

Оптимизация параметров воздухоохладителя косвенно-испарительного типа с циркулирующей насадкой*

Бараков А. В., доктор техн. наук,
Дубанин В. Ю., Кожухов Н. Н., Прутских Д. А., кандидаты техн. наук
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»

Проведена оптимизация параметров воздухоохладителя косвенно-испарительного типа с циркулирующей насадкой. Даны рекомендации по определению скоростей движения основного и вспомогательного потоков воздуха и высоты слоя дисперсного материала.

Ключевые слова: системы кондиционирования, водоиспарительное охлаждение, воздухоохладитель, дисперсная насадка, циркуляция, исследование, эффективность.

Одним из резервов энергосбережения является использование нетрадиционных источников энергии, в том числе существующих в природе градиентов температур. Способ водоиспарительного охлаждения основан на термодинамической неравномерности атмосферного воздуха, которую следует считать таким видом энергии для получения холода в системах кондиционирования воздуха производственных и жилых помещений. Как показали проведенные теоретические и экспериментальные исследования [1, 2], весьма перспективен для этих целей воздухоохладитель косвенно-испарительного типа с насадкой в виде центробежного псевдооживленного слоя дисперсного материала, циркуляция которого происходит за счет динамического воздействия основного и вспомогательного потоков воздуха [3].

Общий вид такого аппарата представлен на рис. 1. Воздухоохладитель имеет корпус в виде кольцевой камеры, образованной двумя соосными обечайками (1 и 2). С помощью вертикальных перегородок 3 с переточными окнами 4 корпус разделен на «сухую» и «мокрую» камеры для подачи основного и вспомогательного потоков воздуха. В нижней части корпуса закреплена газораспределительная решетка 5, обеспечивающая ориентацию газовых потоков по направлению движения псевдооживленного слоя дисперсного материала насадки (на рисунке дисперсный материал не показан). Для увлажнения насадки в начале «мокрой» камеры находится форсунка 6. Испарение воды с поверхности частиц насадки в вспомогательный поток воздуха приводит к их охлаждению до температуры мокрого термометра. В «сухой» камере насадка охлаждает основной поток воздуха, нагрева-

ясь до первоначальной температуры на входе в «мокрую» камеру. После этого движение ее повторяется.

Оптимизация конструктивных и эксплуатационных параметров данного воздухоохладителя позволяет существенно улучшить его технико-экономические показатели. В качест-

