

ТЕПЛОТДАЧА ЭЛЕМЕНТА ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ
В ПЕННОМ СЛОЕ

А. Г. Бейнусов, С. А. Рывкин, А. Н. Хозе

(Новосибирск)

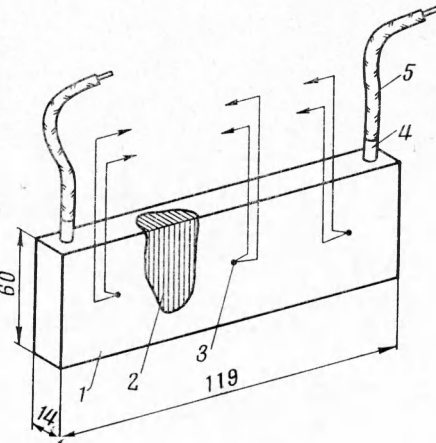
В работах [1,2] рассмотрена теплоотдача трубных пучков и одиночных цилиндрических поверхностей в пенном слое. В данной статье описывается исследование теплоотдачи элемента прямоугольного сечения (фиг. 1). Теплообменный элемент 1, выполненный из латуни, с внутренним электронагревателем 2 и шестью термопарами 3 для измерения температуры поверхности устанавливался в колонне из оргстекла, снабженной газораспределительной решеткой. Подвод энергии осуществлялся проводниками в водостойкой изоляции 5 через патрубки 4. Газовой фазой во всех опытах был воздух, а жидкой — вода.

Изучение физической картины рассматриваемого процесса позволяет с допустимым приближением при заданном давлении в колонне P [бар] и тепловом потоке q [вт] получить для коэффициента теплоотдачи зависимость

$$\alpha = \frac{V}{F} \frac{\rho_1 d_n r}{\Delta t \tau} \quad (1)$$

Здесь ρ_1 — плотность воздуха [кг/м³], d_n — влагосодержание при насыщении [кг/кг сух. возд.], r — скрытая теплота парообразования [Дж/кг], Δt — средний температурный напор [°С], τ — время прохождения воздуха через пенный слой [сек], V — объем пенного слоя [м³], F — активная поверхность теплообменного элемента [м²].

Выполненное авторами экспериментальное исследование и исследования других авторов дают возможность утверждать, что в данном случае изменение величины $\rho_1 d_n r / \Delta t \tau$ несущественно, вследствие чего коэффициент теплоотдачи можно представить



Фиг. 1

в виде зависимости

$$\alpha \approx f(V/F) \quad (2)$$

Отношение V/F назовем условным линейным размером системы. Впервые аналогичная зависимость $\alpha = f_1(F/V)$ приведена в работе Полла и Смита [3].

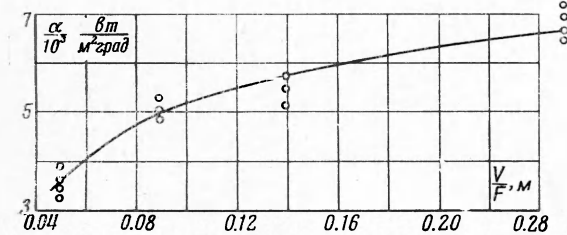
В выполненном исследовании различные значения условного линейного размера получались в результате применения набора колонн, отличавшихся площадью свободного сечения при одинаковой высоте пенного слоя.

Эксперименты выполнены при $V/F = 0.25, 0.14, 0.09, 0.05$ м и скорости воздуха в свободном сечении колонны $W = 2.0$ м/сек [4].

На фиг. 2 дана зависимость $\alpha = f(V/F)$, из которой следует, что с ростом V/F коэффициент теплоотдачи α увеличивается. Это объясняется увеличением межфазовой поверхности теплообмена в пенном слое, в результате чего интенсифицируется испарительный процесс и, следовательно, растет коэффициент теплоотдачи.

Численные значения α , полученные в экспериментах, подтверждают высокую интенсивность теплоотдачи в пенном слое.

