

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля

Факультет пожежної безпеки

Кафедра автоматичних систем безпеки та електроустановок

Денис КОЛЕСНИКОВ, Костянтин МИГАЛЕНКО

ПРОТИПОЖЕЖНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки і завдання з виконання курсової роботи дисципліни
«Противопожежне водопостачання» для фахівців
циклу професійної (вибіркової) підготовки
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
галузь знань 26 «Цивільна безпека»
спеціальність 261 «Пожежна безпека»
за освітньо-професійною програмою «Пожежна безпека»

Черкаси 2020

ББК 38.96-6П7

С71

Протипожежне водопостачання: Методичні вказівки і завдання з виконання курсової роботи для фахівців циклу професійної (вибіркової) підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
- Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2020. – 63с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до навчальної програми дисципліни «Протипожежне водопостачання» та призначені для фахівців циклу професійної (вибіркової) підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти для самостійного виконання курсової роботи.

Затверджено на Вченій раді факультету,
Протокол від « 27 » вересня 2020 р. № 3

© ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2020

ЗМІСТ

1. Завдання на курсову роботу	4
1.1. Обґрунтування прийнятої схеми водопостачання	8
1.2. Визначення водоспоживачів і розрахунок необхідної витрати води на господарсько-питні, виробничі і пожежні потреби селища і підприємства.....	9
1.2.1. Визначення водоспоживачів.....	9
1.2.2. Розрахунок необхідної витрати води на господарсько-питні та виробничі потреби.....	9
1.2.3. Визначення розрахункових витрат води на пожежогасіння.....	18
2. Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі	19
2.1. Приклад гідравлічного розрахунку водопровідної мережі.....	23
3. Визначення режиму роботи НС-II	33
4. Гідравлічний розрахунок водоводів	35
5. Розрахунок водонапірної башти	36
5.1. Визначення висоти водонапірної башти.....	36
5.2. Визначення ємності бака водонапірної башти	37
6. Розрахунок резервуарів чистої води	38
7. Підбір насосів для насосної станції другого підйому	42
8. Гідравлічний розрахунок об'єднаного господарсько-виробничого і протипожежного водопроводу виробничої будівлі	44
8.1. Методика гідравлічного розрахунку внутрішнього водопроводу виробничої будівлі	45
8.2. Приклад гідравлічного розрахунку внутрішнього об'єднаного господарсько-виробничого та протипожежного водопроводу виробничої будівлі	49
Додатки	54
Література	62

Відповідно до навчальної програми кожен курсант, студент інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля повинен виконати курсову роботу з дисципліни «Спеціальне водопостачання».

Завданням курсової роботи є закріплення знань в області протипожежного водопостачання. У процесі виконання курсової роботи виконавець повинен отримати повне уявлення про склад всієї системи водопостачання, визначити розрахункові витрати води, провести гідравлічний розрахунок водопроводу, а також розрахунок запасних і регулюючих ємностей, насосних станцій.

1. ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

Вихідні дані для розрахунку і проектування системи протипожежного водопостачання населеного пункту і промислового підприємства вибираються по двох останніх цифр номера залікової книжки з табл. 1.1, 1.2 і 8.1. Крім того, виконавцю видається схема водопровідної мережі населеного пункту. Схема виконана в певному масштабі, що дозволяє визначити довжину всіх ділянок водопровідної мережі.

Таблиця 1.1

Вихідні дані по населеному пункту

Передостання цифра номера залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кількість жителів у населеному пункті, тис. чол.	45	28	21	25	9	12	13	17	24	35
Тип громадського будинку	Лікарня з загальними ваннами і душовими об'ємом понад 25000 м ³	Пральня механізована об'ємом 9000 м ³	Підприємство загального харчування з приготуванням їжі, яка реалізується в обідньому залі об'ємом до 2,500 м ³	Готель категорії *** з пральною об'ємом більше 25000 м ³	Лазня з душовими кабінами об'ємом 3000 м ³	Лікарня інфекційна об'ємом до 25000 м ³	Їдальня без приготуванням їжі, об'ємом 5000 м ³	Підприємство загального харчування з приготуванням їжі, яка реалізується в обідньому залі об'ємом 5000 м ³	Готель категорії **** з пральною об'ємом до 25000 м ³	Пральня механізована об'ємом 9000 м ³
Вимірювач	400 ліжок	1200 кг сухої білизни	5000 страв	400 місць	200 відвідувачів	75 ліжок	2000 страв	3000 страв	200 місць	700 кг сухої білизни
Остання цифра номера залікової книжки	1 і 2		3 і 4		5 і 6		7 і 8		9 і 0	
Поверховість будівель	5	4		2		3		5		

Закінення табл. 1.1

Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Внутрішній водопровід, каналізація і централізоване гаряче водопостачання	Внутрішній водопровід, каналізація та ванни з місцевими водонагрівачами	Внутрішній водопровід, каналізація без ванн	Внутрішній водопровід, каналізація та ванни з місцевими водонагрівачами	Внутрішній водопровід, каналізація і централізоване гаряче водопостачання
Матеріал труб магістральних ділянок	Азбестоцемент	Чавун з внутрішнім цементно-піщаним покриттям.	Пластмаса	Сталь з внутрішнім пластмасовим покриттям	Чавун з полімерним покриттям.
Довжина водопроводів від НС-II до водонапірної башти, м	900	800	500	600	700

Таблиця 1.2

Остання цифра номера залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Категорія приміщень і будівель за пожежною небезпекою	А	Б	В	Г	Д	В	Б	Г	Д	В
Ступінь вогнестійкості будівлі виробничого корпусу	I	II	II	III	IV	III	II	II	II	I
Об'єм будівель *, тис. м ³	200 понад 400	200 до 300	100 до 200	90 до 200	20 до 50	300 до 200	100 понад 200	90 понад 200	400 до 500	400 до 600
Ширина будівлі, м	понад 60	по- над 60	До 60	До 60	До 60	До 60	До 60	До 60	по- над 60	понад 60
Площа території підприємства, га	понад 150	по- над 150	До 150	До 150	До 150	До 150	До 150	До 150	по- над 150	понад 150
Кількість робочих змін	3	2	3	3	2	2	3	2	3	3
Кількість робітників у зміну, чол.	500	400	300	350	200	300	500	400	600	700
Витрата води на виробничі потреби, м ³ /зміну	600	500	400	300	350	200	500	600	700	800
Кількість робітників у зміну, приймаючих душ, %	100	90	80	70	90	50	60	70	80	100

* У графі «Обсяг будівель» перша цифра - обсяг першого виробничого корпусу, а друга - обсяг другого виробничого корпусу.

Звітний матеріал

Курсова робота виконується у вигляді розрахунково-пояснювальної записки і графічного додатку.

Розрахунково-пояснювальна записка повинна бути оформлена на одній стороні аркуша формату А4 (210 × 297 мм) з дотриманням таких розмірів полів: ліве - не менше 30 мм, праве - не менше 10 мм, верхнє - не менше 15 мм, нижнє - не менше 20 мм. Сторінки нумеруються арабськими цифрами. Титульний лист включається в загальну нумерацію сторінок роботи. На титульному аркуші номер не ставлять, на наступних сторінках номер проставляють у правому верхньому куті. Розділи повинні мати порядкову нумерацію в межах всієї роботи і позначатися цифрами з крапкою в кінці. Введення не нумерується. Підрозділи нумеруються в межах кожного розділу, наприклад "2.3" (третій підрозділ другого розділу). Пункти нумеруються в межах кожного підрозділу, наприклад "1.1.2" (другий пункт першого підрозділу першого розділу). Ілюстрації позначаються словом "Рис." з наступним назвою та нумеруються послідовно арабськими цифрами в межах розділу, наприклад "Рис. 2.3" (третій рисунок другого розділу). Таблиці нумеруються послідовно в межах розділу. У правому верхньому куті таблиці над відповідним заголовком поміщають напис "Таблиця" з вказанням номера розділу і порядкового номера таблиці, наприклад "Таблиця 1.2" (друга таблиця першого розділу). При перенесенні таблиці на інший аркуш (сторінку) над іншими її частинами пишуть "Продовження табл. 1.2".

Пояснювальна записка повинна включати наступне:

Вихідні дані для роботи.

Зміст.

Вступ.

1. Обґрунтування прийнятої схеми водопостачання.
2. Визначення водоспоживачів і розрахунок необхідної витрати води на господарсько-питні, виробничі і пожежні потреби селища та підприємства.
 - 2.1. Визначення водоспоживачів.
 - 2.2. Розрахунок необхідної витрати води на господарсько-питні та виробничі потреби.
 - 2.3. Визначення розрахункових витрат води на пожежогасіння.
3. Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі селища.
4. Визначення режиму роботи НС-II.
5. Гідравлічний розрахунок водоводів.
6. Розрахунок водонапірної башти.
 - 6.1. Визначення висоти водонапірної башти.
 - 6.2. Визначення ємності бака водонапірної башти.

7. Розрахунок резервуарів чистої води.
8. Підбір насосів для насосної станції другого підйому.
9. Гідравлічний розрахунок об'єднаного господарсько-протипожежного водопроводу виробничої будівлі.

Список використаної літератури.

Титульний лист оформлюється за додатком 9.

Зміст включає найменування всіх розділів, підрозділів із зазначенням номерів сторінок. Вступ курсової роботи має містити оцінку сучасного стану систем водопостачання та перспективу їх розвитку. Список літератури повинен містити перелік використаної літератури. У пояснювальній записці повинні бути виконані: розрахункові схеми водопровідної мережі селища із зазначенням всіх необхідних величин.

Графічна частина роботи виконується на аркушах креслярського паперу формату А1 (594×840 мм). Графічне зображення, позначення, шрифт повинні відповідати вимогам. Креслення рекомендується виконувати в масштабі, прийнятому при реальному проектуванні. Креслення повинні мати рамку і в правому кутку штамп основного напису. При виконанні курсової роботи рекомендується користуватися справжніми методичними рекомендаціями, а також літературою, зазначеною в списку. Отримавши завдання і вибравши згідно номеру залікової книжки вихідні дані, виконавець знайомиться з матеріалами, з'ясовує зміст і обсяг курсової роботи, вивчає необхідну літературу і приступає до виконання роботи.

1.1. Обґрунтування прийнятої схеми водопостачання

За завданням виконавцю пропонується схема об'єднаного господарсько-питного, виробничого та протипожежного водопроводу низького тиску селища та підприємства (наприклад, рис. 1.1) із забором води з підземного джерела (артезіанської свердловини). На початку магістральної мережі встановлена водонапірна башта.

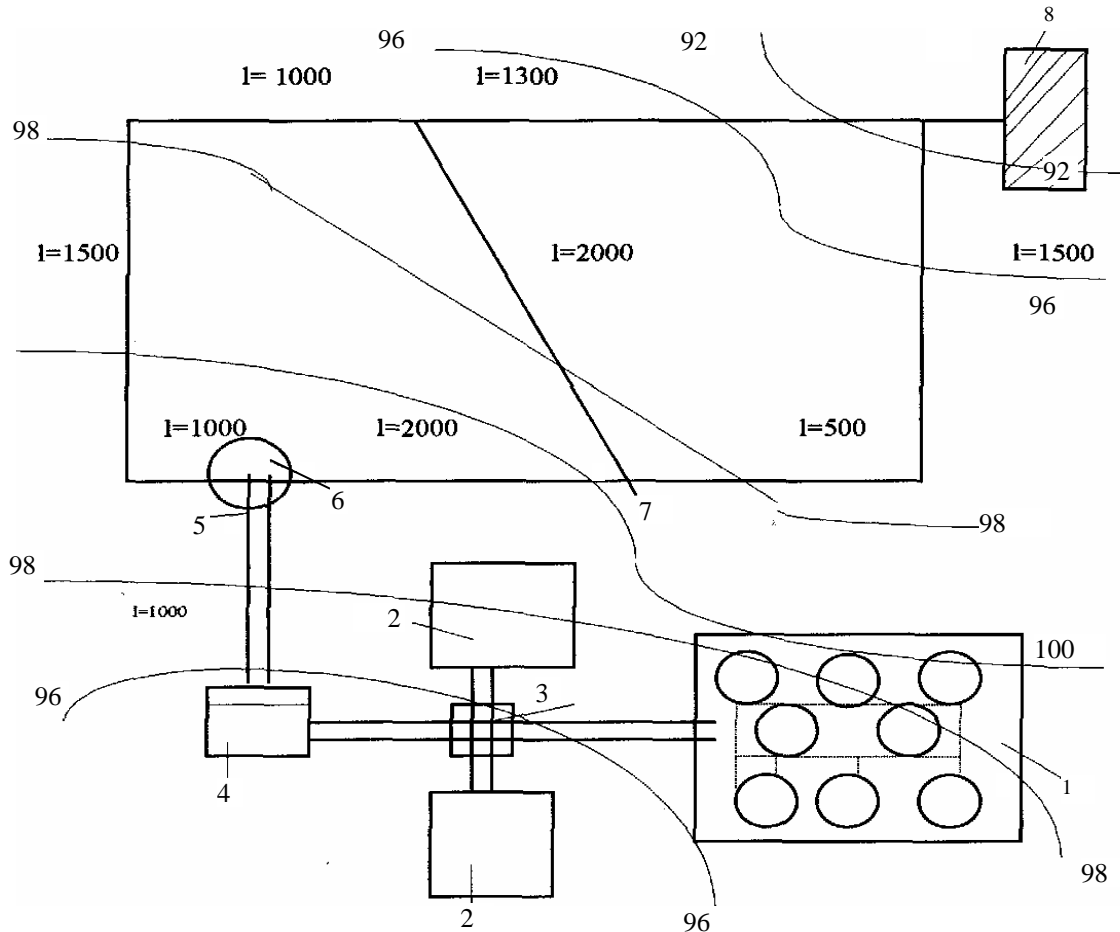


Рис. 1.1. Схема господарсько-протипожежного водопроводу селища та підприємства:
1 - санітарна зона артезіанських свердловин, 2 - резервуари чистої води, 3 - камера перемикання, 4 - насосна станція II підйому, 5 - водопроводи; 6 - водонапірна башта, 7 - водопровідна мережа селища, 8 - підприємство

Необхідно описати розташування і призначення водонапірної башти, резервуарів чистої води, насосів насосної станції II підйому, водопроводів, магістральних мереж, привести техніко-економічні обґрунтування [1, 2, 3].

