

К РАСЧЕТУ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА С УЧЕТОМ КРИТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРИ ИСТЕЧЕНИИ КИПАЮЩЕЙ ВОДЫ

А. А. ГУРЧЕНОК

(Представлена научным семинаром кафедры АТПП)

При истечении кипящей воды в образующемся двухфазном потоке могут возникать кризисные явления, вызванные достижением в потоке скорости звука [1].

Расчет скорости звука для среды жидкость-пар в двухфазной области можно провести по обычной формуле

$$a = \sqrt{-v^2 (dp/dv)_s} \text{ м/сек.} \quad (1)$$

Величина dp/dv рассчитывается по параметрам паровой и жидкой фаз.

$$dv/dp = x (dv''/dp)_{s''} + (1-x) (dv'/dp)_{s'}. \quad (2)$$

При этом предполагается, что рассматриваемая двухфазная среда представляет гомогенную структуру, параметры состояния которой и их производные непрерывны в любой точке объема, занятого средой. Размеры неоднородностей должны быть меньше, чем длина звуковой волны [2].

Выражение (2) может быть упрощено, если считать, что жидкость в смеси не сжимаема, т. е. $dv'/dp = 0$. С учетом указанного допущения выражение (1) может быть преобразовано к виду

$$a = a'' \left(\sqrt{x} + \frac{1-x}{\sqrt{x}} \cdot \frac{v'}{v''} \right) \text{ м/сек,} \quad (3)$$

где

$$a = \sqrt{\kappa p v''} \text{ м/сек.} \quad (4)$$

Из формулы (3) видно, что скорость в парожидкостной среде зависит от термодинамических параметров среды: степени сухости x , абсолютного давления p , отношения удельных объемов фаз v'/v'' .

Используя результаты [3], где исследовался случай истечения кипящей воды через цилиндрические насадки при различной степени завершения процесса парообразования, ниже проводится анализ возможности установления критического режима истечения.

Процесс истечения кипящей воды может быть изображен в P — Y диаграмме (рис. 1). Площадь между осью P и кривой процесса расширения представляет величину кинетической энергии потока. Для определения возможности установления критического режима по условиям истечения проведено определение скорости звука в паровой фазе и парожидкостной смеси. Особенностью расчета является применение урав-

нения (3) для условий неравновесного состояния потока (перегретая жидкость) повышенное с учетом сил поверхностного натяжения давление внутри пузырьков образующейся паровой фазы.

На рис. 2 приведены графики скорости истечения по данным [3] и скорости звука для случаев истечения кипящей воды с полной (100%) степенью завершения процесса парообразования при различных противодавлениях. Точка пересечения кривых позволяет определить параметры потока, при которых устанавливаются критические режимы истечения. Результаты расчетов для всех режимов истечения сведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что величина критического давления зависит от условий истечения. Только при изменении степени завершения процесса парообразования от $\xi = 1,1\%$ до $\xi = 100\%$ величина критического давления увеличивается от $P_{кр} = 1,2 \text{ бар}$ до $P_{кр} = 4,0 \text{ бар}$. Во