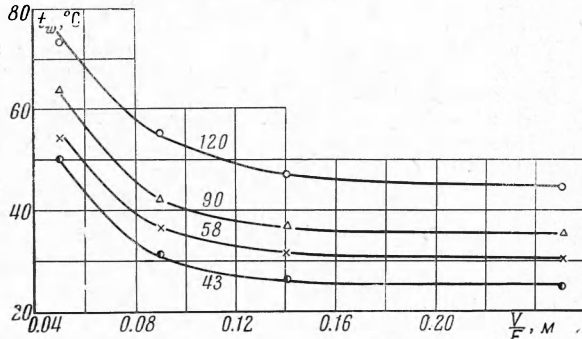
На фиг. 3 дана зависимость температуры поверхности элемента $t_w = f(V/F, q)$. При фиксированной величине теплового потока q , температура стенки t_w обусловлена температурой пены, омывающей теплообменный элемент. В свою очередь температура пены зависит от интенсивности испарительного процесса, а последний, как следует из сказанного выше, косвенно определяется объемом пенного слоя. Таким образом, чем больше V/F , тем ниже температура поверхности. При заданных значениях t_w и q ,



Фиг. 2

используя фиг. 3, можно установить отношение V/F , определяющее размеры теплообменного аппарата. Из фигуры также видно, что при $V/F > 0.125$ м не происходит существенного понижения температуры поверхности.

Для выяснения влияния расхода воздуха на t_w были выполнены эксперименты при фиксированном значении $V/F = 0.1$. В экспериментах при различных тепловых потоках



Фиг. 3

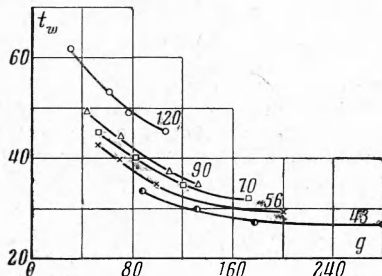
ка изменялся удельный расход воздуха g_1 [кг/квт-ч]. Результаты этих экспериментов приведены на фиг. 4.

Из фигуры следует, что при тепловых потоках $q < 70$ кВт/м² и расходах воздуха $g_1 \geq 160$ кг/квт-ч не наблюдается заметное понижение температуры t_w , т. е. исчезает эффект снижения температуры при увеличении расхода воздуха. Следует отметить, что удельные расходы $g_1 = 130$ и 140 кг/квт-ч соответствуют обычно рекомендуемой скорости воздуха $W = 2$ м/сек.

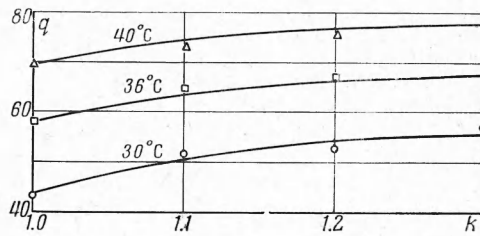
В выполненном исследовании также была проверена возможность интенсификации теплоотдачи плоского элемента при постановке на его боковых поверхностях вертикальных ребер.

На фиг. 5 дана зависимость $q = f(K, t_w)$ для случая $W = 1.45$ м/сек и $V/F = 0.25$ м.

В экспериментах коэффициент оребрения $K = (F + F_p)/F$ изменялся от 1.0 до 1.3, что соответствует установке с каждой стороны элемента пяти латунных ребер высотой 2, 3, 4, 5.5 мм при толщине ребра 1.5 мм. Естественно, тепловой поток q растет



Фиг. 4



Фиг. 5

медленнее K ; увеличение поверхности теплообмена F вследствие постановки ребер на 30% приводит к росту теплового потока примерно на 12%.

Рассмотренные элементы прямоугольного сечения могут найти применение в теплообменниках с отводом тепла к пенному слою.

Поступила 24 II 1969

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарат Э. Я., Хозе А. Н., Шаров Ю. И. Исследование теплообмена от пучка труб в слое пены. В сб.: «Тепло- и массоперенос», Минск, «Наука и техника», 1968, т. 4.
2. Тарат Э. Я., Хозе А. Н., Шаров Ю. И. Исследование теплоотдачи от поверхностей, помещенных в слой газожидкостной пены. Научно-техн. конференц., Ленингр. технол. ин-т им. Ленсовета, Секц. 2, Л., 1968.
3. Poll A., Smith W. Froth — contact heat exchangers. Chem. Engng, 1964, vol. 71, No. 22.
4. Позин М. Е., Мухленов И. П., Тумаркина Е. С., Тарат Э. Я. Пенный способ обработки газов и жидкостей. Л., Ленгосхимиздат, 1955.