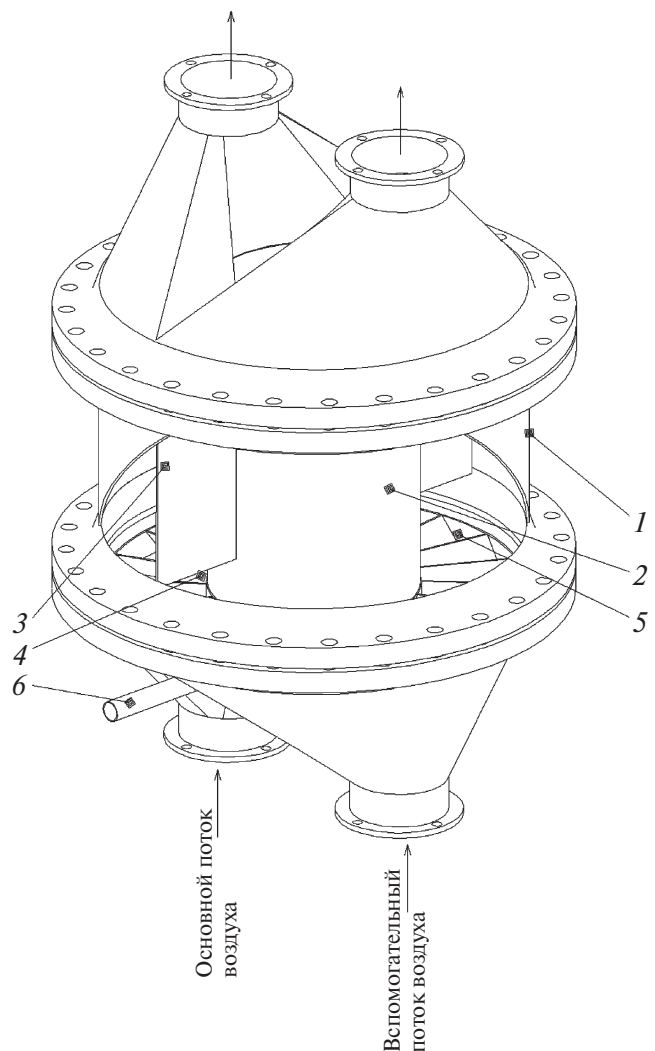


Рис. 1. Общий вид воздухоохладителя

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

ве критерия оптимизации теплотехнологического оборудования обычно принимают удельные приведенные затраты или годовой экономический эффект от внедрения аппарата. Однако при таких целевых функциях необходимо рассматривать всю технологическую схему, в которой применяется аппарат. Кроме того, для расчета этих показателей используются тарифы на электрическую и тепловую энергию и цены на материалы и оборудование, которые могут существенно изменяться. В связи с этим в качестве критерия оптимизации, на наш взгляд, удобнее применить теплогидродинамический показатель, представляющий собой отношение количества теплоты, отведенного от основного потока воздуха в “сухой” камере охладителя, к расходу электроэнергии на привод вентиляторов. Поскольку такое соотношение не учитывает качественного различия между тепловой и электрической энергией, при расчете теплогидродинамического показателя необходимо учитывать КПД установок, в которых эти виды энергии производятся:

$$E = Q\eta_{\text{э}}/N\eta_{\text{х}}, \quad (1)$$

где Q — количество теплоты, которое отводится от основного потока воздуха в “сухой” камере; N — расход электроэнергии на привод вентиляторов; $\eta_{\text{э}}$ и $\eta_{\text{х}}$ — КПД электростанции и холодильной установки.

Тепловой поток в “сухой” камере может быть определен по формуле

$$Q = V_{\text{в}}\rho_{\text{в}}c_{\text{в}}(t_{\text{в}} - t_{\text{м}})\eta, \quad (2)$$

а электрическая энергия на привод вентиляторов — из выражения

$$N = V_{\text{в}}\Delta P/\eta_{\text{в}}, \quad (3)$$

где ΔP — гидравлическое сопротивление аппарата; $V_{\text{в}}$ — объемный расход основного потока воздуха; $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{м}}$ — температура атмосферного воздуха по сухому и мокрому термометрам; η — коэффициент тепловой эффективности воздухоохладителя; $\eta_{\text{в}}$ — КПД вентилятора.

В результате аппроксимации экспериментальных данных в [1] были получены следующие эмпирические соотношения:

$$\eta = 3,17(w_{\text{в}}/w_{\text{в}}^{\text{мин}})^{1,02}(h_0/d_{\text{ЭКВ}})^{0,94}, \quad (4)$$

$$Eu = 0,07Re^{-0,19}(h_0/d_{\text{ЭКВ}})^{0,68}(\rho_{\text{н}}/\rho_{\text{в}})^{0,69}, \quad (5)$$

где $w_{\text{в}}$ — скорость воздуха; $w_{\text{в}}^{\text{мин}}$ — минимальная скорость воздуха; h_0 — “насыпная” высота