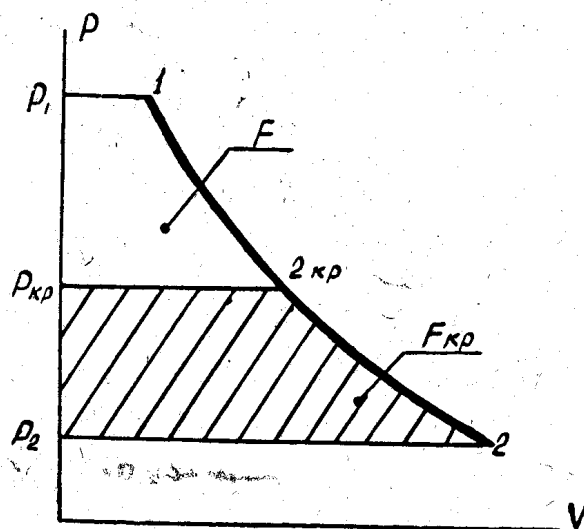


Рис. 1

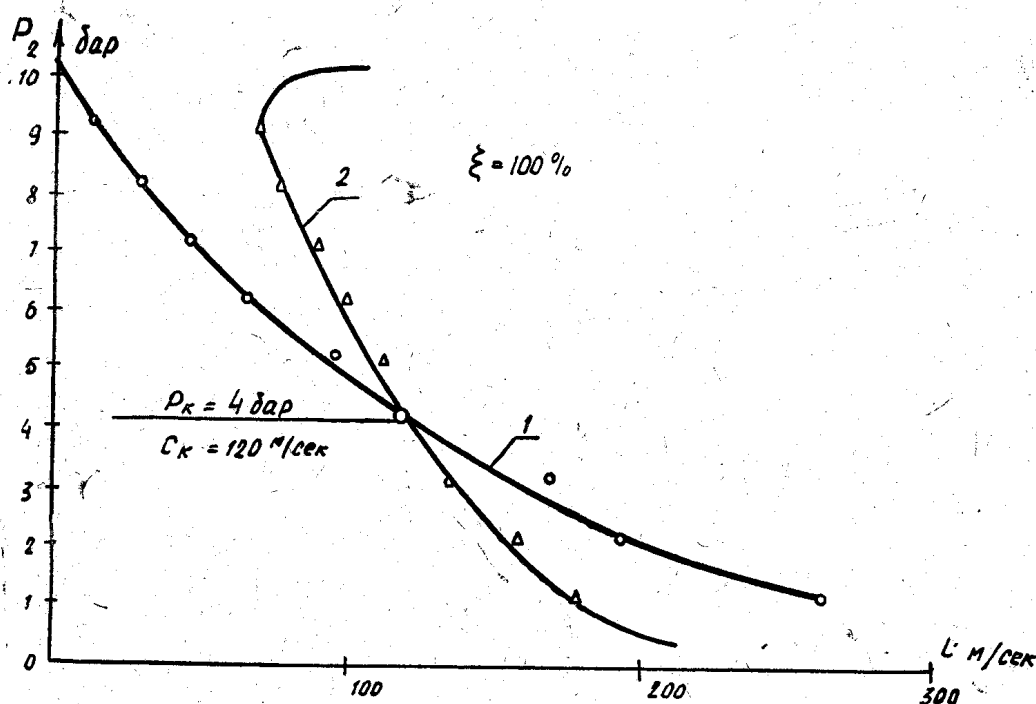


Рис. 2

всех случаях наступает критический режим истечения. Величина критической скорости истечения составляет 50—120 м/сек или 1,06—0,245 скорости звука в паре при данных условиях.

Используя данные проведенных расчетов, были определены в каждом случае значения площади под кривой процесса расширения, теря-

емой из-за установления в потоке предельной критической скорости истечения пароводяной смеси. Для всех случаев была определена величина относительной потерянной площади

$$\eta = 1 - F_{кр}/F.$$

Значения η изменяются от 0,967 при $\xi=1,1\%$ до 0,265 при $\xi=100\%$. Указанный пример показывает, что при истечении кипящей

Т а б л и ц а 1

$\xi, \%$	$p_{кр}, бар$	$p_{кр}/p_1$	$a_{см}, м/сек$	$a_{см}/a''$	$a'', м/сек$	$1 - \frac{F_{кр}}{F}$
1,1	1,2	0,11	50	0,106	472,4	0,967
3,3	1,5	0,15	54	0,114	476,3	0,89
5,64	2,0	0,2	60	0,125	480,4	0,74
11,8	3,0	0,3	72	0,148	485,8	0,54
100,0	44,0	0,4	120	0,245	489,7	0,26

воды через цилиндрические насадки при преобразовании теплового перепада в кинетическую энергию будут наблюдаться энергетические потери из-за установления критического режима истечения.

Заключение

1. При истечении кипящей воды параметры критического режима могут быть определены путем серии расчетов процесса для различных значений противодавлений.

2. Параметры критического режима при одних и тех же начальных условиях процесса истечения изменяются при изменении степени завершения паробразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Д. В а й с м а н. Термодинамика парожидкостных потоков. 1967.
2. В. В. Д в о р н и ч е н к о. Теплоэнергетика, № 10, 1966.
3. А. А. Г у р ч е н о к. Настоящий сборник.