

ЛЕКЦИЯ 11

***Оборотная* система циркуляционного водоснабжения применяется, если по техническим или экономическим причинам нельзя использовать прямоточную. В оборотных системах вода используется многократно, периодически охлаждаясь в специальных устройствах.**

В качестве охлаждающих устройств могут использоваться природные или искусственные водохранилища (пруды-охладители), градирни или брызгальные бассейны.

Особенности оборотных систем:

- 1) более высокая температура циркуляционной воды, а значит более низкий вакуум в конденсаторе турбин;**
- 2) зависимость работы охлаждающего устройства от метеорологических условий (температуры воздуха, скорости ветра);**
- 3) необходимость восполнения потерь воды в охлаждающем устройстве.**

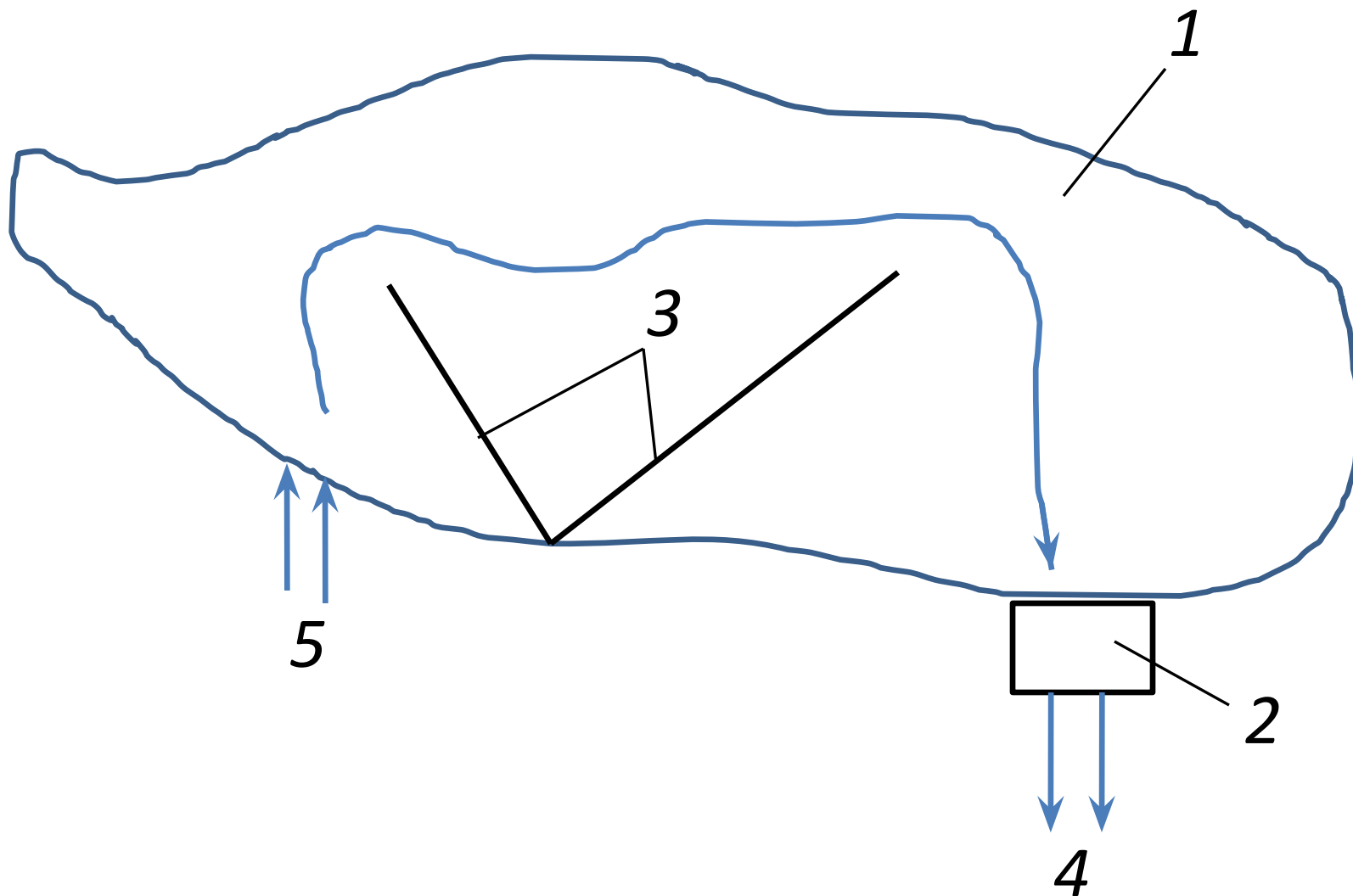
Пруды-охладители широко применяются в нашей энергетике. Они создаются на базе небольшой реки с переменными расходами воды.

