

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

ТЕМА ЗАНЯТЬ: Гідравлічні характеристики елементів систем подачі і розподілу води та їх дослідження

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- Що відноситься до місцевих природних факторів, які впливають на елементи систем водопостачання і в чому цей вплив виявляється?
- В чому зміст врахування динаміки роботи комплексів?
- Як впливає на структуру системи водопостачання врахування вимог надійності?
- В чому зміст техніко-економічного розрахунку систем подачі і розподілу води?
- Охарактеризувати головні елементи систем подачі і розподілу води.
- Якою аналітичною залежністю можна описати напірно-витратну характеристику відцентрового насосу?
- Якою аналітичною залежністю можна описати напірно-витратну характеристику поршневого насосу?
- Як описуються характеристики напірних і безнапірних резервуарів?
- Яку аналітичну характеристику мають пневматичні установки?

Задача №1. Напірно-витратна характеристика відцентрового насосу описується даними Q_1-H_1 , Q_2-H_2 , Q_3-H_3 , Q_4-H_4 , Q_5-H_5 , Q_6-H_6 , числові значення яких наведено в додатку А. Описати характеристику аналітично тричленом. Оцінити відхилення апроксимації від реальної характеристики за абсолютною величиною і в відсотках і зробити висновок про доцільність такої апроксимації.

Розв'язування типової задачі

Вихідні дані наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані до задачі №1

Напір, м	72	70	67	65	60	57
Подача, л/с	110	125	133	139	156	167

За умовою задачі рівняння, яке описує характеристику насоса, має загальний вигляд:

$$H = a_0 + a_1 Q + a_2 Q^2.$$

Для того, щоб користуватися цим рівнянням, необхідно за умовами задачі визначити величину коефіцієнтів a_0 , a_1 і a_2 . З цією метою треба скласти систему із трьох рівнянь за даними таблиці і розв'язати їх існуючим методом відносно невідомих коефіцієнтів.

При складанні рівнянь рекомендується величини напорів і витрат взяти на крайніх межах і в середині таблиці. Тоді система рівнянь може мати такий вигляд:

$$\begin{cases} 72 = a_0 + a_1 \times 110 + a_2 \times 110^2 \\ 67 = a_0 + a_1 \times 133 + a_2 \times 133^2 \\ 57 = a_0 + a_1 \times 167 + a_2 \times 167^2 \end{cases}$$

або

$$\begin{cases} 72 = a_0 + a_1 \times 110 + a_2 \times 12100 \\ 67 = a_0 + a_1 \times 133 + a_2 \times 17689 \\ 57 = a_0 + a_1 \times 167 + a_2 \times 27889 \end{cases}$$

Якщо від першого рівняння відняти друге, отримаємо:

$$5 = -23 a_1 - 5589 a_2 .$$

Виразимо з цього рівняння коефіцієнт a_1 через коефіцієнт a_2 і результат підставимо в третє рівняння. Тоді одержимо:

$$a_1 = - \frac{5 + 5589 a_2}{23} = - 0,217 - 243 a_2 .$$

$$57 = a_0 + 167 (-0,217 - 243 a_2) + 27889 a_2 ,$$

$$57 = a_0 - 36,24 - 40581 a_2 + 27889 a_2 ,$$

$$93,24 = a_0 - 12692 a_2, \quad a_0 = 93,24 + 12692 a_2.$$

Підставимо величини a_1 і a_2 в перше рівняння:

$$72 = 93,24 + 12692 a_2 + 110 (-0,217 - 243a_2) + 12100 a_2$$

Розв'язуючи це рівняння, отримаємо

$$0 = 21,24 + 12692 a_2 - 23,87 - 26730a_2 + 12100 a_2 ,$$

$$0 = - 2,63 - 1938 a_2, \quad a_2 = -0,00136.$$

Підставимо a_2 в вираз для a_1 . Одержимо

$$a_1 = -0,217 + 243 \times 0,00136 = 0,11 .$$

Визначимо величину коефіцієнта a_0

$$A_0 = 93,24 - 12692 \times 0,00136 = 93,24 - 17,26 = 75,98 .$$

Тоді аналітичний вираз для характеристики буде:

$$H = 75,98 + 0,11 Q - 0,00136 Q^2 .$$

Для оцінки відхилення апроксимації від реальної характеристики визначимо напір насоса в наведених точках характеристики, користуючись отриманим рівнянням. Тоді:

при $H_1=72\text{м}$

$$H_{1p} = 75,98 + 0,11 \times 110 - 0,00136 \times 110^2 = 75,98 + 12,1 - 16,46 = 71,62 \text{ м};$$

(H_{1p} - напір, який визначено за отриманою формулою);

