

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВЕРШЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПАРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ИСТЕЧЕНИИ КИПЯЩЕЙ ВОДЫ

А. А. ГУРЧЕНОК

Представлено профессором Г. И. ФУКС

В [1] указывалось, что при истечении кипящей воды не происходит полного развития процесса парообразования, так как время пребывания частиц жидкости внутри насадка слишком мало. Представляет интерес определение степени завершения процесса парообразования внутри насадка, так как до сих пор эта сторона процесса истечения кипящей воды почти не изучена.

На рис. 1 представлена картина формы потока и изменения давления по длине цилиндрического насадка при истечении кипящей воды по [1].

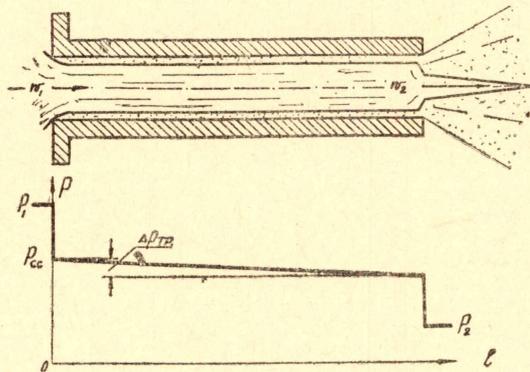


Рис. 1. Форма потока и изменение давления при истечении кипящей воды через цилиндрические насадки.

Характерным для истечения кипящей воды через цилиндрические насадки является некоторое падение давления во входном сечении. Далее по длине насадка давление снижается и в выходном сечении падает до противодавления. Расчет пропускной способности по величине падения давления на входе, как указывалось в работе [1], дал хорошо согласующиеся с опытом результаты, что является подтверждением правильности представленной на рис. 1 картины потока.

В данной работе по указанной картине потока дается метод определения паросодержания в выходном сечении потока.

Обозначения, не указанные в [1].

$\nu$  — коэффициент кинематической вязкости,  $m^2/сек$ ;

$\tau$  — время, сек;

$q$  — количество тепла,  $ккал/кг$ ;

$t_s$  — температура кипения жидкости,  $^{\circ}C$ .

Расчет производится в следующем порядке:

1. По данным о пропускной способности насадков на кипящей воде, приведенным в [1], определяем скорость истечения во входном сечении насадка:

$$\omega_1 = \frac{G_{к.в}}{f \cdot \mu \cdot \gamma_{к.в}} \text{ м/сек.} \quad (1)$$

2. В [1] показано, что пропускная способность цилиндрического насадка связана с величиной падения давления во входном сечении следующей зависимостью:

$$G_{к.в} = f \cdot \mu \cdot \gamma_{к.в} \sqrt{2g(p_1 - p_{cc})} v_{к.в} \text{ кг/сек}, \quad (2)$$

откуда

$$p_1 - p_{cc} = \left( \frac{G_{к.в}}{f \cdot \mu \cdot \gamma_{к.в}} \right)^2 \frac{1}{v_{к.в} \cdot 2g} \text{ кг/м}^2. \quad (3)$$

3. Вычисляется потеря давления на преодоление трения по соотношению:

$$\Delta p_{тр} = \lambda \frac{l}{d} \frac{w^2}{2g} \text{ кг/м}^2, \quad (4)$$

где

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \log Re - 1,5)^2}, \quad (5)$$

и

$$Re = \frac{w_1 \cdot d}{\nu}. \quad (6)$$

4. Скорость жидкости в выходном сечении будет равна

$$w_2 = \varphi \sqrt{2g[(p_1 - p_2) - \Delta p_{тр}]} \cdot v_{к.в} \text{ м/сек}. \quad (7)$$

5. Определяем долю сечения, занятую жидкостью в выходном сечении:

$$\varepsilon_{ж} = \frac{w_1}{w_2} \varepsilon. \quad (8)$$

6. Доля сечения, занятая паром, будет равна:

$$\varepsilon_n = 1 - \varepsilon_{ж} \quad (9)$$

7. Определяем скорость пара в потоке за насадком. Она будет равна:

а) При  $p_2 > p_{кр}$

$$c_n = 91,5 \sqrt{i_{вых} - i_2} \text{ м/сек}, \quad (10-а)$$

а при  $p_2 < p_{кр}$ .