Для задержки воды устанавливается плотина и образуется водохранилище.

Из водохранилища вода подается на конденсатор турбины. После конденсатора вода сбрасывается на расстояние, обеспечивающее ее охлаждение на 8–12 °С (10 км и более).

Удельная площадь поверхности пруда-охладителя, необходимая для охлаждения сбрасываемой теплой воды, равна 3–8 км² на 1000 МВт. Градирни, обеспечивающие аналогичную мощность охлаждения, занимают площадь не более 0,03 км². Однако стоимость системы водоснабжения с градирнями в 1,5 раза выше, чем с прудом-охладителем и в 2,5 раза выше прямоточной.

Схема оборотной системы с прудом-охладителем



Вода охлаждается за счет перемешивания с основным объемом, за счет испарения с поверхности и за счет конвективного теплообмена с воздухом.

Для характеристики прудов-охладителей используют понятие *активной площади* – площади, занимаемой движущимися потоками:

$$F_{\text{акт}} = kF_{\text{пр}},$$

где $F_{\text{пр}}$ – площадь полной поверхности пруда; k – коэффициент использования поверхности (для вытянутой формы $k = 0,8–0,9$; для круглого пруда $k = 0,4–0,5$).

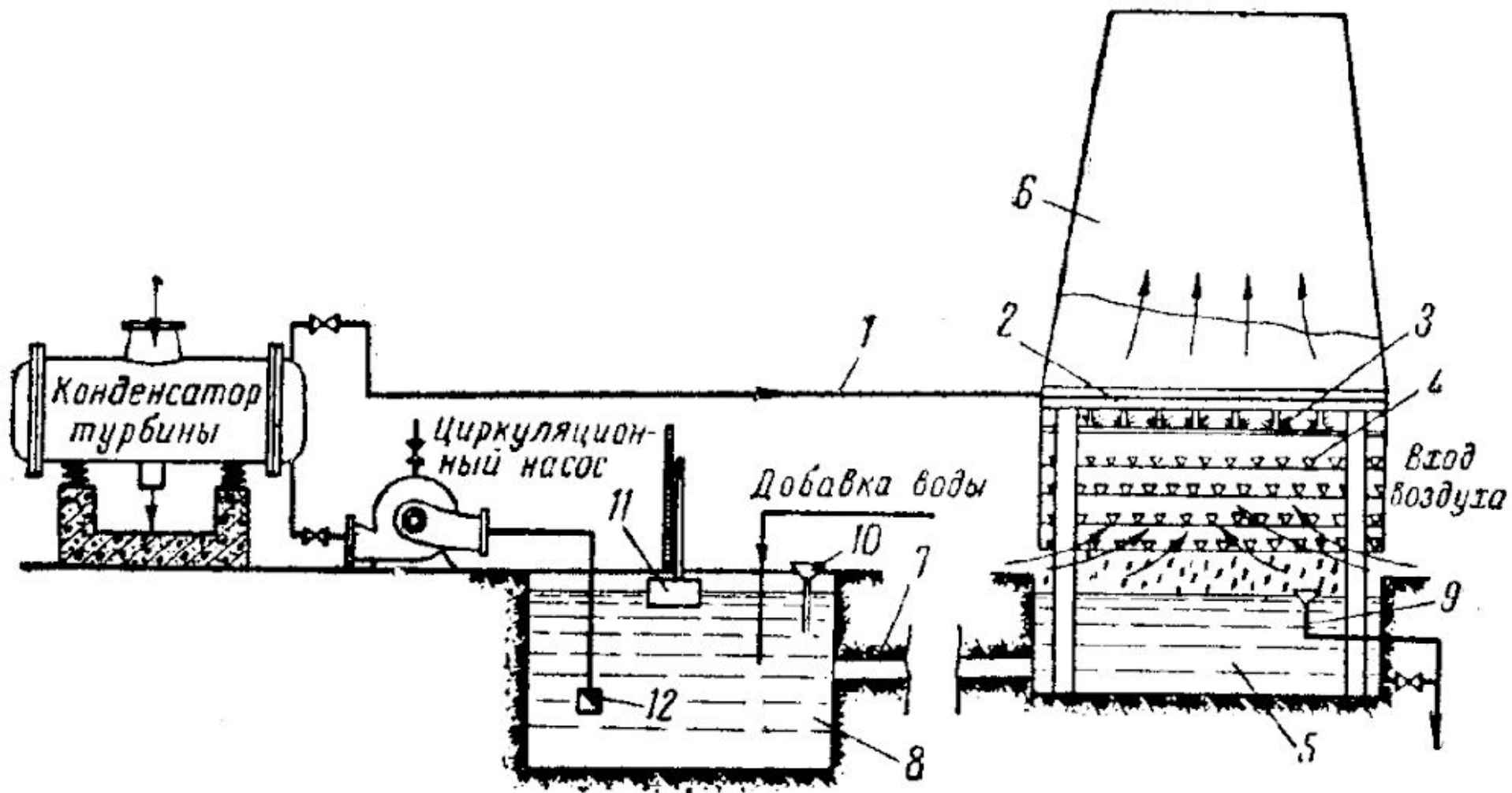
Системы обратного водоснабжения

с градирнями

На промышленных и отопительных ТЭЦ для охлаждения циркуляционной воды наиболее часто применяются градирни.

Их преимуществом является компактность.

***Градирня* – это тепломассообменное устройство, в котором охлаждение воды происходит за счет ее испарения и конвективного теплообмена с воздухом.**