при $H=70\text{м}$

$$H_{2p} = 75,98 + 0,11 \times 125 - 0,00136 \times 125^2 = 75,98 + 13,75 - 21,25 = 68,48$$

м;

при $H=67\text{м}$

$$H_{3p} = 75,98 + 0,11 \times 133 - 0,00136 \times 133^2 = 75,98 + 14,63 - 24,06 = 66,55$$

м;

при $H=65\text{м}$

$$H_{4p} = 75,98 + 0,11 \times 139 - 0,00136 \times 139^2 = 75,98 + 15,29 - 26,28 = 64,99$$

м;

при $H=60\text{м}$

$$H_{5p} = 75,98 + 0,11 \times 156 - 0,00136 \times 156^2 = 75,98 + 17,16 - 33,1 = 60,04 \text{ м};$$

при $H=57\text{м}$

$$H_{6p} = 75,98 + 0,11 \times 167 - 0,00136 \times 167^2 = 75,98 + 18,37 - 37,93 = 56,42 \text{ м}$$

.

Співставлення реальних і розрахункових точок доцільно звести в таблицю 2.

Таблиця 2 – Оцінка відхилення фактичних і розрахункових напорів

Напір реальний, м	72	70	67	65	60	57
Напір розрахунковий, м	71,62	68,48	66,55	64,99	60,04	56,42
Абсолютне відхилення, м	0,38	1,52	0,45	0,01	-0,04	0,58
Відносне відхилення, %	0,5	2,17	0,67	0,02	-0,07	1,02

З останньої таблиці видно, що апроксимація у вигляді тричлена дає достатню точність.

Задача №2. Для умов попередньої задачі описати характеристику аналітично двочленом, якщо в якості розрахункових витрат і напорів приймати різні пари напорів:

I варіант – крайні значення (тобто $H_1=72\text{м}$ і $H_2=57\text{м}$);

II варіант – один з крайніх значень напорів і один з середніх ($H_1=72\text{м}$ і $H_2=57\text{м}$);

III варіант – два середніх значення ($H_1=70\text{м}$ і $H_2=60\text{м}$);

IV варіант – середні коефіцієнти по трьох попередніх варіантах.

Для кожного варіанту знайти абсолютні і відносні відхилення для всіх точок характеристики, які даються в вихідних даних. Вибрати оптимальний варіант для апроксимації характеристики двочленом.

Розв'язування типової задачі

Загальний вигляд рівняння напірно-витратної характеристики при описанні її двочленом має вигляд:

$$H = a_0 + a_1 Q^2.$$

Відповідно до умови задачі необхідно для кожного з чотирьох варіантів визначити величини коефіцієнтів a_0 і a_1 , написати відповідні рівняння, співставити величини напорів, які обчислені за цими рівняннями в характерних точках, з відповідними напорами вихідної напірно-витратної характеристики і визначити абсолютні і відносні відхилення. Після цього співставити між собою отримані для кожного варіанту відносні відхилення і

зробити висновок відносно доцільності вибору розрахункових точок на характеристиці Q-H насосів.

I варіант. Система рівнянь буде мати вигляд

$$\begin{cases} 72 = a_0 + a_1 \times 110^2 \\ 57 = a_0 + a_1 \times 167^2 \end{cases},$$

або

$$\begin{cases} 72 = a_0 + a_1 \times 12100, \\ 57 = a_0 + a_1 \times 27889. \end{cases}$$

Віднімемо від першого рівняння друге. Отримаємо

$$\begin{aligned} 15 &= (12100 - 27889) a_1, \\ 15 &= -15789 a_1, & a_1 &= -0,00095. \end{aligned}$$

Підставимо в перше рівняння величину a_1 і знайдемо a_0 .

$$\begin{aligned} 72 &= a_0 - 0,00095 \times 12100, \\ a_0 &= 72 + 11,5 = 83,5. \end{aligned}$$

Для першого варіанту рівняння буде мати такий вигляд:

$$H = 83,5 - 0,00095 Q^2.$$

Визначимо величини напорів для відповідних точок вихідної характеристики:

при $H_1=72\text{м}$

$$H_{1p} = 83,5 - 0,00095 \times 110^2 = 83,5 - 0,00095 \times 12100 = 83,5 - 11,5 = 72\text{м};$$

при $H_2=70\text{м}$

$$H_{2p} = 83,5 - 0,00095 \times 125^2 = 83,5 - 14,84 = 68,66 \text{ м};$$

при $H_3=67\text{м}$

$$H_{3p} = 83,5 - 0,00095 \times 133^2 = 83,5 - 16,80 = 66,70 \text{ м};$$

при $H_4=65\text{м}$

$$H_{4p} = 83,5 - 0,00095 \times 139^2 = 83,5 - 18,35 = 65,15 \text{ м} ;$$

при $H_5=60\text{м}$

$$H_{5p} = 83,5 - 0,00095 \times 156^2 = 83,5 - 23,12 = 60,38 \text{ м} ;$$

при $H_6=57\text{м}$

$$H_{6p} = 83,5 - 0,00095 \times 167^2 = 83,5 - 26,49 = 57,00 \text{ м} .$$

Розрахунок відхилень зводимо в таблицю 3.

