

## Л и т е р а т у р а

1. А б р а м о в Н.Н. Водоснабжение. — М., 1974. 2. И в а н о в К.И. Гидравлические и технологические расчеты по водоснабжению. — М., 1963. 3. М о ш н и н Л.Ф. Методы технико-экономического расчета водопроводных сетей. — М., 1950. 4. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий. — М., 1977. 5. Ш е в е л е в Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. — М., 1973.

УДК 628.152

С.П. С е д л у х а

### РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ ДЛЯ НЕЗАВИСИМО РАБОТАЮЩИХ ВОДОПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ С УЧЕТОМ МЕСТНЫХ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Наиболее простой и удобный метод технико-экономического расчета водопроводных сетей предложен Л.Ф. Мошниним [1,2]. Им же введено понятие "пределный расход". При независимо работающей линии предельным для данного диаметра трубы является такой расход, при котором этот диаметр оказывается экономически равноценным сортаментному диаметру. Иначе говоря, диаметр  $d_i$  экономически выгодно применять при подаче по нему расхода, лежащего между предельными для диаметров  $d_{i-1}$  и  $d_i$ .

В формулу для расчета предельных расходов по методу Л.Ф. Мошнина, помимо ряда других величин, входят коэффициент  $b$  и показатель степени  $\alpha$  из формулы

$$C = b_0 + bd^\alpha, \quad (1)$$

определяющей стоимость строительства единицы длины трубопровода диаметром  $d$ , а также показатели степени  $n$  и  $m$  из эмпирической формулы гидравлического уклона вида

$$i = k \frac{q^n}{d^m}, \quad (2)$$

аппроксимирующей формулы Ф.А. Шевелева [1,3].

В связи с трудностью определения параметров формулы (1) для конкретных условий строительства предельные расходы в большинстве случаев определяются по таблицам, рассчитанным для осредненных условий [3]. Выполненные нами исследования для условий Целиноградской области показали, что табличные значения предельных расходов для от-

дельных диаметров отличаются от оптимальных значений до 46%, а увеличение приведенных затрат при пользовании таблицами может достигать 16,6% [4]. Эти исследования выполнялись путем расчета построения и анализа зависимостей приведенных затрат от расхода для всех сортаментных диаметров труб.

Применение вычислительной техники позволяет рассчитывать предельные расходы для конкретных условий строительства и эксплуатации непосредственно по формулам, предложенным Л.Ф. Мошным, определяя параметры формулы (1) по методу наименьших квадратов. Точность расчетов при этом значительно повышается. Однако для части диаметров погрешность определения предельных расходов останется довольно высокой. Это объясняется значительным несоответствием между фактической стоимостью строительства единицы длины трубопровода для этих диаметров и стоимостью, определяемой по эмпирической формуле (1), а также использованием в методике Л.Ф. Мошина степенной формулы (2) гидравлического уклона [5].

Предлагаемый метод позволяет отказаться от использования эмпирических зависимостей (1) и (2), применяя вместо них фактическую стоимость строительства единицы длины трубопровода каждого сортаментного диаметра и принятые в настоящее время для гидравлических расчетов формулы Ф.А. Шевелева. В этом случае приведенные затраты на единицу длины трубопровода в функции расхода выразятся уравнением

$$\Pi = C(1 + RT) + K \frac{mIq^3}{0,102 \eta d^y} \left( 24 \times 365 \gamma \sigma_p + \frac{K_3}{\cos \varphi} \sigma_y \right), \quad (3)$$

