

## Лекция 1

### **Значение водоподготовки тепловых электростанций**

Ведущая роль паротурбинных электростанций в централизованном электро- и теплоснабжении страны, а также большие единичные мощности агрегатов предъявляют весьма высокие требования к обеспечению их длительной, надежной и экономичной эксплуатации.

Возможность длительной бесперебойной эксплуатации ТЭС в значительной степени определяется интенсивностью протекания физико-химических процессов накипеобразования на поверхности нагрева парогенераторов, уноса солей, кремниевой кислоты и окислов металлов паром из испаряемой (котловой) воды и образования отложений их в проточной части паровых турбин, а также коррозии металла энергетического оборудования и трубопроводов. Интенсивность протекания всех этих процессов зависит от качества пара, питательной и котловой воды.

Оборудование современных ТЭС и АЭС эксплуатируется при высоких тепловых нагрузках, что требует жесткого ограничения толщины отложений на поверхностях нагрева, омываемых водой или паром. Повышенная чувствительность турбин высокого давления к загрязнению их проточной части не допускает даже небольшие отложения, поскольку они могут существенно снизить тепловую экономичность турбины. Опасность загрязнения питательной воды для прямоточных котлов сверхкритического давления возрастает в результате интенсификации коррозионных процессов с ростом температуры.

Использование водного теплоносителя высокого качества упрощает получение чистого пара, снижает скорости коррозии конструктивных материалов теплосилового оборудования. Таким образом, надежная и экономичная эксплуатация котлотурбинного оборудования и безопасность ядерных энергетических установок тесно связано с качеством обработки воды

Конечной целью водоподготовки является достижение экономичного и надежного водного режима электростанций путем изыскания и внедрения соответствующих способов подготовки воды и организации внутрикотловых процессов.

### **Методы обработки воды на тепловых электростанциях**

В настоящее время выработка электроэнергии в основном производится на электростанциях, работающих на органическом топливе (уголь, газ, мазут). Современные паротурбинные электростанции требуют значительного расхода воды, как технической, большая часть которой идет на конденсацию пара в конденсаторах, так и сырой для заполнения и подпитки пароводяного контура.

В атомной энергетике также применяются паротурбинные агрегаты, работающие на водяном паре. Поэтому подготовка воды на ТЭС является весьма ответственной задачей, так как от качества ее зависит надежность и экономичность эксплуатации оборудования. Для того, чтобы оборудование котлотурбинного цеха могло длительно работать без отложений в трубках котла и проточной части турбины, концентрации отдельных составляющих в питательной воде должна быть в пределах от 5 мг/кг до 100 мг/кг. Получать такую воду в необходимых количествах можно лишь применяя весьма совершенные методы ее обработки.

Вода на ТЭС используется для заполнения контура котлов и компенсации потерь пара и конденсата во время работы, подпитки тепловых сетей, а также для отвода теплоты в конденсаторах турбин и вспомогательных теплообменниках.

Наиболее высокие требования предъявляются к качеству воды, служащей для заполнения контура паротурбинной установки и подпитки его в процессе эксплуатации.

На ТЭС применяются различные методы обработки воды, которые можно разделить на безреагентные (физические) или методы, в которых используются различные препараты. Применяя химическую обработку (включая также методы ионного обмена) можно получить умягченную или глубоко обессоленную воду. При термической обработке воды всегда получают дистиллят, то есть воду с небольшим содержанием примесей.

Выбор метода обработки воды зависит от состава исходных вод, типа ТЭС, ее параметров, применяемого основного оборудования (котлов, турбин), системы теплофикации и горячего водоснабжения.

Влияние качества исходной воды на выбор метода ее обработки обусловлено ее щелочностью, жесткостью, содержанием кремниевой кислоты, нитритов, нитратов и т. д. Так, например, для парогенераторов низких и средних давлений природные воды с малой общей щелочностью (менее 2 мг-экв/кг) достаточно очищать на натрий-катионитных фильтрах, а природные воды с общей щелочностью выше 2 мг-экв/кг необходимо дополнительно снизить щелочность Н-катионированием, известкованием или подкислением. При повышенной некарбонатной жесткости (2-8 мг-экв/кг) добавочной питательной воды для барабанных парогенераторов сверхвысоких и сверхкритических давлений она подвергается обессоливанию по схеме двухступенчатого Н-катионирования и анионирования и обескремниванию в декарбонизаторе, для прямоточных парогенераторов – обессоливанию по схеме трехступенчатого Н-катионирования и анионирования с промежуточной декарбонизацией. При значительном содержании кремниевой кислоты природная вода (для барабанных парогенераторов высокого и сверхвысокого давлений) подвергается либо магниальному обескремниванию либо обескремниванию в сильноосновных анионитных фильтрах.

## **Типы тепловых электростанций**

Основным назначением ТЭС является снабжение предприятий и коммунального хозяйства электрической энергией, паром и горячей водой.

По виду отпускаемой энергии различают *конденсационные* электростанции (КЭС) – с паровыми конденсационными турбоагрегатами, отпускающие электрическую энергию, и *теплоэлектроцентрали* (ТЭЦ), отпускающие внешним потребителям электрическую энергию и тепловую энергию с паром или горячей водой.

На электростанциях, предназначенных только для производства электроэнергии, устанавливаются паровые турбины с глубоким вакуумом, так как чем ниже давление пара на выходе из турбины, тем большая часть энергии рабочей среды превращается в электрическую. При этом основной поток пара конденсируется в конденсаторе и большая часть энергии, содержащейся в паре, теряется с охлаждающей водой.

ТЭЦ по характеру теплового потребления можно классифицировать следующим образом: *промышленного* типа, с отпуском предприятиям пара для технологических процессов; *отопительного* типа, с отпуском тепла обычно с горячей водой для отопления и вентиляции зданий и для бытовых нужд населения; *промышленно-отопительного* типа, с отпуском пара и горячей воды для технологических и отопительных нужд.

