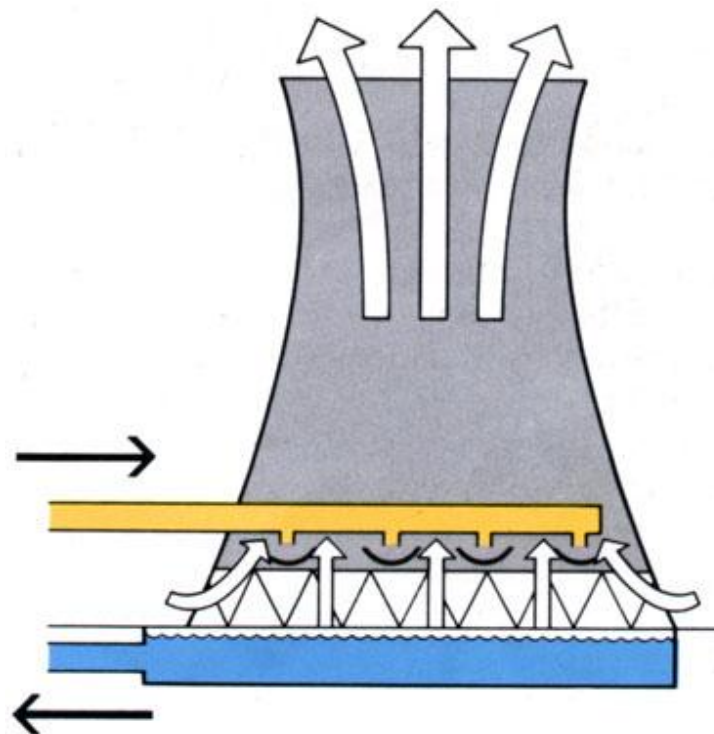


Башенные (создаётся тяга воздуха при помощи высокой вытяжной башни)



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

Градирни (башенная градирня)



Средняя площадь оросителя, м ²	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)

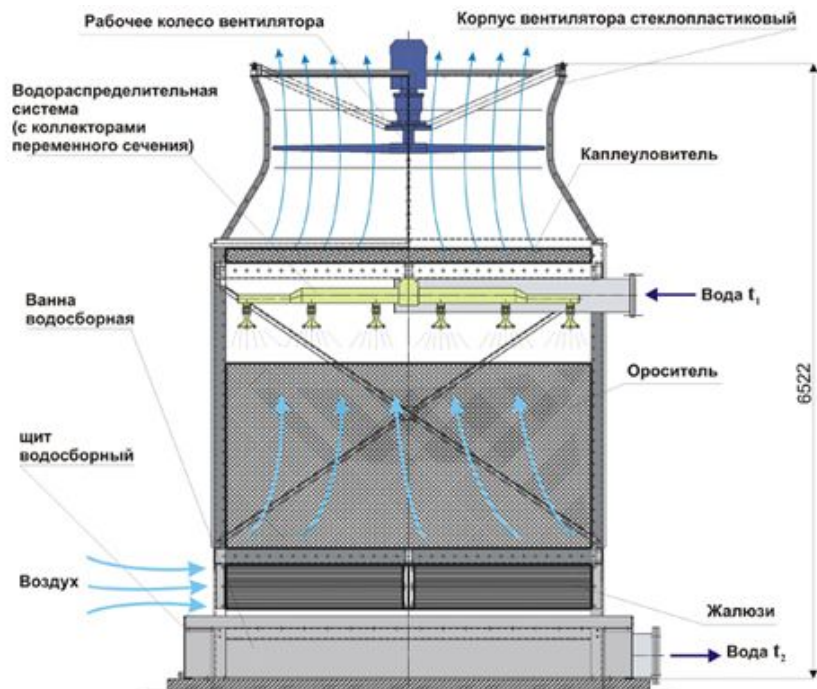
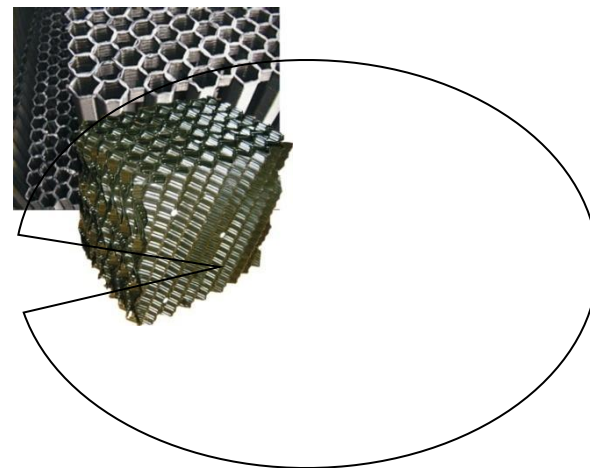


