

зависимость экспериментально полученной интенсивности кавитационной эрозии материалов в воде от температуры (рис. 2). Кроме того, максимум эрозионной способности воды практически совпадает с максимумом интенсивности эрозии, полученным из экспериментов ( $t \approx 50^\circ\text{C}$ ) [5]–[7]. Учитывая, что известные экспериментальные результаты получены для самых различных условий кавитации, можно заключить: формулы (4) и (4') представляют общие закономерности, отражающие реальные процессы, происходящие при кавитации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К у м а ч е в В.И. Механизм кавитационной эрозии. – Науч. тр. БСХА. Горки, 1979, вып. 57, с. 109–117. 2. Л а н д а у Л.Д., А х и е з е р А.И., Л и ф ш и ц Е.М. Курс общей физики: Механика и молекулярная физика. – М., 1965, – 566 с. 3. Г и р ш ф е л ь д е р Дж., К е р т и с с Ч., Б е р д Р. Молекулярная теория газов и жидкостей: Пер. с англ. – М., 1961, 969 с. 4. Р и в к и н С.А., А л е к с а н д р о в А.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. – М., 1980. – 593 с. 5. К а р е л и н В.Я. Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах. – М., 1975. – 336 с. 6. К н э п п Р., Д э й л и Дж., Х э м м и т Ф. Кавитация: Пер. с англ. – М., 1974. – 687 с. 7. П и р с о л И. Кавитация: Пер. с англ. – М., 1975. – 92 с.

УДК 532.542

А.Е.ЕЛИСЕЕВ (БПИ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В КОАКСИАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ С ПРОНИЦАЕМОЙ ВНУТРЕННЕЙ ТРУБОЙ

В настоящее время получают широкое распространение установки, аппараты и устройства, в которых в качестве передающей или отдающей поверхности используются проницаемые стенки [1, 2]. Для проектирования надежной и экономически эффективной работы таких трубопроводов необходимо знания закономерностей распределения пьезометрического давления и расхода жидкости по длине коаксиальных труб. Без указанных закономерностей невозможно обеспечить оптимальный режим истечения.

Цель данной работы – экспериментальное исследование процесса течения несжимаемой жидкости в коаксиальном трубопроводе с различной проницаемостью стенки внутренней трубы, а также уточнение зависимостей, полученных в результате аналитического исследования [3].

Экспериментальная установка (рис. 1) включала внутреннюю проницаемую трубу, соосно расположенную в стеклянном трубопроводе. Питание установки осуществлялось из открытого резервуара. Измерение давления по длине внутренней и внешней труб производилось пьезометрами, расположенными симметрично относительно отверстий в стенках проницаемого трубопровода. Изучались трубы длиной 16,74 м; 15,00; 8,74 и 4,55 м при соотношениях внутреннего и наружного трубопроводов  $d : D$  0,100; 0,187; 0,350. При этом скважность трубопровода  $\epsilon_f$  (отношение суммарной площади отверстий в стенке к площади боковой поверхности трубы) изменялась от 0,00245 до 0,15. Скорость во внутренней трубе измерялась при помощи напорной трубки из

стальных игл диаметром 2 мм. По построенным эюграм скоростей определялись средняя скорость и расход по длине пронцаемого трубопровода. Из условия неразрывности устанавливался расход в наружном трубопроводе. Перетекание жидкости из одной трубы в другую наблюдалось с помощью индикатора через наружный стеклянный трубопровод.

Были проведены серии опытов (рис. 2). Преследовалась цель определения характера взаимодействия двух движущихся потоков во внутренней и внешней трубах. Было установлено, что в коаксиальных трубопроводах имеет место как распределение воды пронцаемым трубопроводом, так и приток ее из наружного во внутренний трубопровод (серии опытов I и III). Изменение расхода по длине внутренней пронцаемой трубы для всех сечений описывается показательной функцией:

$$Q_x = Q_0 \exp \left( - \frac{K_1 x}{L} \right); \quad (1)$$

$$Q_x = Q_0 \exp \left( -K_2 \frac{L - X}{L} \right), \quad (2)$$

где  $Q_x$  – расход в рассматриваемом сечении пронцаемой трубы;  $L$  – длина пронцаемого трубопровода;  $Q_0$  – расход жидкости в начале трубы;  $K_1$  и  $K_2$  – коэффициенты, характеризующие интенсивность распределения и притока воды.

