

Ю. Ф. Снежкин, * докт. техн. наук,
С. Ю. Наумов, * канд. техн. наук,
Д. М. Чалаев, * канд. техн. наук,
В. Е. Писарев **, докт. техн. наук,
Е. А. Кузнецова ***

*Институт технической теплофизики НАН Украины, Киев,

**Киевский национальный университет
строительства и архитектуры,

***Киевский национальный университет технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСУШКИ ВОЗДУХА ДЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ КОСВЕННО-ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ

Регенеративные косвенно-испарительные воздухоохладители (РКИВ) являются энергосберегающими и экологически чистыми устройствами для охлаждения воздуха. Охлаждающий эффект достигается за счет использования термодинамической неравновесности в воздухе — разнице температур по сухому и мокрому термометрам ($\Delta t_{\text{тс}}$) [1].

Повышение холодопроизводительности РКИВ возможно при проведении предварительной осушки воздуха (повышается психрометрическая разность температур $\Delta t_{\text{тс}}$) [2], например, как на схеме на рис. 1 [3]. Воздух осушается в сорбционном осушителе воздуха 1, поступает в РКИВ 2 и далее полезный поток воздуха 3 направляется потребителю, а отработанный вспомогательный поток воздуха 4 выбрасывается в атмосферу. При регенерации сорбента в сорбционном осушителе воздуха 1 вода собирается в емкости 5 и может быть использована для обработки вспомогательного потока воздуха 4.

Использование известных сорбентов для предварительной осушки воздуха возможно, но ограничивается их малой сорбционной емкостью. Так, сорбционная емкость природных цеолитов составляет (5—7%) от их массы, а модифицированных, типа NA-X — до 20%. Кроме того, они имеют довольно высокую температуру регенерации — порядка (150—200) °C [4].

В ИТТФ НАН Украины разработан ряд многокомпонентных сорбентов на базе водных растворов неорганических солей и неорганических или органических структурообразующих добавок, обладающих большой сорбционной емкостью и невысокой температурой регенерации [5]. Например, C1 и C2, где C1 это $\text{LiCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{неорганический наполнитель}$, C2- $\text{LiCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{органический наполнитель}$.

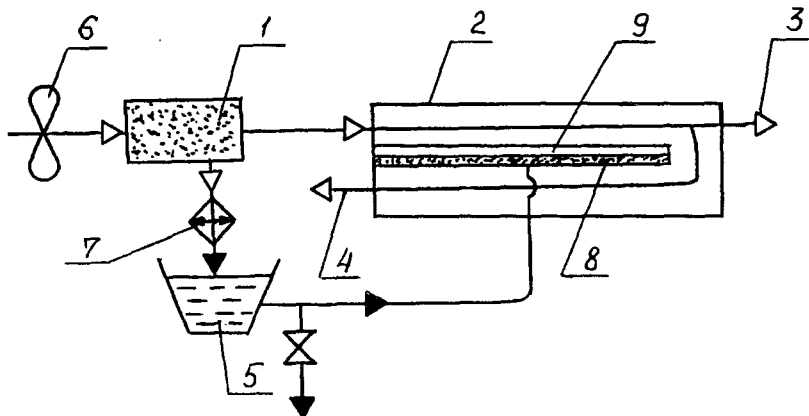


Рис. 1. Схема регенеративного косвенно-испарительного воздухоохладителя с предварительной сорбционной осушкой воздуха:

1 — сорбционный осушитель воздуха; 2 — регенеративный косвенно-испарительный воздухоохладитель; 3 — полезный поток воздуха; 4 — вспомогательный поток воздуха; 5 — емкость для сбора конденсата; 6 — вентилятор; 7 — конденсатор; 8 — слой капиллярно-пористого материала, смоченного водой; 9 — сплошная стенка

Целью работы явилось определение возможности применения новых сорбентов С1 и С2 для предварительной осушки воздуха в РКИВ. Опыты с сорбентами проводились на экспериментальном стенде с использованием термографического метода [6].

Навески исследуемого сорбента массой 50 г равномерно размещались на сетчатом поддоне, установленном на платформе электронных весов, и обдувались продольным потоком воздуха.

Проведенная серия опытов позволила исследовать кинетику процессов сорбции. При этом относительная влажность воздуха ϕ_v поддерживалась на уровне 60%, температура воздуха t_v составляла 30 °С и 40 °С при скоростях потока воздуха w_v — 2,3 и 8,6 м/с.

Результаты эксперимента представлены на рис. 2. Сорбционная емкость сорбентов С1 и С2 в 3—5 раз выше, чем у традиционного сорбента НА-Х. На сорбционную емкость значительное влияние оказывает температура и скорость воздуха: с понижением температуры и повышением скорости воздуха сорбционная емкость возрастает.