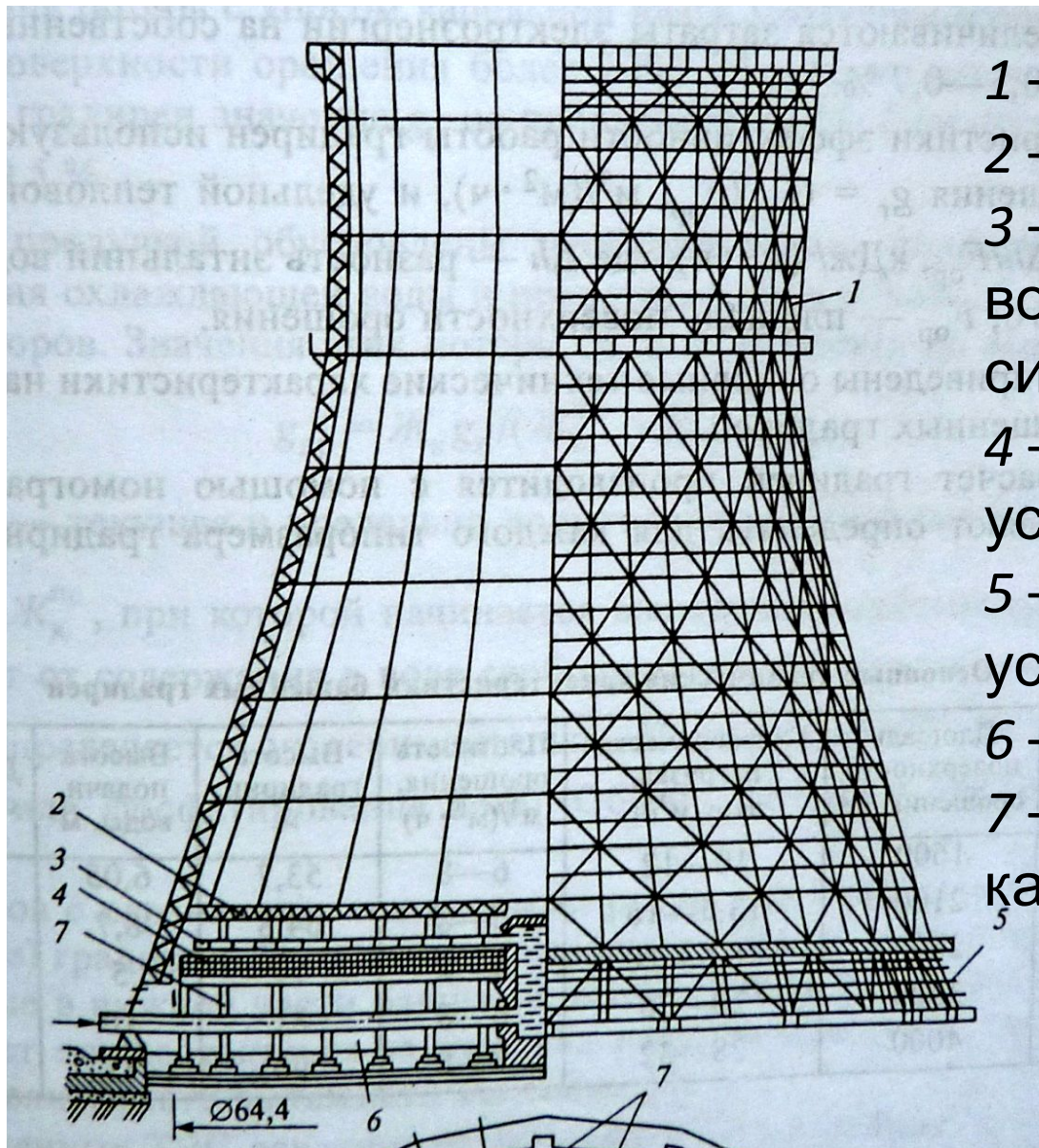


1 – напорный трубопровод; 2 – желоб со сливными трубами;
 3 – разбрызгивающие розетки; 4 – оросительное устройство;
 5 – сборный бассейн; 6 – вытяжная башня; 7 – самотечный канал; 8 – приемный колодец; 9 – продувка;

**По типу исполнения градирни
бывают *башенные и открытые*, с
естественной тягой и
вентиляторные.**

**По способу образования
поверхности охлаждения градирни
бывают *пленочные, капельные* и
брызгальные.**

Башенная градирня



- 1 – вытяжная башня;
- 2 – каплеуловитель;
- 3 – водораспределительная система;
- 4 – оросительное устройство;
- 5 – воздухорегулирующее устройство;
- 6 – водосборный бассейн;
- 7 – несущий опорный каркас





Для увеличения контакта воды с воздухом применяются различные оросительные устройства, с помощью которых вода, подаваемая из конденсатора, разделяется на струи или капли и стекает вниз. Охлаждение воды происходит за счет испарения и контакта с воздухом, поступающим в оросительные устройства через окна. Нагретый и насыщенный водяным паром воздух отводится из градирни.

В пленочных градириях оросительное устройств выполняется в виде щитов, изготовленных из асбоцементных листов, или гофрированных листов, изготовленных из полипропилена, поливинилхлорида (ПВХ) или пластмассовых элементов, имеющих форму сот. Устанавливаются они вертикально или с небольшим уклоном. Пленки нагретой воды стекают по листам и при контакте с воздухом охлаждаются. Воздух движется между