Уравнения (1) и (2) описывают изменение расхода в пронцаемом трубопроводе соответственно на участках, где имеет место распределение воды и где происходит приток воды из наружного во внутренний трубопровод.

В результате решения уравнений определяем координату точки  $X$ , общую для обеих зависимостей и характеризующую переход от распределителя к сборнику:  $X = K_2 L / (K_1 + K_2)$ .

Коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$  являются постоянными для данного способа подвода и отвода воды из трубопровода вне зависимости от создаваемого напора. Однако они зависят от величины скважности трубопровода (рис. 3). Как видно из рисунка, интенсивность распределения и притока воды, характеризуемая коэффициентами  $K_1$  и  $K_2$ , возрастает с увеличением пронцаемости трубопровода. Эксперименты показали также, что с увеличением скважности уменьшается длина участка трубы, на котором наблюдается приток и одновременно возрастает та ее часть, где происходит распределение воды.

После построения кривой расхода по длине внутреннего пронцаемого трубопровода представилось возможным определить характер изменения расхода по длине наружного трубопровода, так как условие неразрывности в двухконтурной установке удовлетворяется при постоянном расходе в совпадающих поперечных сечениях внутреннего и наружного трубопроводов.

Экспериментальные материалы позволяют изучить характер изменения давления в трубопроводах. Изменение расхода вдоль трубы сопровождается изменением давления (см. рис. 2). Интенсивные изменения скорости потока в начале пронцаемого трубопровода приводят к увеличению давления. В дальнейшем начинают преобладать потери на трение, и давление в пронцаемом трубопроводе постепенно уменьшается до тех пор, пока не уравнивается с давлением в наружном трубопроводе. Этот участок характеризуется распределени-

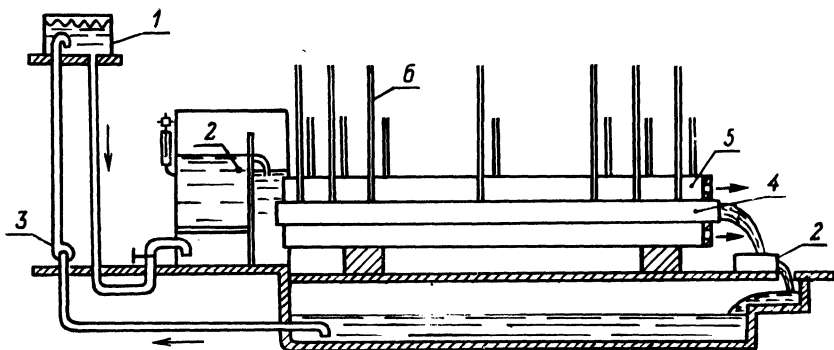


Рис. 1. Схема установки: 1 – напорный бак; 2 – мерный водослив; 3 – насос; 4 – внутренняя перфорированная труба; 5 – наружный стеклянный трубопровод; 6 – пьезометры.

