

УДК 621.165

**ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНЫХ ДЕАЭРАТОРОВ
В ТЕПЛОВЫХ СХЕМАХ ТЭС**

Пантелей Д.Е., Дячѐк О.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Пронкевич Е.В.

Очистка конденсата и всей питательной воды от растворенного кислорода является важнейшей задачей водоприготовления вследствие большой коррозионной активности кислорода.

Опасной особенностью кислородной коррозии является ее местный характер, то есть процесс разрушения металла не происходит равномерно по всей поверхности, а лишь в отдельных местах, но на большую глубину. Такую коррозию еще называют язвенной коррозией, которая может привести к непригодности парогенератор или отдельные узлы системы. Именно эти обстоятельства приводят к необходимости глубокой очистки питательной воды от растворенного в ней кислорода.

Для обескислороживания питательной воды разработаны методы, основанные на физических и химических принципах.

Наиболее распространенным в теплоэнергетике физическим методом обескислороживания воды является метод термической деаэрации. Он сводится к нагреванию воды водяным паром, иногда перегретой водой до кипения. Растворимость кислорода в воде с увеличением температуры уменьшается до нуля, и кислород вместе с другими компонентами воздуха и иными растворенными газами, какими обычно являются CO_2 и иногда NH_3 , удаляется из деаэратора с частью водяных паров, суммарно называемых выпаром. Аппараты, предназначенные для удаления газов из воды, называют термическими деаэраторами. При возрастании температуры воды растворимость кислорода в воде убывает.

При температуре, когда упругость (давление) водяных паров внутри жидкости становится равным давлению газов и паров над жидкостью, наступает кипение жидкости, то есть жидкость испаряется не только с поверхности, но и по всему объему. Следовательно, растворимость газов в жидкости, а значит и кислорода в воде становится равной нулю.

Когда парциальное давление газов в пространстве над водой становится равным нулю, растворимость газов в воде также равняется нулю, то есть полностью отсутствует.

Абсолютная величина давления в пространстве над водой не влияет на эффект деаэрации. Это позволяет производить термическую деаэрацию воды при давлениях выше и ниже атмосферного при условии, чтобы температура деаэрируемой воды была равна температуре ее кипения при данном давлении.

Эта закономерность лежит в основе осуществления термической деаэрации как в вакуумных деаэраторах и главных конденсаторах паровых турбин, так и в термических деаэраторах, работающих в режиме атмосферного или повышенного давления. Однако доведение деаэрируемой воды до кипения,

является необходимым условием, в то же время недостаточно для практического осуществления деаэрации.

Успешное протекание деаэрации при достижении кипения воды должно обеспечиваться оптимально организованной диффузионной кинетикой процесса выделения газов в части диффузии газов из объема жидкости к ее поверхности, десорбции газов при переходе из жидкости в парогазовую фазу и, наконец, путем возможно полной эвакуации парогазовой смеси из объема над жидкостью.

Подаваемая в деаэратор вода должна проходить через устройства, превращающие поток воды в тонкоструйные или пленочные формы, чтобы максимально увеличить долю поверхности воды по отношению к ее объему. Уменьшение вязкости и поверхностного натяжения нагретой воды способствует ускорению диффузии газов из объема жидкости к разделу фаз и десорбции газов в объем над жидкостью.

Углекислый газ и аммиак, если они присутствуют в воде, деаэрируются значительно труднее кислорода в связи с гидролизом и образованием истинно растворенных гидратированных ионов, таких как HCO_3^- и NH_4^+ .

При современных щелочных водных режимах блочных установок за счет гидразина и аммиака, последний в некоторых количествах циркулирует по пароводяному тракту, проходя через главный конденсатор и деаэратор. Удаление углекислоты следует считать положительным, удаление азота – сопутствующим явлением.

Деаэрированная вода стекает в аккумуляторный бак, откуда поступает в трубопровод питательной воды. В некоторых конструкциях деаэраторов водяной пар вводится не только в нижнюю часть головки, но еще и под слой воды в баке-аккумуляторе, что увеличивает глубину обескислороживания воды и одновременно увеличивает расход пара на порядок, то есть до 12-20 кг/т воды.

Греющий водяной пар к некоторой мере конденсируется при контакте с нагреваемой водой. Незначительная часть несконденсировавшегося пара выводится из верхней части головки деаэратора вместе с газами и проходит теплообменник или специальный охладитель выпара, где отдает тепло исходной воде. Затем производится сепарация выпара, то есть отделение конденсата от несконденсировавшихся газов и конденсат пара снова может быть возвращен в линию деаэрируемой воды.

Вакуумные деаэраторы применяются в системах горячего водоснабжения с температурой ниже $100\text{ }^\circ\text{C}$ (от 40 до $70\text{ }^\circ\text{C}$).

