УЧЕТ ЭНЕРГИИ УХОДЯЩЕГО ПОТОКА ПРИ ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Э. Н. Рыбников

Харьков

С учетом математической модели установившегося потокораспределения [1] функция цели, представляющая собой приведенные суммарные затраты на строительство и эксплуатацию сети при экономическом расчете, имеет вид

$$V = \sum_{r=1}^{l}\left(\frac{M_r}{\overset{a}{h_r^m}} + C_r h_r\right) + \sum_{t=s+2}^{m}\left(\frac{M_t}{\overset{a}{h_t^m}} + C_t h_t\right) + \sum_{r=t+1}^{k} C_r \Delta h_r^c. \qquad (1)$$

Здесь обозначения приняты такими же, как и в работе [2]. Выражение $\sum_{r=l+1}^{s} C_r \Delta h_r^c$ учитывает энергию уходящего потока;

$$\Delta h_r^c = \sum_{l=s+1}^{m} b_{kl}\,(h_l + \beta_l h_l^r) - \sum_{l=s+1}^{m} b_{rl}\,(h_l + \beta_l h_l^r) + h_k^{c*} - h_r^{c*} \qquad (2)$$

$$(r = l+1,\ \ldots,\ s).$$

Как показано в работе [2], технико-экономический расчет водопроводной сети заключается в решении системы нелинейных уравнений

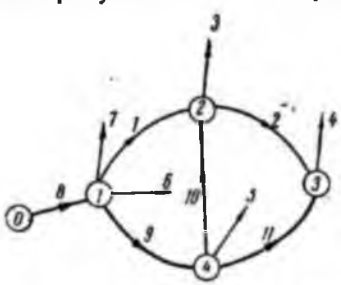
$$f_l = \sum_{r=1}^{l} b_{rl}\left(\frac{\frac{\alpha}{m} M_r}{\frac{\alpha}{h_r^m}+1} - C_r\right) + \sum_{r=l+1}^{s} C_r(b_{kl} - b_{rl}) - \frac{\frac{\alpha}{m} M_l}{\frac{\alpha}{h_l^m}+1} + C_l = 0 \qquad (3)$$

$$(l = s+2,\ \ldots,\ m)$$

с учетом уравнений (2) и

$$h_r = -\sum_{l=s+1}^{m} b_{rl} h_l \quad (r = 1,\ \ldots,\ l). \qquad (4)$$

На рисунке показан граф простейшей водопроводной сети с источником питания, находящимся в 8-й ветви. Диктующей точкой является узел *3*. Покажем, каким образом записывается система уравнений (3) при учете энергии уходящего потока и без учета.



В первом случае при условии, что $C_l = C_0 q_l$, $(j = 1,\ \ldots,\ m)$ и $q_l = \sum_{r=1}^{s} b_{rl} q_r$ она будет иметь вид

$$f_9 = -\frac{\frac{\alpha}{m} M_9}{\frac{\alpha}{h_9^m}+1} - \frac{\frac{\alpha}{m} M_1}{\frac{\alpha}{h_1^m}+1} + C_0 q_8 = 0; \qquad (5)$$

$$f_{10} = -\frac{\frac{\alpha}{m} M_{10}}{\frac{\alpha}{h_{10}^m}+1} - \frac{\frac{\alpha}{m} M_1}{\frac{\alpha}{h_1^m}+1} + \frac{\frac{\alpha}{m} M_2}{\frac{\alpha}{h_2^m}+1} C_0 q_8 = 0;$$

$$f_{11} = -\frac{\frac{\alpha}{m} M_{11}}{\frac{\alpha}{h_{11}^m}+1} - \frac{\frac{\alpha}{m} M_2}{\frac{\alpha}{h_2^m}+1} = 0;$$

без учета энергии уходящего потока

$$f_9 = -\frac{\frac{\alpha}{m} M_9}{h_9^{\frac{\alpha}{m}+1}} - \frac{\frac{\alpha}{m} M_1}{h_1^{\frac{\alpha}{m}+1}} + C_0 (q_3 + q_4 + q_5) = 0; \qquad (6)$$

$$f_{10} = -\frac{\frac{\alpha}{m} M_{10}}{h_{10}^{\frac{\alpha}{m}+1}} - \frac{\frac{\alpha}{m} M_1}{h_1^{\frac{\alpha}{m}+1}} + \frac{\frac{\alpha}{m} M_2}{h_2^{\frac{\alpha}{m}+1}} + C_0 q_3 = 0;$$

$$f_{11} = -\frac{\frac{\alpha}{m} M_{11}}{h_{11}^{\frac{\alpha}{m}+1}} - \frac{\frac{\alpha}{m} M_2}{h_2^{\frac{\alpha}{m}+1}} + C_0 q_4 = 0.$$