Результаты экспериментов по определению кинетики процессов десорбции сорбентов представлены на рис. 3. При температуре 100 °С происходит полная десорбция поглощенной влаги в течение 30—50 мин., что соответствует кинетическим характеристикам традиционных сор-

бентов. Десорбция производилась при температуре воздуха 100 °С и скоростях потока воздуха 2,3 и 8,6 м/с.

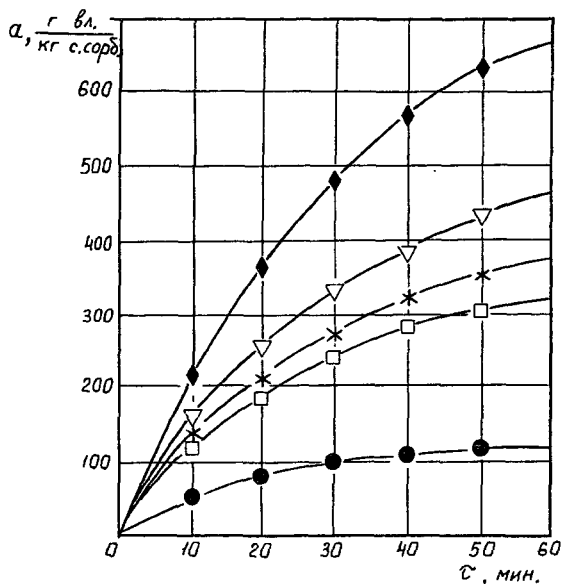


Рис. 2. Кинетика процессов сорбции:

□ — C1 ($t_i=40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W_b=2,3\text{ м/с}$); * — C1 ($t_b=30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W_b=2,3\text{ м/с}$); ▽ — C2 ($t_i=30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W_b=2,3\text{ м/с}$); ♦ — C2 ($t_b=30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W_b=8,6\text{ м/с}$); • — NA-X ($t_b=30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W_b=2,3\text{ м/с}$)

Определена зависимость разницы температур Δt поступающего и охлажденного в РКИБ воздуха от количества влаги Δd , отведенной от воздуха в процессе его осушки в сорбционном осушителе (рис. 4). Видно, что с увеличением величины Δd воздух в РКИБ охлаждается до более низких температур.

Определена холодопроизводительность РКИБ без предварительной осушки воздуха, с предварительной осушкой воздуха сорбентом NA-X и новыми сорбентами C1 и C2. Исходные данные: расход полного потока воздуха в РКИБ-800 кг/час; начальные параметры воздуха — $t_n=30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\phi_n=60\%$; масса сорбента — 100 кг, время сорбции — 4 часа. Для расчета были использованы характеристики сорбентов C1 и C2 согласно рис. 2. Результаты расчетов: холодопроизводительность РКИБ без предварительной осушки воздуха — 1,52 кВт; холодопроизводительность РКИБ с предварительной осушкой воздуха сорбентами

NA-X, C1, C2 соответственно равна 2,09; 4,09; 4,68 кВт. Видно, что холодопроизводительность РКИБ значительно возрастает при применении предварительной осушки воздуха новыми сорбентами C1 и C2.

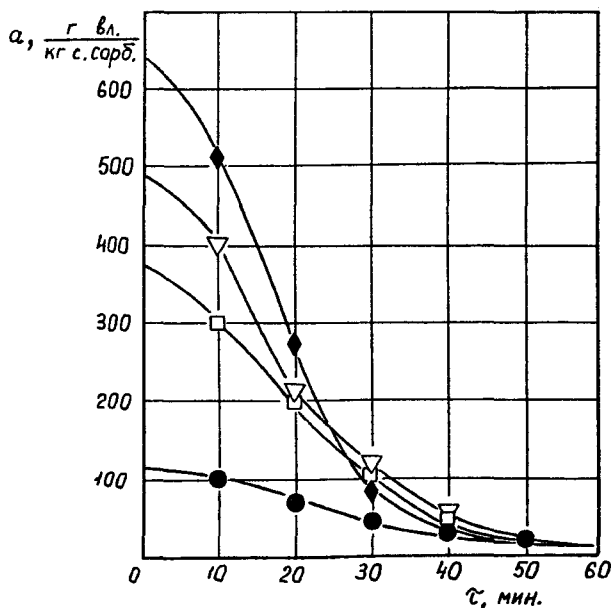


Рис. 3. Кинетика процессов десорбции:

$\square$ — C1 ($t_s=100^\circ\text{C}$; $w_s=2,3$ м/с); ∇ — C2 ($t_s=100^\circ\text{C}$; $w_s=2,3$ м/с); $\blacklozenge$ — C2 ($t_s=100^\circ\text{C}$; $w_s=8,6$ м/с); $\bullet$ — NA-X ($t_s=100^\circ\text{C}$; $w_s=2,3$ м/с)

При регенерации сорбента может образовываться излишек воды, так как расход вспомогательного потока воздуха, который обрабатывается этой водой, меньше, чем расход полного потока воздуха, который осушается сорбентом. Излишек воды может направляться внешнему потребителю. В этом случае установка уже работает не только как воздухоохладитель, но и как генератор пресной воды из атмосферного воздуха.