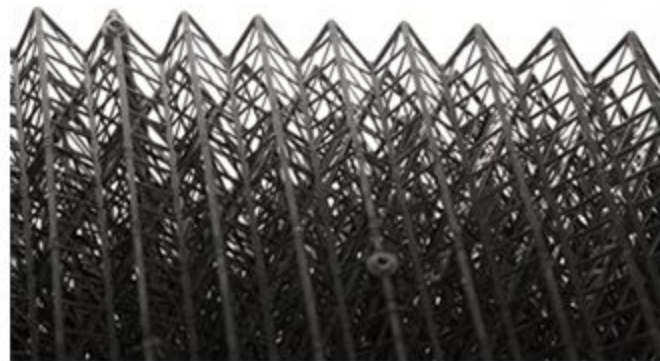
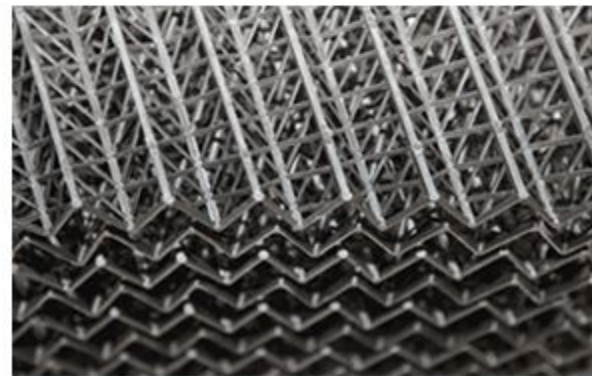
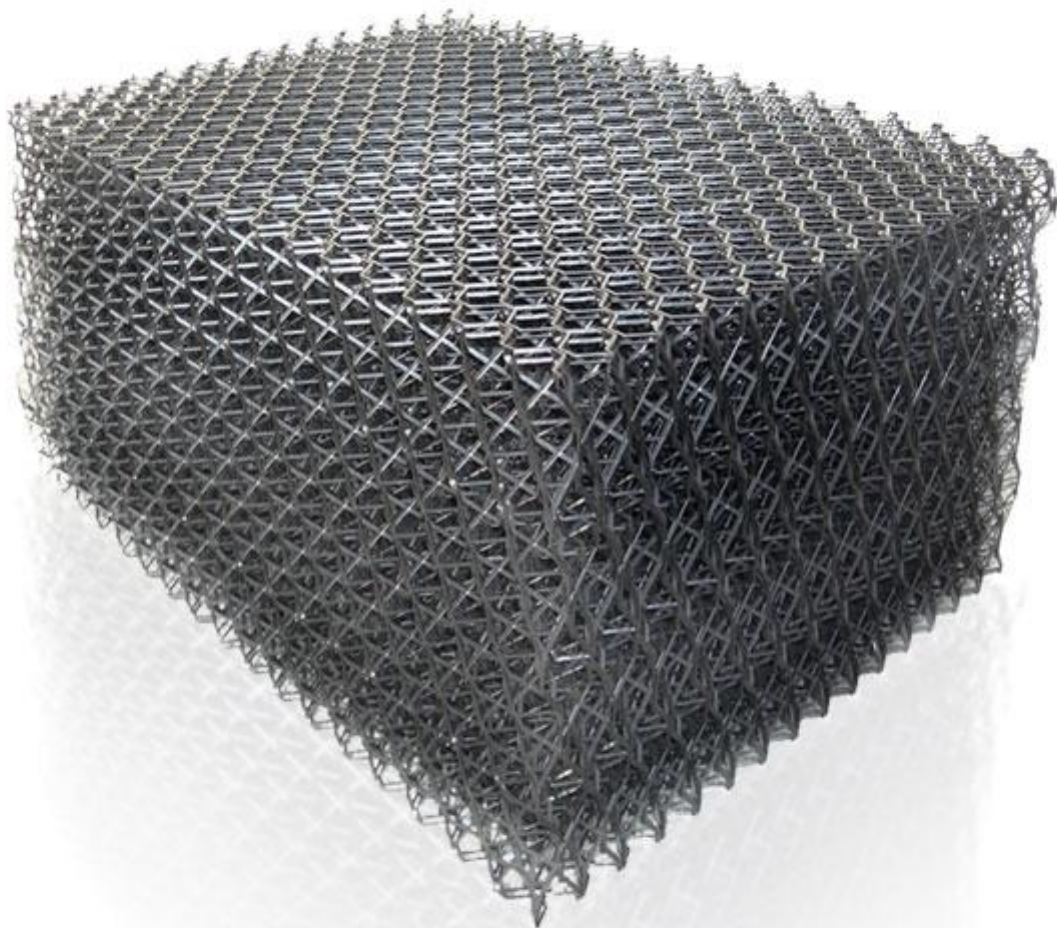
Пленочные оросители



В *капельных* оросителях вода падает в виде капель на горизонтальные ряды деревянных брусков или планок.