1.2. Визначення водоспоживачів і розрахунок необхідної витрати води на господарсько-питні, виробничі і пожежні потреби селища та підприємства

1.2.1. Визначення водоспоживачів

При проектуванні водопроводів в першу чергу слід визначити ту кількість води, яку водопровід повинен подати. Подача об'єднаного водопроводу повинна забезпечити: господарсько-питні потреби в житлових будинках; водоспоживання в громадських будівлях; витрату води на поливання вулиць і зелених насаджень, на роботу фонтанів і т.п., господарсько-питне споживання на підприємствах; водоспоживання на промислові потреби підприємств; витрата води на цілі пожежогасіння в селищі і на промисловому підприємстві.

1.2.2. Розрахунок необхідної витрати води на господарсько-питні та виробничі потреби

Норми водоспоживання на господарсько-питні потреби для населених пунктів визначаються за ДБН В.2.5-74:2013 [4], п. 6.1.1, табл. 1, і залежать від ступеня благоустрою районів житлової забудови.

Розрахункова (середня за рік) добова витрата води $Q_{\text{доб.ж}}$, м³/добу, на господарсько-питні потреби визначається за формулою:

$$Q_{\text{доб.ж}} = (q_{\text{ж}} N_{\text{ж}}) / 1000,$$

де $q_{\text{ж}}$ – питоме водоспоживання на одного жителя, л/добу, що приймається за табл. 1 [4]; $N_{\text{ж}}$ – розрахункова кількість мешканців.

Добова витрата з урахуванням водоспоживання на потреби промисловості, що забезпечує населення продуктами, і невраховані витрати збільшуються на 10 ÷ 20 % (табл. 1, прим. 3 [4]):

$$Q_{\text{доб.маж}} = (1,1 \div 1,2) Q_{\text{доб.ж}}$$

Розрахункова витрата води на добу найбільшого водоспоживання $Q_{\text{доб.маж}}$, м³/доб, визначається за формулою

$$Q_{\text{доб.маж}} = K_{\text{доб.маж}} \cdot Q_{\text{доб.ж}}$$

де $K_{\text{доб.маж}}$ – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання визначається

за п. 6.1.2 [4] ($K_{\text{доб.мах}} = 1,1 \div 1,3$). $K_{\text{доб.мах}}$ враховує уклад життя населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будівель, зміну водоспоживання по сезонах року і дня тижня. Для будівель, обладнаних внутрішнім водопроводом, каналізацією та централізованим гарячим водопостачанням, слід приймати $K_{\text{доб.мах}} = 1,1$; для будівель, обладнаних внутрішнім водопроводом, каналізацією та ваннами з місцевими водонагрівачами, $K_{\text{доб.мах}} = 1,2$; для будівель, обладнаних внутрішнім водопроводом та каналізацією без ванн, $K_{\text{доб.мах}} = 1,3$.

Розрахункова годинна витрата води $q_{\text{г.мах}}$ визначається за формулою

$$q_{\text{г.мах}} = \frac{K_{\text{г.мах}} Q_{\text{доб.мах}}}{24},$$

де $K_{\text{г.мах}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання визначається з виразу

$$K_{\text{г.мах}} = \alpha_{\text{мах}} \beta_{\text{мах}}$$

де $\alpha_{\text{мах}}$ – коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будівель, режим роботи підприємств та інші місцеві умови, приймається за п. 6.1.2 [4]; $\beta_{\text{мах}}$ – коефіцієнт, що враховує число жителів у населеному пункті, приймається за табл. п. 6.1.2 [4]. Для будівель, обладнаних внутрішнім водопроводом і каналізацією, без ванн, слід приймати $\alpha_{\text{мах}} = 1,4$; для будівель, обладнаних внутрішнім водопроводом, каналізацією та ваннами з місцевими водонагрівачами, $\alpha_{\text{мах}} = 1,3$; для будівель, обладнаних внутрішнім водопроводом, каналізацією та централізованим гарячим водопостачанням, $\alpha_{\text{мах}} = 1,2$.

$K_{\text{г.мах}}$ – розраховується, а потім приймається найближче табличне значення по дод. 1 даних вказівок.

Витрата води на господарсько-питні потреби в громадських будівлях залежить від призначення будівлі і визначається за формулою

$$Q_{\text{гром.буд}} = q_{\text{гром.буд}} N_{\text{вим}} / 1000,$$

де $q_{\text{гром.буд}}$ – норма витрати води споживачами на добу для громадських будівель приймається за дод. А [5]; $N_{\text{вим}}$ – кількість вимірювачів. Загальна витрата води по селищу

$$\sum Q_{\text{доб}}^{\text{сел}} = Q_{\text{доб.мах}} + Q_{\text{гром.буд}} \cdot$$

Розрахункові величини господарсько-питного водоспоживання у виробничих і допоміжних будівлях, промислових підприємствах визначаються за формулами:

водоспоживання у зміну $Q_{\text{зм.зосп-пит}}^{\text{нідп}}$

$$Q_{зм.госп-пит}^{нідр} = q_{н.госп-пит} \cdot N_{зм} / 1000,$$

де $q_{н.госп-пит}$ – норма водоспоживання на одну людину в зміну, приймається згідно з дод. А [5]; $N_{зм}$ – кількість працюючих в зміну (за завданням);

добове водоспоживання $Q_{доб.госп-пит}^{нідр}$:

$$Q_{доб.госп-пит}^{нідр} = Q_{зм.госп-пит}^{нідр} \cdot n_{зм},$$

де $n_{зм}$ – кількість змін (за завданням).

Кількість води на користування душем в побутових приміщеннях промислових підприємств визначається за формулами:

водоспоживання у зміну $Q_{зм}^{душ}$

$$Q_{зм}^{душ} = 0,5 \cdot \tau \cdot N_c,$$

де $0,5 \text{ м}^3/\text{годину}$ – норма витрати води через душову сітку (дод. А [5]);

$\tau = 1$ година – тривалість дії душа після зміни (дод. А [5]);

N_c – кількість душових сіток, шт.

$$N_c = N_{зм} / 5,$$

де $N_{зм}$ – кількість робітників, які використовують душ після зміни (за завданням). Однією душовою сіткою протягом години, виходячи з санітарних норм, користуються 5 осіб;

добове водоспоживання на душ $Q_{доб}^{душ}$

$$Q_{доб}^{душ} = Q_{зм}^{душ} \cdot n_{зм},$$

де $n_{зм}$ – кількість змін (за завданням).

Витрата води на виробничі потреби підприємства приймається за завданням $Q_{зм.вир}^{нідр}$, яка розподіляється рівномірно по годинах зміни (восьмигодинна зміна з перервою на обід одну годину, протягом якого виробництво не зупиняється). Приймається робота восьмигодинних змін: з 8 до 16 год - перша зміна, з 16 до 24 год - друга зміна, з 24 до 8 год - третя зміна.

Годинна витрата води на виробничі потреби:

$$q_{год.вир}^{нідр} = Q_{зм.вир}^{нідр} / \tau_{зм} = Q_{зм.вир}^{нідр} / 8.$$

Добове водоспоживання на виробничі потреби:

$$Q_{\text{доб.вир}}^{\text{нідпр}} = Q_{\text{зм.вир}}^{\text{нідпр}} \cdot n_{\text{зм}}.$$

Сумарна витрата води по підприємству за добу:

$$Q_{\text{доб}}^{\text{нідпр}} = Q_{\text{доб.зосн-пнт}}^{\text{нідпр}} + Q_{\text{доб.вир}}^{\text{нідпр}} + Q_{\text{душ}}.$$

Загальна витрата води по селищу і підприємству за добу:

$$Q_{\text{доб}}^{\text{заг}} = Q_{\text{доб}}^{\text{сел}} + Q_{\text{доб}}^{\text{нідпр}}.$$

Для визначення режиму роботи насосних станцій, ємності баків водонапірних башт і резервуарів чистої води складається таблиця погодинного добового водоспоживання і будується графік водоспоживання по годинах доби.

Приклад.

Визначити господарсько-питне і виробниче водоспоживання в системі водопостачання, яка обслуговує населений пункт і підприємство. Кількість жителів у населеному пункті до кінця розрахункового періоду 30 000 чоловік. Будинки обладнані внутрішнім водопроводом, каналізацією й системою централізованого гарячого водопостачання. Забудова будівель в 5 поверхів. У населеному пункті є лікарня на 300 ліжок з загальними ваннами та душовими обсягом понад 25000 м³, будівля лікарні триповерхова. Магістральна водопровідна мережа і водоводи прокладені з азбестоцементних труб. Довжина водоводів від НС-П до водонапірної башти $L_{\text{вод}} = 1000$ м. Промислове підприємство з пожежної небезпеки відноситься до категорії В, має два виробничих корпуси II ступеня вогнестійкості: один - обсягом 120 тис. м³, інший - об'ємом 90 тис. м³, ширина будівель більше 60 м, площа території підприємства більше 150 га. Підприємство працює у три зміни, кількість робітників у кожній зміні $N_{\text{зм}} = 500$ працівникам. Витрати води на виробничі потреби $Q_{\text{зм}}^{\text{нідпр}} = 400$ м³/зм. Душ приймають 70% робітників у зміну.

Генплан водопровідної мережі наведено на рис. 1.1.

Визначення водоспоживачів

Об'єднаний господарсько-питний, виробничий і протипожежний водопровід повинен забезпечити витрата води на господарсько-питні потреби селища, господарсько-питні потреби підприємства, господарсько-побутові потреби громадських будівель, виробничі потреби підприємства, гасіння можливих пожеж у селищі і на підприємстві.

Розрахунок необхідних витрат води для селища та підприємства

Визначення водоспоживання починаємо з селища, оскільки віно є основ-

ним споживачем.

Селище. Відповідно до п. 6.1.1, табл. 1 [4] норму водоспоживання на одну людину приймаємо 300 л / добу.

$$Q_{\text{доб.жит}} = \frac{q_{\text{ж}} \cdot N_{\text{ж}}}{1000} = \frac{300 \cdot 30000}{1000} = 9000 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

Добова витрата з урахуванням п. 6.1.2 [4]

$$Q_{\text{доб.т}} = 1,15 \cdot Q_{\text{доб.жит}} = 1,15 \cdot 9000 = 10350 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

Розрахункова витрата найбільшого водоспоживання на добу

$$Q_{\text{доб.мах}} = K_{\text{доб.мах}} Q_{\text{доб.т}} = 1,1 \cdot 10350 = 11385 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

Згідно п. 6.1.2 [4], приймаємо $K_{\text{доб.мах}} = 1,1$.

Розрахункова годинна максимальна витрата води

$$q_{\text{год.мах}} = \frac{Q_{\text{доб.мах}} K_{\text{год.мах}}}{24}$$

Максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання

$$K_{\text{г.мах}} = \alpha_{\text{мах}} \beta_{\text{мах}}$$

Приймаємо за п. 2.2 і табл. 2 [4] $\alpha_{\text{мах}} = 1,2$ і $\beta_{\text{мах}} = 1,18$, тоді $K_{\text{год.мах}} = 1,2 \cdot 1,18 = 1,416$. За дод. 1 даних вказівок приймаємо $K_{\text{год.мах}} = 1,45$.

$$q_{\text{год.мах}} = \frac{1,45 \cdot 11385}{24} = 687,84 \text{ м}^3 / \text{Год.}$$

Витрата води на господарсько-питні потреби лікарні

$$Q_{\text{лік}} = q_{\text{ліжок}} N_{\text{ліжок}} / 1000 = \frac{115 \cdot 300}{1000} = 34,5 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

де $q_{\text{ліжок}} = 115$ л/доб (дод. А [5]); $N_{\text{ліжок}}$ – кількість ліжок.