$$c_{нкр} = 323 \sqrt{p_{вых} v_{вых}} \text{ м/сек}, \quad (10-б)$$

8. Объемное количество пара, проходящее за единицу времени, будет:

$$v_n = \varepsilon_n \cdot f \cdot c_n \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (11-а)$$

Откуда весовой расход пара равен:

$$G_n = V_n \cdot \gamma_n \text{ кг/сек}. \quad (11-б)$$

9. Определяем паросодержание потока:

$$x = \frac{G_n}{G_{к.р}}. \quad (12)$$

10. Определяем количество тепла, пошедшее на образование пара

$$q_n = G_n \cdot r \text{ ккал/сек}. \quad (13)$$

11. При истечении кипящей воды процесс парообразования происходит без подвода тепла к жидкости, за счет тепла, отнимаемого от

самой жидкости. Температура жидкости понижается на величину:

$$\Delta t = \frac{q_n}{G_{к.в}} \quad (14)$$

и равняется:

$$t = t'_s - \Delta t \quad (15)$$

Величина снижения температуры показывает, насколько полно завершается процесс парообразования внутри насадка. Если бы процесс парообразования полностью завершился, то температура жидкости снизилась до температуры кипения при конечном давлении  $t''_s$ . Отношение:

$$\frac{t'_s - t}{t'_s - t''_s} \quad (16)$$

характеризует, таким образом, степень завершения процесса парообразования при истечении кипящей воды.

В таблицах 1, 2 приведены результаты расчета степени паросодержания и степени завершения процесса парообразования по результатам опытов, приведенным в [1].

Табл. 1

Разность давлений, $кг/см^2$	8,0	8,0	8,0	8,0
Длина насадка $мм$	8,0	13,5	53	92
Паросодержание в выходном сечении, $кг/кг$	0,0182	0,0344	0,0463	0,0680
Степень завершения процесса парообразования в %	12,3	23	32	59

Из табл. 1 видно, что при истечении кипящей воды при одинаковом начальном давлении, процесс завершается тем полнее, чем длиннее насадок.

Табл. 2

Длина насадка, $мм$	8,0	13,5	53	92
Степень завершения процесса парообразования при:				
$p_1 - p_2 = 8,0 \text{ кг/см}^2$	12,3	23,0	32,0	49,0
$p_1 - p_2 = 4,0 \text{ кг/см}^2$	16,2	28,0	39,0	56,0
$p_1 - p_2 = 2,0 \text{ кг/см}^2$	21,8	38,4	48,0	87,0

Из табл. 2 видно, что в одном и том же насадке процесс парообразования завершается тем полнее, чем больше длина насадка и меньше начальное давление, т. е. чем больше время пребывания частиц жидкости внутри насадка.

Полученные данные о степени завершения процесса парообразования показывают, что в приведенных опытах процесс парообразования в условиях истечения не успевает полностью завершиться внутри насадка. Сопоставление полученных расчетом данных о степени завершения процесса парообразования с результатами опытов по определению скорости кипения в стационарных условиях [2], показывает следующее. Для

насадка длиной 92 мм при  $p_1 - p_2 = 2,0 \text{ кг/см}^2$  время нахождения частиц жидкости внутри насадка равно:

$$\tau = \frac{l}{w_1} = \frac{0,092}{8,45} = 0,011 \text{ сек.}$$

За указанный отрезок времени процесс парообразования завершается на 87%. По данным опытов при стационарном кипении для его завершения нужно  $\sim 0,02$  секунды. Полученные расчетом цифры степени законченности процесса парообразования несколько расходятся с опытными данными о скорости парообразования, полученными для случая кипения воды в стационарных условиях при атмосферном давлении. Это можно объяснить тем, что вследствие вынужденного движения при истечении кипящей воды процесс парообразования происходит интенсивнее, а следовательно, для его протекания нужен меньший отрезок времени. Таким образом, предложенный метод определения паросодержания в потоке кипящей воды правильно характеризует ход процесса парообразования при истечении кипящей воды.

### Выводы

1. Дана методика определения паросодержания в потоке по изменению давления по длине насадка при истечении кипящей воды через цилиндрические насадки.
2. Получены данные о степени завершения процесса парообразования внутри насадков при истечении кипящей воды с начальным давлением 2—8 ати через цилиндрические насадки длиной 8—92 мм.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гурченко А. А. Исследование процесса истечения кипящей воды через диафрагмы и цилиндрические насадки, 1957, Известия ТПИ, т. 101.
  2. Кутателадзе С. С. Теплоотдача при конденсации и кипении, Машгиз, 1952.
-