

Первый член уравнения (1) содержит приведенные годовые затраты от строительной стоимости, второй – член содержит основные эксплуатационные затраты для подъема воды к потребителям, где P – нормативный коэффициент ежегодных отчислений на амортизацию и ремонт от строительной стоимости сети и водоводов;

$E=1/t$ – коэффициент эффективности капиталовложений;

t – нормативный срок окупаемости;

d_{ik} и l_{ik} – соответственно диаметры и длины участков сети водоводов;

$a + bd_{ik}^\alpha$ – эмпирическая формула строительной стоимости труб (с укладкой) на единицу длины труб;

a, b и α получается в результате обработки сметных данных, зависят от материала труб, глубины их укладки, характера грунтов и их водоносности;

H_o – пьезометрическая высота диктующей точки сети относительно уровня воды в питающем резервуаре насосной станции;

Q_o – полный расход воды подаваемый в систему;

h_{ik} – потеря напора на участках сети и водоводах;

P – экономический показатель, характеризующий затраты, которые связаны с подачей воды (ежегодные отчисления от стоимости насосной станции и годовая стоимость энергии, расходуемая на подъем воды):

$$P = \frac{(p_1 + E) f \cdot r + 8760 \delta \gamma}{102 \eta}$$

где:

p_1 – нормативный процент отчислений от строительной стоимости насосных станций;

f – стоимость строительства насосных станций, отнесенная к единице установленной мощности;

r – коэффициент резерва насосного оборудования;

δ – стоимость 1 кВт. ч. электроэнергии, потребляемой насосной станцией;

γ – коэффициент неравномерности η ;

η – КПД насосной станции.

Приведенные ежегодные затраты, согласно [1] через требуемый расход потребителем и потери напора на участках сети расхода энергии на подачу воды в течение расчетного времени;

$$W = (p + E) \sum_{\text{сети}} (a + bd_{ik}^\alpha) \cdot l_{ik} + P(H_o + \sum_{\text{напр}} h_{ik}) Q \quad (2)$$

$$h_{ik} = k \frac{q_{ik}^\beta}{d_{ik}^m}$$

где k – коэффициент гидравлического сопротивления, зависящий от характера внутренней поверхности труб. Предварительно обозначив эксплуатационные затраты для участков сети, соответственно через Y_1, Y_{1Q}, Y_2 и ΔY_2 напишем выражение приведенной затраты для каждого из участков AB, AC, BC, BC .

Приведенные затраты на участке AB при пропуске по нему суммарного расхода воды

$$W = (p + E)(a + bd_1^\alpha) l_1 + Y_1 \quad (3)$$

Приведенные затраты на участке AB только для пропуска транзитного расхода воды

$$W_T = (p + E)(a + bd_{1T}^\alpha) l_1 + Y_{1T} \quad (4)$$

Приведенные затраты на участке BC

$$W_2 = (p + E)(a + bd_2^\alpha) l_1 + Y_2 \quad (5)$$

Приведенные затраты на участке AB'

$$\Delta W_2 = (p + E)(a + bd_2^\alpha) \Delta l_2 \quad (6)$$

При расположении ответвления под некоторым углом к магистральной линии, экономия приведенных затрат составит

$$\begin{aligned} \Delta W &= [(W_1 - W_o) + W_2] - \\ &= (W_2 + \Delta W_2) = \\ &= W_1 - W_o - \Delta W_2 \quad (7) \end{aligned}$$

Подставив значения W_1 , W_T , и ΔW_2 в выражение (3.7) получим

$$\Delta W = [(p + E)(a + bd_1^a) \cdot l_1 + Y_1] - [(p + E)(a + bd_{1T}^a) \cdot l_1 + Y_{1T}] - [(p + E)(a + bd_2^a) \cdot \Delta l_2 + \Delta Y_2]$$

Выразив Δl_2 и l_1 через l_2 после упрощения получим:

$$\Delta W = (p + E)l_2 \left[(a + bd_1^a) \text{ctg} O - (a + bd_2^a) \cdot \left(\frac{1}{\sin O} - 1 \right) + Y_1 \right] - Y_{1T} - \Delta Y_2 = (p + E)l_2 \cdot \left[b(d_1^a - d_{1T}^a) \text{ctg} O - (a + bd_2^a) \left(\frac{1}{\sin O} - 1 \right) \right] + Y_1 - Y_{1T} - \Delta Y_2 \quad (8)$$

Чтобы определить оптимальный угол ответвления, при котором экономия приведенных расходов будет наибольшей, возьмем первую производную от ΔW по O и приравняем ее к нулю. Решив полученное уравнение относительно $\cos O$ определим оптимальный угол ответвления

$$\cos O = \frac{b(d_1^a - d_{1T}^a)}{a + bd_2^a} \quad (9)$$

где d_1, d_{1T} и d_2 – диаметры труб для пропуска суммарного и транзитного расхода воды магистральной линии, а также на участке ответвления.