Коефіцієнт нерівномірності водоспоживання для лікарні приймаємо по дод. 1.

Сумарна витрата води по селищу

$$Q_{\text{доб}}^{\text{ген}} = Q_{\text{доб.мах}} + Q_{\text{лік}} = 11385 + 34,5 = 11419,5 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

Підприємство. Відповідно з дод. А [5] і згідно з завданням норму водоспоживання на господарсько-питні потреби на одну людину в зміну приймаємо $q_{\text{н.г-п}} = 25$ л/(чол. у зміну). Водоспоживання в зміну

$$Q_{\text{зм.зосп-пит}}^{\text{нідпр}} = q_{\text{н.зосп-пит}} N_{\text{зм}} / 1000 = \frac{25 \cdot 500}{1000} = 12,5 \text{ м}^3 / \text{зм.}$$

Добове водоспоживання

$$Q_{\text{доб.зосп-пит}}^{\text{нідпр}} = Q_{\text{зм.зосп-пит}}^{\text{нідпр}} \cdot n_{\text{зм}} = 12,5 \cdot 3 = 37,5 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

Витрата води на душові в зміну

$$Q_{зм}^{душ} = 0,5 \cdot \tau \cdot N_c.$$

Кількість душевих сіток

$$N_c = \frac{N_{зм}}{5} = \frac{N_{зм} \cdot 70\%}{5 \cdot 100\%} = \frac{500 \cdot 70}{5 \cdot 100} = 70 \text{ шт.}$$

$$Q_{зм}^{душ} = 0,5 \cdot 1 \cdot 70 = 35 \text{ м}^3/\text{зм};$$

в добу

$$Q_{доб}^{душ} = Q_{зм}^{душ} \cdot n_{зм} = 35 \cdot 3 = 105 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Витрата води на виробничі потреби в зміну $Q_{зм.вир}^{нідпр} = 400 \text{ м}^3/\text{зм}$, (за завданням), в годину $q_{год.вир}^{нідпр} = Q_{зм}^{нідпр} / \tau_{зм} \text{ м}^3/\text{год.}$

Добове водоспоживання на виробничі потреби

$$Q_{доб.вир.}^{нідпр} = Q_{зм.вир}^{нідпр} \cdot n_{зм} = 400 \cdot 3 = 1200 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Таким чином, розрахункова добова витрата води по підприємству складе

$$Q_{доб}^{нідпр} = Q_{доб.зосп-пит}^{нідпр} + Q_{доб.вир}^{нідпр} + Q_{доб}^{душ} = 37,5 + 1200 + 105 = 1342,5 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Сумарна витрата води за добу по селищу і підприємству дорівнює

$$\sum Q_{доб}^{заг} = Q_{доб}^{сел} + Q_{доб}^{нідпр} = 11419,5 + 1342,5 = 12762 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Складаємо таблицю сумарного водоспоживання по годинах доби (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

**Водоспоживання по годинах доби в селищі
і на промисловому підприємстві**

Години доби	Селище				Підприємство			Всього за добу		
	На господарчо- питні потреби		Громадська буділя (лікарня)		На господарчо- питні потреби		$q_{\text{Год}}^{\text{душ}}$ м ³ /год	$q_{\text{Год}}^{\text{підпр}}$ м ³ /год	$q_{\text{Год}}^{\text{гром}}$ м ³ /год	Добове водо- споживання, %
	% від $Q_{\text{доб.мах}}$ при $K_{\text{Год}}=1,45$	$q_{\text{Год}}^{\text{сел}}$ м ³ /год	% від $Q_{\text{доб.мах}}$ при $K_{\text{Год}}=2,5$	$q_{\text{Год}}^{\text{гром.буд}}$ м ³ /год	% від $Q_{\text{змм.госп-пит}}$ при $K_{\text{Год}}=3$	$q_{\text{Год}}^{\text{підпр.г-пит}}$ м ³ /год				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-1	2,0	227,7	0,2	0,07	12,5	1,56	35	50	314,23	2,46
1-2	2,1	239,1	0,2	0,07	6,25	0,78		50	289,95	2,27
2-3	1,85	210,6	0,2	0,07	6,25	0,78		50	261,45	2,05
3-4	1,9	216,3	0,2	0,07	6,25	0,78		50	267,15	2,09
4-5	2,85	324,5	0,5	0,17	18,75	2,35		50	377,15	2,95
5-6	3,7	421,2	0,6	0,2	37,5	4,69		50	476,09	3,73
6-7	4,5	512,3	3,0	1,04	6,25	0,78		50	564,12	4,42
7-8	5,3	603,4	5,0	1,72	6,25	0,78		50	655,90	5,14
8-9	5,8	660,3	8,0	2,76	12,5	1,56	35	50	749,62	5,87
9-10	6,05	688,8	10,0	3,45	6,25	0,78		50	743,03	5,82
10-11	5,8	660,3	6,0	2,07	6,25	0,78		50	713,15	5,59
11-12	5,7	649,0	10,0	3,45	6,25	0,78		50	703,23	5,51
12-13	4,8	546,5	10,0	3,45	18,75	2,35		50	602,30	4,72
13-14	4,7	535,1	6,0	2,07	37,5	4,69		50	591,89	4,64
14-15	5,05	574,9	5,0	1,72	6,25	0,78		50	627,40	4,92
15-16	5,3	603,4	8,5	2,93	6,25	0,78		50	657,11	5,15
16-17	5,45	620,5	5,5	1,90	12,5	1,56	35	50	708,96	5,55
17-18	5,05	574,9	5,0	1,72	6,25	0,78		50	627,40	4,92
18-19	4,85	552,2	5,0	1,72	6,25	0,78		50	604,70	4,74
19-20	4,5	512,3	5,0	1,72	6,25	0,78		50	564,80	4,43
20-21	4,2	478,2	2,0	0,69	18,75	2,35		50	331,24	4,16
21-22	3,6	409,9	0,7	0,24	37,5	4,69		50	264,83	3,64
22-23	2,85	324,5	3,0	1,03	6,25	0,78		50	376,31	2,95
23-24	2,1	239,1	0,5	0,17	6,25	0,78		50	290,05	2,28
Всього	100	11385	100	34,5	300	37,5	105	1200	12762	100

Пояснення до табл. 1.3.

У графі 1 наведені годинні проміжки від 0 до 24 год.

У графі 2 - витрата води селищем по годинах доби у відсотках від добового водоспоживання, згідно з дод. 1 при $K_{\text{год.мак}} = 1,45$.

У графі 3 - витрата води селищем на господарсько-питні потреби за кожну годину доби $q_{\text{год}}^{\text{сел}}$, м³/год, наприклад, з 10 до 11 год витрачається 5,8% від $Q_{\text{доб}}$, тобто $q_{\text{год}}^{\text{сел}} = 11385 \cdot 5,8 \% / 100 \% = 660,3 \text{ м}^3/\text{год}$.

У графі 4 - витрата води на господарсько-питні потреби громадського будинку (у нашому прикладі - лікарня) по годинах доби у відсотках від добової витрати. Розподіл витрат води по годинах доби прийнято за дод. 1 при $K_{\text{год}} = K_{\text{год.мак}} = 2,5$.

У графі 5 - кількість води в м³/год, витрачаєма лікарнею на господарсько-питні потреби за кожну годину доби (наприклад, з 10 до 11 год витрачається 6% добової витрати води лікарнею):

$$q_{\text{год}}^{\text{громад.буд}} = 34,5 \cdot 6 \% / 100 \% = 2,07 \text{ м}^3/\text{год}.$$

У графі 6 - витрата на господарсько-питні потреби підприємства по годинах зміни у відсотках від змінної витрати води. Розподіл витрати води по годинах зміни прийнято за дод. 1 при $K_{\text{год}} = 3$.

У табл. 1.3 дано розподіл витрат на господарсько-питні потреби підприємства для тризмінної роботи.

Для двозмінної роботи у графі 6 з 0 до 1 год записується 12,5% від $Q_{\text{зм}}$, з 1 до 9 год - нуль і з 9 год записуються у відсотках, як у табл. 1.3.

У графі 7 - кількість води в м³, витрачаєма підприємством на господарсько-питні потреби за кожну годину зміни (наприклад, з 10 до 11 год витрачається 6,25% змінної витрати підприємства),

$$q_{\text{год}}^{\text{підпр.госп-пит}} = 12,5 \cdot 6,25 \% / 100 \% = 0,78 \text{ м}^3/\text{год}.$$

У графі 8 - витрата води на роботу душа $q_{\text{год}}^{\text{душ}}$, який враховується протягом години після роботи кожної зміни (наприклад, перша зміна закінчується в 16 год, душ працює з 16 до 17 год).

У графі 9 - витрата води на виробничі потреби рівномірно розподілені по годинах зміни ($Q_{\text{зм}} = 400 \text{ м}^3$, тривалість зміни 8 год)

$$q_{\text{год}}^{\text{підпр}} = Q_{\text{зм}}^{\text{вироб}} / \tau_{\text{зм}} \text{ м}^3/\text{год}.$$

У графі 10 - сума витрат всіх споживачів у певну годину доби в м³, наприклад, з 8 до 9 год витрачається:

$$Q_{\text{год}}^{\text{громад}} = q_{\text{год}}^{\text{сел}} + q_{\text{год}}^{\text{громад.буд}} + q_{\text{год}}^{\text{підпр.г-п}} + q_{\text{год}}^{\text{душ}} + q_{\text{год}}^{\text{вироб}} = 660,3 + 2,76 + 1,56 + 35 + 50 = 749,62 \text{ м}^3/\text{год}.$$

У графі 11 - сума витрат всіх споживачів у певну годину доби у відсотках від сумарного добової витрати. Наприклад, сумарна добова витрата води

12762 м³, а сумарна витрата споживачів з 8 до 9 год – 769,62 м³, що становить $749,62 \cdot 100 / 12762 = 5,87\%$.

При складанні таблиці необхідно для контролю підсумувувати числа, що стоять у стовпчиках, наприклад, сума чисел у стовпці 3 повинна дорівнювати $Q_{\text{доб.з-п}}^{\text{сел}}$ і т.д.

З таблиці. 1.3 видно, що по селищу і підприємству найбільше водоспоживання відбувається з 8 до 9 год, у цей час на всі потреби води витрачається 749,62 м³/год або

$$Q_{\text{сел.підпр}} = 749,62 \cdot 1000 / 3600 = 208,2 \text{ л/с.}$$

По підприємству розрахункова витрата

$$Q_{\text{під}} = \frac{(1,56 + 35 + 50)1000}{3600} = 24,04 \text{ л/с.}$$

Розрахункова витрата громадської будівлі (лікарні)

$$Q_{\text{гром.буд}} = (2,76 \cdot 1000) / 3600 = 0,77 \text{ л/с.}$$

Власне селище витрачає

$$Q_{\text{сел}} = Q_{\text{сел.підр}} - Q_{\text{підр}} - Q_{\text{гром.буд}} = 208,23 - 24,04 - 0,77 = 183,42 \text{ л/с.}$$

За даними стовпця 11 табл. 1.3 будемо графік водоспоживання об'єднаного водопроводу по годинах доби (рис. 1.2).

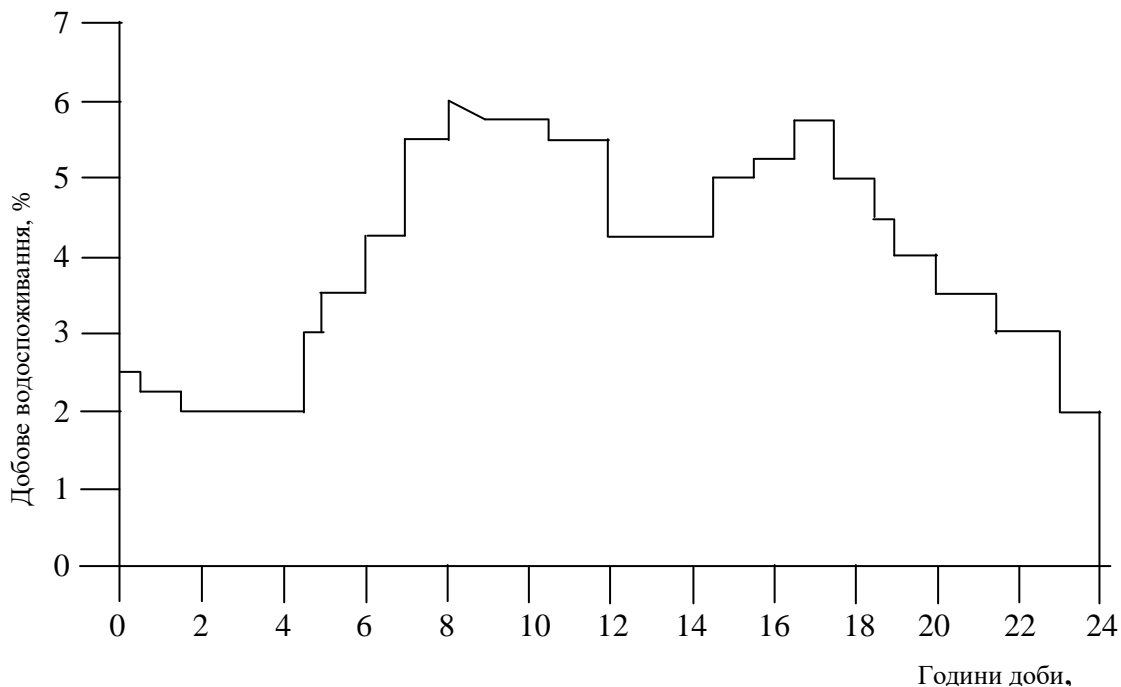


Рис. 1.2. Графік водоспоживання

1.2.3. Визначення розрахункових витрат води на пожежогасіння

Розрахункові витрати води для зовнішнього пожежогасіння в населених пунктах і на промислових підприємствах визначаються за ДБН В.2.5-74:2013, а для внутрішнього пожежогасіння - за ДБН В.2.5-64: 2012.