где  $C$  – полная сметная стоимость строительства единицы длины трубопровода при расчетном диаметре  $d$ , руб./м;  $R$  – сумма годовых амортизационных отчислений, включая отчисления на текущий ремонт, доли ед.;  $T$  – нормативный срок окупаемости, годы;  $q$  – расход, м<sup>3</sup>/с;  $\eta$  – к.п.д. насосных агрегатов в долях единицы;  $d$  – расчетный внутренний диаметр трубы, м;  $K_3$  – коэффициент запаса мощности двигателей;  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности двигателей;  $\gamma$  – коэффициент неравномерности расходования электроэнергии;  $\sigma_p$  – стоимость расходуемой электроэнергии, руб./кВт·ч;  $\sigma_y$  – оплата за установленную мощность, руб./кВА·год;  $m, y, K$  – параметры, входящие в формулу Ф.А. Шевелева для определения гидравлического уклона

$$i = K \frac{m}{d^y} q^2, \quad (4)$$

а именно:

$m, y$  – коэффициент и показатель степени, зависящие от материала трубы;  $K$  – коэффициент, учитывающий неквадратичность зависимости потерь напора от средней скорости движения воды  $v$  и определяемый по формулам, общий вид которых:

$$\text{а) при } v \geq v_K \quad K = 1 ; \quad (5)$$

$$\text{б) при } v < v_K \quad K = K_1 \left( K_2 + \frac{K_3}{v} \right)^\alpha \quad (6)$$

( $v_K, K_1, K_2, K_3, \alpha$  – величины, зависящие от материала трубы).

Формула (6) представлена в обобщенном виде, удобном для расчета на ЭВМ.

Очевидно, при расходе, равном предельному для диаметра  $d_i$ , справедливо равенство

$$P_i = P_{i+1}. \quad (7)$$

Подставляя в (7) значения приведенных затрат, согласно (3), и решая полученное уравнение относительно  $q$ , найдем

$$(q_{\text{пр}})_i = \sqrt[3]{\frac{0,102\eta(1+RT)(C_{i+1}-C_i)}{mT(24 \times 365 \gamma \sigma_p + \frac{K_3}{\cos \varphi} \epsilon_y)}} \cdot \sqrt[3]{\frac{K_i}{d_i^y} - \frac{K_{i+1}}{d_{i+1}^y}}. \quad (8)$$

Расчет предельных расходов по формуле (8) необходимо вести методом итераций, принимая в первом приближении значение коэффициентов неквадратичности  $K_i$  и  $K_{i+1}$  равными единице, а на последующих шагах – в соответствии с формулами (5) и (6). Сходимость итеративного процесса во всех случаях очень хорошая. Для практических расчетов можно ограничиться первым приближением. Ошибка при этом только в отдельных случаях может достичь нескольких процентов [6].

По формуле (8) могут быть вычислены предельные расходы для всех диаметров труб сортамента, за исключением последнего. Если считать, как это принято в работе [3], что предельным для последнего диаметра будет такой расход, при котором этот диаметр окажется экономически равноценным двум таким же параллельно работающим, то формула для его расчета примет вид

$$\sqrt[3]{\frac{0.102 \tau C_j (1+RT)}{mT (24 \times 365 \gamma \epsilon_p + \frac{K_3}{\cos \varphi} \epsilon_y)}}$$

$$(q_{\text{пр}})_j = \frac{\sqrt[3]{\frac{K_j - 0,25 K_{2j}}{d_j^y}}}{\dots} \quad , \quad (9)$$

где коэффициенты неквадратичности  $K_j$  и  $K_{2j}$  определяются для одной и двух параллельно работающих труб соответственно.

В качестве примера в таблице приведены значения предельных расходов, рассчитанных для конкретных условий строительства водопроводных сетей из асбестоцементных труб ВТ-9 во втором поясе Московской области [7]. Расчеты выполнены по формуле (8) и по методике Л.Ф. Мошнина с определением параметров формулы (1) по методу наименьших квадратов. Приведены также значения, рекомендуемые в работе [3].