Используя формулы (2) и (8), запишем выражение экономии приведенной затраты в виде

$$\Delta W = (p + E) \cdot \left[a + bk^{\frac{a}{m}} \cdot Q^{\frac{2a}{m}} h_1^{\frac{-a}{m}} (l_2 \cdot \text{ctg} O)^{\frac{a}{m}} \right]$$

$$\begin{aligned} & \cdot l_2 \text{ctg} O + Y_1 - (p + E) \cdot \\ & \cdot \left[a + bk^{\frac{a}{m}} \cdot Q_{1T}^{\frac{2a}{m}} h_{1T}^{\frac{-a}{m}} (l_2 \cdot \text{ctg} O)^{\frac{a}{m}} \right] \cdot \\ & \cdot l_2 \text{ctg} O - Y_{1T} - (p + E) \cdot \\ & \cdot \left[a + bk^{\frac{a}{m}} \cdot Q_2^{\frac{2a}{m}} h_2^{\frac{-a}{m}} \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right)^{\frac{a}{m}} \right] \cdot \\ & \cdot \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right) - \Delta Y_2 = (p + E)bk^{\frac{a}{m}} \cdot \\ & \cdot \left(Q^{\frac{2a}{m}} h_1^{\frac{-a}{m}} - Q_{1T}^{\frac{2a}{m}} h_{1T}^{\frac{-a}{m}} \right) l_2^{\frac{a}{m}+1} (\text{ctg})^{\frac{a}{m}+1} - \\ & - (p + E)bk^{\frac{a}{m}} Q^{\frac{2a}{m}} h_2^{\frac{-a}{m}} l_2^{\frac{a}{m}+1} \cdot \\ & \cdot \left(\frac{1}{\sin O} - 1 \right)^{\frac{a}{m}+1} - (p + E)al_2 \cdot \\ & \cdot \left(\frac{1}{\sin O} - 1 \right) + Y_1 - Y_{1T} - Y = \\ & = (p + E) \left\{ bk^{\frac{a}{m}} l_2^{\frac{a}{m}+1} \cdot \right. \\ & \cdot \left[\left(Q^{\frac{2a}{m}} h_1^{\frac{-a}{m}} - Q_{1T}^{\frac{2a}{m}} h_{1T}^{\frac{-a}{m}} \right) (\text{ctg})^{\frac{a}{m}+1} - \right. \\ & \cdot \left. \left. - Q_2^{\frac{2a}{m}} h_2^{\frac{-a}{m}} \left(\frac{1}{\sin O} - 1 \right)^{\frac{a}{m}+1} \right] \right. \\ & \left. - al_2 \left(\frac{1}{\sin O} - 1 \right) \right\} + Y_1 - Y_{1T} - Y_2 \quad (10) \end{aligned}$$

где Q и Q_{1T} – суммарный и транзитный расходы воды магистрального водопровода; h, h_{1T} – потери напора на участке магистрального водовода при пропуске суммарного и транзитного расхода воды; h_2 – потеря напора на участке ответвления.

Приравняв первую производную выражения (10) по O к нулю получим

$$\frac{d(\Delta W)}{dO} = (p + E)bk^{\frac{a}{m}} \cdot \left(Q^{\frac{2a}{m}} h_1^{\frac{-a}{m}} - Q_{1T}^{\frac{2a}{m}} h_{1T}^{\frac{-a}{m}} \right) l_2^{\frac{a}{m}+1} \cdot$$

