

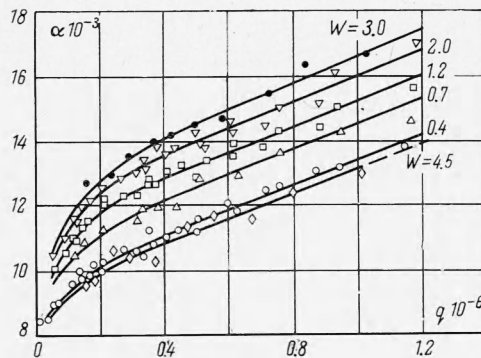
ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ НА ТЕПЛОТДАЧУ В ПЕННОМ СЛОЕ

А. Н. Хозе, Ю. И. Шаров

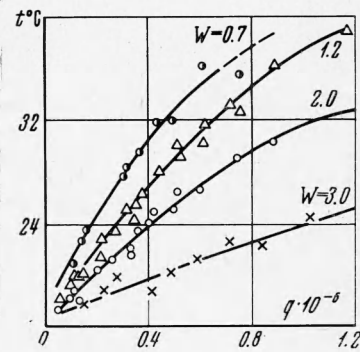
(Новосибирск)

Приводятся некоторые результаты, полученные при экспериментальном изучении теплоотода от нагретых поверхностей, помещенных в слой газо-жидкостной пены, при больших удельных тепловых потоках. В пенном слое при примерно одинаковом удельном тепловом потоке по сравнению с кипением температура поверхности теплообмена оказывается существенно ниже.

Опыты проводились при атмосферном давлении, в колонне сечением 120×120 мм, на системе вода — воздух, при скоростях газа в свободном сечении аппарата порядка $W = 0.4 \div 4.5$ м/сек.



Фиг. 1



Фиг. 2

Воздух подавался через решетки с параметрами: $d_0 = 3$ мм, $t = 8$ мм, $S_0 = 0.08$ при $W = 0.4 \div 2.0$ м/сек и $d_0 = 3$ мм, $t = 5$ мм, $S_0 = 0.192$ при $W = 3.0 \div 4.5$ м/сек.

В качестве теплообменных элементов применялись медные трубки толщиной 0.2 и диаметром 4 мм, установленные на расстоянии 75 мм от решетки, которые нагревались переменным током низкого напряжения от контактного сварочного трансформатора типа МСР-25, что позволяло получать удельные тепловые потоки до $1.2 \cdot 10^6$ вт/м².

Температура пены измерялась шестью медь-константановыми термопарами. Температура стенки измерялась двумя способами: в одном случае — девятью термопарами, приваренными к наружной поверхности трубки; в другом — одной передвижной термопарой, установленной по оси трубки [1,2]. Для предотвращения движения воздуха внутри трубок с торцов они закрывались пробками.

Опыты при $W = 0.4 \div 2.0$ м/сек выполнены при постоянной высоте пены, равной 160 мм, а при $W = 3.0$ и 4.5 м/сек, ввиду отсутствия отчетливой верхней границы пенного слоя, были измерены также величины исходных уровней воды на решетке, которые были соответственно равны 36 и 14 мм.

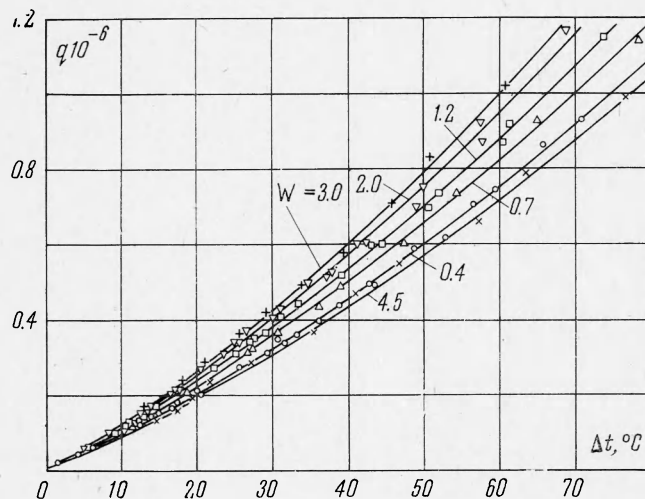
На фиг. 1 представлена зависимость коэффициента теплоотдачи α в вт/м²град от плотности теплового потока в вт/м² при различных скоростях W . Из фиг. 1 видно, что α увеличивается с ростом q и W до ~ 3 м/сек. При дальнейшем увеличении скорости газа значения α начинают уменьшаться, что можно объяснить ухудшением условий теплоотдачи, вследствие перехода от пенного режима к режиму брызг.

