

УДК 621.187.12

## СУХИЕ ГРАДИРНИ И ВОЗДУШНО–КОНДЕНСАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ

Подолянчик В.П.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Чиж В.А.

В связи с интенсивным развитием мировой энергетики возникает рост потребности на пресную воду для тепловых и атомных электростанций. При этом электроэнергетическим компаниям конкуренцию составляют общественное водопотребление, бытовые нужды, торговля, сельское хозяйство, промышленность. Кроме того, существует необходимость прекратить или уменьшить использование воды водоемов и рек для достижения природоохранных, экологических и рекреационных целей, что еще более осложнит будущее распределение национальных пресноводных ресурсов. Таким образом, все больше внимания уделяется возможности адекватного использования пресной воды для производства электроэнергии и потенциальному влиянию работы электростанции на ее ресурсы и качество.

В настоящее время помимо нехватки воды существуют и другие причины, способствующие выбору систем сухого охлаждения:

- экологические требования в отношении экономии воды и повышения ее температуры в реках и морях;
- местные законодательства по ограничению вредных водосбросов;
- рост цен за водопотребление;
- большая свобода в выборе места расположения станции, упрощение экспертизы и получения разрешения на строительство.

Специалисты фирмы SPX Cooling Technologies, Inc (SPX СТ, США), одного из крупнейших производителей сухих градирен, отмечают огромный рост рынка систем сухого охлаждения. Масштабы внедрения этих аппаратов во всем мире стремительно растут.

Особенности воздушно-конденсационных установок (ВКУ) по сравнению с поверхностными водоохлаждаемыми конденсаторами (КП) обуславливаются следующими факторами:

- общая оребренная поверхность теплообмена ВКУ на три порядка больше, чем у КП;
- объем вакуумной системы ВКУ в 6-10 раз больше, чем у КП;
- коэффициент теплопередачи ВКУ на два порядка меньше, а приведенный к поверхности конденсации – в 5-10 раз меньше, чем у КП.

В связи с этим можно ожидать, что режимы работы ВКУ будут в большой степени определяться процессом теплоотвода со стороны охлаждающего воздуха, а не со стороны конденсирующегося пара, как это имеет место в поверхностных конденсаторах.

Для получения количественных характеристик работы натурной секции ВКУ, проведены ее тепловые испытания на номинальном и переменных режимах.

Проведены три цикла испытаний:

- при переменных расходах воздуха  $G_{вз}$  и начальной тепловой нагрузке  $Q = const$ ;
- при переменных тепловых нагрузках  $Q$  и постоянном расходе воздуха  $G_{вз}$ ;
- при подаче дополнительного воздуха  $G_{д}$  в пар и  $G_{вз} = const$ ,  $Q = const$ .

В результате испытаний был сделан вывод, что при нагрузке 0.6-1.0 номинальной значение коэффициента теплопередачи ( $k$ ) изменится незначительно, тогда как в поверхностных конденсаторах с водяным охлаждением, согласно, изменение  $k$  составило бы примерно 10-15%.

Зависимость коэффициента теплопередачи от расхода воздуха при  $Q = const$  достаточно сильная, при уменьшении  $G_{вз}$  в 2 раза  $k$  снижается примерно в 1.5 раза, что близко к зависимости коэффициента теплоотдачи к воздуху. Для поверхностных конденсаторов зависимость  $k$  от расхода охлаждающей воды заметно слабее.

Важное значение для надежной работы ВКУ имеет плотность разветвленной вакуумной системы большого объема.

Работе в режимах с дополнительным воздухом предшествовало экспериментальное определение присосов; их значение составило 0.053-0.10 кг/ч, что несопоставимо меньше (в эксперименте дополнительный расход воздуха  $\Delta G$  равнялся 1.3-7.7 кг/ч). Следует заметить, что объемная производительность воздухоудаляющих устройств на стенде натурной секции составляла 110-125 м<sup>3</sup>/ч, что в интервале давлений 6-10 кПа эквивалентно расходу воздуха 8-15 кг/ч. Поэтому дополнительный расход воздуха существенно влияет на коэффициент теплопередачи и давление конденсации. Очевидно, что с учетом большего объема вакуумной системы и скорости набора вакуума при пуске воздухоудаляющие устройства ВКУ должны быть существенно более производительными, чем таковые в водоохлаждаемых конденсаторах.

Важный показатель надежной работы ВКУ – наличие или отсутствие зон с пониженной эффективностью процесса конденсации. Такие зоны в соответствии с формируются в первых по ходу воздуха рядах теплообменных труб.

В зонах неэффективной работы находится остаточный воздух, который сохранился в объеме ВКУ при наборе вакуума. Далее при низких температурах охлаждающего воздуха устанавливается динамическое равновесие между поступлением незначительного количества воздуха с паром и диффузией его из зоны неэффективной работы. Такая ситуация возможна только при очень малых перепадах давления на трубах первого ряда.

Эти зоны – потенциальная угроза работе ВКУ при низких наружных температурах.

#### Литература

1. Milman O.O. Steam condensation in parallel channels with nonuniform heat removal in different zones of heat-exchange surface / Milman O.O., D.B.Spalding, V.A. Fedorov. – Intern. J. Heat and Mass Transfer. – 2012. №55.
2. Петухова Б.С. справочник по теплопередаче / Б.С. Петухова; под ред. Б.С. Петуховой – М.: Энергоатомиздат, 1987 – 1 т.
3. Шкловер Г.Г. Исследования и расчет конденсационных установок паровых турбин / Г.Г. Шкловер, О.О. Мильман. – М.: Энергоатомиздат, 1985.