В таблице приведены результаты решения на ЦВМ задачи технико-экономического расчета водопроводной сети, изображенной на рисунке с учетом (нижние строки) и без учета (верхние строки) энергии уходящего потока при следующих исходных данных:

$\gamma = 0{,}62$; $E + p = 10{,}25$; $p' = 33\%$; $\varphi = 91{,}5$; $\lambda = 1{,}0$;

$\eta = 0{,}7$; $l_1 = l_2 = l_3 = l_9 = l_{10} = l_{11} = 1000$ *м*;

$\alpha = 1{,}8$; $m = 5{,}3$; $b = 80$; $p = 2{,}3\%$; $k = 0{,}00179$;

$\sigma = 0{,}7$ *коп/квт·ч*; $q_2 = 10$ *л/сек*; $q_8 = 80$ *л/сек*;

$q_9 = 35$ *л/сек*; $q_{10} = 5$ *л/сек*; $q_{11} = 10$ *л/сек*; $q_7 = 0$;

$q_3 = q_4 = q_5 = q_6 = 20$ *л/сек*, $q_1 = 25$ *л/сек*.

Требуемый свободный напор во всех узлах не менее 10 метров.

Программа, при помощи которой производился расчет, использует для решения системы нелинейных уравнений (3) метод покоординатного спуска. В результате решения получены значения функций

$$V_1 = V_3 + V_4 + V_6; \qquad (7)$$

$$V_2 = V_3 + V_4 + V_5, \qquad (8)$$

где

$$V_3 = \sum_{r=1}^{l} \frac{M_r}{h_r^{\frac{\alpha}{m}}} + \sum_{t=s+2}^{m} \frac{M_t}{h_t^{\frac{\alpha}{m}}}; \qquad (9)$$

$$V_4 = \sum_{r=1}^{l} C_r h_r + \sum_{t=s+2}^{m} C_t h_t; \qquad (10)$$

$$V_5 = \sum_{r=l+1}^{s} C_r h_r^c; \qquad (11)$$

$$V_6 = \sum_{r=l+1}^{s} C_r \Delta h_r^c. \qquad (12)$$

Данные таблицы показывают, что без учета энергии уходящего потока в результате экономического расчета определяются неоптимальные диаметры участков, как видно из соотношения функций V_1, либо V_2, несмотря на то, что они меньше диаметров, полученных в результате экономического расчета с учетом энергии уходящего потока.

№ участка	Диаметр участка D_i, *мм*	Скорости потоков по участкам, *м/сек*	Потери напора h_i, *м*	M_i	C_i	Свободные напоры h_{fr}^c, *м*	Напор источника питания, *м*
1	177,4	1,01	10,92	448	28		
	188,6	0,89	8,01				
2	134	0,708	8,1	240.5	11,2		
	168,5	0,45	2.65				
3						18,1	
						12,65	
4						10	
						10	
5						22,83	
						15,47	
6						29,02	
						20,66	
7						29,02	
						20,66	
8	306,9	1,08	0,59				29,61
	306,9	1,08	0,59	0	0		21,25
9	225	0,88	6,19				
	233	0,82	5,19	564	39,2		
10	115,7	0,47	4,73				
	128,5	0,385	2,82	156	56		
11	122,2	0,85	12,82				
	145	0,6	5,47	240,7	11,2		

$V_1 = \frac{4095}{3777}$; $V_2 = \frac{4992}{4672}$; $V_3 = \frac{2387}{2818}$; $V_4 = \frac{811}{535}$; $V_5 = \frac{1794}{1319}$;

$V_6 = \frac{897}{422}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Евлокимов, Э. Н. Рыбников. Математическая модель установившегося потокораспределения в водопроводных сетях. «Изв. вузов. Строительство и архитектура», 1968, № 8.

2. Э. Н. Рыбников. Исследование и разработка метода технико-экономического расчета на ЭЦВМ сложных кольцевых водопроводных сетей. Научно-техническая информация. Межотраслевые вопросы строительства (отечественный опыт). ЦИНИС, 1968, № 4.