$$\begin{aligned} & \cdot \left[-\left(\frac{a}{m} + 1\right) (\operatorname{ctg} O)^{\frac{a}{m}} \frac{1}{(\sin O)^2} \right] - \\ & - (p + E) b k^{\frac{a}{m}} Q_2^{\frac{2a}{m}} h_2^{\frac{a}{m}} l_2 \cdot \\ & \frac{a}{m} \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right)^{\frac{a}{m}-1} l_2 \left(-\frac{\cos O}{\sin^2 O} \right) \\ & \frac{\sin O - \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right)^{\frac{a}{m}} \cos O}{\sin O} + \\ & + (p + E) a l_2 \frac{\cos O}{\sin^2 O} + (p + E) \cdot \\ & \cdot b k^{\frac{a}{m}} Q_2^{\frac{2a}{m}} h_2^{\frac{a}{m}} l_2 \cdot \\ & \left[-\frac{a}{m} \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right)^{\frac{a}{m}-1} l_2 \frac{\cos O}{\sin^2 O} = 0 \right]_{(10)} \end{aligned}$$

Разделив выражение (11) на

$$\begin{aligned} & (p + E) b k^{\frac{a}{m}} l_2^{\frac{a}{m}} \frac{\cos O}{\sin^2 O} \text{ получим} \\ & \left(Q_2^{\frac{2a}{m}} h_1^{\frac{a}{m}} - Q_{1T}^{\frac{2a}{m}} h_{1T}^{\frac{a}{m}} \right) l_2^{\frac{a}{m}-1} \left(\frac{a}{m} + 1 \right) \cdot \\ & \frac{(\cos O)^{\frac{a}{m}-1}}{(\sin O)^{\frac{a}{m}}} - Q_2^{\frac{2a}{m}} \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right)^{\frac{a}{m}-1} \cdot \\ & \left(1 - \frac{1}{\sin O} \right) - Q_2^{\frac{2a}{m}} h_2^{\frac{a}{m}} l_2^{-1} \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right)^{\frac{a}{m}} - \\ & - \frac{a}{l_2 b k^{\frac{a}{m}}} = \left(Q_2^{\frac{2a}{m}} h_1^{\frac{a}{m}} - Q_{1T}^{\frac{2a}{m}} h_{1T}^{\frac{a}{m}} \right) \cdot \\ & \cdot l_2^{\frac{a}{m}-1} \left(\frac{a}{m} + 1 \right) \frac{(\cos O)^{\frac{a}{m}-1}}{(\sin O)^{\frac{a}{m}}} + \\ & + Q_2^{\frac{2a}{m}} h_2^{\frac{a}{m}} \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right)^{\frac{a}{m}-1} \cdot \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \cdot \left[\frac{a}{m} - \frac{a}{m} \cdot \frac{1}{\sin O} - \frac{1}{l_2} \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right) \right] - \\ & - \frac{a}{l_2 b k^{\frac{a}{m}}} = \left(Q_2^{\frac{2a}{m}} h_1^{\frac{a}{m}} - Q_{1T}^{\frac{2a}{m}} h_{1T}^{\frac{a}{m}} \right) \cdot \\ & \cdot l_2^{\frac{a}{m}-1} \left(\frac{a}{m} + 1 \right) \frac{(\cos O)^{\frac{a}{m}-1}}{(\sin O)^{\frac{a}{m}}} + \\ & + Q_2^{\frac{2a}{m}} h_2^{\frac{a}{m}} \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right)^{\frac{a}{m}-1} \cdot \\ & \cdot \left[\frac{a}{m} - \frac{a}{m} \cdot \frac{1}{\sin O} - \frac{1}{l_2} \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right) \right] - \\ & - \frac{a}{l_2 b k^{\frac{a}{m}}} = \left(Q_2^{\frac{2a}{m}} h_1^{\frac{a}{m}} - Q_{1T}^{\frac{2a}{m}} h_{1T}^{\frac{a}{m}} \right) \cdot \\ & \cdot l_2^{\frac{a}{m}-1} \left(\frac{a}{m} + 1 \right) \frac{(\cos O)^{\frac{a}{m}-1}}{(\sin O)^{\frac{a}{m}}} + \\ & + Q_2^{\frac{2a}{m}} h_2^{\frac{a}{m}} \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right)^{\frac{a}{m}-1} \cdot \\ & \cdot \left[\frac{a}{m} - \frac{a}{m} \cdot \frac{1}{\sin O} - \frac{1}{l_2} \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right) \right] - \\ & - \frac{a}{l_2 b k^{\frac{a}{m}}} = \left(Q_2^{\frac{2a}{m}} h_1^{\frac{a}{m}} - Q_{1T}^{\frac{2a}{m}} h_{1T}^{\frac{a}{m}} \right) \cdot \\ & \cdot l_2^{\frac{a}{m}-1} \left(\frac{a}{m} + 1 \right) \frac{(\cos O)^{\frac{a}{m}-1}}{(\sin O)^{\frac{a}{m}}} + Q_2^{\frac{2a}{m}} h_2^{\frac{a}{m}} \cdot \\ & \cdot \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right)^{\frac{a}{m}-1} \cdot \left[\frac{a}{m} \left(1 - \frac{1}{\sin O} \right) + \right. \\ & \left. + \left(1 - \frac{1}{\sin O} \right) \right] - \frac{a}{l_2 b k^{\frac{a}{m}}} = \left(-Q_{1T}^{\frac{2a}{m}} h_{1T}^{\frac{a}{m}} \right) \cdot \\ & \cdot l_2^{\frac{a}{m}-1} \left(\frac{a}{m} + 1 \right) \frac{(\cos O)^{\frac{a}{m}-1}}{(\sin O)^{\frac{a}{m}}} + Q_2^{\frac{2a}{m}} h_2^{\frac{a}{m}} \cdot \\ & \cdot \left(\frac{l_2}{\sin O} - l_2 \right)^{\frac{a}{m}-1} \left(\frac{a}{m} + 1 \right) \left(1 - \frac{1}{\sin O} \right) - \\ & - \frac{a}{l_2 b k^{\frac{a}{m}}} = 0 \end{aligned}$$