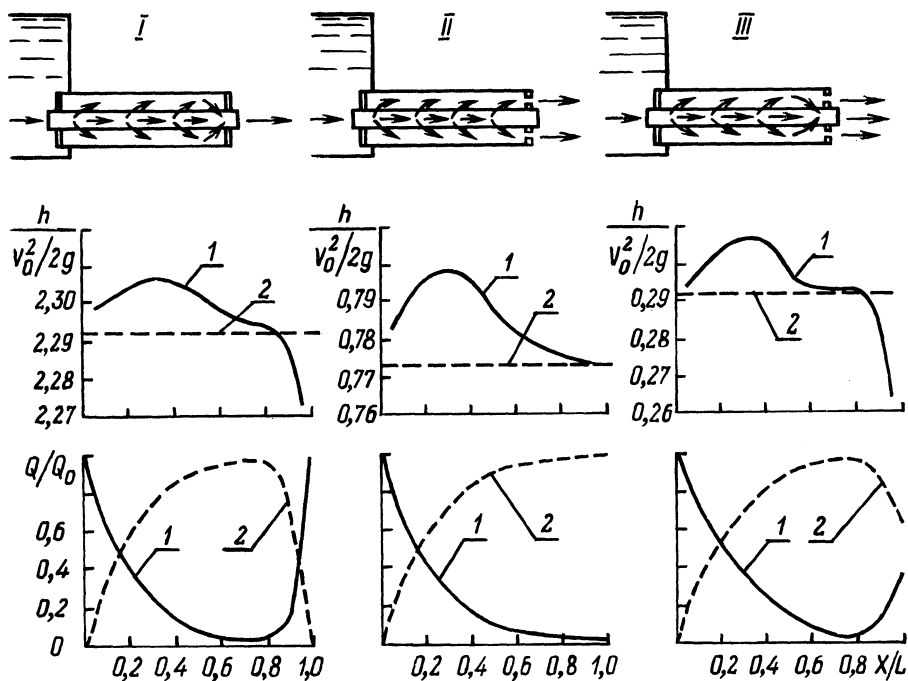


Рис. 2. Распределение давления и расхода жидкости по длине коаксиальных труб: 1 – для внутреннего проницаемого трубопровода; 2 – для наружного трубопровода.

ем воды проникаемой трубой. На участке, где давление во внутренней трубе будет меньше, чем в наружном трубопроводе, происходит поступление воды из кольцевого пространства во внутреннюю трубу. Резкое падение давления здесь обуславливается в основном потерей напора на образование скорости течения.

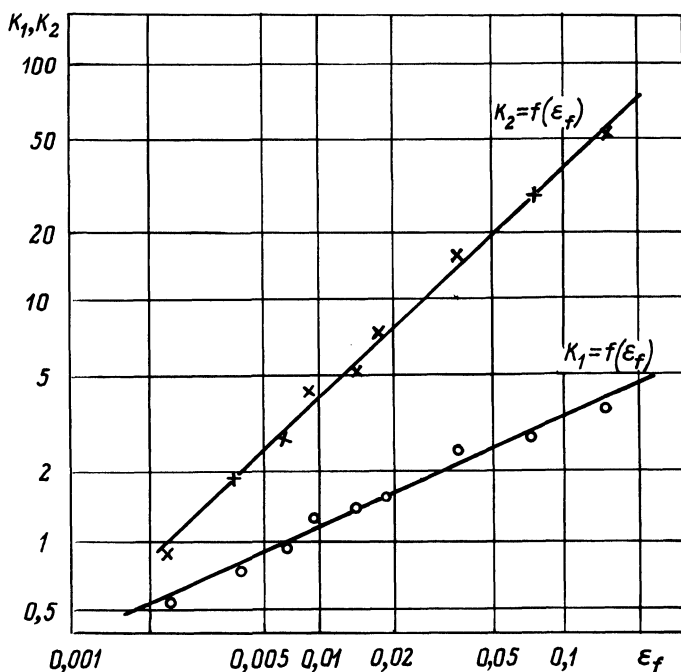


Рис. 3. Графики зависимостей  $K_1 = f(\epsilon_f)$ ,  $K_2 = f(\epsilon_f)$ .

Таким образом, по соотношению давлений во внутреннем и наружном трубопроводах можно определить характер расхода воды в двухконтурной установке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П а с е ч н о в А.М. Напорный трубчатый перепад с гасителем энергии. — Гидротехника и мелиорация, 1960, № 5, с. 48–49.
2. Л е в и т а н М.М., П е р е л ь м а н Т.Л., Ш а б у н я С.И. Гидродинамика и теплообмен при однофазном течении теплоносителей в пористом электрическом кабеле. ИФЖ, 1975, т. 28, № 3, с. 83–87.
3. Ш и м к о К.И., Е л и с е в А.Е. Уравнение движения жидкости в перфорированных трубопроводах постоянного поперечного сечения с учетом закона раздачи расхода вдоль пути. — В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. Минск, 1975, вып. 5, с. 139–144.