Схема воздушного потока в градирне



Вентиляторная градирня



Две секции градирни



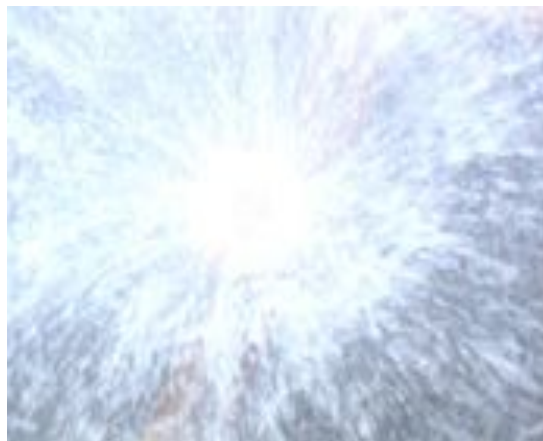
Вентилятор

Орошающие устройства

Типовые



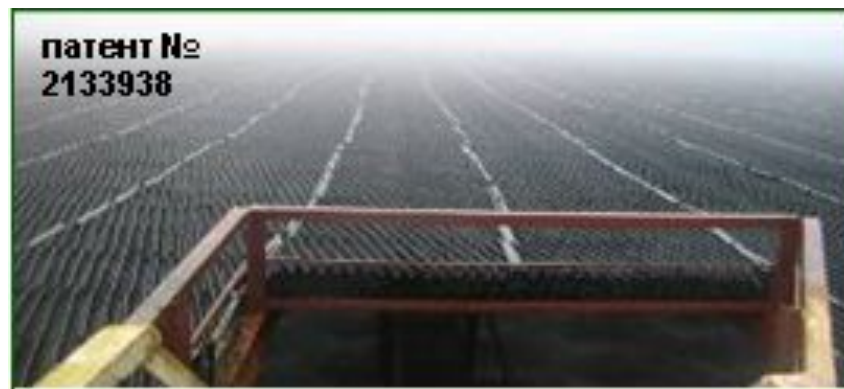
Нового поколения



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 $D_{ов}$, кг/с, при конденсационном режиме приводится в данных завода-изготовителя конденсатора или рассчитывается по формуле

$$D_{ов} = m D_{к}^п,$$

где $D_{к}^п$ – 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 ($m = 45...100$).

