

УДК 621.186.68

О.А. ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук; доц. НТУ «ХПИ», г. Харьков
А.В. ГУБАНОВА, студентка НТУ «ХПИ», г. Харьков
Т.В. ЗЕНИНЕЦ, студент НТУ «ХПИ», г. Харьков

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ДЕАЭРАЦИИ И РАЗМЕРЫ ДЕАЭРАТОРА

Представлено схему руху води і пари та аналіз процесу термічної деаерації в деаераторі підвищеного тиску струменево-барботажного типу ДП-2000. Приведені результати аналізу впливу діаметру отворів в водорозподільній тарілці та підігріву основного конденсату перед деаератором на ефективність деаерації та розміри деаератору.

The scheme of water and vapor movement and analysis of thermal deaeration in high-pressure deaerators of jet-bubbling type DP-2000 is presented. The results of the influence of diameter holes in the plate and heating of main condensate before deaerator on the efficiency of deaeration and on the size of deaerator are presented.

Известно, что углекислота и кислород, растворимые в питательной воде, предназначенной для питания котлов, способствуют коррозии конструкционных материалов. Углекислота непосредственно не вызывает коррозию, однако ее присутствие активизирует этот процесс. Наличие кислорода в воде сказывается на процессе электрохимической коррозии и ускоряет его. Присутствие кислорода, углекислоты, как и других газов в питательной воде крайне нежелательно, поэтому необходима возможно более полная деаэрация питательной воды.

Наиболее эффективным в плане удаления всех неконденсирующихся газов из питательной воды является метод термической деаэрации. Термическая деаэрация – процесс десорбции газа, при котором происходит переход растворенного газа из жидкости в находящийся с ней в контакте пар. Процесс термической деаэрации проходит в соответствии с законом Генри, суть которого заключается в том, что растворимость газа пропорциональна его парциальному давлению в среде на границе контакта фаз [1]

$$c_r = k_r p_r = k_r (p_{\text{общ}} - p_{\text{H}_2\text{O}}).$$

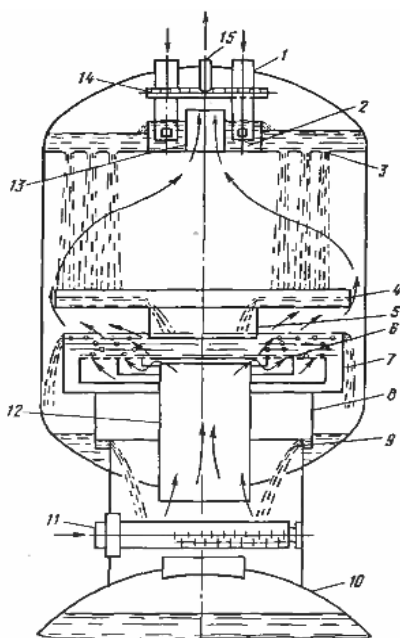
Здесь k_r – коэффициент растворимости газа (зависит от температуры), мг/(кг·МПа), p_r – парциальное давление газа, МПа, $p_{\text{общ}}$, $p_{\text{H}_2\text{O}}$ – суммарное давление и давление водяных паров, МПа.

Таким образом, доведение воды до состояния кипения, т.е. заполнение всего пространства над ней водяным паром снижает парциальное давление неконденсирующихся газов над поверхностью раздела фаз до нуля.

Другим условием перехода газов из воды в паровое пространство является увеличение площади контакта воды с паром, чтобы максимально приблизить частицы потока деаэрируемой воды к поверхности раздела фаз. Это достигается дроблением потока воды на тонкие струи, капли или пленки, а также при барботаже пара через тонкие слои воды. Эффективная деаэрация достигается при полном отводе выделившихся газов за счет непрерывной вентиляции и вывода их из деаэратора. Газ из деаэратора отводится вместе с выпаром. Выпар деаэратора может использоваться в качестве рабочего пара для эжекторов.

Для исследования процесса деаэрации был выбран деаэратор повышенного давления ДП-2000, который устанавливается в линию регенеративного подогрева питательной воды тепловой схемы установки К-500-240 между подогревателями низкого и высокого давления и служит для дегазации питательной воды и ее подогрева [2]. Производительность деаэратора – 2000 т/ч, рабочее давление 0,7 МПа, рабочая температура (температура насыщения) 165 °С. Деаэратор выполнен в виде вертикальной цилиндрической колонки диаметром 3400 мм, которая размещается над баком-аккумулятором. Бак-аккумулятор емкостью 150 м³ предназначен для аккумуляции питательной воды. Кроме того, в нем заканчивается процесс дегазации воды (выделение дисперсных газов и разложение бикарбонатов).

Деаэратор ДП-2000 представляет собой колонку струйно-барботажного типа, в которой есть струйный отсек, обеспечивающий подогрев воды до температуры насыщения и ее грубую дегазацию, а также барботажное устройство, предназначенное для полного удаления неконденсирующихся газов.