В населених пунктах кількість одночасних пожеж і витрата води на одну пожежу залежать від кількості жителів і поверховості забудови. На промислових підприємствах кількість одночасних пожеж залежить від площі території підприємства, а розрахункова витрата води на зовнішнє пожежогасіння - від ступеня вогнестійкості будівель, категорій за пожежовибухонебезпечністю, об'єму, наявності ліхтарів, ширини, наявності автоматичних установок пожежогасіння. Розрахункова кількість одночасних пожеж для об'єднаних водопроводів, обслуговуючих населені пункти та промислові підприємства, залежить від площі території підприємства та кількості жителів у населеному пункті (п. 6.2.2 [4]). Розрахункові витрати води для внутрішнього пожежогасіння та розрахункову кількість струменів в населених пунктах залежать від призначення будівлі, висоти (поверховості), обсягу, а на промислових підприємствах - від ступеня вогнестійкості будівель, категорії будівлі з пожежної безпеки, об'єму будівель.

Визначимо розрахункові витрати води для пожежогасіння за даними наведеного прикладу. Так як водопровід в селищі проектується об'єднаним, то, згідно [4], п. 6.2.2, при кількості жителів 30 000 чоловік приймаємо дві одночасні пожежі при п'ятиповерховій забудові з витратою води 25 л/с на одну пожежу (п. 6.2.2, табл 3 [4].):

$$Q_{\text{пож.зовн}}^{\text{сет}} = 2 \cdot 25 = 50 \text{ л/с}$$

Витрата води на внутрішнє пожежогасіння в селищі при наявності лікарні (будівля триповерхова об'ємом більше 25 000 м³), згідно [5], п. 8.1, табл. 3, приймаємо два струмені продуктивністю 2,5 л/с кожен:

$$Q_{\text{пож.вн}}^{\text{пром.буд}} = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ л/с}$$

Згідно [4], п. 2.22, на підприємстві приймаємо дві одночасні пожежі, так як площа підприємства більше 150 га.

Згідно п. 6.2.4, табл. 5, прим. 1 [4], розрахункова витрата води для будівлі об'ємом 90 тис. м³ $Q_{\text{пож.зовн1}}^{\text{нідпр}} = 30 \text{ л/с}$, а для будівлі об'ємом 120 тис. м³ $Q_{\text{пож.зовн2}}^{\text{нідпр}} = 40 \text{ л/с}$. Таким чином,

$$Q_{\text{пож.зовн}}^{\text{нідпр}} = 30 + 40 = 70 \text{ л/с.}$$

Згідно [5], п. 8.4., табл. 4, розрахункова витрата води на внутрішнє пожежогасіння у виробничих будівлях підприємства приймаємо з розрахунку двох струменів продуктивністю 5 л/с кожен, тоді $Q_{\text{пож.вн}}^{\text{нідпр}} = 2 \cdot 2 \cdot 5 = 20$ л/с.

Таким чином,

$$Q_{\text{пож}}^{\text{сел}} = Q_{\text{пож.зовн}}^{\text{сел}} + Q_{\text{пож.вн}}^{\text{гром.буд}} = 50 + 5 = 55 \text{ л/с};$$

$$Q_{\text{пож}}^{\text{нідпр}} = Q_{\text{пож.зовн}}^{\text{нідпр}} + Q_{\text{пож.вн}}^{\text{нідпр}} = 70 + 20 = 90 \text{ л/с};$$

$$Q_{\text{пож}}^{\text{сел}} < Q_{\text{пож}}^{\text{нідпр}},$$

тому, згідно [4], п. 6.2.12, витрату води на цілі пожежогасіння в селищі і на підприємстві визначаємо як суму витрат води на підприємстві і 50% витрати води в селищі:

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}}^{\text{нідпр}} + 0,5Q_{\text{пож}}^{\text{сел}} = 90 + 0,5 \cdot 55 = 117,5 \text{ л/с}.$$

При визначенні розрахункових витрат води на цілі пожежогасіння необхідно уважно вивчити п. 6.2.12 [4].

2. Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі

Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі виконується два рази: при максимальному господарсько-виробничому водоспоживанні (у звичайний час) і при пожежі. Мета гідравлічного розрахунку - визначити втрати напору в мережі в цих двох випадках. Гідравлічний розрахунок мережі виконується в наступній послідовності:

1) визначається рівномірно розподілена витрата води відніманням суми зосереджених витрат з загальної витрати на годину максимального водоспоживання:

$$Q_{\text{роз}}^{\text{сел}} = Q_{\text{сел.нідпр}} - \sum_{i=1}^{i=n} Q_{\text{зосер}} = Q_{\text{сел.нідпр}} - Q_{\text{нідпр}} - Q_{\text{гром.буд}},$$

де n – кількість зосереджених відборів води;

2) визначається питома витрата води $q_{\text{пит}}$, тобто рівномірно розподілена витрата, яка припадає на одиницю довжини водопровідної мережі:

$$q_{\text{пит}} = Q_{\text{роз}}^{\text{сел}} / \sum_{j=1}^{j=m} l_j,$$

де l_j – довжина ділянки; m – кількість ділянок; j – номер ділянки;

3) визначаються рівномірно розподілені витрати по довжині ділянок (шляхові відбори):

$$Q_{\text{шл}j} = l_j q_{\text{пит}};$$

4) визначаються вузлові витрати води, якими замінюються шляхові відбори:

$$q_{\text{вузл}} = 0,5(\sum Q_{\text{шл}j}),$$

де $\sum Q_{\text{шл}j}$ – сума відборів на ділянках, прилеглих до даного вузла;

5) до вузлових витрат додаються зосереджені витрати, а при пожежі до однієї з вузлових витрат додається ще витрата води на пожежогасіння;

6) виконується попередній розподіл витрат по ділянках мережі. При розподілі для кожного вузла повинна виконуватися така умова (перший закон Кірхгофа): сума витрат води, що підходять до кожного вузла, дорівнює сумі витрат води, що виходять з вузла. Розподіл витрат можна починати від диктуючої точки, тобто кінцевої точки подачі води, а можна від початкової точки, тобто точки підведення води в мережу. Перед розподілом витрат необхідно намітити напрямки потоків води в мережі від точки введення води в мережу до диктуючої точки. Попередній розподіл виконується при максимальному господарсько-виробничому водоспоживанні і при пожежі;

7) визначаються діаметри труб ділянок мережі за попередньо розподіленими витратами при пожежі і значенню економічного чинника з використанням таблиць граничних економічних витрат [13], (дод. 2). Економічний чинник враховує вартість електроенергії, коефіцієнт корисної дії насосних установок, вартість будівництва водопровідної мережі і споруд тощо. При сучасній вартості електроенергії (згідно з тарифною сіткою - для всіх районів країни, можна використовувати такі значення економічного чинника (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Матеріал труб	Сталь	Чавун	Залізобетон	Азбестоцемент	Пластмаса
Економічний фактор	1	1	1	0,75	0,5

Граничною витратою для даного діаметра труб є така витрата, при якій цей діаметр економічно рівноцінний наступному сортаментному діаметру. При витраті, що перевищує граничну, необхідно приймати наступний сортаментний діаметр.

Граничні економічні витрати для труб зі сталі, чавуну, азбестоцементу та пластмаси при зазначених значеннях економічного чинника Е наведені в дод. 2;

8) виконується ув'язка мережі. Для кожного кільця вибирається умовно позитивний напрямок, наприклад напрям руху за годинниковою стрілкою. Якщо напрямок руху потоку води на ділянці збігається з умовно позитивним напрямком, то втрати напору Δ год на цій ділянці вважаються позитивними, а

якщо не збігаються, то негативними (рис. 2.1). Ув'язати мережу - значить домогтися виконання наступних співвідношень:

$$\sum_{j=1}^{j=m} q_i = 0 \quad - \text{ для вузлів (перший закон Кірхгофа),}$$

$$\sum_{j=1}^{j=n} h_i = 0 \quad - \text{ для вузлів (другий закон Кірхгофа),}$$

де m – кількість витрат води, вхідної до вузла і відхідної від нього; n – кількість ділянок в кільці.

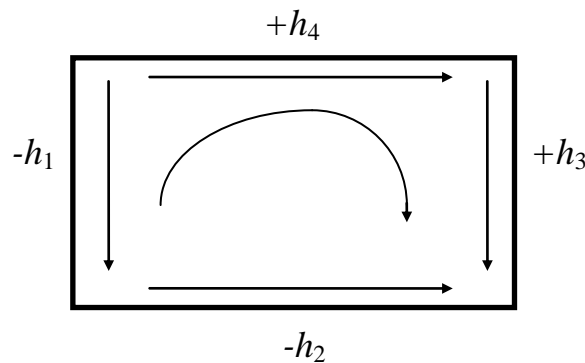


Рис. 2.1. Кільцева водопровідна мережа

Перше співвідношення (для вузлів) для знайдених витрат води має дотримуватись, оскільки воно використовувалося при попередньому розподілі витрат по ділянках.

Виконання другого співвідношення (для кільця) досягають ув'язкою водопровідної мережі, наприклад методом Лобачова - Кроса. Суть методу Лобачова - Кроса полягає в наступному. Для кільця (див. рис. 2.1) можна записати

$$\sum_{j=1}^{j=4} h_i = \Delta h, \quad \text{тобто } h_3 + h_1 - h_2 = \Delta h.$$

Величина Δh називається нев'язкою. Якщо сума умовно позитивних втрат напору більше суми умовно негативних втрат напору, то $\Delta h > 0$. Значить, щоб зменшити величину Δh (наблизити її до нуля), необхідно витрати на ділянках з умовно позитивними втратами напору зменшити, а на ділянках з умовно негативними втратами напору збільшити на величину деякої поправочної витрати.

Якщо $\Delta h < 0$, то, навпаки, витрати на ділянках з умовно позитивними втратами напору треба збільшити, а на ділянках з умовно негативними втратами напору зменшити на величину поправочної витрати. Ув'язки мережі (введення поправочної витрати) тривають до тих пір, поки не буде виконуватися співвідношення

$$\Delta h \leq \Delta h_{\text{доп}},$$

де $\Delta h_{\text{доп}}$ – допустима величина нев'язки. Можна прийняти $\Delta h_{\text{доп}} \leq 1$ м.

Якщо мережа складається з декількох кілець, то необхідно досягти виконання зазначеного співвідношення для кожного кільця. Втрати напору h на ділянці слід визначати за формулами:

$$h = il, \quad i = \lambda(\lambda/d_p) (V^2 / 2g),$$

де i – гідравлічний ухил, тобто втрати напору на одиницю довжини трубопроводу; l – довжина трубопроводу, м; λ – коефіцієнт гідравлічного опору, що визначається за формулою

$$\lambda = A_1(A_0 + C/V)^m / d_p^m,$$

d_p – розрахунковий внутрішній діаметр труб, м; V – середня по перерізу швидкість руху води, м/с; g – прискорення вільного падіння, м/с².

Значення коефіцієнтів A_0 , A_1 , C і показника ступеня m для сталевих, чавунних, залізобетонних, азбестоцементних, пластмасових і скляних труб повинні прийматися за дод. К [4].

$$h = 10^{-3} \left[(A_0 + C/V)^m \cdot (A_1 / 2g) \cdot V^2 / d_p^{m+1} \right] l$$

Розрахункові внутрішні діаметри металевих, азбестоцементних, пластмасових (поліетиленових), скляних труб за даними відповідних ГОСТів наведені в дод. 2. Поправочну витрату Δq для кільця можна визначити за формулою

$$\Delta q = \Delta h / 2 \left(\sum_{i=1}^{i=n} (h_i / q_i) \right),$$

де h_i – втрати напору на ділянці; q_i – витрата води по ділянці; n – кількість ділянок в кільці.