Таблиця 3 – Оцінка відхилень фактичних і розрахункових напорів для I варіанту

Напір реальний, м	72	70	67	65	60	57
Напір розрахунковий, м	72	68,66	66,7	65,15	60,38	57,0
Абсолютне відхилення, м	0	1,34	0,3	-0,15	-0,38	0
Відносне відхилення, %	0	1,9	0,4	-0,2	-0,6	0

II варіант. Система рівнянь буде мати вигляд:

$$\begin{cases} 72 = a_0 + a_1 \times 12100 \\ 67 = a_0 + a_1 \times 133^2 \end{cases} ,$$

або

$$\begin{cases} 72 = a_0 + a_1 \times 12100, \\ 67 = a_0 + a_1 \times 17689. \end{cases}$$

Віднявши з першого рівняння друге, одержимо

$$5 = - 5589 a_1 .$$

Тоді

$$a_1 = - 0,00089.$$

Підставивши величину a_1 в перше рівняння, одержимо:

$$72 = a_0 - 0,00089 \times 12100,$$

$$72 = a_0 - 10,77, \quad a_0 = 82,77.$$

Аналітична характеристика буде мати вигляд:

$$H = 82,77 - 0,00089 \times Q^2.$$

Знаходимо напори насоса в характерних точках:

при $H_1=72\text{м}$

$$H_{1p} = 82,77 - 0,00089 \times 110^2 = 82,77 - 10,77 = 72\text{м} ;$$

при $H_2=70\text{м}$

$$H_{2p} = 82,77 - 0,00089 \times 125^2 = 82,77 - 13,91 = 68,9 \text{ м} ;$$

при $H_3=67\text{м}$

$$H_{3p} = 82,77 - 0,00089 \times 133^2 = 82,77 - 15,74 = 67,03 \text{ м} ;$$

при $H_4=65\text{м}$

$$H_{4p} = 82,77 - 0,00089 \times 139^2 = 82,77 - 17,19 = 65,58 \text{ м} ;$$

при $H_5=60\text{м}$

$$H_{5p} = 82,77 - 0,00089 \times 156^2 = 82,77 - 21,66 = 61,11 \text{ м} ;$$

при $H_6=57\text{м}$

$$H_{6p} = 82,77 - 0,00089 \times 167^2 = 82,77 - 24,82 = 57,95 \text{ м} .$$

Розрахунок відхилень зводимо в табл. 4.

Таблиця 4 – Оцінка відхилень фактичних і розрахункових напорів для II варіанту

Напір реальний, м	72	70	67	65	60	57
Напір розрахунковий, м	72	68,9	67,03	65,58	61,11	57,95
Абсолютне відхилення, м	0	1,1	-0,03	-0,58	-1,11	-0,95
Відносне відхилення, %	0	1,6	-0,04	-0,9	-1,85	-1,67

Апроксимація в основному завищує напори.

III варіант. Система рівнянь матиме вигляд:

$$\begin{cases} 70 = a_0 + a_1 \times 125^2 \\ 60 = a_0 + a_1 \times 156^2 \end{cases} ,$$

або

$$\begin{cases} 70 = a_0 + a_1 \times 15625, \\ 60 = a_0 + a_1 \times 24336. \end{cases}$$

Від першого рівняння віднімемо друге. Тоді одержимо

$$10 - (15625 - 24336)a_1 = -8711a_1,$$

Тоді

$$a_1 = -0,0011.$$

З першого рівняння знайдемо коефіцієнт a_0 :

$$\begin{aligned} 70 &= a_0 - 0,0011 \times 15625, \\ 70 &= a_0 - 17,19, \quad a_0 = 87,19. \end{aligned}$$

Аналітична характеристика в III випадку буде мати вигляд

$$H = 87,19 - 0,0011 \times Q^2.$$

Знаходимо напори насоса в характерних точках :

