

НОВЫЕ СПОСОБЫ ДОСТИЖЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОДЫ В ВОДОБОРОТНЫХ ЦИКЛАХ С ГРАДИРНЯМИ

А. И. Петручик, А. А. Бринь

Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

В работе рассмотрена прикладная задача обеспечения требуемых параметров охлаждения воды в водооборотных циклах с градирнями. Данный способ является экстенсивным, т. к. уменьшение температуры воды в водооборотном цикле достигается за счет увеличения расхода циркуляционной воды, кратности циркуляции или площади орошения. Выбор схемы практической реализации данного способа зависит от характеристик цикла: количества и производительности насосов, эффективности и загруженности градирен и т. п.

Зачастую требуемая температура воды, поступающей на охлаждаемое оборудование ниже фактической температуры воды на выходе из градирни. В этом случае требуется повышать эффективность градирни. Эффективность градирни теоретически ограничена температурой мокрого термометра и технологически – расходами теплоагентов.

Легко показать, что технологически максимально возможный перепад температуры воды в градирне ΔT_{\max} с заданными расходом воды, расходом воздуха, температурой воды на входе в градирню, температурой и влажностью воздуха на входе в градирню может быть найден исходя из балансных соотношений как:

$$\Delta T_{\max} = \frac{(P_t + P_e) \cdot Q_a}{c_w q_w}, \quad (1)$$

Зависимость отношения температуры охлажденной воды, рассчитанной в соответствии с (1) к температуре мокрого термометра от отношения массовых расходов воды и воздуха показана на рис. 1.

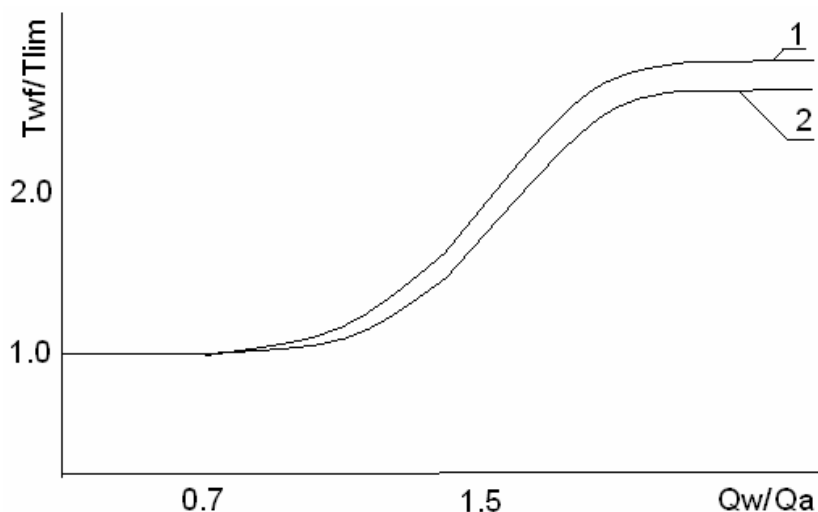


Рис. 1. Зависимость отношения температуры охлажденной воды, рассчитанной в соответствии с (1) к температуре мокрого термометра от отношения массовых расходов воды и воздуха. Кривая 1 – для высоких значений температуры воды на входе в градирню, 2 – для низких значений температуры воды на входе в градирню

Из рис. 1 видно, что уменьшая начальную температуру воды на входе в градирню можно при одном и том же отношении расходов воды и воздуха уменьшить температуру охлажденной воды на выходе из градирни T_{wf} .

Технологически уменьшить температуру воды на входе в градирню можно увеличив расход оборотной воды в градирне больше, чем требуется охлаждаемому оборудованию. При этом, помимо подключения дополнительного насоса пропорционально увеличивается расход охлаждающего воздуха. Далее требуемая часть охлажденной воды из градирни идет на оборудование, а оставшаяся часть охлажденной воды поступает в водосборный бак, который также является баком горячей воды, куда поступает нагретая вода с оборудования. В баке вся вода смешивается и подается на градирню.