В современных капельных градириях оросительное устройство имеет сетчатую или решетчатую структуру. Выполняется из полипропилена, пластмассы.

Капельные оросители



В брызгальных градирнях вода распыляется соплами и в струях фонтанов охлаждается движущимся воздухом. Охлажденная вода собирается в бассейне.

Брызгальная градирня





Для энергетики РФ характерно применение пленочных башенных градирен с естественной тягой. Вытяжные башни выполняются из монолитного железобетона. Форма башни – параболический гиперболоид. Высота вытяжной башни крупных градирен достигает 100 м, диаметр выходного сечения 45–60 м. Естественная тяга возникает из-за разности плотностей наружного воздуха и нагретого и увлажненного воздуха внутри градирни.

**Под градирней сооружается бассейн
сбора воды глубиной до 2 м. В
районах**

**с жарким климатом применяют
градирни с искусственной
вентиляцией. В верхней части таких
градирен устанавливают
вентилятор. Это позволяет
существенно уменьшить габариты
вытяжной башни,
но при этом увеличиваются затраты
электроэнергии на собственные
нужды ТЭС на 0,5–0,7%.**

На небольших станциях используют открытые градирни (без башни). Движение воздуха в них осуществляется за счет ветра или за счет вентилятора. Достоинство – более низкие капитальные затраты. Недостаток – меньшая глубина охлаждения. Вокруг градирни открытого типа образуется туман.