при $H_1=72\text{м}$

$$H_{1p} = 87,19 - 0,0011 \times 110^2 = 87,19 - 13,31 = 73,88\text{м};$$

при $H_2=70\text{м}$

$$H_{2p} = 87,19 - 0,0011 \times 125^2 = 87,19 - 17,19 = 70 \text{ м};$$

при $H_3=67\text{м}$

$$H_{3p} = 87,19 - 0,0011 \times 133^2 = 87,19 - 19,46 = 67,73 \text{ м};$$

при $H_4=65\text{м}$

$$H_{4p} = 87,19 - 0,0011 \times 139^2 = 87,19 - 21,25 = 65,94 \text{ м};$$

при $H_5=60\text{м}$

$$H_{5p} = 87,19 - 0,0011 \times 156^2 = 87,19 - 26,77 = 60,42 \text{ м};$$

при $H_6=57\text{м}$

$$H_{6p} = 87,19 - 0,0011 \times 167^2 = 87,19 - 30,68 = 56,51 \text{ м}.$$

Розрахунок відхилень зводимо в табл. 5.

Таблиця 5 – Оцінка відхилень фактичних і розрахункових напорів для III варіанту

Напір реальний, м	72	70	67	65	60	57
Напір розрахунковий, м	73,88	70	67,73	65,94	60,42	56,51
Абсолютне відхилення, м	-1,88	0	-0,73	-0,94	-0,42	0,49

Відносне відхилення, %	-2,6	0	-1,1	-1,4	-0,7	0,9
------------------------	------	---	------	------	------	-----

Апроксимація в основному завищує напори.

IV варіант. В цьому варіанті величини a_0 і a_1 визначаються як середні по трьох попередніх значеннях, тобто:

$$a_0 = \frac{83,5 + 82,77 + 87,19}{3} = 84,49,$$

$$a_1 = \frac{-0,00095 - 0,00089 - 0,0011}{3} = -0,00098.$$

Аналітичне рівняння буде мати вигляд

$$H = 84,49 - 0,00098 \times Q^2.$$

Знаходимо напори насоса в характерних точках:

при $H_1=72\text{м}$

$$H_{1p} = 84,49 - 0,00098 \times 110^2 = 84,49 - 11,86 = 72,63\text{м} ;$$

при $H_2=70\text{м}$

$$H_{2p} = 84,49 - 0,00098 \times 125^2 = 84,49 - 15,31 = 69,18\text{ м} ;$$

при $H_3=67\text{м}$

$$H_{3p} = 84,49 - 0,00098 \times 133^2 = 84,49 - 17,33 = 67,16\text{ м} ;$$

при $H_4=65\text{м}$

$$H_{4p} = 84,49 - 0,00098 \times 139^2 = 84,49 - 18,93 = 65,56\text{ м} ;$$

при $H_5=60\text{м}$

$$H_{5p} = 84,49 - 0,00098 \times 156^2 = 84,49 - 23,85 = 60,64\text{ м} ;$$

при $H_6=57\text{м}$

$$H_{6p} = 84,49 - 0,00098 \times 167^2 = 84,49 - 27,33 = 57,16\text{ м} .$$

Розрахунок відхилень зводимо в табл. 6.

Таблиця 6 – Оцінка відхилень фактичних і розрахункових напорів для III
варіанту

Напір реальний, м	72	70	67	65	60	57
Напір розрахунковий, м	72,63	69,18	67,16	65,56	60,64	57,16
Абсолютне відхилення, м	-0,63	0,82	-0,16	-0,56	-0,64	-0,16
Відносне відхилення, %	-0,9	1,2	-0,2	-0,9	-1,1	-0,3

Апроксимація в IV варіанті в основному завищує напори.

Порівняння отриманих результатів показує, що найбільш раціональним слід визнати перший варіант тому, що всі інші варіанти завищують напори, а відносне відхилення результатів для всіх варіантів близьке.

Задача №3. Для умов задачі №1 написати апроксимуючі вирази для випадку паралельної роботи n однакових насосів при апроксимації у вигляді тричлена і двочлена. Кількість насосів, які працюють паралельно прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

У випадку паралельної роботи насосів їх подачі додаються. Якщо насоси однакові загальною кількістю n , то рівняння Q - H будуть відповідно мати вигляд:

- при тричленному рівнянні

$$H = a_0 + a_1 (nQ_1) + a_2 (nQ_1)^2,$$

- при двочленному рівнянні

$$H = a_0 + a_1 (nQ_1)^2,$$

де Q_1 – подача одного насоса.