Для кожного кільця отримується своя величина поправочної витрати. Якщо ділянка мережі є спільною для двох кілець, то поправочна витрата на такій ділянці визначається як сума поправочних витрат, знайдених для цих кілець, з урахуванням їх знаків.

2.1. Приклад гідравлічного розрахунку водопровідної мережі

Розглянемо гідравлічний розрахунок на прикладі водопровідної мережі, показаної на рис. 2.2. Для наведеного в розд. 1 прикладу загальна витрата води на годину максимального водоспоживання становить 208,23 л/с, у тому числі зосереджена витрата підприємства дорівнює 24,04 л/с, а зосереджена витрата громадської будівлі 0,77 л/с.

1. Визначимо рівномірно розподілену витрату

$$Q_{роз}^{сел} = Q_{сел.підпр} - (Q_{підпр} + Q_{громад.буд}) = 208,23 - (24,04 + 0,77) = 183,42 \text{ л/с.}$$

2. Визначимо питому витрату

$$q_{пит} = Q_{роз}^{сел} / \sum_{j=1}^{j=m} l_j = 183,42 \cdot 10^{-4} \text{ л/(с*м)}$$

$$\sum_{j=1}^{j=m} l_j = l_{1-2} + l_{2-3} + l_{3-4} + l_{4-5} + l_{5-6} + l_{6-7} + l_{7-1} + l_{7-4} = 10000 \text{ м.}$$

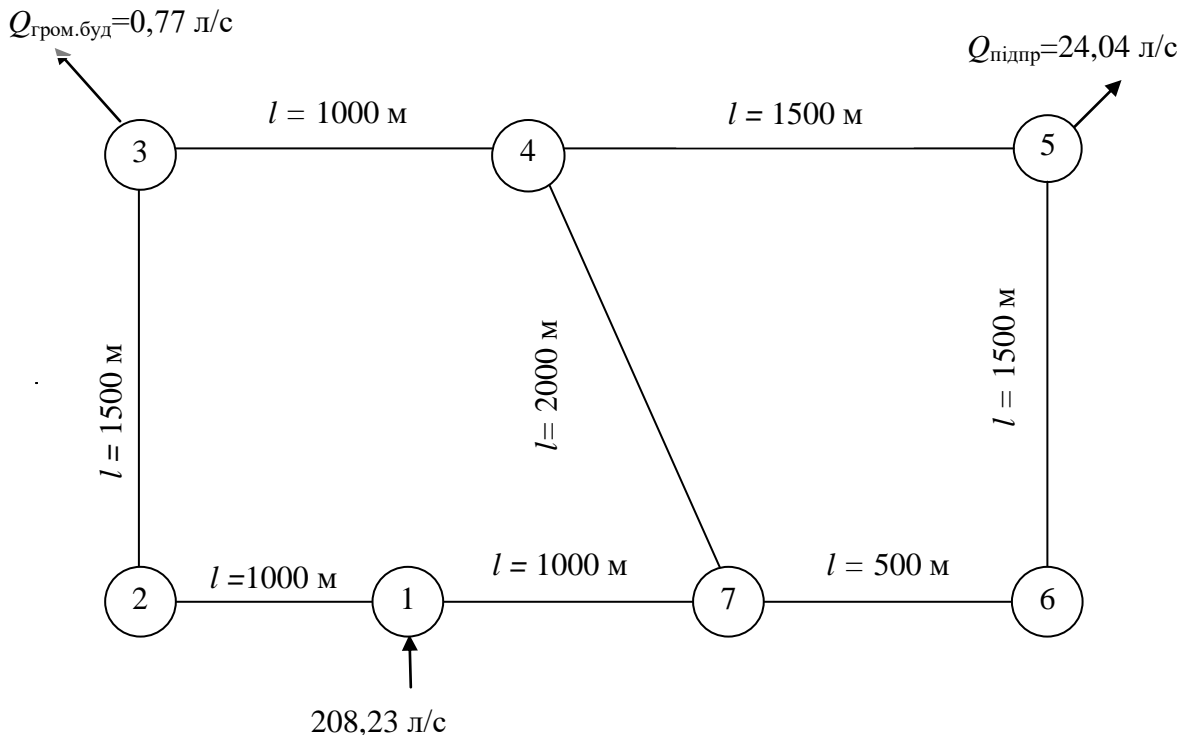


Рис. 2.2. Розрахункова схема водопровідної мережі

3. Визначимо шляхові відбори

$$Q_{\text{шл}j} = l_j q_{\text{пит}}$$

Результати наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Шляхові витрати

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Шляховий відбір, л/с
1 - 2	1000	18,342
2 - 3	1500	27,513
3 - 4	1000	18,342
4 - 5	1500	27,513
5 - 6	1500	27,513
6 - 7	500	9,171
7 - 1	1000	18,342
7 - 4	2000	36,684
		$\sum_{j=1}^{j=m} Q_{\text{шл}j} = 183,42$

4. Визначимо вузлові витрати

$$q_1 = 0,5 (Q_{\text{шл.1-2}} + Q_{\text{шл.7-1}}) = 0,5 (18,342 + 18,342) = 18,342 \text{ л/с і т.д.}$$

Результати наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Вузлові витрати

Номер вузла	Вузлова витрата
1	18,342
2	22,9275
3	22,9275
4	41,2695
5	27,513
6	18,342
7	32,0985
	$\sum q_{\text{вузл}} = 183,42 \text{ л/с}$

5. Додамо до вузлових витрат зосереджені витрати. До вузлової витраті в точці 5 додається зосереджена витрата підприємства, а в точці 3 - зосереджена витрата громадської будівлі (замість точки 3 можна взяти будь-яку іншу точку). тоді $q_5 = 51,553 \text{ л/с}$, $Q_3 = 23,6975 \text{ л/с}$. Величини вузлових витрат показані на рис. 2.3. З урахуванням зосереджених витрат $\sum q_{\text{вузл}} = 208,23 \text{ л/с}$.

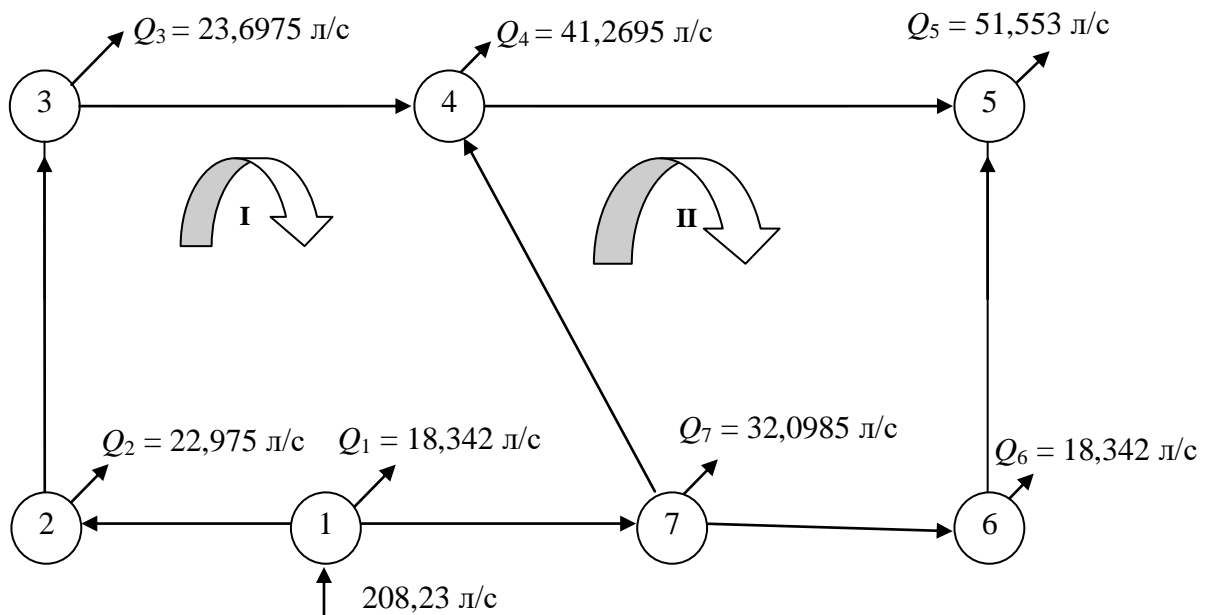


Рис. 2.3. Розрахункова схема водопровідної мережі з вузловими витратами

6. Виконаємо попередній розподіл витрат води по ділянках мережі. Зробимо це спочатку для водопровідної мережі при максимальному господарсько-виробничому водоспоживанню (без пожежі). Виберемо диктуючу точку, тобто кінцеву точку подачі води. У даному прикладі за диктуючу точку приймемо точку 5. Попередньо намітимо напрямки руху води від точки 1 до точки 5 (напрямки показані на рис. 2.3). Потоки води можуть підійти до точки 5 за трьома напрямками: перший – 1-2-3-4-5, другий – 1-7-4-5, 1-7-6-5 – третій. Для вузла 1 повинно виконуватися співвідношення $q_1 + q_{1-2} + q_{1-7} = Q_{\text{сел.підпр.}}$. Величини $q_1 = 18,342$ л/с і $Q_{\text{сел.підпр.}} = 208,23$ л/с відомі, а q_{1-2} і q_{1-7} – невідомі. Задаємося довільно однією з цих величин. Візьмемо, наприклад, $q_{1-2} = 100$ л/с. Тоді $q_{1-7} = Q_{\text{сел.підпр.}} - (q_1 + q_{1-2}) = 208,23 - (18,342 + 100) = 89,888$ л/с.

Для точки 7 має дотримуватися наступне співвідношення:

$$q_{1-7} = q_7 + q_{7-4} + q_{7-6}$$

Значення $q_{1-7} = 89,888$ л/с і $q_7 = 32,0985$ л/с відомі, а q_{7-4} і q_{7-6} – невідомі. Задаємося довільно однією з цих величин і приймаємо, наприклад, $q_{7-4} = 30$ л/с. Тоді $q_{7-6} = q_{1-7} - (q_7 + q_{7-4}) = 89,888 - (32,0985 + 30) = 27,7895$ л/с.

Витрати води по інших ділянках мережі можна визначити з наступних співвідношень:

$$q_{2-3} = q_{1-2} - q_2$$

$$q_{4-5} = q_{7-4} + q_{3-4} - q_4$$

$$q_{3-4} = q_{2-3} - q_3$$

$$q_{6-5} = q_{7-6} - q_6$$

В результаті отримуємо:

$$q_{2-3} = 77,0725 \text{ л/с}$$

$$q_{4-5} = 42,1055 \text{ л/с}$$

$$q_{3-4} = 53,375 \text{ л/с}$$

$$q_{6-5} = 9,4475 \text{ л/с}$$

Перевірка: $q_5 = q_{4-5} + q_{6-5} = 42,1055 + 9,4475 = 51,553$ л/с.

Можна починати попередньо розподіляти витрати не з вузла 1, а з вузла 5. Витрати води будуть уточнюватись в подальшому при виконанні ув'язки водопровідної мережі. Схема водопровідної мережі з попередньо розподіленими витратами в звичайний час показана на рис. 2.4.

При пожежі водопровідна мережа повинна забезпечувати подачу води на пожежогасіння при максимальній годинній витраті води на інші потреби, за винятком витрат води на промислового підприємстві на душ, поливання території і т.п. (п. 6.2.10 [4]), якщо ці витрати увійшли до витрати на годину максимального водоспоживання. Для водопровідної мережі, показаної на рис. 2,2, витрату води для пожежогасіння слід додати до вузлової витрати в точці 5, де здійснюється відбір води на промислове підприємство, яка є найбільш віддаленою від місця введення (від точки 1), тобто $q_5 = q'_5 + Q_{\text{пож.вит.}} - q_{\text{душ}}$. Однак з таблиці водоспоживання (див. табл. 1.3) видно, що без обліку витрати води на душ час максимального водоспоживання буде з 9 до 10 годин.