Открытые градирни

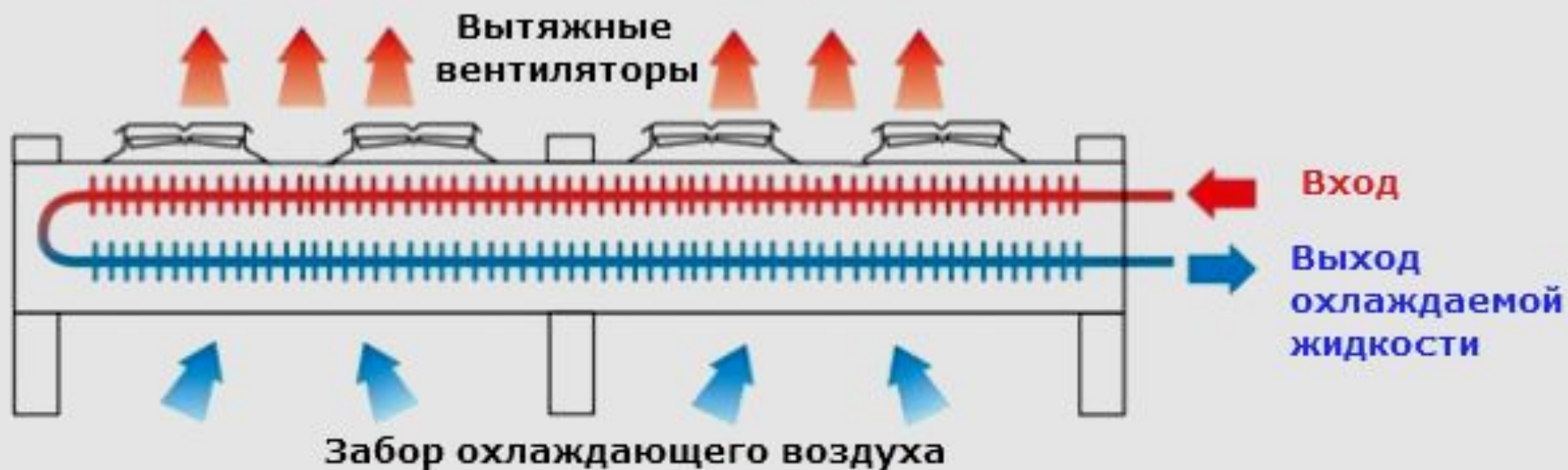




Удельная площадь градирен составляет 0,01–0,02 м²/кВт, что в 300–400 раз меньше по сравнению с площадью пруда-охладителя. Глубина охлаждения в градирнях меньше, чем в прудах-охладителях. Испарение воды в градирне приводит к потерям циркуляционной воды. Для компенсации потерь продувкой и испарением в систему вводится добавочная вода.

Для районов с ограниченными водными ресурсами находят применение радиаторные (сухие) градирни. Вода в таких градирнях прокачивается через ребристые теплообменники, установленные в нижней части башни, и охлаждается потоком воздуха. Движение воздуха может осуществляться как за счет естественной тяги, так и за счет вытяжного вентилятора.

Сухие градирни



Рёбристые трубки



Системы обратного водоснабжения

с брызгальными бассейнами

Используются для станций небольшой мощности. Это обычный бассейн прямоугольной формы глубиной 2,0–2,5 м. Над поверхность воды находятся трубы с разбрызгивающими соплами. Вода из конденсаторов, поступающая по трубопроводам, охлаждается за счет испарения при контакте с воздухом. Охлажденная вода из бассейна направляется в конденсаторы.

Вокруг бассейна образуется туман.

Брызгальный бассейн



Брызгальный бассейн



**При смешанной системе
технического водоснабжения обычно
используется река
и градирни или водохранилище и
градирни. Такая схема чаще всего
встречается
при расширении ТЭС.**

ОЧИСТКА ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

При сжигании 1000 т угля
НА ТЭС
выбрасывается в атмосферу порядка 25
т SO_2 , 10 т NO_x , 230 т CO_2 , 2 т золы
(остальная зола удаляется со шлаком и
улавливается
в золоуловителях).