разделив на $\frac{\alpha}{m} + 1$ получим

$$\left(Q_1^m h_1^{\frac{2a}{m} - \frac{a}{m}} - Q_2^m h_2^{\frac{2a}{m} - \frac{a}{m}} \right) \frac{(\cos O)^{\frac{a}{m} - 1}}{(\sin O)^{\frac{a}{m}}} - Q_2^m h_2^{\frac{2a}{m} - \frac{a}{m}} \left(\frac{1}{\sin O} - 1 \right)^m - \frac{a}{bk^m l_2^m \left(\frac{a}{m} + 1 \right)} = 0 \quad (12)$$

Если обозначить

$$Q_1^m h_1^{\frac{2a}{m} - \frac{a}{m}} - Q_2^m h_2^{\frac{2a}{m} - \frac{a}{m}} = K_1;$$

$$Q_2^m h_2^{\frac{2a}{m} - \frac{a}{m}} = K_2;$$

$$\frac{a}{bk^m l_2^m \left(\frac{a}{m} + 1 \right)} = E^3$$

тогда выражение (12) примет вид

$$K_1 \frac{(\cos O)^{\frac{a}{m} - 1}}{(\sin O)^{\frac{a}{m}}} - K_2 \cdot \left(\frac{1}{\sin O} - 1 \right)^m - K_3 = 0$$

Оптимальный угол определяется численным методом из графика.

В данной работе выведены зависимость определения оптимального узла разветвления сетей от магистрального водопровода с учетом приведенных затрат численным методом из графика

Применение данной методики к конкретным разветвленным трубопроводным или другим инженерным сетям на стадии проектирования или реконструкций может снизить приведенные затраты или капиталоемкость водопроводных сетей.

Список использованной литературы

1. Абрамов Н.Н., Поспелова М.М. Расчет водопроводных сетей. – М.: Стройиздат, 1976, - 278 с.
2. Абдрамов Н.Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды. – М.: Стройиздат, 1972, - 288 с.
3. Белан А.Е., Хоружий П.Д. Проектирование и расчет устройств водоснабжения. - Киев, 1981, 192 с.
4. Николадзе А.И., Сомов М.А. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1995, - 688 с.
5. Маханов М. Определение оптимального узла разветвления водопроводных сетей удельных затрат на строительство сети. Алматы. Вестник КазНТУ, №5, 2009.

Кусаинова Г.Д., к.т.н., ЕНУ им. Л.Н.Гумилева
УДК 678.336.3

К ВОПРОСУ ПЛАНИРОВАНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА КАДРОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Мақалада геодезия мамандығы бойынша кадрлардың қажеттілігі туралы болжау әдістемесін дамыту бағыты қарастырылған.

In the article one of possible directions of perfection of methodology of prognostication of necessity of shots of specialists is considered on a geodesy.

В последние годы в геодезическом производстве наблюдается резкий переход к интенсивному пути развития на основе

внедрения в производство результатов научно-технической революции; усовершенствования картографических, фотограм-