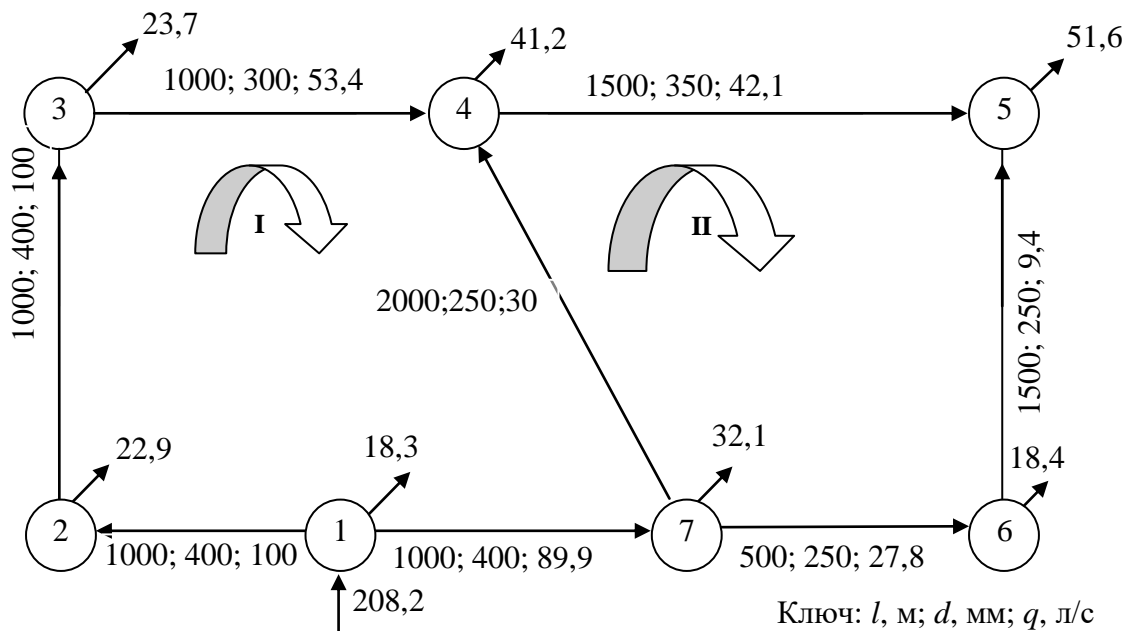


Рис. 2.4. Розрахункова схема водопровідної мережі з попередньо розподіленими витратами при господарсько-виробничому водоспоживанні

Витрата води $Q'_{\text{сел.підпр}} = 743,03 \text{ м}^3/\text{год} = 206,40 \text{ л/с}$, в тому числі зосереджений витрата підприємства $Q'_{\text{підпр}} = 50,78 \text{ м}^3/\text{год} = 14,11 \text{ л/с}$, а зосереджений витрата громадської будівлі $Q'_{\text{гром.буд}} = 3,45 \text{ м}^3/\text{год} = 0,958 \text{ л/с} = 0,96 \text{ л/с}$. Тому при гідравлічному розрахунку мережі при пожежі

$$\begin{aligned}
 Q''_{\text{сел.підпр}} &= Q'_{\text{сел.підпр}} + Q_{\text{пож.роз}} = \\
 &= 206,40 + 117,5 = 323,9 \text{ л/с.}
 \end{aligned}$$

Так як $Q''_{\text{сел.підпр}} \neq Q'_{\text{сел.підпр}}$, то вузлові витрати при пожежі будуть інші, ніж на годину максимального водоспоживання без пожежі. Визначимо вузлові витрати так, як це робилося без пожежі. При цьому слід враховувати, що зосередженими витратами будуть:

$$Q'_{\text{підпр}} = 14,11 \text{ л/с}, \quad Q_{\text{гром.буд}} = 0,96 \text{ л/с}, \quad Q_{\text{пож.витр}} = 117,5 \text{ л/с}.$$

Рівномірно розподілена витрата буде дорівнювати

$$\begin{aligned} Q_{\text{сел.витр}} &= Q''_{\text{сел.підпр}} - (Q'_{\text{підпр}} + Q_{\text{гром.буд}} + Q_{\text{пож.витр}}) = \\ &= 323,9 - (14,11 + 0,96 + 117,5) = 191,33 \text{ л/с}. \end{aligned}$$

Розрахункова схема водопровідної мережі з вузловими і попередньо розподіленими витратами при пожежі показана на рис. 2.5.

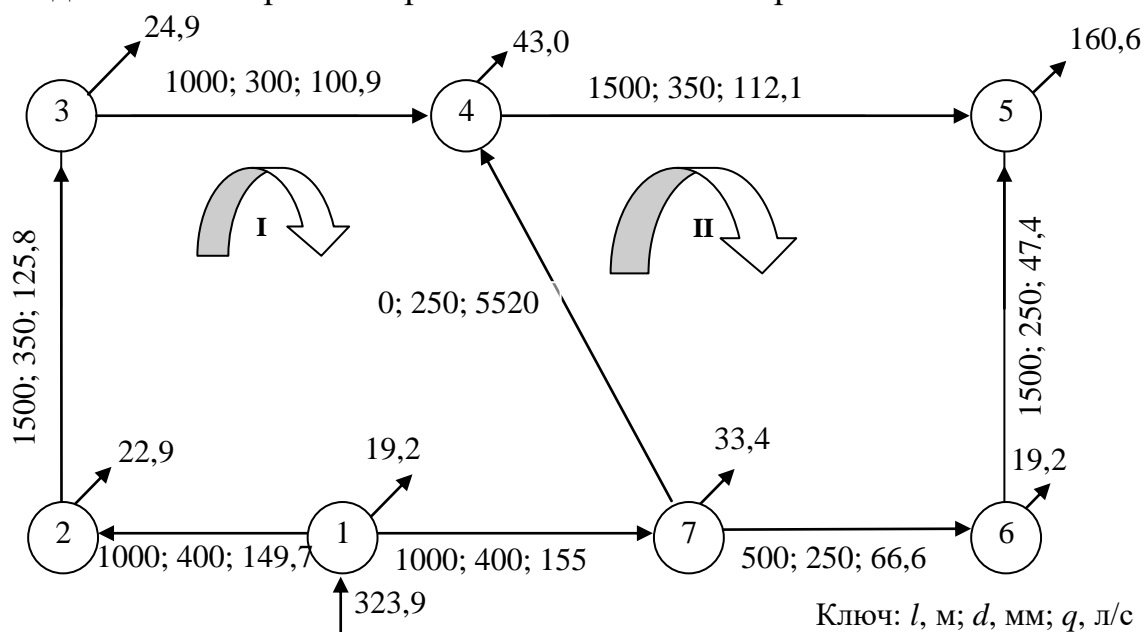


Рис. 2.5. Розрахункова схема водопровідної мережі з попередньо розподіленими витратами при пожежі

7. Визначимо діаметри труб ділянок мережі. Для азбестоцементних труб $E = 0,75$. За економічним фактором і попередньо розподіленим витратам води по ділянках мережі при пожежі по дод. 2 визначаються діаметри труб ділянок водопровідної мережі:

$$\begin{aligned} d_{1-2} &= 0,4 \text{ м}; & d_{2-3} &= 0,35 \text{ м}; & d_{3-4} &= 0,3 \text{ м}; \\ d_{4-5} &= 0,35 \text{ м}; & d_{5-6} &= 0,25 \text{ м}; & d_{6-7} &= 0,25 \text{ м}; \\ d_{4-7} &= 0,25 \text{ м}; & d_{1-7} &= 0,4 \text{ м}. \end{aligned}$$

Відповідні розрахункові внутрішні діаметри визначаються за дод. 2 (труби ВТ-9, тип І):

$$\begin{array}{lll}
 d_{1-2} = 0,368 \text{ м}; & d_{2-3} = 0,322 \text{ м}; & d_{3-4} = 0,279 \text{ м}; \\
 d_{4-5} = 0,322 \text{ м}; & d_{5-6} = 0,235 \text{ м}; & d_{6-7} = 0,235 \text{ м}; \\
 d_{4-7} = 0,235 \text{ м}; & d_{1-7} = 0,368 \text{ м}. &
 \end{array}$$

Слід мати на увазі, що зазвичай рекомендують визначати діаметри за попередньо розподіленими витратами без врахування витрати води на пожежо-гасіння, а потім перевіряти водопровідну мережу за знайденими таким чином діаметрами на можливість пропуску витрат води при пожежі. При цьому відповідно до п. 6.3.4 [4] максимальний вільний напір в мережі об'єданого водопроводу не повинен перевищувати 60 м. Якщо в нашому прикладі визначати діаметри за попередніми витратами при максимальному господарсько-виробничому водоспоживанні (тобто без врахування витрат води на пожежо-гасіння), то виходять наступні діаметри:

$$\begin{array}{lll}
 d_{1-2} = 0,350 \text{ м}; & d_{2-3} = 0,300 \text{ м}; & d_{3-4} = 0,250 \text{ м}; \\
 d_{1-7} = 0,300 \text{ м}; & d_{7-4} = 0,200 \text{ м}; & d_{7-6} = 0,200 \text{ м}; \\
 d_{4-5} = 0,250 \text{ м}; & d_{6-7} = 0,150 \text{ м}. &
 \end{array}$$

Розрахунки показали, що при цих діаметрах втрати напору в мережі при пожежі більше 60 м. Це пояснюється тим, що для порівняно невеликих населених пунктів співвідношення витрат води по ділянках водопровідної мережі при пожежі і при максимальному господарсько-виробничому водоспоживанні досить велика. Тому діаметри труб деяких ділянок слід збільшити і заново виконати гідравлічний розрахунок мережі при максимальному господарсько-виробничому водоспоживанні і при пожежі. У зв'язку з вищевикладеним і для спрощення, в курсовій роботі допускається визначати діаметри ділянок мережі за попередніми витратами при пожежі.

Ув'язка водопровідної мережі при максимальному господарсько-виробничому водоспоживанні

Ув'язку зручно виконувати у вигляді таблиці (табл. 2.4). При ув'язці втрати напору в азбестоцементних трубах слід визначати за формулою

$$h = 10^{-3} \left[\left(1 + 3,51/V \right)^{0,19} \cdot 0,56 IV^2 / d_p^{1,19} \right] l$$

Зазвичай ув'язка мережі без використання комп'ютера продовжується до тих пір, поки величина нев'язки в кожному кільці будуть меншими 1 м.

Таблиця 2.4

Ув'язка мережі при максимальному господарсько-виробничому водоспоживанні

Номер кільця	Ділянка мережі	Витрата води q , л/с	Розрахунковий внутрішній діаметр d_p , м	Довжина l , м	Швидкість V , м/с	$\left(1 + \frac{3,51}{V}\right)^{0,19} \times 0,561V^2$	$d_p^{1,19}$, м	Гідрравлічний нахил $i \cdot 10^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	1 - 2	100	0,368	1000	0,940	0,666	0,304	2,19
	2 - 3	77,1	0,322	1500	0,947	0,675	0,260	2,60
	3 - 4	53,4	0,279	1000	0,873	0,581	0,219	2,65
	4 - 7	30,0	0,235	2000	0,692	0,378	0,178	2,13
	7 - 1	89,9	0,368	1000	0,845	0,547	0,304	1,80
II	4 - 5	42,1	0,322	1500	0,517	0,221	0,260	0,85
	5 - 6	9,4	0,235	1500	0,217	0,045	0,178	0,25
	7 - 6	27,8	0,235	500	0,641	0,329	0,178	1,85
	7 - 4	30,0	0,235	2000	0,692	0,378	0,178	2,12

Продовження табл. 2.4

	Втрати напору h , м	Перше виправлення						
		h/q , (м·с)/л	Δq , л/с	$q' = q + \Delta q$, л/с	V , м/с	$\left(1 + \frac{3,51}{V}\right)^{0,19} \cdot 0,561V^2$	$i \cdot 10^3$	h , м
	10	11	12	13	14	15	16	17
1 - 2	2,19	0,0219	-4,7	95,3	0,896	0,610	2,01	2,01
2 - 3	3,90	0,0506	-4,7	72,4	0,889	0,601	2,31	3,47
3 - 4	2,65	0,0496	-4,7	48,7	0,797	0,491	2,24	2,24
4 - 7	-4,25	0,1417	4,7-8,6	26,1	0,602	0,263	1,65	-3,29
7 - 1	-1,80	0,0200	4,7	94,6	0,889	0,601	1,98	-1,98
$\Delta h = 2,69$; $\sum(h/q) = 0,2838$ $\Delta q' = \Delta h / (2 \sum(h/q)) = 2,69 / (2 \cdot 0,2838) = 4,7$ л/с							$\Delta h = 2,45$	
4 - 5	1,28	0,034	-8,6	33,5	0,411	0,145	0,56	0,84
5 - 6	-0,38	0,0404	8,6	18,0	0,415	0,148	0,83	-1,25
6 - 7	-0,92	0,0331	8,6	36,4	0,839	0,540	3,03	-1,52
7 - 4	4,25	0,1417	-8,6+4,7	26,1	0,602	0,293	1,65	3,29
$\Delta h = 4,23$; $\sum(h/q) = 0,2456$ $\Delta q' = \Delta h / (2 \sum(h/q)) = 4,23 / (2 \cdot 0,2456) = 8,6$ л/с							$\Delta h = 1,36$;	

	Друге виправлення							
	$h/q, (м·с)/л$	$\Delta q'', л/с$	$q''=q'+\Delta q'', л/с$	$V, м/с$	$\left(1+\frac{3,51}{V}\right)^{0,19} \cdot 0,56W^2$	$i \cdot 10^3$	$h, м$	
	18	19	20	21	22	23	24	
1 - 2	0,0211	-4,7	90,6	0,852	0,555	1,83	1,83	
2 - 3	0,0479	-4,7	67,7	0,831	0,530	2,04	3,06	
3 - 4	0,0460	-4,7	44,0	0,720	0,407	1,86	1,86	
4 - 7	0,1261	4,7-2,6	28,2	0,650	0,337	1,89	-3,79	
7 - 1	0,0209	4,7	99,3	0,934	0,658	2,17	-2,17	
$\Sigma(h/q)=0,262$ $\Delta q''=4,7 л/с$							$\Delta h=0,79;$	
4 - 5	0,0251	-2,6	30,9	0,379	0,125	0,48	0,72	
5 - 6	0,0964	2,6	20,6	0,475	0,190	1,07	-1,60	
6 - 7	0,0418	2,6	39,0	0,899	0,613	3,45	-1,72	
7 - 4	0,1261	-2,6+4,7	28,2	0,650	0,337	1,89	3,79	
$\Sigma(h/q)=0,2624$ $\Delta q''=2,6 л/с$							$\Delta h=1,19$	

