

В. Ф. КУРОПАТЕНКО,
В. К. ПОТАПКИН, А. Т. САПОЖНИКОВ

РАСЧЕТ НЕУСТАНОВИВШИХСЯ ТЕЧЕНИЙ ГАЗА
ТИПА ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА
В ТРУБОПРОВОДАХ ПОСТОЯННОГО СЕЧЕНИЯ

В статье рассматривается разностный метод расчета неустановившихся течений сплошной среды и его применение для решения задач с испарением или конденсацией. Метод не выделяет особенностей в решении (сильных или слабых разрывов) и, таким образом, относится к методам «сквозного счета». В отличие от известного метода* не проводится разбиение возмущений на два типа в зависимости от знака производной $\frac{\partial u}{\partial x}$, поскольку наличие фазовых переходов может приводить к появлению ударных волн разрежения. Разностные уравнения, аппроксимирующие уравнения газодинамики с погрешностью аппроксимации $O(\tau+h^2)$, имеют вид

$$\frac{u_0' - u_0^0}{\tau} + \frac{\bar{p}_{0,5}' - \bar{p}_{0,5}^0}{h} = 0,$$

$$\frac{v_{0,5}' - v_{0,5}^0}{\tau} - \frac{u_1^0 - u_0^0}{h} = 0,$$

$$E_{0,5}' - E_{0,5}^0 + 0,5 (\bar{p}_{0,5}' + \bar{p}_{0,5}^0) (v_{0,5}' - v_{0,5}^0) - \tau Q = 0,$$

где τQ — теплота, подводимая к трубопроводу извне.

Величина \bar{p} носит характер давления на фронте возмущения, распространяющегося по среде. Для нахождения \bar{p} привлекаются условия на сильном разрыве. Полученная таким образом система нелинейных уравнений решается итерациями по методу хорд. В ряде случаев эти уравнения могут быть заменены приближенной зависимостью между W (скоростью перемещения разрыва) и Δu (скачком скорости)

$$W = a^0 + k\rho^0 \Delta u,$$

где k — безразмерная постоянная порядка 1, $a = \sqrt{-\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_s}$.

* В. Ф. Куропатенко, Тр. Матем. ин-та им. В. А. Стеклова, 1966, т. LXXIV, ч. 1.

Переход среды из жидкого состояния в газообразное учитывается соответствующим уравнением состояния:

1) жидкая фаза

$$p = (\gamma - 1) \rho E + c_0^2 (\rho - \rho_0) \text{ при } p \geq \frac{c_0^2 (\rho - \rho_0)}{1 - \rho \theta} \text{ и } \rho \geq \frac{1}{\theta};$$

2) газовая фаза

$$p = (\gamma - 1) \rho E \text{ при } \rho < \frac{1}{\theta};$$

3) смесь фаз

$$p = (\gamma - 1) \frac{E}{\theta} \text{ при } p < \frac{c_0^2 (\rho - \rho_0)}{1 - \rho \theta} \text{ и } \rho = \frac{1}{\theta}.$$
