

УДК 621.165

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДЕАЭРАТОРОВ В ТЕПЛОВЫХ СХЕМАХ ТЭС

Сокол Д.И.

Научный руководитель – старший преподаватель Пронкевич Е.В.

Термические деаэратеры по способу нагревания воды классифицируются на деаэратеры смешивающего типа и деаэратеры перегретой воды. В первых вода нагревается вводимым в головку аппарата паром. В деаэратере перегретой воды последняя вводится в деаэратер под давлением выше давления насыщения, то есть в перегретом состоянии. При снижении (редуцировании) давления перегретая вода испаряется, пар нагревает деаэрируемую воду, газы выделяются и выводятся с выпаром из деаэратера. Эти деаэратеры (перегретой воды) применяются в практике тепловодоснабжения при отсутствии источников пара для деаэрации.

Вакуумные деаэратеры и деаэратеры атмосферные, работающие на добавочной умягченной воде, имеют своей задачей не только удаление растворенного в воде кислорода, но и удаление углекислого газа и разложение бикарбонатов натрия.

В вакуумных деаэратерах, работающих при давлении $0,3 \text{ кгс/см}^2$, остаточное содержание кислорода, растворенного в деаэрируемой воде, может достигать до 30 мкг/кг (при норме 50 мкг/кг), полностью удаляется свободная углекислота и в небольшой мере (около $6,5 \%$) происходит разложение бикарбоната натрия.

При использовании вакуумных деаэратеров должен обеспечиваться средний подогрев воды на $15 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$ в диапазоне изменения производительности от 30 до 120% номинальной нагрузки.

Деаэратеры атмосферные типа ДСА с теплоносителем в виде смешивающегося с водой водяного пара, нагревающего воду до кипения, работают при давлении, немного превышающем нормальное атмосферное давление (до $1,2 - 1,3 \text{ кгс/см}^2$).

Они должны обеспечивать остаточную концентрацию кислорода в воде не выше 30 мкг/кг для котлов с естественной циркуляцией, работающих при средних давлениях до 40 кгс/см^2 и не выше 20 мкг/кг для котлов с естественной циркуляцией, работающих при высоких давлениях от 40 до 100 кгс/см^2 . Эти требования указаны в существующих правилах технической эксплуатации (ПТЭ). Двухступенчатые деаэратеры типа ДСА обычно применяют в теплоэлектроцентралях с большими и переменными расходами добавочной воды, умягченной $\text{H}^+ - \text{Na}^+$ -катионированием.

Деаэратеры типа ДСА могут быть использованы в установках для подпитки тепловых сетей и дегазации воды централизованных систем горячего водоснабжения, имеющих водяной пар для обеспечения требуемого нагрева деаэрируемой воды обычно до температуры $104 \text{ }^\circ\text{C}$. Отечественная промышленность производит целый ряд деаэратеров типа ДСА колоночного исполнения деаэрирующей головки, различающиеся по производительности от 5 до 300 т/ч .

Все высокопроизводительные деаэратеры ДСА обычно изготавливаются в виде аппаратов двухступенчатого барботажного исполнения с отдельным подводом водяного пара над зеркалом воды в баке-аккумуляторе со стороны противоположной деаэрирующей колонки, устанавливаемой у одного из торцов бака. Такой подвод пара предусматривает не только организацию – встречного потока пара и воды в колонке деаэратера, но и надежную вентиляцию пространства над водой в баке-аккумуляторе. Вторым местом ввода пара является погружное барботажное устройство у днища бака-аккумулятора в стороне, противоположной месту расположения деаэрирующей колонки.

Барботаж пара через толщу воды в баке-аккумуляторе увеличивает глубину деаэрации и приводит к остаточной концентрации кислорода в деаэрируемой воде до 15 мкг/кг ; при норме до 30 мкг/кг в деаэратерах ДСА и до 5 мкг/кг в деаэратерах ДСП при норме 10 мкг/кг .

Однако такой барботаж вызывает расход пара в количестве 20 кг/т воды для деаэраторов ДСА и 12 кг/т воды для деаэраторов ДСП.