Из табл. 1 видно, что найденное по формуле (8) значение предельного расхода для трубы диаметром 141 мм имеет меньшую величину, чем для предыдущего диаметра. Следовательно, труба диаметром 141 мм не может быть экономически выгодной ни при каких значениях расхода, и

**Т а б л. 1. Расчет предельных расходов трубопроводов**

Расчетный диаметр, мм	Стоимость строительства 1 м трубопровода, руб.	$q_{\text{пр}}$ по формуле (8), л/с	По таблицам Ф.А. Шевелева		По методике Л.Ф. Мошнина	
			$q_{\text{пр}}$ , л/с	отклонение, %	$q_{\text{пр}}$ , л/с	отклонение, %
50	11,48	2,90	2,2	-24,0	2,72	-6,1
75	12,18	7,48	5,2	-30,4	6,34	-15,1
100	13,44	13,00	9,1	-29,9	11,13	-14,3
119	14,57	24,89	13,8	-44,5	16,74	-32,6
141	17,63	21,19	23,6	+11,4	28,48	+34,4
189	18,75	52,54	44,0	-16,2	52,78	+ 0,5
235	21,84	53,47	71,0	+32,8	84,20	+57,5
279	22,80	151,70	103,0	-32,0	141,31	-6,7
368	33,60	259,21	217,0	-16,2	255,28	-1,4
456	44,85	581,61	505,5	-13,1	—	—

этот диаметр при данных условиях из рассмотрения следует исключить. Практически можно исключить и трубы диаметром 235 мм. В результате изменятся предельные расходы для оставшихся смежных диаметров труб. Их уточненные значения, рассчитанные по формуле (8) для диаметров 119, 189 и 279 мм, составляют соответственно 23,66; 52,76 и 151,70 л/с.

Найденные по предлагаемому методу предельные расходы для независимо работающих линий могут использоваться и при технико-экономическом расчете сложных кольцевых и разветвленных сетей, учитывающем роль каждого участка в работе всей сети. В результате такого расчета можно определить приведенные расходы для всех участков и по ним, пользуясь таблицей предельных расходов для независимо работающих линий, выбрать оптимальные сортаментные диаметры [1].

### Л и т е р а т у р а

1. М о ш н и н Л.Ф. Методы технико-экономического расчета водопроводных сетей. — М., 1950. 2. Технико-экономический расчет водопроводных сетей/ Л.Ф. М о ш н и н, М.А. С о м о в, Г.Л. Х а м ц о в а, А.С. Ч е п ц о в. Водоснабжение и санитарная техника. 1969, № 7. 3. Ш е в е л е в Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. — М., 1973. 4. С е д л у х а С.П., Д ь я к о в Г.П., П л о т н и к о в Т.Н. Расчет экономических выгодных диаметров водопроводных труб. — Алгоритмы и программы, П001643. Информ.бюл., 1976, № 2. 5. С е д л у х а С.П. Расчет экономических расходов и приведенных затрат на строительство и эксплуатацию для водопроводных труб. — Алгоритмы и программы, П002797. Информ. бюл. № 2. 6. С е д л у х а С.П. Расчет предельных экономических расходов по минимуму суммы приведенных затрат в течение расчетного срока эксплуатации трубопровода. — В сб.: VI науч.-техн. конф. Целиноградского инженерно-строительного ин-та. Целиноград, 1973. 7. У крупненные сметные нормы на сооружения водоснабжения и канализации. — В сб.: № 10-1. Внешние сети. М., 1972.

УДК 628. 1/2

Л.М. Л и в ш и ц, В.И. С а ч к о в, Н.И. Ю х и м у к

### ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕССТОЧНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Среди многочисленных аспектов проблемы охраны окружающей среды решающей является защита водоемов от загрязнений различного рода отходами хозяйственной деятельности человека.

Основную долю загрязнений по-прежнему несут в водоемы неочищенные либо недостаточно очищенные сточные воды. Наиболее опасными в этом отношении являются промышленные сточные воды. Однако до настоящего времени отсутствуют типовые проекты по обезвреживанию производственных химически загрязненных сточных вод.