Оценим годовой выброс золы
с небольшого котла КЕ-25-14С,
работающего на угле с теплотой
сгорания 18 МДж/кг

и зольностью $A^p = 50\%$

$$B = \frac{D(n_{\Pi} - n_{\PiВ})}{Q_H^p \eta_K} = \frac{25 \cdot (2789 - 4,19 \cdot 105)}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 3,63$$

$$G_3 = 0,5 \cdot 3,63 = 1,81$$

$$G_3^{\text{ун}} = G_3 \cdot 0,2 = 1,81 \cdot 0,2 = 0,362$$

**Основные мероприятия по очистке
дымовых газов от вредных веществ:**

- 1) глубокая очистка дымовых газов
от золы, оксидов серы и оксидов азота;**
- 2) предварительная переработка
топлива с целью извлечения
соединений серы;**
- 3) рациональное ведение топочного
процесса для уменьшения образования
оксидов азота;**

4) сооружение высоких дымовых труб, позволяющих рассеивать уходящие газы и снижать приземные концентрации вредных веществ;

5) устройство санитарно-защитных зон между ТЭС и жилыми объектами.

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ЗОЛОВЫХ ЧАСТИЦ В АТМОСФЕРУ

**Наибольшую зольность имеют
горючие сланцы и бурые угли, а также
некоторые сорта каменных углей
(например, экибастузские). Жидкое
топливо имеет небольшую зольность.
Природный газ является беззольным
топливом.**

**Современные золоуловители
благодаря высокой степени улавливания
золы позволяют значительно снизить
выбросы золы и довести их до весьма
малых значений.**

Криосификация золаугольщиков
иметь дело с частицами размером от
1 мм до 1 мкм.

**Для золоулавливания применяют
способы, основанные на
использовании:**

- гравитационных или инерционных сил;**
- молекулярных сил сцепления частиц
зола с пленкой воды или с ее струями;**
- электростатических сил
электрического поля;**
- фильтрования.**