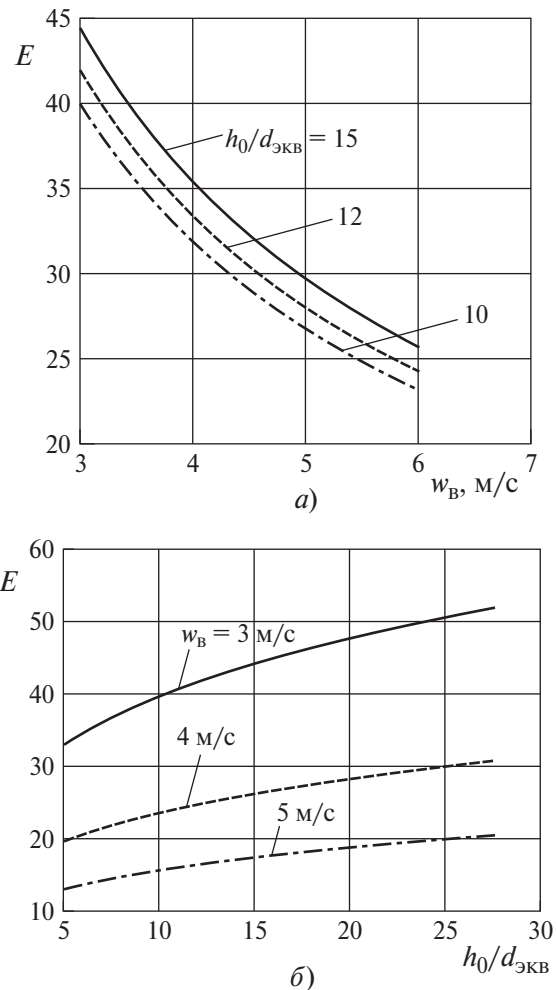


Рис. 2. Зависимости коэффициента тепловой эффективности от скорости оживающего газа (а) и относительной высоты слоя (б)

слоя насадки; $d_{\text{ЭКВ}}$ — эквивалентный диаметр частиц насадки; $Eu = \Delta P/(\rho_{\text{в}}w^2)$ — число Эйлера; $\rho_{\text{в}}$ — плотность воздуха; $Re = w_{\text{в}}d_{\text{ЭКВ}}/\nu_{\text{в}}$ — число Рейнольдса; $\nu_{\text{в}}$ — кинематическая вязкость воздуха; $\rho_{\text{н}}$ — плотность частиц насадки.

Минимальную скорость воздуха, которая соответствует критической скорости псевдооживления дисперсного материала насадки, определяют по формуле [4]

$$w_{\text{в}}^{\text{мин}} = \sqrt{\frac{4\varepsilon^2\rho_{\text{н}}gd_{\text{ЭКВ}}}{3c_d\rho_{\text{в}}}}, \quad (6)$$

где ε — порозность дисперсного материала насадки; g — ускорение свободного падения; c_d — коэффициент лобового сопротивления частиц дисперсного материала насадки.

По результатам проведенных исследований было установлено, что к основным параметрам воздухоохладителя, оптимизация которых обеспечивает максимальный эффект, относятся скорость воздуха в камерах аппарата и от-

носительная высота слоя насадки (рис. 2). Как видно из рис. 2, *а*, оптимальная скорость воздуха в камерах аппарата соответствует ее минимальному значению. Однако для устойчивой циркуляции насадки можно рекомендовать следующее соотношение:

$$w_B = (1,3 \div 1,4)w_B^{\text{мин}}. \quad (7)$$

Из рис. 2, *б* следует, что наибольшая эффективность воздухоохладителя может быть достигнута при использовании тонких слоев насадки, когда “насыпная” высота дисперсного материала находится в следующих пределах:

$$h_0 = (15 \div 25)d_{\text{экв}}. \quad (8)$$

Полученные зависимости и рекомендации могут быть использованы для расчета воздухоохладителя данного типа.

Список литературы

1. **Исследование** воздухоохладителя косвенно-испарительного типа с дисперсной насадкой / А. В. Бараков, В. Ю. Дубанин, Д. А. Прутских, А. М. Наумов. — Промышленная энергетика, 2010, № 11.
2. **Моделирование** тепломассообмена в воздухоохладителе косвенно-испарительного типа с циркулирующей дисперсной насадкой / А. В. Бараков, В. Ю. Дубанин, Д. А. Прутских, С. А. Герасимов. — Промышленная энергетика, 2011, № 8.
3. **Пат. 59786 РФ МПК F28D 15/00.** Воздухоохладитель / Ю. Н. Агапов, А. В. Бараков, А. М. Наумов. — Изобретения. Полезные модели, 2006, № 36.
4. **Агапов Ю. Н.** К определению скорости движения центробежного псевдооживленного слоя. — Вестник Воронежского гос. техн. ун-та, т. 1, 2005, № 6.

pt_vstu@mail.ru