На рис. 5 представлены графики зависимости $\Delta d_n = f(\Delta d)$, где Δd_n — излишек воды, который может отводиться внешнему потребителю; Δd — количество влаги, отведенной от полного потока воздуха в сорбционном осушителе. Исходные данные для охлаждаемого воздуха: $t_n = 30^\circ\text{C}$, $\phi_n = 1$ и $t_n = 22^\circ\text{C}$, $\phi_n = 1$. Из графиков видно, что с увеличе-

нием количества влаги, отведенной от полного потока воздуха в сорбционном осушителе, возрастает излишек воды, который можно отводить внешнему потребителю.

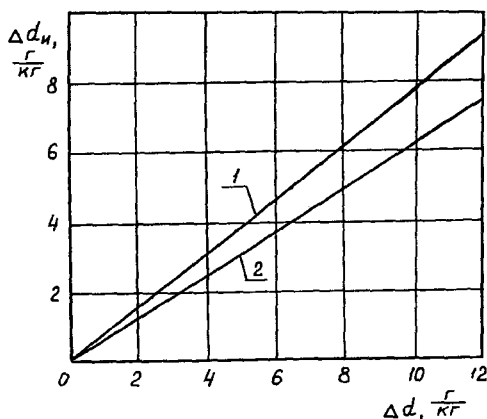
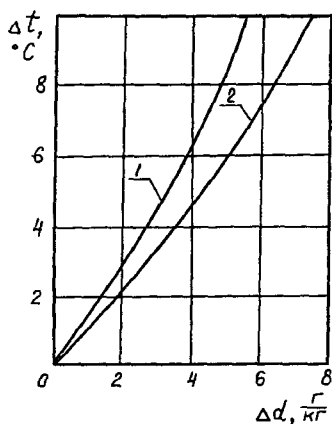


Рис. 4. Графики зависимости $\Delta t = f(\Delta d)$:
1 — $t_n = 16^\circ\text{C}$, $\varphi_n = 1$; 2 — $t_n = 21^\circ\text{C}$, $\varphi_n = 1$
(t_n — начальная температура воздуха;
 φ_n — начальная относительная влажность воздуха)

Рис. 5. Графики зависимости $\Delta d_n = f(\Delta d)$:
1 — $t_n = 30^\circ\text{C}$, $\varphi_n = 1$; 2 — $t_n = 22^\circ\text{C}$, $\varphi_n = 1$

Выводы

1. В характерных режимах работы РКИВ при охлаждении воздуха (в системах кондиционирования) сорбционная емкость новых сорбентов в 3—5 раз выше, чем у традиционных.

2. Использование новых сорбентов С1 и С2 в РКИВ по сравнению с традиционными существенно повышает холодопроизводительность РКИВ.

3. РКИВ с осушителем воздуха на основе сорбентов С1 и С2 может дополнительно осуществлять выработку воды из атмосферного воздуха. Производство сорбентов С1 и С2 освоено в ИТТФ НАНУ.

Литература

1. Цимерман А. Б. Теория и практическая реализация метода регенеративного косвенно-испарительного охлаждения воздуха. Автореф. дис... канд. техн. наук. — Одесса, 1985. — 16 с.

2. А. с.1017883 (СССР). Установка для тепловлажностной обработки воздуха растворами солей / В. С. Майсоценко, А. Б. Цимерман, М. Г. Зекслер // Бюл. изобр.— 1983. — № 18.

3. Патент 9508 А (Украина). Опреснитель воды / В. Е. Писарев, А. А. Соколов, Е. А. Кузнецова // Промислова власність.— 1995.— № 4.

4. *Нестеренко А. В.* Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. — М.: Высшая школа, 1971. — 459 с.

5. *Чалаев Д. М.* Создание солнечного адсорбционного холодильника на солевых сорбентах с наполнителем. Авторев. дис... канд.техн. наук. — К., 1986. — 19 с.

6. *Кельцев М. В.* Основы адсорбционной техники — М.: Химия, 1984. — 591с.