По проектам ЦКТИ изготавливается мощностной ряд вакуумных деаэраторов производительностью от 5 до 300 т/ч деаэрируемой воды. Деаэраторы большей производительности (400, 800, 1200, 2000 и 3200 т/ч) монтируются из типовых секций по 400 т/ч производительностью каждая.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема вакуумного струйно-барботажного двухступенчатого деаэратора горизонтального типа.

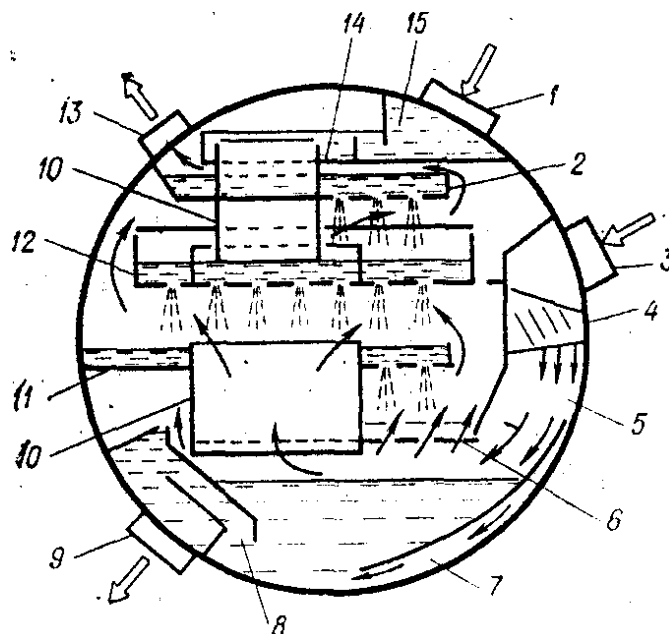


Рисунок 1 – Принципиальная схема вакуумного струйно-барботажного двухступенчатого деаэратора горизонтального типа

Подвергаемая деаэрации вода подается по трубопроводу 1 в коллектор 15 и из него переливается в дырчатую тарелку 14, а затем заполняет тарелку 2, струйно переходит на тарелку 12, затем на тарелку и на барботажное устройство 6, промываемое паром, как это показано на схеме стрелками.

Затем вода выходит из деаэратора по трубе 9. Другим потоком через трубу 3 в деаэратор вводится горячая вода с температурой от 70 до 150 °С, вскипает, сепарируется на жалюзийном устройстве 4 и в отсеке 5 превращается в два потока: верхний – пара и нижний – конденсата.

Конденсат в каналах 7 и 8 смешивается с деаэрируемой водой и выходит по трубе 9. Водяной пар, преодолевая сопротивление воды в устройстве 6, барботирует через воду, способствуя выносу растворенного кислорода из воды. Этому же способствуют потоки пара, пронизывающие струи воды, падающие из 2, 12 и 11 тарелок. Кроме пути через барботажное устройство, водяной пар частично проходит непосредственно под струйные тарелки через два короба 10. Выделившиеся из воды газы и несконденсировавшийся водяной пар, так называемый выпар, выводится через трубу 13.

В вакуумных деаэраторах происходит удаление растворенного в воде кислорода, углекислого газа и разложение бикарбонатов натрия.

Средний подогрев воды в вакуумных деаэраторах в диапазоне 15-25 °С.

В главных конденсаторах паровых турбин осуществляется вакуумная деаэрация конденсата и добавочной воды.

Глубокая деаэрация подпиточной воды позволяет защитить пиковые подогреватели, водогрейные котлы и тепловые сети от интенсивной коррозии, устранить недопустимое повышение содержания окислов железа в воде и предотвратить повышение ее цветности.

Использование вакуумных деаэраторов в схемах турбин позволяет упростить тепловую схему турбины, сократить количество вспомогательного

оборудования, ликвидировать потерю конденсата из питательной системы ТЭЦ, увеличить мощность турбины за счет снижения давления пара в отборах и значительно увеличить годовую выработку электроэнергии на тепловом потреблении.

Процесс деаэрации под вакуумом происходит труднее, чем при атмосферном или повышенном давлении. Объясняется это тем, что при снижении температуры воды от 120 до 0 °С растворимость газов в воде растет, а коэффициенты массоотдачи в жидкой фазе при прочих равных условиях существенно уменьшаются. Поэтому для достижения равной глубины деаэрации интенсивность обработки воды в вакуумных деаэраторах должна быть выше, чем в аппаратах других типов. Следовательно, и конструкция вакуумных деаэраторов должна быть более совершенной.

Основными факторами, определяющими преимущества вакуумных деаэраторов перед деаэраторами других типов, 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.

Литература

1. Рихтер, Л.А. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов / Л.А. Рихтер, Д.П. Елизаров, В.М. Лавыгин [и др.] – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.
2. Тепловые электрические станции: Справочное пособие / Под общ. ред. А.В. Клименко и В.М. Зорина. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 648 с.
3. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок/ Ю.М. Бродов, К.Э. Аронсон, А.Ю. Рябчиков, М.А. Ниренштейн; под общ. ред. Ю.М. Бродова. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. – 586 с.