Аналогічно розв'язування задачі №1 система рівнянь буде мати вигляд:

$$\begin{cases} 72 = a_0 + a_1 (nQ_1) + a_2 (nQ_1)^2, \\ 67 = a_0 + a_1 (nQ_2) + a_2 (nQ_2)^2, \\ 57 = a_0 + a_1 (nQ_3) + a_2 (nQ_3)^2. \end{cases}$$

З першого і другого рівнянь знаходимо

$$5 = (Q_1 - Q_2)a_1n + (Q_1^2 - Q_2^2)a_2n^2.$$

Звідки

$$a_1 = \frac{5 - (Q_1^2 - Q_2^2)n^2a_2}{(Q_1 - Q_2)n} = \frac{5 - (110^2 - 133^2)n^2a_2}{(110 - 133)n} =$$

$$= -\frac{5 + 5589n^2a_2}{23n} = -0,217/n - 243a_2n$$

Підставимо значення a_1 в третє рівняння. Тоді

$$57 = a_0 - (0,217/n + 243a_2n)n167 + a_2n^2Q_3^2,$$

$$57 = a_0 - 36,24 - 40581n^2a_2 + 27889n^2a_2,$$

$$93,24 = a_0 - 12692n^2a_2.$$

Звідси

$$a_0 = 93,24 + 12692n^2a_2.$$

Щоб визначити величину a_2 , підставимо вирази a_0 і a_1 в перше рівняння. В результаті отримаємо

$$72 = 93,24 + 12692n^2a - 110n(0,217/n + 243a_2n) + 110^2a_2n^2,$$

$$72 = 93,24 + 12692n^2a - 23,87 - 26730a_2n^2 + 12100a_2n^2,$$

$$0 = -2,63 - 1938a_2n^2.$$

Тоді

$$a_2 = -\frac{2,63}{1938 \times n^2} = -\frac{0,00136}{n^2},$$

а величини коефіцієнтів a_1 і a_0 будуть

$$a_1 = \left(-\frac{0,217}{n} - 243\left(-\frac{0,00136}{n^2}\right)\right)n = -\frac{0,217}{n} + \frac{0,33}{n} = \frac{0,11}{n},$$

$$a_0 = 93,24 - 12692 \frac{0,00136}{n^2} n^2 = 93,24 - 17,26 = 75,98$$

Таким чином, при паралельній роботі і тричленній формулі залежність Q - H описується виразом

$$H = 75,98 + \frac{0,11}{n} Q - \frac{0,00136}{n^2} Q^2$$

При двох насосах, які працюють паралельно

$$H = 75,98 + \frac{0,11}{2} Q - \frac{0,00136}{2^2} Q^2,$$

$$H = 75,98 + 0,055Q - 0,00034Q^2.$$

При двочленному рівнянні одержимо систему

$$\begin{cases} 72 = a_0 + a_1 (nQ_1)^2, \\ 57 = a_0 + a_1 (nQ_2)^2. \end{cases}$$

Розв'язуючи цю систему отримаємо

$$15 = -a_1 n^2 (Q_2^2 - Q_1^2),$$

$$a_1 = -15 / (n^2 (Q_2^2 - Q_1^2)),$$

При $n=2$ (за умовою задачі), одержимо

$$a_1 = - \frac{15}{2^2 (167^2 - 110^2)} = - \frac{3,75}{27889 - 12100} = -0,00024$$

і

$$a_0 = 72 - a_1 (nQ_1)^2 = 72 + 0,00024 (2 \times 110)^2 = 72 + 11,62 = 83,6.$$

Тоді рівняння Q - H характеристики при двох однакових насосів, які працюють паралельно, буде:

$$H = 83,6 - 0,00096 Q^2$$

або у загальному вигляді для будь-якої кількості насосів

$$H = 83,6 - 0,00024 (nQ^2) .$$

Задача №4. Для умов задачі №1 написати апроксимуючі вирази для випадку послідовної роботи n однакових насосів при апроксимації у вигляді тричлена і двочлена. Кількість насосів, які працюють послідовно прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

При послідовній роботі насосів напір загальної групи буде

$$H_{\text{носл}} = n H_1 ,$$

де n – кількість насосів, які працюють послідовно;

H_1 - напір одного насоса при подачі витрати Q .

Тоді при трьохчленному рівнянні

$$H_{\text{носл}} = n (a_0 + a_1 Q + a_2 Q^2).$$

Якщо в групі буде два насоса, то використовуючи рівняння із задачі №1 отримаємо

$$H_{\text{носл}} = 2 (75,98 + 0,11 Q - 0,00136 Q^2)$$

або

$$H_{\text{носл}} = 151,96 + 0,22 Q - 0,00272 Q^2.$$

Для двочлена із задачі №2 характеристика послідовної роботи може бути описана виразом

$$H_{\text{носл}} = n (a_0 + a_1 Q^2),$$

$$H_{\text{носл}} = 2 (83,5 - 0,00095 Q^2) ,$$

$$H_{\text{носл}} = 167 - 0,0019 Q^2.$$

Задача №5. Написати рівняння напірно-витратної характеристики поршневого насоса, як функцію потужності. Визначити, як зміниться напір насоса, якщо потужність двигуна зросте в K разів. Величину K прийняти згідно з додатком А.

