

Лабораторне заняття

Аналіз функціонування розгалужених інженерних мереж

Мета заняття :_набути навички розрахунку інженерних мереж та використання результатів для аналізу їх роботи.

Задача

Знайти еквівалентний гідравлічний опір розгалуженої частини мережі з чавунних труб, яка включає такі ділянки, що з'єднані послідовно:

а) діаметр $d = 100$ мм, довжина l_1 , питомий опір $S_{01}=311,7$ (для Q в $\text{м}^3/\text{с}$);

б) діаметр $d = 125$ мм, довжина l_2 , питомий опір $S_{02}=96,72$ (для Q в $\text{м}^3/\text{с}$);

в) діаметр $d = 150$ мм, довжина l_3 , питомий опір $S_{03}=37,11$ (для Q в $\text{м}^3/\text{с}$).

Втрати напору на всіх ділянках складають величину h_1 , м при пропусканні по них витрат Q_4 .

Співставити точність розрахунку втрат напору, виходячи з врахування питомих опорів на кожній ділянці і еквівалентного опору. Чисельні величини прийняти згідно з додатком А.

Розв'язування типової задачі.

Дано: $l_1 = 300$ м, $l_2 = 400$ м, $l_3 = 300$ м, $Q_4 = 5$ л/с, $h_1 = 4,15$ м.

Знаходимо еквівалентний опір ділянки, виходячи з формули:

$$h_1 = S_{екв} * Q_4^2,$$

де $S_{екв}$ – еквівалентний опір мережі,

$$S_{екв} = h_1 / Q_4^2 = 4,15 / 0,005^2 = 166000.$$

Визначаємо, як будуть змінюватися втрати напору в мережі при зміні витрати, що проходить по ній (табл. 1).

Таблиця 1 – Втрати напору в мережі при $S_{екв} = 166\ 000$.

Витрата, яка проходить по мережі, л/с.	2	4	6	8	10
Втрати напору $h_i = S_{екв} * Q_i^2$	0,66	2,66	5,98	10,62	16,6

Знаходимо повний опір окремих ділянок мережі, виходячи із залежності:

$$S_i = S_{oi} * l_i :$$

перша ділянка $d = 100$ мм –

$$S_1 = S_{01} * l_1 = 311,7 * 300 = 93510,$$

друга ділянка $d = 125$ мм –

$$S_2 = S_{02} * l_2 = 96,72 * 400 = 38688,$$

третя ділянка $d = 150$ мм –

$$S_3 = S_{03} * l_3 = 37,11 * 300 = 11133.$$

Розрахунок втрат на кожній ділянці зводимо в табл. 2, 3 і 4.

При розрахунках швидкість в ділянках може визначатися за таблицями Ф.А.Шевелева [5], або розраховуватися за формулою:

$$v_i = Q_i / (0.785 d^2).$$

Таблиця 2 – Втрати напору на ділянці $d = 100$ мм.

Показник	Величина показника				
Витрата, що подається $Q_i * 10^3, \text{ м}^3 / \text{ с}.$	2	4	6	8	10
$Q_i^2 * 10^6, \text{ м}^6 / \text{ с}^2$	4	16	36	64	100
Швидкість, м /с.	0,245	0,49	0,73	0,98	0,010
Коефіцієнт K_i для уточнення втрат напору [5].	1,32	1,155	1,08	1,03	1,00
Втрати напору, $h_i = S_1 * Q_i^2 * K_i, \text{ м}$	0,49	1,73	3,64	6,16	9,35

Таблиця 3 – Втрати напору на ділянці $d = 125$ мм.

Показник	Величина показника				
Витрата, що подається $Q_i * 10^3, \text{ м}^3 / \text{ с}.$	2	4	6	8	10
$Q_i^2 * 10^6, \text{ м}^6 / \text{ с}^2$	4	16	36	64	100
Швидкість $v_i, \text{ м} / \text{ с}.$	0,16	0,32	0,47	0,63	0,79
Коефіцієнт K_i для уточнення втрат напору [5].	1,41	1,27	1,16	1,105	1,05
Втрати напору, $h_i = S_2 * Q_i^2 * K_i, \text{ м}$	0,22	0,79	1,62	2,74	4,06

Таблиця 4 – Втрати напору на ділянці $d = 150$ мм.

Показник	Величина показника				
Витрата, що подається $Q_i * 10^3, \text{ м}^3 / \text{ с}.$	2	4	6	8	10
$Q_i^2 * 10^6, \text{ м}^6 / \text{ с}^2$	4	16	36	64	100
Швидкість $v_i, \text{ м} / \text{ с}.$	<0,2	0,22	0,33	0,44	0,548
Коефіцієнт K_i для уточнення втрат напору [5].	1,41	1,38	1,26	1,18	1,13

Втрати напору, $h_i = S_3 * Q_i^2 * K_i$, м	0,06	0,24	0,50	0,84	1,26
---	------	------	------	------	------

Співставлення результатів приведено в табл. 5. При співставленні результатів сумарні втрати напору (при їх визначенні, виходячи з питомих опорів ділянок) знаходилися шляхом складання втрат напорів з табл. 2, 3 і 4 для відповідних витрат.