Закінчення табл. 2.4

	Третє виправлення							
	$h/q, (м·с)/л$	$\Delta q''', л/с$	$q'''=q''+\Delta q''', л/с$	$V, м/с$	$\left(1+\frac{3,51}{V}\right)^{0,19} \cdot 0,56W^2$	$i \cdot 10^3$	$h, м$	
	25	26	27	28	29	30	31	
1 - 2	0,0202	-1,5	89,1	0,838	0,539	1,77	1,77	
2 - 3	0,0452	-1,5	66,2	0,813	0,509	2,96	2,94	
3 - 4	0,0423	-1,5	42,5	0,695	0,381	1,74	1,74	
4 - 7	0,1344	1,5-2,1	27,6	0,636	0,324	1,82	-3,64	
7 - 1	0,0219	4,7	100,8	0,948	0,677	2,23	-2,23	
$\Sigma(h/q)=0,2640$ $\Delta q'''=1,5 л/с$							$\Delta h=0,58;$	
4 - 5	0,0233	-2,1	28,8	0,354	0,111	0,48	0,64	
5 - 6	0,0777	2,1	22,7	0,523	0,226	1,07	-1,91	
6 - 7	0,0441	2,1	41,1	0,948	0,677	3,45	-1,90	
7 - 4	0,1344	-2,1+1,5	27,6	0,636	0,324	1,89	3,64	
$\Sigma(h/q)=0,2795$ $\Delta q'''=2,1 л/с$							$\Delta h=0,47;$	

Слід мати на увазі, що для ділянки 4 - 7 (Див. мал 2.4, 2.5), котрі є загальними для обох кілець, вводяться дві поправки - для першого кільця і для другого. Знак поправочної витрати при перенесенні з одного кільця до іншого слід зберігати.

Потоки води від точки 1 до точки 5 (диктуючої точки), як видно за

напрямами стрілок на рис. 2.4, можуть йти за трьома напрямками: перший - 1-2-3-4-5, другий - 1-7-4-5, третій - 1-7-6-5. Середні втрати напору в мережі можна визначити за формулою

$$h_c = (h_1 + h_2 + h_3) / 3,$$

де $h_1 = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} + h_{4-5}$; $h_2 = h_{1-7} + h_{7-4} + h_{4-5}$; $h_3 = h_{1-7} + h_{7-6} + h_{6-5}$.

Втрати напору в мережі при максимальному господарсько-виробничому водоспоживанні:

$$h_1 = 1,77 + 2,94 + 1,74 + 0,64 = 7,09 \text{ м}; \quad h_2 = 2,23 + 3,64 + 0,64 = 6,51 \text{ м};$$

$$h_3 = 2,23 + 1,90 + 1,91 = 6,04 \text{ м}; \quad h_c = (7,09 + 6,51 + 6,04) / 3 = 6,55 \approx 6,6 \text{ м}.$$

Розрахункова схема водопровідної мережі з остаточно розподіленими витратами при максимальному господарсько-виробничому водоспоживанні показана на рис. 2.6.

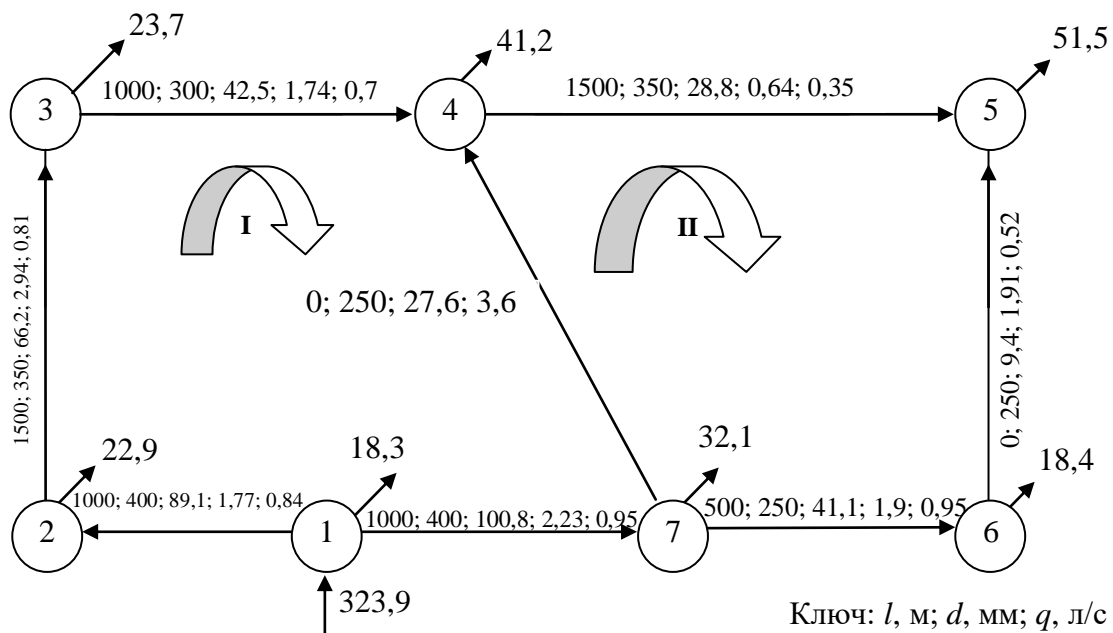


Рис. 2.6. Розрахункова схема водопровідної мережі з остаточно розподіленими витратами при господарсько-виробничому водоспоживанні

Ув'язка водопровідної мережі при пожежі

Попередній розподіл витрат води по ділянках водопровідної мережі при пожежі виконано в п.6 розд. 2.1. Розрахункова схема показана на рис. 2.5. Ув'язка мережі при пожежі виконується так само, як це було зроблено при розрахунку максимального господарсько-виробничого водоспоживання.

3. ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ НС-II

Вибір режиму роботи насосної станції другого підйому (НС-II) визначається графіком водоспоживання (рис. 3.1). У ті години, коли подача НС-II більше водоспоживання селища, надлишок води надходить в бак водонапірної башти, а в години, коли подача НС-II менше водоспоживання селища, нестача води заповнюється за рахунок води з бака водонапірної башти. Для забезпечення мінімальної ємності бака графік подачі води насосами прагнуть максимально наблизити до графіка водоспоживання. Однак часте вмикання і вимикання насосів ускладнює експлуатацію насосної станції і негативно позначається на електричній апаратурі керування насосними агрегатами. Установка великої групи насосів з малою подачею призводить до збільшення площі НС-II і ККД насосів з меншою подачею нижче, ніж ККД насосів з більшою подачею. Тому зазвичай приймають двох або триступеневий режим роботи НС-II. При будь-якому режимі роботи НС-II подача насосів повинна забезпечити повністю (100%) споживання води селищем. Прийнемо двоступінчастий режим НС-II з подачею кожним насосом 2,5% у годину від добового водоспоживання (графік 2, рис. 3.1). Тоді один насос за добу подасть $2,5 \cdot 24 = 60\%$ добової витрати води. Другий насос повинен подати $100 - 60 = 40\%$ добової витрати води і треба його включати на $40/2,5 = 16$ г.

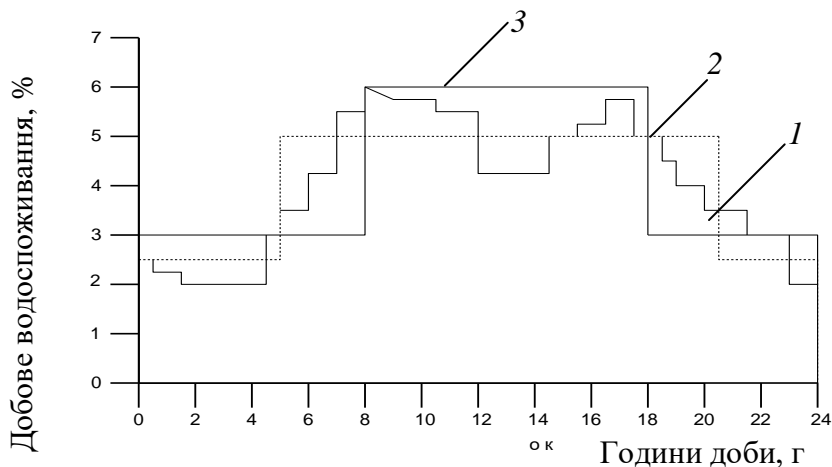


Рис. 3.1. Режим роботи НС-II і графік водоспоживання:

1 - графік водоспоживання, 2, 3 - двоступінчастий режим роботи НС-II з подачею кожним насосом відповідно 2,5% і 3% у годину від добового водоспоживання

Відповідно до графіка водоспоживання (див. рис. 3.1) пропонується другий насос включати в 5 год і вимикати в 21 год. Цей режим роботи НС-II нанесений на рис. 3.1 (графік 2).

Для визначення регулюючої ємності бака водонапірної башти складемо табл. 3.1. У стовпці 1 проставлені годинні проміжки, а в стовпці 2 годинне водоспоживання у відсотках від добового водоспоживання у відповідності зі сто-

впцем 11 табл. 1.3. У стовпці 3 подача насосів у відсотках відповідно до запропонованого режимом роботи НС-II (Див. мал. 3.1).

Таблиця 3.1

Водоспоживання і режим роботи насосів

Час доби	Годинне водоспоживання (див. табл. 1.3, стовп 11)	I варіант				II варіант			
		Подача насосів	Надходження в бак	Витрата з бака	Залишок в баці	Подача насосів	Надходження в бак	Витрата з бака	Залишок в баці
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-1	2,46	2,5	0,04		0,04	3	0,54		0,54
1-2	2,27	2,5	0,23		0,27	3	0,73		1,27
2-3	2,05	2,5	0,45		0,72	3	0,95		2,22
3-4	2,09	2,5	0,41		1,13	3	0,91		3,13
4-5	2,95	2,5		0,45	0,68	3	0,05		3,18
5-6	3,73	5	1,27		1,95	3		0,73	2,45
6-7	4,42	5	0,58		2,53	3		1,42	1,03
7-8	5,14	5		0,14	2,39	3		2,14	-1,11
8-9	5,87	5		0,87	1,52	6	0,13		-0,93
9-10	5,82	5		0,82	0,7	6	0,18		-0,75
10-11	5,59	5		0,59	0,11	6	0,41		-0,34
11-12	5,51	5		0,51	-0,4	6	0,49		0,15
12-13	4,72	5	0,28		-0,12	6	1,28		1,43
13-14	4,64	5	0,36		0,24	6	1,36		2,79
14-15	4,92	5	0,08		0,32	6	1,08		3,87
15-16	5,15	5		0,15	0,17	6	0,85		4,72
16-17	5,55	5		0,55	-0,38	6	0,45		5,17
17-18	4,92	5	0,08		-0,3	4		0,92	4,25
18-19	4,74	5	0,26		-0,04	3		1,74	2,51
19-20	4,43	5	0,57		0,53	3		1,43	1,08
20-21	4,16	5	0,84		1,37	3		1,16	-0,08
21-22	3,64	2,5		1,14	0,23	3		0,64	-0,72
22-23	2,95	2,5		0,45	-0,22	3	0,05		-0,67
23-24	2,28	2,5	0,22		0	3	0,72		0,05
Разом	100								

Якщо подача насосів вище, ніж водоспоживання селища, то різниця цих величин записується в стовпець 4 (надходження в бак), а якщо нижче - у стовпчик 5 (витрата з бака). Залишок води в баку (стовпець 6) до кінця деякого часового проміжку визначається як алгебраїчна сума даних стовпців 4 і 5 (позитивних при надходженні води в бак і негативних при витраті з нього). Наприклад, до кінця першої години в баку накопичилося 0,04% від добової витрати води, а до четвертого години $0,04 + 0,023 + 0,45 + 0,41 = 1,13\%$ від добової витрати води. О четвертій годині водоспоживання в селищі стало вище подачі насосів і до

п'ятої годині в баку залишилося $1,13 - 0,45 = 0,68\%$ добової витрати води. Регулююча ємність бака дорівнюватиме сумі абсолютних значень найбільшого позитивного і найменшого негативного значення стовпця б.

У розглянутому прикладі ємність бака башти вийшла рівною $2,53 + 1 = 2,93 - 0,41\%$ від добової витрати води.