По типу двигателей различают ТЭС паротурбинные (ПТУ) и газотурбинные (ГТУ).

ГТУ мощностью порядка 30 МВт выгодно применять на газотурбинных ТЭЦ в небольших городах вместо котельных. ГТУ мощностью 60-120 МВт можно использовать для расширения ТЭЦ с паровыми турбинами типа Т или ПТ.

Типичная схема обращения воды в рабочих циклах конденсационных электростанций (КЭС) приведена на рис. 1.1.

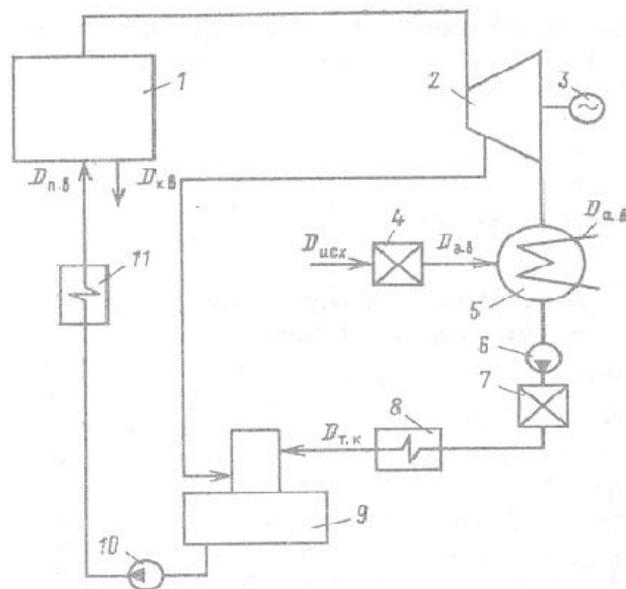


Рис. 1.1. Принципиальная схема обращения воды в тракте КЭС:

1 – котел, кипящий реактор; 2 – конденсационная турбина; 3 – электрогенератор; 4 – ВПУ; 5 – конденсатор турбины; 6 – конденсатный насос; 7 – конденсатоочистка (БОУ); 8 – ПНД; 9 – деаэратор; 10 – питательный насос; 11 – ПВД

Тепловая схема конденсационной электростанции состоит из: парового котла, предназначенного для производства пара; турбины и электрогенератора, служащих для превращения механической энергии вращения турбины паром в электрическую; конденсатора, для превращения пара в воду; конденсатного насоса, предназначенного для подачи конденсата через регенеративные подогреватели в деаэраторы. Деаэратор служит для удаления из воды растворенных в ней газов. Деаэрированная вода питательным насосом через подогреватели подается в экономайзер парового котла. Газы, образующиеся при горении в топочной камере, проходят через газоходы котла, где в пароперегревателе и водяном экономайзере отдают теплоту рабочему телу и воздуху. Воздух, необходимый для горения, подается в воздухоподогреватель дутьевым вентилятором. Потери пара и конденсата восполняются химически обессоленной водой, которая подается в линию конденсата за конденсатором

турбины. Охлаждающая вода подается из источника водоснабжения циркуляционными насосами. Выработанная электроэнергия отводится от генератора к потребителям через повышающие трансформаторы.

Типичная схема обращения воды в рабочих циклах теплоэлектростанций (ТЭЦ) приведена на рис. 1.2.

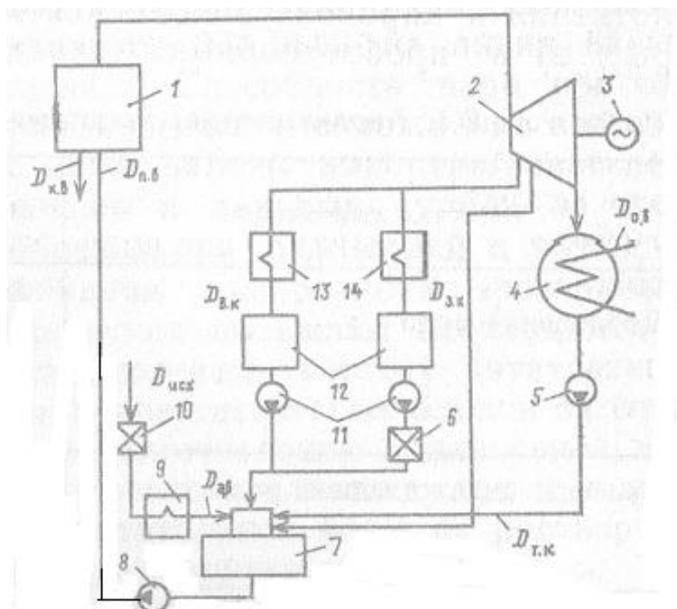


Рис. 2. Принципиальная схема обращения воды в цикле ТЭЦ:

1 – котел; 2 – турбина с отборами пара для нужд производства и теплофикации; 3 – электрогенератор; 4 – конденсатор; 5 – конденсатный насос; 6 – установка очистки возвратного загрязненного производственного конденсата; 7 – деаэратор; 8 – питательный насос; 9 – подогреватель добавочной воды; 10 – ВПУ; 11 – насосы возвратного конденсата; 12 – баки возвратного конденсата; 13 – теплофикационный потребитель пара; 14 – производственный потребитель пара.

ТЭЦ могут иметь турбины с противодавлением (Р) или с конденсацией и регулируемым отбором. Имеются установки с одним регулируемым отбором (Т), двумя отборами (ПТ), из которых один является теплофикационным, другой – производственным, или же установки с одним производственным и двумя теплофикационными отборами.