- 1 – подвод воды; 2 – водосмесительное устройство; 3 – водораспределительная тарелка; 4 – перепускная тарелка; 5, 8 – гидрозатворы; 6 – барботажная тарелка; 7, 9 – водослив; 10 – бак-аккумулятор; 11 – подвод пара; 12 – пароперепускная труба; 13 – перепуск выпара; 14 – коллектор сбора выпара; 15 – отвод выпара

Рис. 1. Деаэрационная колонка струйно-барботажного типа большой производительности

Ввод основного потока подлежащей деаэрации воды осуществляется через штуцер сверху корпуса. Горячие потоки (пар и конденсат подогревателей высокого давления) подаются в нижнюю часть колонки. Водораспределительная тарелка и смесительное устройство в этой конструкции совмещены. Водораспределительная тарелка имеет отверстия (5–8 мм), через которые вода мелкими струями сливается на барботажную тарелку, где барботируется паром, проходящим через отверстия. Барботажное устройство в этой конструкции разбито на 3 кольцевые перфорированные зоны, ограниченные цилиндрическими перегородками. При минимальной нагрузке работает внутренняя зона барботажного отсека, при максимальной – внешняя. Пар в барботажном отсеке движется от центра к периферии, в струйном – от периферии к центру, чем обеспечивает поперечное омывание жидкости. При сливе воды через гидрозатвор в бак-аккумулятор вода разбрызгивается и снимает перегрев с поступающего в колонку пара.

Оптимальные размеры зон деаэрации, обеспечивающие эффективное удаление растворенных агрессивных газов из воды определяются в результате теплового расчета

деаэрационной колонки и расчета массообмена, исходными данными к которому являются характеристики потоков пара и воды, полученные в расчете тепловой схемы, начальное и конечное содержание растворенных в воде газов. В результате расчета получены температуры воды в струйном отсеке и на барботажном устройстве, концентрации кислорода, скорости воды и пара, геометрические размеры тарелок и

расстояний между ними, оптимальная площадь барботажного устройства ($9,15 \text{ м}^2$), которая позволяет удалить кислород до остаточной концентрации 10 мкг/кг .

В процессе расчетов был выполнен анализ влияния диаметров отверстий в водораспределительной тарелке и подогрева основного конденсата перед деаэратором на эффективность дегазации воды и размеры деаэратора. Результаты расчетного анализа представлены на рисунках.

На рисунке 2 показано, что увеличение диаметра отверстий в верхней водораспределительной тарелке приводит к увеличению концентрации кислорода на барботажной тарелке с 22 до 34 мкг/кг , и, следовательно, к увеличению количества кислорода, подлежащего удалению при барботаже. Это объясняется тем, что при увеличении диаметра отверстий не достигается необходимая поверхность контакта между водой и паром, что приводит к уменьшению эффективности деаэрации в струйном отсеке. Для того, чтобы в этом случае достичь нужный уровень концентрации кислорода на барботажной тарелке, приходится увеличивать площадь барботажной тарелки с $9,15 \text{ м}^2$ до 14 м^2 (рис. 3) что приведет к увеличению габаритов деаэратора, а также к увеличению металлоемкости.

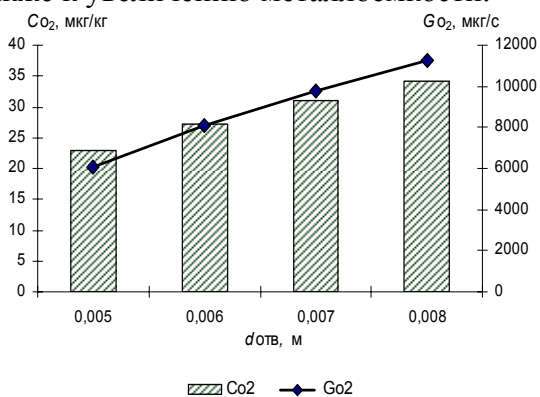


Рис. 2. Зависимость концентрации кислорода (Co_2) на барботажной тарелке и количество удаляемого кислорода (Go_2) от диаметра отверстий в водораспределительной тарелке

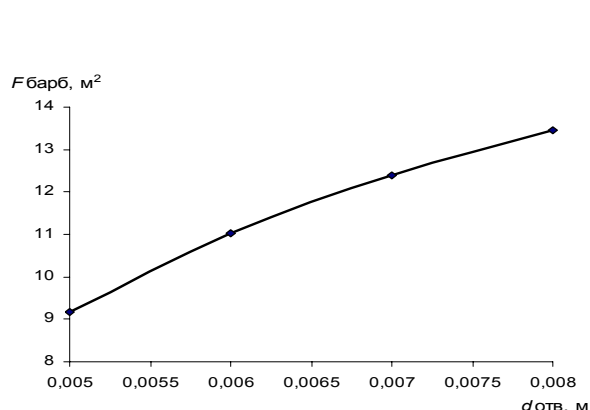


Рис. 3. Зависимость площади барботажной тарелки от диаметра отверстий в водораспределительной тарелке