Таблиця 5 – Співставлення втрат напору.

Показник	Величина показника				
Витрата, що подається $Q_i * 10^3$, м ³ / с.	2	4	6	8	10
Втрати напору по $S_{екв.}$ (табл. 8), м.	0,66	2,66	5,98	10,62	16,6
Втрати напору по $\sum h$ ділянок (табл. 9, 10 ,11)	0,77	2,76	5,76	9,74	14,67
Абсолютне відхилення втрат напорів, м.	- 0,11	-0,10	0,22	0,88	1,93
Відхилення втрат напорів в % від $\sum h$	-14,3	-3,6	3,8	9,0	13,2

Таким чином, визначення втрат напору з використання еквівалентного опору для мережі, яка складається з кількох ділянок різних діаметрів, при малих витратах знижує результат (до 14,3%), а при великих витратах - завищує результат (до 13,2%).

Додаток А.

Таблиця А1 – Чисельні величини вихідних даних

Показник	Одиниці вимірювання	Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
К ₁	тис.грн	4900	5000	5100	5200	5300	5250	5150	5050	4950	5350
К ₂	тис.грн	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3450	3350	3250	3150
К ₃	тис.грн	3800	4000	4000	4100	4200	3850	3950	4050	4150	4250
Е ₁	тис.грн	460	470	480	490	500	510	480	475	495	465
Е ₂	тис.грн	610	620	615	625	635	640	620	615	625	635
Е ₃	тис.грн	570	600	610	590	580	620	605	575	580	595
Б ₁	%	59	58	61	62	57	56	55	54	57	58
Б ₂	%	41	41	42	48	41	44	43	45	43	42
Б ₃	%	50	51	50	50	52	50	52	51	50	50
М ₁	%	11	11	9	8	11	14	13	15	13	12
М ₂	%	30	31	31	32	33	31	32	31	30	31
М ₃	%	34	34	33	34	34	36	33	33	33	34
Г ₁	%	30	31	30	30	32	30	32	31	30	30
Г ₂	%	29	28	27	20	26	25	25	24	27	27
Г ₃	%	16	15	17	16	14	14	15	16	17	16
З ₁	%	24,5	25,5	26	26,5	25,5	24	23,5	22	22,5	23
З ₂	%	28	28,5	29	29,5	30	28	28,5	29	29,5	30
З ₃	%	30,5	31	31,5	32	32,5	33	33,5	34,5	34	35
Р ₁	%	37	36	37	36,5	37,5	38	37,5	38	37,5	37

P ₂	%	14	15	16	17	14	15	16	17	16	15
P ₃	%	18,5	19,0	19,5	18,5	19	19,5	20	18	18	18,5
EH ₁	%	30	30	31	32	31	32	33	34	32	31
EH ₂	%	49	49	49,5	50	50,5	51	49,5	48	48,5	49,5
EH ₃	%	41	42	41	42	41	42	40	41	42	40,5
I ₁	%	8,5	8,5	6	5	6	6	6	6	8	8
I ₂	%	9	7,5	5,5	3,5	5,5	6	6	6	6	5,5
I ₃	%	10	8	8	7,5	7,5	5,5	6,5	6,5	6	6
N ₁	тис.люд	195	190	185	180	175	180	187	193	191	205
N ₂	тис.люд	95	105	90	100	97	99	85	88	90	96
Q ₁	тис.м ³ /добу	50	49	48	47	46	45	46	47	48	49
Q ₂	тис.м ³ /добу	19	20	18	19	20	18	19	20	21	22
Z ₁	м	29	30	29,5	30,5	31	32	31	30	30,5	29
Z ₂	м	30	29	28	29	30	31	30	29	31	30
Z ₃	м	36	35	34	33	32	33	34	35	36	37
Z ₄	м	34	34,5	35	35,5	36	35,5	35	34,5	34	33,5
Z ₅	м	35	35,5	34,5	34	35	34,5	33	33,5	33	34
Z ₆	м	34	34,5	34	33	33,5	35	33	34	35	35

Продовження табл.А1

Показник	Одиниці вимірювання	Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z ₇	м	31	32	31	30	30,5	31,5	32	32,5	33	32
Z ₈	м	30	31	32	31	32	30	31	32	30	31
Z ₉	м	30	29	30	29	30	31	30	29	31	29
Z ₁₀	м	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30
Z ₁₁	м	32	31	30	31	32	31	30	29	30	31
Z ₁₂	м	31	30	31	30	31	30	31	30	31	30
H ₁	м	39	43	27	30	59	31	26	42	38	38

