

## Л и т е р а т у р а

1. Абрамов Н.Н. Обоснования и методы зонирования водопроводных систем. М., 1949.
2. Абрамов Н.Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды. М., 1972.
3. Гладков А.М. О зонировании систем городских водопроводов. - "Водоснабжение и санитарная техника", 1973, №6.
4. Глезер А.Л. Изменение водопотребления в жилых зданиях при зонировании систем водоснабжения жилых районов. - "Водоснабжение и санитарная техника", 1969, №7.
5. Кожин И.В. Исследования некоторых вопросов использования резервуаров в системах водоснабжения с применением электроаналоговой машины МАВР. - "Научн. труды АКХ. Автоматика, телемеханика и вычислительная техника в городском хозяйстве", 1970, №3, вып. 70.
6. Мостков М.А. Элементы теории водоснабжения. Тбилиси, 1963.
7. Мошнин Л.Ф. Методы технико-экономического расчета водопроводной сети. М., 1950.
8. Мошнин Л.Ф., Гальперин Е.М., Глазунов Е.М. Расчет систем водоснабжения с использованием вычислительной техники. - "Водоснабжение и санитарная техника", 1966, №4.
9. Рыбников Э.Н. Исследование математических методов расчета и моделирования сложных гидравлических систем при помощи ЦВМ. Автореф. канд. дис. Харьков, 1969.
10. Догильский Э.С. Интенсификация режимов работы городских водопроводов. М., 1972.
11. Руководство по использованию расчетов систем подачи воды с применением ЭЦВМ для выбора оптимальных решений при вариантном проектировании. М., 1970.

УДК 628.152

В.П.Старинский, канд.техн.наук,  
А.А.Ковалев, Н.В.Ковалевский, В.И.Полещук

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПНЕВМОУСТАНОВОК В ВОДОСНАБЖЕНИИ

Пневматические установки применяются в настоящее время для водоснабжения преимущественно небольших потребителей воды (отдельно расположенные школы, больницы, санатории, колхознохозяйственные объекты, высотные здания и т.п.), число которых достаточно велико. Поэтому вопросы проектирова-

ния пневмоустановок для их водоснабжения имеют важное народнохозяйственное значение. В частности, практический интерес представляет выяснение области эффективного применения пневмоустановок, а также величина коэффициента сжатия воздуха в воздушных котлах. Область эффективного применения пневмоустановок может быть выявлена в результате сопоставления величины приведенных затрат с аналогичными затратами для башенных систем водоснабжения.

Сопоставляемая часть приведенных затрат для систем водоснабжения с пневмоустановками равна

$$3(\epsilon, W) = \left( E + \frac{p_{a,б}}{100} \right) C_{\epsilon}(\epsilon, V_{\epsilon}) + \frac{\alpha \epsilon T}{\eta_{\epsilon}} \left( \frac{1 + \epsilon}{2} \right) W N_{\min} \text{ ц.} \quad (1)$$

Аналогичные же затраты для систем водоснабжения с башнями

$$3(H_б, W) = \left( E + \frac{p_{a,б}}{100} \right) C_б(H_б, V_б) + \frac{\alpha T W N_{\text{ср}} \text{ ц}}{\eta_б}, \quad (2)$$

где  $E$  - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений в водоснабжение, равный 0,125;  $p_{a,v}$  - амортизационные отчисления от стоимости пневмоустановки, %;  $C_{\epsilon}(\epsilon, V_{\epsilon})$  - строительная стоимость пневмоустановок в функции от ее емкости и степени сжатия воздуха;  $p_{a,б}$  - амортизационные отчисления от стоимости башни, %;  $C_б(H_б, V_б)$  - строительная стоимость башни в функции от ее высоты и емкости бака;  $\alpha$  - удельные полезные затраты энергии при подъеме 1 м воды на высоту 1 м, равные 0,00273 квт-ч/м<sup>3</sup>;  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий характер изменения давления в пневмобаках при работе пневмоустановок;  $T$  - годовая продолжительность работы системы водоснабжения в сутках;  $W$  - суточная производительность системы водоснабжения, м<sup>3</sup>;  $\epsilon$  - коэффициент сжатия воздуха в пневмобаках;  $\eta_б$  и  $\eta_{\epsilon}$  - к.п.д. насосов соответственно для башенной и пневматической системы водоснабжения;  $N_{\text{ср}}$ ,  $N_{\min}$  - средний и минимальный напоры системы водоснабжения; ц - стоимость электроэнергии, руб/квт-ч.

В зависимостях (1) и (2) затраты на создание водозаборных сооружений и сетей не учитываются, так как в обоих случаях они одинаковы. Если представить, что  $C_{\text{возд}} = n C_{\text{вод}}$ ,

$$a \quad n = \beta = \frac{1}{\epsilon - 1} \quad \text{из условия, что } \beta = \frac{1}{\epsilon - 1} = \frac{V_{\text{возд}}}{V_{\text{вод}}} = \frac{n V_{\text{вод}}}{V_{\text{вод}}}$$

$$\text{то } C_{\varepsilon}(\varepsilon, V_{\varepsilon}) = C_{\text{компр}} + (1+n) C_{\text{вод}}, \quad (3)$$

где  $C_{\text{компр}}$ ,  $C_{\text{вод}}$  - стоимости компрессорной установки, водяных баков, воздушных баков.