Розв'язування типової задачі

У поршневого насоса подача не залежить від напору, який ним створюється, тобто

$$Q = \text{const}.$$

Напір такого насоса залежить від потужності двигуна і міцності корпусу.

Потужність приводу описується виразом

$$N = K_1 \frac{\rho g Q H}{1000 \eta_n \eta_n},$$

де Q – подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$,

H - напір, м;

K_1 - коефіцієнт запасу;

η_n і η_n - ККД відповідно насоса і передачі;

ρ - щільність рідини.

Тоді залежність напору від потужності двигуна буде мати вигляд

$$H = 1000 \frac{\eta_n \eta_n}{K_1 \rho g Q} N$$

або для води

$$H = \frac{\eta_n \eta_n}{K_1 g Q} N.$$

Якщо потужність зросте в K разів, то насос розвине напір

$$H' = \frac{\eta_n \eta_n}{K_1 g Q} K N.$$

Тоді співвідношення напорів поршневого насоса з різними двигунами описується виразом

$$\frac{H'}{H} = \frac{\eta'_n \eta'_n K N K_1 g Q}{K_1 g Q \eta_n \eta_n} = \frac{\eta'_n \eta'_n}{\eta_n \eta_n} K.$$

Якщо знехтувати зміною ККД насоса і двигуна при різній потужності, то

$$\frac{H'}{H} = K.$$

Звідки

$$H' = K H.$$

Наприклад, при зростанні потужності в 2 рази, тобто, коли $K=2$, напір теж зростає в 2 рази

$$H' = 2 H.$$

Задача №6. Визначити, який теоретично можливий напір в точках місцевості з позначками Z_1 , Z_2 і Z_3 , якщо мережа одержує воду з напірного резервуара глибиною 4м, який знаходиться на позначці Z_4 . Втратами в мережі знехтувати. Числові значення позначок прийняти згідно з додатком А.

Розв'язування типової задачі

Характеристика напірного резервуара

$$H = const.$$

Нехай

$$Z_1 = 95\text{м}, \quad Z_2 = 72\text{м}, \quad Z_3 = 88\text{м}, \quad Z_4 = 120 \text{ м}.$$

Тоді характеристика напірного резервуара буде

$$H = Z_4 + 4 = 120 + 4 = 124 \text{ м}.$$

Якщо втрати в мережі незначні, то п'єзометричні позначки співпадають з характеристикою напірного резервуара. Тоді, якщо врахувати, що

$$P_i = H_{ei} + Z_i,$$

$$H_{ei} = P_i - Z_i.$$

Теоретично можливі максимальні вільні напори в точках з позначками Z_1, Z_2 і Z_3 будуть

$$H_1 = 124 - 95 = 29 \text{ м},$$

$$H_2 = 124 - 72 = 52 \text{ м},$$

$$H_3 = 124 - 88 = 36 \text{ м}.$$

Задача №7. Визначити напір в мережі, яка живиться від пневматичної установки змінного тиску, якщо об'єм повітря спочатку в ній був W_1 при абсолютному тиску P_1 , а потім змінився до величини W_2 . Чисельні значення прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Характеристика пневматичної установки змінного тиску має вигляд

$$pW = \text{const}.$$

Тоді зміна тиску і об'єму повітря буде описуватися рівнянням

$$p_1 W_1 = p_2 W_2.$$

Якщо на початку тиск був $p_1 = 0,3 \text{ МПа}$, при об'ємі повітря $W_1 = 2 \text{ м}^3$, то при зміні об'єму повітря до величини $W_2 = 2,5 \text{ м}^3$ тиск в мережі стане дорівнювати

$$p_2 = p_1 W_1 / W_2 = 0,3 \times 2 / 2,5 = 0,24 \text{ МПа}.$$

Задача №8. Побудувати графік зміни витрати води, яка надходить в бак для запасу води висотою $H_{бак}$, $Q=f(H_{бак})$. Вода поступає в бак по трубопроводу $d=100\text{мм}$, який вварено в нього на рівні дна. Тиск на виході із труби на початку заповнення p_n . Чисельні значення прийняти згідно з додатком А.