Расчетный расход охлаждающей воды, $D_{ов}^р$, кг/с,

$$D_{ов}^р = 1,1...1,2 D_{ов}$$

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



Выбор циркуляционных насосов

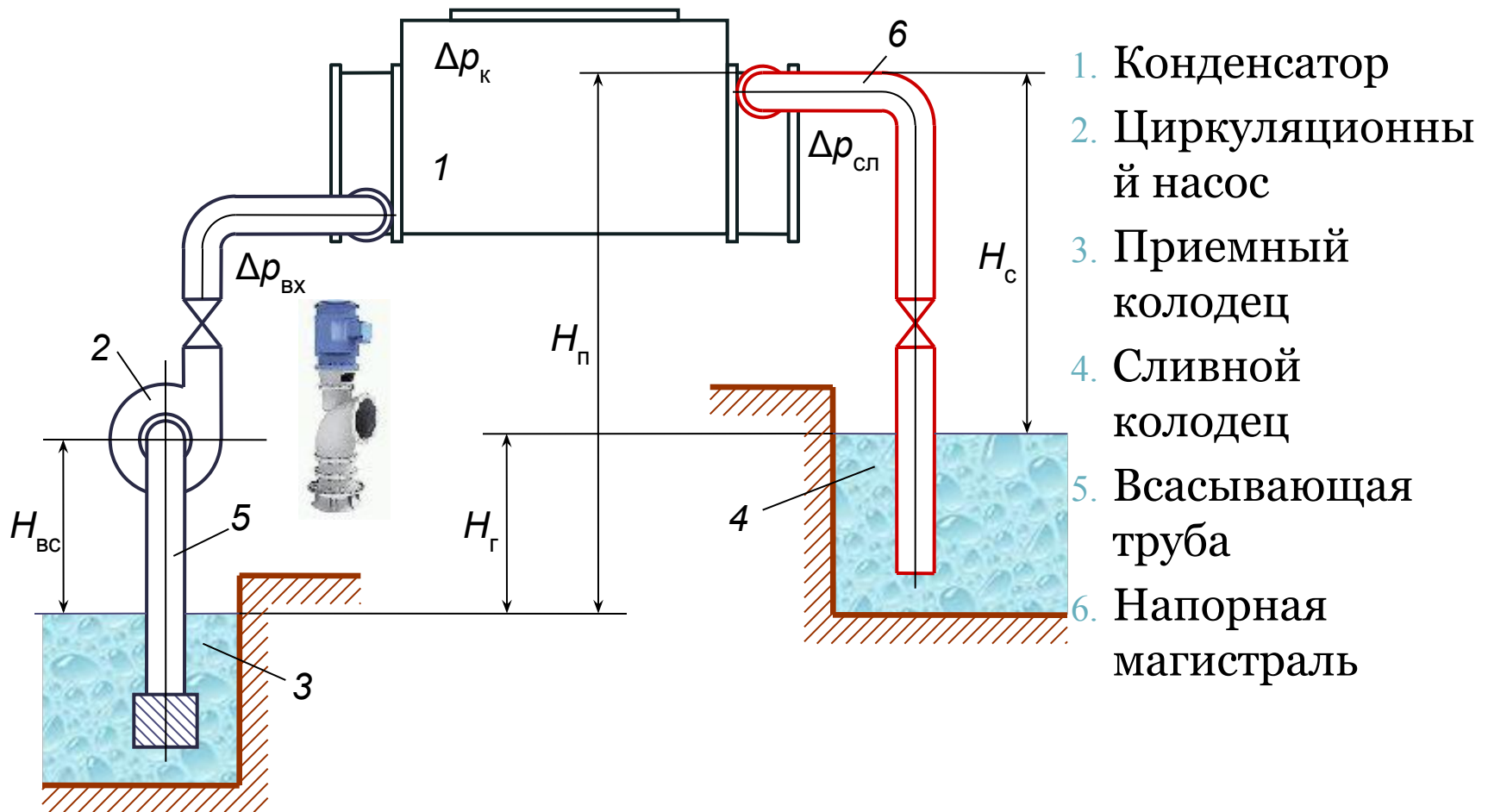
На электростанциях блочного типа принята блочная схема водоснабжения. Устанавливаются два циркуляционных насоса по 50% производительности *без резерва*. Каждый насос работает на свою систему, включающую напорный водовод, половину конденсатора и сливной водовод.

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



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; Δp_k – сопротивление конденсатора, $\Delta p_k = 40...60$ кПа.

Выбор циркуляционных насосов

Давление во всасывающем 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 м³/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