

ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА В ПРОЦЕССЕ ВСКИПАНИЯ ПРИ ИСТЕЧЕНИИ КИПАЮЩЕЙ ВОДЫ

А. А. ГУРЧЕНОК

(Представлена научным семинаром кафедры АТПП)

В последнее время в теплоэнергетике усилился интерес к изучению переходных и регулировочных свойств процессов, происходящих в машинах и аппаратах. К числу недостаточно изученных процессов в этом направлении относится процесс истечения кипящей воды. Проведение подобных исследований в движущемся потоке затруднительно, и поэтому представляет интерес создание и изучение аналогичных по интенсивности теплообмена процессов в стационарных условиях кипения.

В данной работе на основании имеющихся данных по опытному и теоретическому изучению процесса истечения кипящей воды получены

методика расчета и численные значения интенсивности процесса теплообмена для одного из исследованных автором режимов.

Как известно, процесс истечения кипящей воды протекает с отклонением от равновесного процесса адиабатного расширения. Такое отклонение объясняется неполным завершением процесса парообразования вследствие слишком короткого отрезка времени пребывания частиц жидкости внутри насадка. В [1] показано, что неравновесный процесс истечения кипящей воды может быть построен в $P-V$

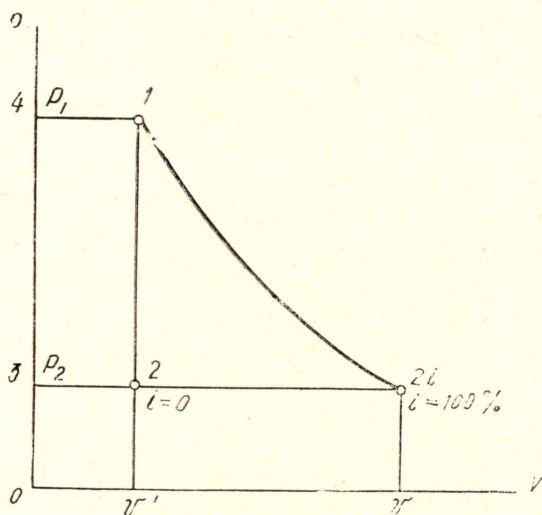


Рис. 1

диаграмме (рис. 1). При этом кривая процесса строится в зависимости от степени завершения процесса парообразования i . Значение i определяется как отношение

$$i = \frac{t_1 - t}{t_1 - t_2}, \quad (1)$$

где t_1 , t_2 — температура кипения соответственно при начальном P_1 , конечном P_2 давлениях;

t — температура в потоке в выходном сечении. Если парообразования в потоке не происходит, то

$$t = t_1, \text{ откуда } \xi = 0,$$

если процесс завершен, то

$$t = t_2, \text{ откуда } \xi = 1.$$

Используя графики на $P-V$ диаграмме и проектируя точки начала и конца процесса на ось давления, получаем фигуру 12,34 ($i = 0, \dots = 100\%$), площадь которой представляет в масштабе величину приращения кинетической энергии в процессе истечения

$$S_{12,34} \cdot M_f = \frac{c_B^2 - c_H^2}{2}. \quad (2)$$

Из (2) получается зависимость для определения скорости истечения

$$c_B = \sqrt{2S_{12,34} \cdot M_f + c_H^2}. \quad (3)$$

Для любого сечения потока согласно закону сплошности соблюдается соотношение

$$\frac{c_H}{v' f_H} = \frac{c_B}{v f_B}, \quad (4)$$

для случая истечения из цилиндрических насадков выражение (4) принимает вид

$$\frac{c_H}{v'} = \frac{c_B}{v}. \quad (5)$$

Путь, равный длине насадка, поток будет проходить за отрезок времени

$$\tau = \frac{l}{c_{\text{ср}}} \text{ сек.} \quad (6)$$

В [1] из сопоставления опытных данных по расходу кипящей воды при истечении через цилиндрические насадки разной длины с результатами расчетов с использованием $P-V$ диаграммы была найдена зависимость степени завершения процесса парообразования от длины насадков, а следовательно, от времени пребывания частиц жидкости внутри насадков. Применяя указанную зависимость, можно определять отрезок времени, за который процесс парообразования достигает заданной степени завершения.

С некоторым приближением можно допустить, что внутри насадка скорость изменяется по закону равноускоренного движения, тогда среднее значение скорости будет равно

$$c_{\text{ср}} = \frac{c_H + c_B}{2}, \quad (7)$$

откуда

$$\tau = \frac{2l}{c_H + c_B}. \quad (8)$$

Ниже указывается путь расчета интенсивности парообразования. Для каждого значения степени завершения процесса парообразования может быть определена величина сработавшего теплового перепада Δi , пошедшего на образование паровой фазы. Тепловые параметры потока будут для случая неравновесного расширения характеризоваться степенью перегрева потока и соответствующим давлением насыщения среды

потока. По указанным параметрам определяется значение энтальпии жидкой фазы потока. Таким образом, величина теплового перепада при степени завершения процесса парообразования ξ будет равна

$$\Delta i = i_{p_1} - i_{p_s, t}. \quad (9)$$

Отношение

$$q = \frac{\Delta i}{\tau} \quad (10)$$

характеризует величину интенсивности тепловыделения, происходящего внутри насадка в потоке кипящей воды. В табл. 1 представлены ре-

Таблица 1

Характеристики потока	Степень завершения процесса парообразования ξ , %						
	0,0	7,8	16,8	33,5	53	75	100
c_n , м/сек	13,6	6,2	3,9	2,9	1,8	1,4	1,2
c_v , м/сек	13,6	25	31	43	51	63	77
$\tau \cdot 10^3$ сек	0,38	1,28	5,2	11,3	18,9	34	38
Δi , кдж/кг	0,0	4,6	11,7	27,4	43,8	62,5	84,3
q , кдж/кг·сек	0,0	3580	2240	2430	2300	1850	2220

зультаты определения значений q по данным [1]. Как видно из таблицы, величина интенсивности парообразования примерно одинакова для всех режимов истечения. Следовательно, степень завершения процесса парообразования в сильной степени зависит от времени нахождения частиц жидкости внутри насадка. Величина интенсивности процесса парообразования очень высокая. Полученные численные значения величины интенсивности парообразования позволяют при моделировании процесса кипения в стационарных условиях определить требуемую мощность источников подвода тепла.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Гурченко. К расчету параметров в потоке при истечении кипящей воды. Известия ТПИ, т. 110, 1962.
2. М. П. Вукалович. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Машгиз, 1958.