На блочных КЭС и крупных промышленных ТЭЦ, где добавочная вода в конечном виде приготавливается путем глубокого ионитового обессоливания и декарбонизации, нет необходимости в разложении бикарбонатов натрия ввиду их отсутствия. Вода, поступающая на деаэрацию, содержит относительно небольшую концентрацию кислорода. В этих условиях обычно применяют термические деаэраторы типа ДСП с колоночным одноступенчатым устройством.

Давление пара, подаваемого в колонку деаэратора, составляет обычно от 6 до 8 кгс/см².

При исходном кислороде около 1 мг/кг остаточное содержание кислорода в деаэрируемой воде достигается от 5 до 10 мкг/кг. Объем бака-аккумулятора обычно рассчитывается исходя из запаса на 30-минутный расход питательной воды парогенератором. Следует заметить, что согласно правилам технической эксплуатации (ПТЭ) содержание кислорода после конденсатных насосов (при нагрузках более 50 %) должно быть для котлов до 100 кгс/см² не более 50 мкг/кг и для котлов более 100 кгс/см² – не выше 20 мкг/кг.

Следует отметить большую роль главных конденсаторов паровых турбин как аппаратов вакуумной деаэрации конденсата и добавочной воды, которая вводится в цикл через главный конденсатор. Режим главного конденсатора при вакууме, достигающем 97 %, при отсутствии подсосов воздуха и охлаждающей воды через неплотности, сальниковые уплотнения конденсаторных насосов, при эжекции газов из пространства главного конденсатора, обеспечивает условия деаэрации жидкой фазы, находящейся в объеме главного конденсатора, и оказывает значительное улучшение условий последующей деаэрации питательной воды в штатном термическом деаэраторе.

Основными факторами, определяющими преимущества вакуумных деаэраторов перед деаэраторами других типов, например перед атмосферными аппаратами на тепловых электростанциях, являются:

- в схемах деаэрации подпиточной воды теплосети - применение пара низкопотенциальных отборов или отработанного пара турбин ТЭЦ для подогрева теплоносителей перед вакуумными деаэраторами и устранение потерь конденсата греющего пара за счет использования в качестве греющего агента перегретой подпиточной или сетевой воды;

- в схемах деаэрации добавочной питательной воды котлов - снижение давления пара отопительных отборов турбин, в схему которых включены вакуумные деаэраторы, до уровня, определяемого температурным графиком работы теплосети, и использование низкопотенциальных нерегулируемых отборов турбин для регенеративного подогрева деаэрированной воды.

Основными частями вакуумной деаэрационной установки являются деаэратор, газоотсасывающее устройство, теплообменники, трубопроводы и бак-аккумулятор.

До 50 % нарушений режима вакуумной деаэрации приходится на неисправности устройств для удаления выпара, которые, безусловно, являются самыми ненадежными узлами деаэрационных установок.

Достаточно простым техническим решением, позволяющим повысить гидродинамическую устойчивость деаэратора, является установка в испарительном отсеке параллельно барботажному листу волногасительной решетки. Решетку следует изготавливать из вертикально устанавливаемых металлических полос и крепить к стенкам испарительного отсека с достаточным запасом прочности. Полосы решетки, расположенные перпендикулярно направлению потока перегретой воды, гасят кинетическую энергию потока, благодаря чему снижается интенсивность волнообразования и под всей площадью барботажного листа поддерживается более равномерная паровая подушка.

Снижению интенсивности волнообразования под барботажным листом способствовало устранению вертикальной перегородки между деаэрационным и испарительным отсеками в модернизированном варианте деаэратора горизонтального типа.

Существенного повышения гидродинамической устойчивости вакуумного деаэратора можно добиться организацией раздельного слива из аппарата деаэрированной воды и воды, не испарившейся в испарительном отсеке.

Для поддержания необходимого перепада давлений на барботажном листе трубопровод слива воды из испарительного отсека выполняется в виде гидрозатвора. Высота гидрозатвора и соответствующий ей перепад давлений на барботажном листе могут изменяться с помощью открытия или закрытия задвижек на перемычках между подъемной и отпусковой частями гидрозатвора.

На гидродинамическую устойчивость деаэратора помимо особенностей конструкции существенно влияет режим работы трубопровода слива деаэрированной воды из аппарата. Вопросы организации нормального режима работы сливных трубопроводов вакуумных деаэраторов почти не нашли отражения в литературе и недооцениваются при проектировании и эксплуатации вакуумных деаэрационных установок.