Например, оборудованию требуется $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$. При этом вода на выходе с оборудования нагревается до $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Таким образом, требуется градирня, охлаждающая воду с $35 \text{ }^\circ\text{C}$ до $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Пусть по некоторым причинам градирня не достаточно эффективна и может охладить воду с $30 \text{ }^\circ\text{C}$ до $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Если подать на такую градирню воду с температурой $35 \text{ }^\circ\text{C}$, то с учетом поправки на изменение начальной температуры при прочих равных условиях она охладит воду до $27,5 \text{ }^\circ\text{C}$ [1, 2] и не обеспечит требуемые параметры (рис. 2, а). Для обеспечения требуемых параметров работы водооборотного цикла предлагается увеличить расход воды через градирню до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ и уменьшить температуру воды на входе в градирню до $30 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 2, б). Далее $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ при температуре $25 \text{ }^\circ\text{C}$ подаются на оборудование, а оставшаяся вода смешивается в баке.

Таким образом, существующая не достаточно эффективная градирня позволяет обеспечить требуемые параметры водооборотного цикла.

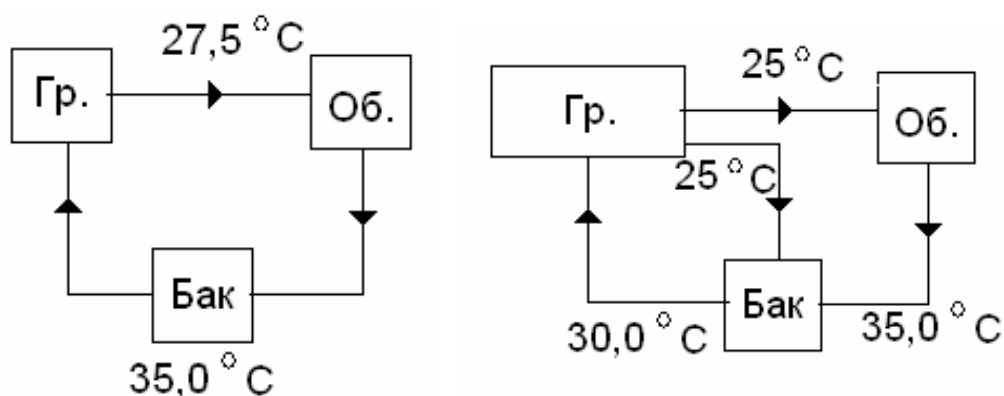


Рис. 2, а. Схема водооборотного цикла: гр. – градирня, об. – оборудование
 Рис. 2, б. Схема водооборотного цикла с параллельным подключением градирен

На данном примере рассмотрен способ достижения требуемых параметров за счет параллельной работы градирен. Следует отметить, что для достижения требуемых параметров охлаждения также применяются последовательное охлаждение воды в градирнях, когда вся охлажденная вода из одной градирни подается насосами на вторую градирню. Как и в случае параллельной работы градирен, последовательное охлаждение не позволяет достичь температуры охлажденной воды ниже температуры мокрого термометра. Для охлаждения воды ниже температуры мокрого термометра применяются холодильные машины и чиллеры. Наши теоретические расчеты [3] показывают, что температура охлажденной воды ниже температуры мокрого термометра может быть достигнута в вакуумных градирнях.

Обозначения

P_t – максимальное количество тепла, отводимое одним метром кубическим воздуха за счет теплообмена, Дж/м³; P_e – максимальное количество тепла, отводимое одним метром кубическим воздуха за счет испарения, Дж/м³; Q_a – объемный расход воздуха, м³/с; Q_w – объемный расход воды, м³/с; c_w – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·К); q_w – массовый расход воды, кг/с; T_{wf} – температура охлажденной воды на выходе из градирни, К; T_{lim} – температуре мокрого термометра, К.

Литература

1. А.А. Бринь, А.И. Петручик. Физические основы работы эжекционной градирни. Пятая Российская Национальная конференция по теплообмену. 25-29 октября 2010, Москва, Россия, Т. 4. С. 216-219.
2. А.А. Бринь, А.И. Петручик. Тепловой расчет эжекционной градирни и способ повышения ее эффективности. ИФЖ. 2011. Т. 84, № 2. С. 270-273.
3. A. I. Petruchik, S.P. Fisenko. Simulation of low air pressure cooling tower. 15th International Association Hydraulic Research Symposium in Cooling Tower and Heat Exchangers, Beijing, China, 23-26 October, 2011. P. 159–161.