Стоимость водяных баков представлена в виде

$$C_{\text{вод}} = V_{\text{вод}} \bar{C}_{\text{вод}} = \frac{P_{\text{рег}}}{100} W \bar{C}_{\text{вод}}. \quad (4)$$

Тогда

$$Z(\varepsilon, W) = \left( E + \frac{P_{a.v}}{100} \right) \left[ C_{\text{компр}} + \left( 1 + \frac{1}{\varepsilon - 1} \right) \frac{P_{\text{рег}}}{100} W \bar{C}_{\text{вод}} \right] + \frac{\alpha \varepsilon T}{\eta \varepsilon} \left( \frac{1 + \varepsilon}{2} \right) W N_{\text{min}}^2, \quad (5)$$

где  $P_{\text{рег}}$  - регулирующий объем пневмоустановок, % от  $W$ ;  $C_{\text{компр}}$  - стоимость компрессорной установки;  $\bar{C}_{\text{вод}}$  - стоимость единицы объема регулирующих резервуаров пневмоустановки.

Зная ряд значений  $W$  и  $\varepsilon$ , по выражению (5) для различных условий можно найти величину  $Z(\varepsilon, W)$ . В частности, при  $P_{\text{рег}} = 5\% W$ ;  $W = 400-1000 \text{ м}^3/\text{сут}$ ;  $T = 365$  дней,  $N_{\text{min}} =$

$35 \text{ м}$ ;  $\alpha = 0,02 \text{ руб/квт-ч}$ ;  $C_{\text{компр}} = 2000 \text{ руб}$ ;  $\bar{C}_{\text{вод}} = 30 \text{ руб/м}^3$ ;  $\alpha = 0,70$  и  $\varepsilon = 1,0 - 2,0$  полученные значения  $Z(\varepsilon, W)$  в среднем на 30-50% меньше аналогичных величин для башенных систем водоснабжения. Это указывает на достаточно высокую эффективность применения пневмоустановок в системах водоснабжения небольшой производительности, а также на возможность существенного расширения области использования установок данного вида.

Полученные значения  $Z(\varepsilon, W)$  указывают также и на то, что эффективность пневмоустановок находится в тесной зависимости от величин  $\varepsilon$  и  $W$ . При этом для каждого значения  $W$  существует вполне определенное оптимальное значение величины  $\varepsilon$ , при котором приведенные затраты на подъем и подачу воды потребителям минимальны. С ростом  $W$  значение оптимальной величины  $\varepsilon$  уменьшается (табл. 1).

Таблица 1. Значения  $\varepsilon_{\text{опт}}$  в функции от  $W$

$W, \text{ м}^3/\text{сут}$	400	600	800	1000
$\varepsilon_{\text{опт}}$	1,75	1,68	1,60	1,50

Для любых конкретных данных величину оптимального значения коэффициента сжатия  $\epsilon$  можно найти из условия достижения функции (5) минимума. Если продифференцировать эту функцию по  $\epsilon$  и результат дифференцирования приравнять нулю, то из полученного выражения можно найти, что

$$\epsilon_{\text{опт}} = 1 + \sqrt{\frac{\eta(\epsilon)}{A} \left( \epsilon + \frac{P_{a,v}}{100} \right) C_{\text{вод}}}, \quad (6)$$

где  $A = 182,5 \alpha \epsilon N_{\text{min}}$  Вт. (7)

**Резюме.** Приводится технико-экономическое обоснование области эффективного применения пневмоустановок в водоснабжении, излагается методика определения оптимального значения коэффициента сжатия воздуха в пневмобаках, показывает, что в диапазоне производительностей  $Q = 400 - 1000 \text{ м}^3/\text{сутки}$  применение пневмоустановок в системе водоснабжения может быть более целесообразным, чем водонапорных башен.

УДК 556.343.001.57

В.С.Усенко, докт.техн.наук,  
М.Ю.Калинин

### ИЗУЧЕНИЕ НА МОДЕЛЯХ ЭГДА ФИЛЬТРАЦИИ ИЗ РЕКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕРЕГОВЫХ ВОДОЗАБОРОВ

В последние годы все больше внимания уделяется исследованиям взаимосвязи поверхностных и подземных вод. Особый интерес представляет оценка фильтрационных потерь из поверхностных источников на участках интенсивного понижения уровня подземных вод, гидравлически связанных с поверхностными.

Методы электроаналогового моделирования для непосредственного изучения условий взаимосвязи подземных и поверхностных вод в разных природных условиях стали применяться сравнительно недавно [1 - 3]. Авторы этих работ на электрических моделях исследовали движение грунтовых вод к реке в зависимости от ее ширины, мощности водоносного горизонта, глубины вреза русла в водоносный горизонт, т.е. выполняли оценку подземного питания реки в естественных условиях.