Деаэрированная вода, как и вода, не испарившаяся в испарительном отсеке, сливается самотеком из деаэратора в промежуточный бак или непосредственно в бак-аккумулятор под действием сил гравитации. Емкость, в которую сливается вода, находится под атмосферным давлением.

В случае, если вода сливается в верхнюю, воздушную часть емкости, как это иногда предусматривается проектами деаэрационных установок, при частичном заполнении водой сечения сливного трубопровода в нем возможно наличие двух движущихся навстречу друг другу фаз: воды, сливающейся из деаэратора, и воздуха, подсасываемого в деаэратор из промежуточного бака. В связи с этим ввод сливного трубопровода в промежуточный бак следует выполнять таким образом, чтобы выходное сечение трубопровода было всегда заполнено водой. При работе вакуумного деаэратора в сливном трубопроводе поддерживается столб воды, высота подъема которого $\Delta H_g = H_g - H_{но}$ зависит от разрежения в деаэраторе.

Коррозионным повреждениям очень подвержены и подогреватели исходной недеаэрированной воды, особенно при работе водоподготовительной установки по традиционному тепловому режиму, с подогревом химически очищенной воды, содержащей значительное количество диоксида углерода, до температуры 60-70 °С. Срок службы подогревателей значительно увеличивается при сосредоточении подогрева исходной воды перед декарбонизаторами и снижении ее до температуры 35-50 °С. Однако и в этом случае срок службы латунных трубных пучков теплообменников не превышает 5 лет. В связи с этим технически и экономически оправдано изготовление трубных систем этих подогревателей из коррозионно-стойких материалов.

На некоторых предприятиях серьезно ухудшает работу деаэраторов повторное насыщение кислородом деаэрированной воды в баках-аккумуляторах. По проведенным наблюдениям при хорошо организованном подводе воды в баки-аккумуляторы, исключаящем интенсивные вертикальные токи воды в них, повторному насыщению подвержен лишь незначительный слой воды у ее поверхности. При надежном антикоррозионном покрытии стенок баков насыщение кислородом этого слоя не представляет опасности.

Однако в случае невозможности предотвратить интенсивное перемешивание воды в баках защита от повторного насыщения кислородом необходима. В небольших промежуточных баках вакуумных деаэрационных установок, работающих в цикле подготовки питательной воды, целесообразно создание над поверхностью воды паровой подушки с незначительным избыточным давлением.

Нередко к понижению надежности работы вакуумных деаэрационных установок приводит несовершенство их проектных схем. Наиболее распространенной проектной

недоработкой является отсутствие в схемах ТЭЦ теплообменников для достаточного подогрева потоков воды перед вакуумными деаэраторами. Так, в большинстве проектных схем установок для подпитки теплосети подогрев исходной воды предусматривается лишь во встроенных пучках конденсаторов теплофикационных турбин, а в качестве греющего агента в деаэраторах используется вода после основных сетевых подогревателей. Эта схема не обеспечивает надежного подогрева теплоносителей перед деаэраторами, поскольку режим работы подогревателей сетевой воды и встроенных пучков конденсаторов существенно изменяется в течение года. В отопительный период, когда турбины работают с минимальными пропусками пара в конденсаторы, не обеспечивается необходимый подогрев исходной воды во встроенных пучках, а в теплое время года температура воды после сетевых подогревателей оказывается недостаточной для нормальной работы вакуумных деаэраторов.

Вакуумные деаэрационные установки являются ответственными технологическими узлами тепловых электростанций и котельных, однако, как показано выше, надежность их основных элементов относительно невысока. Коэффициент готовности вакуумных деаэрационных установок, рассчитываемый как отношение времени их работы и нахождения в резерве в исправном состоянии к календарному времени, на различных предприятиях составляет 0,4-0,9.

Литература

1. Рихтер, Л.А. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / Л.А. Рихтер, Д.П. Елизаров, В.М. Лавыгин. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.
2. Назмеев, Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС: учебное пособие для вузов / Ю.Г. Назмеев, В.М.Ловыгин. – М.: МЭИ, 2005. – 260 с.