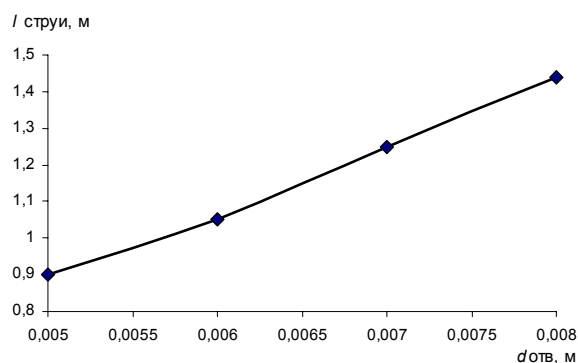


Рис. 4. Зависимость длины струи от диаметра отверстий в водораспределительной тарелке при фиксированных значениях $F_{\text{барб}} = 9,15 \text{ м}^2$, $Co_2 = 23 \text{ мкг/кг}$

расстояния между тарелками, что ведет к значительному увеличению габаритов деаэратора. Таким образом, изменяя геометрические параметры тарелок и зон

Для сохранения на оптимальном уровне концентрации кислорода на барботажной тарелке и ее площади, полученной в тепловом расчете, необходимо увеличивая диаметр отверстий в верхней тарелке увеличивать длину струи. На рисунке 4 показано, что при рекомендуемых значениях длины струи в отсеке $0,8-0,9 \text{ м}$, диаметр отверстий в верхней тарелке может изменяться в диапазоне $5-5,5 \text{ мм}$. Увеличение диаметра отверстий до 8 мм приводит к увеличению длины струи в отсеке до $1,3 \text{ м}$, и, следовательно, к увеличению

деаэрации возможно получить оптимальные габариты деаэратора и обеспечить эффективное удаление растворенных агрессивных газов из воды.

Повышение температуры основного конденсата перед деаэратором приводит к возрастанию температуры воды, распыляемой в струйном отсеке, что приводит к уменьшению температурного напора между паром и водой, и, следовательно, к уменьшению количеству сконденсировавшегося пара (рис. 5). Таким образом, в струйном отсеке увеличивается количество пара, который находится в контакте с жидкостью, что приводит к лучшей дегазации воды. На это указывает уменьшение концентрации кислорода на барботажной тарелке и количество кислорода, которое необходимо отвести при барботаже (рис. 6). Следовательно, мы можем существенно уменьшить площадь барботажной тарелки.

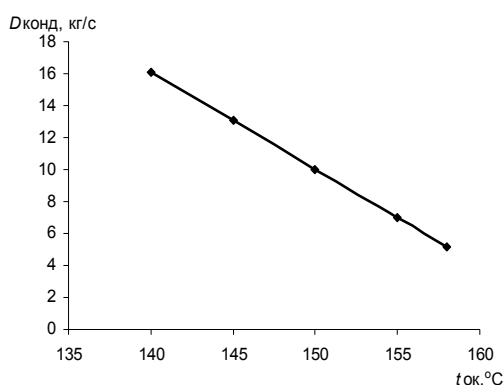


Рис. 5. Зависимость количества сконденсировавшегося пара в струйном отсеке от температуры основного конденсата перед деаэратором

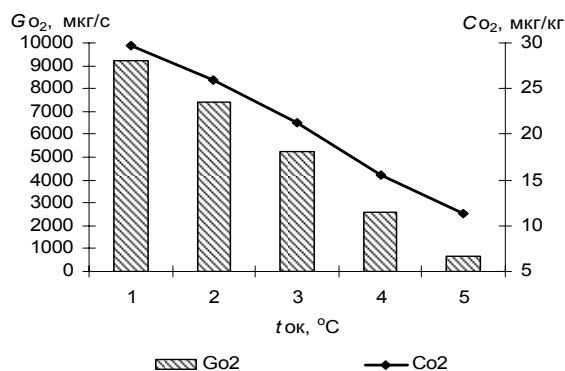


Рис. 6. Зависимость концентрации кислорода (Co_2) на барботажной тарелке и количество удаляемого кислорода (Go_2) от температуры основного конденсата перед деаэратором

С другой стороны, существенное уменьшение площади поверхности барботажного устройства приводит к недостаточно эффективному тепло- массообмену между паром и водой. С уменьшением количества конденсирующегося пара будет увеличиваться расход выпара и уменьшаться расход питательной воды, выходящей из деаэратора.

Из теплового расчета деаэратора получены оптимальные размеры зон деаэрации при температуре основного конденсата перед деаэратором 149 °C, которая была определена в расчете тепловой схемы турбоустановки. Увеличение температуры основного конденсата возможно, если изменить некоторые геометрические размеры отсеков деаэратора. В результате сохраняются габариты деаэратора и оптимальная концентрация неконденсирующихся газов.

Список литературы: 1. Назмеев Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС / Ю.Г. Назмеев, В.М. Лавыгин. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 286 с. 2. Теплообменное оборудование паротурбинных установок. Отраслевой каталог. Ч.1. – М.: Отраслевой НИО анализа и обобщения экономической и научно-технической информации, 1989. – 173 с.

© Литвиненко О.А., Губанова А.В., Зенинец Т.В., 2011
Поступила в редколлегию 14.02.11