H ₂	м	35	37	28	46	35	45	27	36	34	33
H ₃	м	29	35	29	42	29	41	28	34	28	27
H ₄	м	27	26	25	25	43	24	24	25	26	25
H ₅	м	21	27	41	45	41	44	40	26	20	19
H ₆	м	23	40	26	30	48	29	25	39	22	21
H ₇	м	24	28	25	29	36	28	24	27	23	22
H ₈	м	25	40	29	30	32	29	28	39	24	23
H ₉	м	21	27	28	31	39	30	27	26	20	19
H ₁₀	м	30	35	36	30	40	29	35	34	29	28
H ₁₁	м	20	26	28	29	50	28	27	26	19	18
H ₁₂	м	23	35	34	35	40	34	33	34	22	21
N	поверхів	5	6	7	8	9	8	7	6	5	4
S	для Q в м ³ /с	1700	1800	1900	2000	1900	1800	1700	1750	1850	1950
Q ₃	м ³ /с	0,052	0,05	0,046	0,045	0,046	0,05	0,052	0,053	0,05	0,045
p	%	17	18	19	20	17	18	19	20	18	20
П ₁	м	109	110	109	110	109,5	108,5	109	110	111	110
П ₂	м	104	105	104	105	104	103	104	105	106	105
Z ₁₃	м	96	97	96	97	96	95	96	97	97	97
l ₁	м	320	350	360	370	380	390	380	365	355	340
l ₂	м	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
l ₃	м	300	310	290	320	330	340	320	340	330	310
h ₁	м	4.10	3.56	3.48	3.44	3.76	4.06	4.05	4.07	4.26	4.32
Q ₄	л/с	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1
q _i	л/с	19	18	20	21	22	23	24	25	24	23
K _{фm}	м ² /добу	550	540	530	520	510	500	510	520	530	540
H _Г	м	17	18	18	17	16	15	16	15	17	15
h ₂	м	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3
l ₄	м	70	74	76	78	80	82	84	86	88	86

l_5	м	42	44	46	44	42	44	46	48	46	44
l_6	м	48	50	52	54	56	58	60	58	56	54
h_c	м	13	14	15	16	17	16	15	14	13	14

Продовження табл.А1

Показник	Одиниці вимірювання	Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K_{ϕ}	м/добу	23	22	20	19	23	19	20	21	22	23
h_k	м	0,9	0,95	1,1	1,05	1,2	1,3	1,2	1,15	1,1	1,0
l_7	м	1000	1050	1100	1200	1250	1300	1250	1200	1150	1100
h_n	м	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1
l_8	м	5500	5600	5700	5800	5900	6000	6100	6200	6300	6400
Q_5	м ³ /с	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48
q_2	л/с	8	9	10	11	12	11	10	9	8	7
q_3	л/с	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
q_4	л/с	7	8	9	10	11	12	13	12	11	10
q_5	л/с	19	18	17	16	17	18	19	20	21	22
q_6	л/с	17	19	20	18	19	20	21	20	19	18
S_{1-2}	для q в л/с	0,0012	0,0013	0,0014	0,001	0,002	0,0015	0,0014	0,0013	0,001	0,002
S_{2-3}	для q в л/с	0,001	0,002	0,0015	0,002	0,003	0,0025	0,002	0,003	0,002	0,001
S_{3-4}	для q в л/с	0,002	0,003	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003
S_{4-5}	для q в л/с	0,003	0,001	0,003	0,0015	0,002	0,001	0,001	0,002	0,003	0,001
S_{5-6}	для q в л/с	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004	0,003
$\sum q_i$	л/с	50	60	70	90	100	110	120	130	140	150
S_M	для Q в л/с	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014	0,013	0,012	0,011	0,010	0,010
ϕ	разів	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,35	1,45	1,55	1,4	1,3
Q_6	л/с	105	110	115	120	125	132	135	140	145	137
ϕ_1	разів	1,1	1,15	1,17	1,19	1,20	1,22	1,23	1,24	1,25	1,27

l_9	м	1350	1370	1400	1410	1420	1430	1440	1450	1480	1500
l_{10}	м	1800	1830	1850	1900	1930	1950	1970	2000	2020	2050
l_{11}	м	1600	1620	1650	1680	1700	1720	1750	1770	1780	1800
n_1	разів	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
m_1	шт.	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
W_{oc}	м ³	650	910	1300	700	1100	1200	750	1300	1500	1000
D_k	мг/л	100	90	80	100	95	85	95	75	65	70
Q_{ct}	м ³ /добу	20000	25000	22000	26000	28000	35000	40000	41000	50000	45000
L	м	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
B	м	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0
H_p	м	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4
ν	мм/с	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1
u	мм/с	0,4	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49