Следует отметить, что значения температуры поверхности теплообмена при $q = 10^6$ вт/м² составляли примерно 85 $^{\circ}\text{C}$ при $W = 3$ м/сек и -100°C при $W = 1.2$ м/сек. В случае кипения воды в большом объеме при атмосферном давлении критическому тепловому потоку ($q_* \approx 10^6$ вт/м²) соответствует температура стенки около 130 $^{\circ}\text{C}$ [3].

Таким образом, поверхность теплообмена при пенном режиме находится в более благоприятных условиях, по сравнению с кипением. Вместе с тем необходимо отметить, что полученные в опытах удельные тепловые потоки не являются предельными для пенного режима и были ограничены возможностями нагрузочного трансформатора.

Температура пены t в опытах не превышала 38 $^{\circ}\text{C}$ (фиг. 2). Из фигуры видно, что с увеличением q более интенсивное увеличение температуры пены наблюдается, как и следовало ожидать, при пониженных скоростях газа в сечении колонны.

На фиг. 3 дана зависимость q от разности температур между стенкой и пеной при $W = \text{const}$.

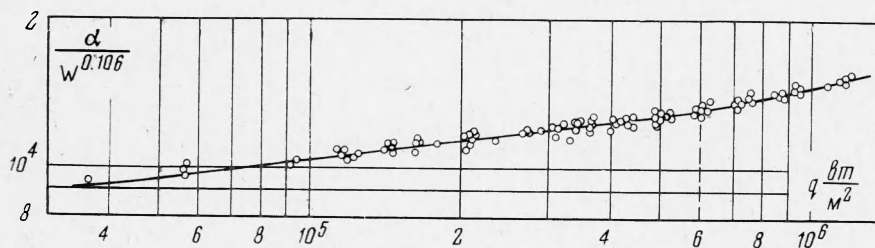


Фиг. 3

Несомненный практический интерес представляет получение зависимости $\alpha = f(q, W)$ в виде степенной функции

$$\alpha = Cq^m W^n \tag{1}$$

В рассматриваемом диапазоне скоростей $W = 0.4-3 \text{ м/сек}$, в результате обработки экспериментальных данных, получено $n = 0.106$.



Фиг. 4

На фиг. 4 приведена корреляция опытных данных по теплоотдаче от стенки теплообменного элемента к водо-воздушной пене: в логарифмических координатах дана зависимость $\alpha / W^{0.106} = f(q)$; показатели степени при q [вт/м^2], как видно из фигуры, имеют различные значения для двух областей по q .

В результате получаем

$$\alpha = 2190 q^{0.135} W^{0.106} \text{ при } q = 4 \cdot 10^4 \div 6 \cdot 10^5 \text{ вт/м}^2 \tag{2}$$

$$\alpha = 612 q^{0.231} W^{0.106} \text{ при } q = 6 \cdot 10^5 - 1.2 \cdot 10^6 \text{ вт/м}^2 \tag{3}$$

Отклонения значений коэффициентов теплоотдачи, определенных по формулам (2) и (3), от значений α , полученных из опытов, не превышает $\pm 5\%$.

Поступила 29 VII 1968

ЛИТЕРАТУРА

1. А в е р и н Е. К. Влияние материала и механической обработки поверхности на теплоотдачу при кипении воды. Изв. АН СССР, ОТН, 1954, № 3.
2. Б о р и ш а н с к и й В. М. Коэффициент теплоотдачи к кипящей воде при сверхвысоких давлениях. Энергомашиностроение, 1958, № 7.
3. К у т а т е л а д з е С. С. Основы теории теплообмена. Н., Машгиз, 1962.