Розв'язування типової задачі

Припустимо, що висота баку 4м, а напір на початку його заповнення був 6м.вод.ст. Запасний бак при тому способі подачі в нього води, який указано в умовах задачі, буде працювати в режимі нефіксованого відбору. Величина витрати, яка надходить в бак, визначається залежністю

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_{бак}},$$

де $\mu=0,62$ – коефіцієнт витрати,

ω - площа перерізу отвору

$$\omega = \pi D^2/4 = 3,14 \times 0,1^2/4 = 0,00785 \text{ м}^2.$$

Тоді формула для витрати води, яка надходить в бак, буде мати вигляд

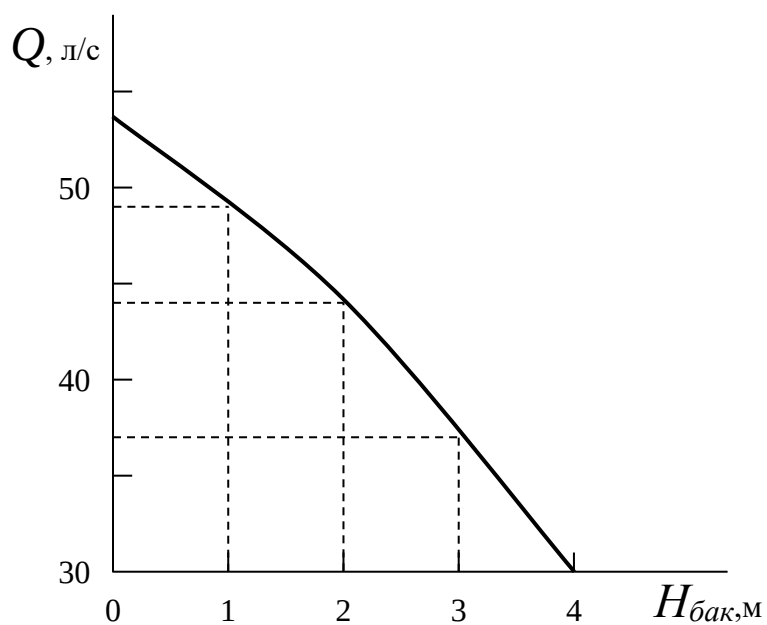
$$Q = 0,62 \times 0,00785 \sqrt{2gH_{бак}} = 0,0216 \sqrt{H_{бак}}.$$

Знаходимо величини витрат води при різних рівнях заповнення баку. Для цього необхідно послідовно задаватися глибиною води в ньому і для кожної глибини визначати витрату води, що надходить в бак. Кількість розрахункових глибин не повинна бути меншою трьох. Розрахунок графіка доцільно зводити в таблицю 7.

Таблиця 7 – Розрахунок залежності $Q=f(H_6)$

Глибина води в баці, м	0	1	2	3	4
Напір на виході з труби, м	6	5	4	3	2
Надходження води в бак, л/с	52,9	48,3	43,2	37,4	30,5

Користуючись цією таблицею будуємо графік функції



$Q=f(H_{bak})$ (рис.1).

Рисунок 1 – Залежність $Q=f(H)$

Вихідні дані для розв'язування задач

Показник		Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H_1	м	67	68,5	70	71	72	65	63	70	68	79,5
H_2	м	64	66	68	69,5	70,5	61,5	59	66	63,5	75,5
H_3	м	62	64,5	66,5	68	69,6	59,5	56,5	63	61	73
H_4	м	60,5	63	65	67	68,8	58	54,6	61	58,5	71
H_5	м	55,5	58,5	61	64	66	52	48,6	54,6	52	65,5
H_6	м	42	55	58	61	63,5	48	44	50	43,3	61,4
Q_1	л/с	100	90	80	70	60	110	120	130	140	150
Q_2	л/с	115	105	95	85	75	125	135	145	155	165
Q_3	л/с	123	113	103	93	83	133	143	153	163	173
Q_4	л/с	129	119	109	99	89	139	149	159	169	179
Q_5	л/с	146	136	126	116	106	156	166	176	186	196
Q_6	л/с	157	147	137	127	117	167	177	187	197	207
n	штук	3	4	2	3	4	5	2	3	4	5
K	разів	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
Z_1	м	92	89	86	81	79	97	100	105	110	115
Z_2	м	70	68	65	61	58	75	80	85	90	95
Z_3	м	82	79	75	71	67	91	96	101	106	111
Z_4	м	115	112	105	102	99	123	128	133	138	143
W_1	м ³	1,5	1,8	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
W_2	м ³	1,8	2,1	2,3	2,7	2,6	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7
P_1	МПа	0,25	0,27	0,30	0,35	0,37	0,40	0,40	0,35	0,35	0,30
$H_{бак}$	м	3	3,5	4,0	4,5	5,0	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0
P_n	м.вод.ст	7	6	7	8	8	6	8	6	7	9
$H_{рез}$	м	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,3	4,4
H_7	м	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59
$S_{вс} \times 10^4$	(для Q в л/с)	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
$S_H \times 10^4$	(для Q в л/с)	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9

Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі номера залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q_1	л/с	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Q_2	л/с	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$S_{1 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,1	1,9	2,0	1,8	2,2
$S_{2 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	1,0	1,0	0,9	0,9	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3
ΔZ_1	м	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
ΔZ_2	м	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
$S_{3 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$S_{6 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	6	5	6	5	7	8	7	6	6	7
ΔH	м	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$S_{4 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
$S_{5 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	25	27	29	28	26	26	28	29	30	32
l_1	км	4,1	3,5	4,0	3,6	4,2	4,5	5,0	4,9	3,3	3,6
l_2	км	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,1	2,2	2,3	2,4
H_6	м	34,0	34,5	35,0	35,5	36,0	35,5	35,0	34,5	34,0	35,0
q_1	л/с	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
q_2	л/с	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
q_3	л/с	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$S_{n-1 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	35	36	37	38	39	40	39	38	37	36
$S_{1-2 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	30	31	32	33	34	33	32	31	30	29
$S_{2-3 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	24	23	23	22	22	24	22	25	26	27
$S_{3-B \times 10^4}$	(для Q в л/с)	10	11	12	13	12	11	13	9	8	7
q_4	л/с	2	3	4	5	6	7	8	7	6	5
q_5	л/с	3	5	7	9	11	9	8	7	5	4
q_6	л/с	5	9	7	8	12	9	6	5	4	10
q_7	л/с	4	5	6	7	6	5	4	3	2	2
$S_{2-5 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	2	3	4	2,5	2,8	3,4	3,5	3,1	3,2	3,3
$S_{5-7 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	1	1,5	1,6	1,8	1,9	1,4	1,3	1,2	1,1	1,5
$S_{7-8 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1

Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі номера залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q_8	л/с	10	9	8	7	6	5	4	3	2	5
q_9	л/с	5	6	7	8	9	10	9	5	6	4
q_{10}	л/с	10	9	8	7	6	5	7	9	8	5
q_{11}	л/с	15	14	12	10	11	13	10	9	9	10
q_{12}	л/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6
q_{13}	л/с	9	10	11	12	13	14	15	16	17	12
q_{15}	л/с	4	5	4	3	1	2	1	3	1	3
q_{16}	л/с	6	7	8	9	10	11	10	9	8	8
q_{17}	л/с	5	4	3	4	2	1	3	4	6	2
q_{18}	л/с	15	14	13	12	11	10	9	8	7	9
q_{19}	л/с	4	4	5	4	6	5	4	5	8	6
q_{21}	л/с	8	9	10	11	12	13	14	15	16	11
q_{22}	л/с	17	17	15	14	13	10	9	8	9	10
q_{23}	л/с	19	18	17	19	18	17	19	18	17	15
q_{24}	л/с	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
q_{25}	л/с	35	34	33	32	31	32	33	34	35	32
q_{26}	л/с	55	56	57	58	59	58	57	56	55	56
q_{27}	л/с	50	49	48	47	46	45	46	47	48	46
H_{p1}	м	10	10,5	10	9	9	8,5	9,2	9,3	9,2	9,6
H_{p2}	м	6,2	6,3	6,0	6,2	6,1	6,0	6,1	6,2	6,3	6,1
$S_{7 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	9	10	11	12	11	10	9	10	11	10
$S_{8 \times 10^4}$	(для Q в л/с)	20	21	22	20	21	22	21	20	19	20
$Q_{1к}$	л/с	26	27	28	25	28	27	26	27	25	26
$Q_{2к}$	л/с	31	32	33	31	33	32	30	32	31	30
$Q_{3к}$	л/с	36	37	38	36	38	37	35	37	36	35

Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі номера залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{4к}$	л/с	41	42	43	41	43	42	40	42	41	40
$Q_{5к}$	л/с	47	48	49	47	49	48	46	48	47	46
$H_{1к}$	м	52	51	50	52	50	51	52	51	50	52
$H_{2к}$	м	50,0	49,5	49	50	49	49,5	50	49,5	50	50
$H_{3к}$	м	48	47,5	47,5	48	47,5	47,5	48	47,5	48	48
$H_{4к}$	м	46	46	45,5	46	45,5	46	46,5	46	46	46,5
$H_{5к}$	м	44	44	43,5	44	43,5	44	44	44	44	44
l_3	м	14	15	19	16	22	19	21	18	20	17
φ	разів	1,4	1,6	1,6	1,7	2	1,9	2	1,7	2	1,8
n_0	шт	1	2	3	2	1	3	2	1	3	2
L	м	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
φ_2	разів	1,1	1,2	1,4	1,2	1,1	1,15	1,25	1,35	1,4	1,2
l_4	м	140	160	170	130	120	140	150	160	170	180