При виконанні курсової роботи рекомендується проаналізувати кілька режимів роботи НС-II. Так, для наведеного графіка водоспоживання визначимо регульовану ємність бака для ступеневого режиму роботи НС-II з подачею, наприклад, по 3% добової витрати води кожним насосом. Один насос за 24 год подасть $3 \cdot 24 = 72\%$ добової витрати. На частку другого насоса припадає $100 - 72 = 28\%$ і він повинен працювати $28/3 = 9,33$ ч. Другий насос пропонується включати з 8 до 17 год 20 хв. Цей режим роботи НС-II показаний на графіку рис. 3,1 лінією 3. Регулююча ємність бака (стовпці 7, 8, 9, 10 табл. 3.1) дорівнюватиме $5,17 + 1 - 1,11 = 6,28\%$, тобто при цьому режимі необхідно збільшення ємності бака водонапірної башти. Остаточо вибираємо режим роботи НС-II по I варіанту.

4. Гідравлічний розрахунок водоводів

Мета гідравлічного розрахунку водоводів - визначити втрати напору при пропуску розрахункових витрат води. Водоводи, як і водопровідна мережа, розраховуються на два режими роботи: на пропуск господарсько-питних, виробничих витрат води відповідно з режимом роботи НС-II і на пропуск максимальних господарсько-питних, виробничих витрат і витрат на пожежогасіння з урахуванням вимог п. 6.2.10 [4].

Методика визначення діаметра труб водоводів така ж, як і діаметрів труб водопровідної мережі, викладена в розд. 2. У розглянутому прикладі задано, що водоводи прокладені з азбестоцементних труб і довжина водоводів від НС-II до водонапірної башти $L_{\text{вод}} = 1000$ м. Враховуючи, що в прикладі прийнятий нерівномірний режим роботи НС-II з максимальною подачею насосів $P = 2,5 + 2,5 = 5\%$ у годину від добового водоспоживання, витрата води, яка піде по водоводах, дорівнюватиме

$$Q'_{\text{вод}} = \frac{\sum Q_{\text{доб}}^{\text{об}} P}{100} = \frac{12762 \cdot 5}{100} = 638,1 \text{ м}^3/\text{с} = 177,2 \text{ л/с}.$$

Так як водоводи слід прокладати не менше ніж у дві лінії, то витрата води по одному водоводу дорівнює

$$Q_{\text{вод}} = \frac{Q'_{\text{вод}}}{2} = \frac{177,2}{2} = 88,6 \text{ л/с}.$$

При значенні $E=0,75$ з дод. 2 визначаємо діаметр водоводів

$d_{\text{вод}} = 0,3 \text{ м}; d_p = 0,279 \text{ м}$. Швидкість води в водогоні визначається з виразу $V = \frac{Q}{\omega}$, где $\omega = \pi d_p^2 / 4$ – площа живого перетину водоводу.

При витраті $Q_{\text{вод}} = 88,6 \text{ л/с}$ швидкість руху води в водогоні з розрахунковим діаметром $0,279 \text{ м}$ буде дорівнювати

$$V = 0,0886 / (0,785 - 0,279^2) = 1,445 \text{ м/с} .$$

Втрати напору визначаються за формулою Дод. К [4]

$$h = i \ell_{\text{вод}} = (A_1 / 2g) \left[(A_0 + C / V)^m / d_p^{m+1} \right] V^2 \ell_{\text{вод}} .$$

Для азбестоцементних труб (дод. 10 [4])

$$m = 0,19; \quad A_1 / 2g = 0,561 \cdot 10^{-3}; \quad C = 3,51; \quad A_0 = 1.$$

Втрати напору в водоводах складуть:

$$h_{\text{вод}} = 0,561 \cdot 10^{-3} \left[(1 + 3,51 / 1,445)^{0,19} / 0,279^{1,19} \right] 1,445^2 \cdot 1000 = 6,8 \text{ м} .$$

Загальна витрата води в умовах пожежогасіння в розглянутому прикладі дорівнює $Q''_{\text{сел.підпр}} = 323,9 \text{ л/с}$.

Витрата води в одній лінії водоводів в умовах пожежогасіння

$$Q_{\text{вод.пож}} = 323,9 / 2 = 162 \text{ л/с} .$$

При цьому швидкість руху води в трубопроводі

$$V = 0,162 / (0,785 \cdot 0,279^2) = 2,65 \text{ м/с}$$

і втрати напору в водоводах при пожежі

$$h_{\text{вод.пож}} = 0,561 \cdot 10^{-3} \left[(1 + 3,51 / 2,65)^{0,19} / 0,279^{1,19} \right] 2,65^2 \cdot 1000 = 21,7 \text{ м} .$$

Втрати напору в водоводах ($h_{\text{вод}}$, $h_{\text{вод.пож}}$) будуть враховані при визначенні необхідного напору господарських і пожежних насосів.

5. РОЗРАХУНОК ВОДОНАПІРНОЇ БАШТИ

Водонапірна башта призначена для регулювання нерівномірності водоспоживання, зберігання недоторканного протипожежного запасу води і створення необхідного напору у водопровідній мережі.

5.1. Визначення висоти водонапірної башти

Висота водонапірної башти визначається за формулою

$$H_{\text{в.б}} = 1,1 h_c + H_{\text{св}} + z_{\text{д.т}} - z_{\text{в.б}},$$

де $1,1$ – коефіцієнт, що враховує втрати напору в місцевих опорах (п. К.6, дод.

К [4]); h_c – втрати напору у водопровідній мережі при роботі її в звичайний час; $z_{д.т}$, $z_{в.б}$ – геодезичні позначки відповідно в диктуючій точці і в місці встановлення башти. Мінімальний напір $H_{віл}$ в диктуючій точці мережі при максимальному господарсько-питному водоспоживанні на вводі в будинок, згідно з п. 6.3.1 [4], має дорівнювати

$$H_{віл} = 10 + 4(n-1),$$

де n – кількість поверхів.

В розглядаємому прикладі $h_c = 6,6$ м (див. розд.2.1).

$$H_{віл} = 10 + 4(5-1) = 26 \text{ м} \quad \text{и} \quad z_{д.т} - z_{в.б} = 92 - 100 = -8 \text{ м},$$

$$H_{вв} = 1,1 \cdot 6,6 + 26 - 8 = 25,3 \text{ м}.$$

5.2. Визначення ємності бака водонапірної башти

Ємність бака водонапірної башти повинна дорівнювати (п. 13.1 [4]).

$$W_б = W_{рег} + W_{н.з},$$

де $W_{рег}$ – регулююча ємність бака; $W_{н.з}$ – обсяг недоторканного запасу води, величина якого визначається відповідно до п. 13.1.5 [4] з виразу

$$W_{н.з} = W_{н.з.пож}^{10 \text{ хв}} + W_{н.з.г-п}^{10 \text{ хв}},$$

де $W_{н.з.пож}^{10 \text{ хв}}$ – запас води, необхідний на 10-хвилинну тривалість гасіння однієї зовнішньої і однієї внутрішньої пожежі; $W_{н.з.г-п}^{10 \text{ хв}}$ – запас води на 10 хв, визначається при максимальній витраті води на господарсько-питні та виробничі потреби.

Регулюючий об'єм води в таких ємностях, як резервуари, баки водонапірних башт, повинен визначатися на підставі графіків надходження і відбору води, а за їх відсутності - за формулою, наведеною в п. 13.1.2 [4]. У нашому прикладі визначено графік водоспоживання та запропоновано режим роботи НС-II, для якого регулюючий об'єм бака водонапірної башти склав $K = 2,93$ % від добової витрати води в селищі (див. розд. 3):

$$W_{рег} = K \sum Q_{дог}^{об} / 100 = (2,93 \cdot 12762) / 100 = 374 \text{ м}^3,$$

де $\sum Q_{дог}^{об} = 12762 \text{ м}^3/\text{добу}$ (див. табл. 1.3).

Так як найбільша розрахункова витрата води потрібна на гасіння однієї пожежі на підприємстві, то

$$W_{\text{нз.пож}}^{10\text{хв}} = \frac{Q_{\text{пож}}^{\text{нідп}} \cdot 10 \cdot 60}{1000} = \frac{(40+10)10 \cdot 60}{1000} = 30 \text{ м}^3.$$

Відповідно до табл. 1.3,

$$W_{\text{нз.госп-пум}}^{10\text{хв}} = \frac{Q_{\text{сел.нідп}} \cdot 10}{60} = \frac{749,62 \cdot 10}{60} = 125 \text{ м}^3.$$

Таким чином,

$$W_{\text{нз}} = 30 + 125 = 155 \text{ м}^3 \quad \text{і} \quad W_6 = 374 + 155 = 529 \text{ м}^3.$$

За дод. 3 приймаємо типову водонапірну башту висотою 27,5 м з баком ємністю $W_6 = 800 \text{ м}^3$.

Знаючи ємність бака, визначаємо його діаметр і висоту:

$$D_6 = 1,24 \sqrt[3]{W_6}; \quad D_6 = 1,5 H_6.$$

У розглянутому прикладі ці величини складуть:

$$D_6 = 1,24 \sqrt[3]{800} = 11,5 \text{ м}; \quad H_6 = 11,5 / 1,5 = 7,7 \text{ м}.$$

Принципова схема водонапірної башти та її обладнання показана на рис. 13.24 підручника [2]. При виконанні курсової роботи необхідно привести цю схему, проставити отримані в результаті розрахунків розміри стовпа і бака водонапірної башти, вказати рівень НЗ, пояснити призначення обладнання і запропонувати спосіб збереження НЗ.

6. РОЗРАХУНОК РЕЗЕРВУАРІВ ЧИСТОЇ ВОДИ

Резервуари чистої води призначені для регулювання нерівномірності роботи насосних станцій I і II підйому і зберігання недоторканного запасу води на весь період пожежогасіння:

$$W_{\text{р.ч.в}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{нз}}.$$

Регулююча ємність резервуарів чистої води може бути визначена на основі аналізу роботи насосних станцій I і II підйому.

Режим роботи НС-II зазвичай приймається рівномірним, оскільки такий режим найбільш сприятливий для обладнання НС-II і споруд для обробки води. При цьому НС-I, так само як і НС-II, повинна подати всі 100% добової витрати води в селищі. Отже, годинна подача води НС-I складе $100/24 = 4,167\%$ від до-

бової витрати води в селищі. Режим роботи НС-II наведено в розд. 3.

Для визначення $W_{\text{рег}}$ скористаємося графоаналітичним способом. Для цього поєднаємо графіки роботи НС-I і НС-II (рис. 6.1). Регулюючий об'єм резервуарів чистої води у відсотках від добової витрати води дорівнює площі чи рівновеликої їй сумі площ \bar{b} .

$$W_{\text{рег}} = (5 - 4,167) 16 = 13,3 \% \quad \text{або}$$

$$W_{\text{рег}} = (4,167 - 2,5) 5 + (4,167 - 2,5) 3 = 13,3 \% .$$

У розглянутому прикладі добова витрата води становить 12762 м^3 і регулюючий об'єм резервуару чистої води буде дорівнювати

$$W_{\text{рег}} = (12762 \cdot 13,3) / 100 = 1697 \text{ м}^3 .$$

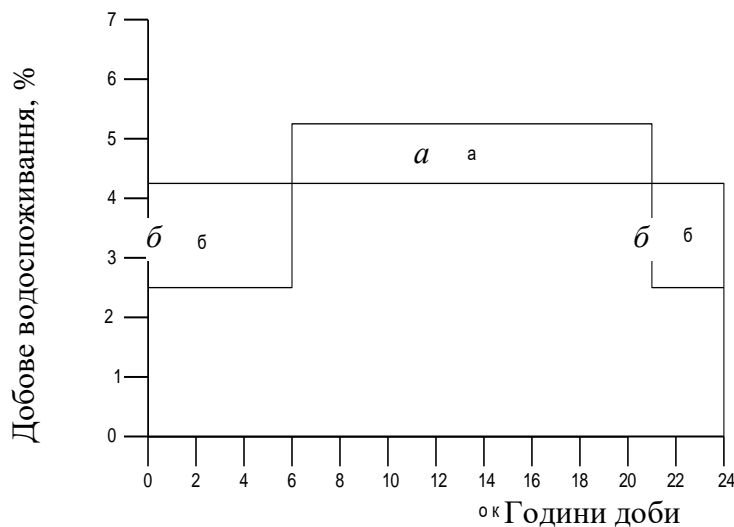


Рис. 6.1. Режим роботи НС-II і НС-I:

a – надходження води в резервуар; b – спад води з резервуара

Недоторканий запас води $W_{\text{н.з}}$ відповідно до п. 13.1.4 [4] визначається з умови забезпечення пожежогасіння із зовнішніх гідрантів і внутрішніх пожежних кранів (пп. 6.2.5-6.2.13 [4] та пп. 8.1-8.4 [5]), а також із спеціальних засобів пожежогасіння (спринклерів, дренчерів та інших апаратів, що не мають власних резервуарів), і забезпечення максимальних господарсько-питних і виробничих потреб на весь період пожежогасіння з урахуванням вимог п. 6.2.10 [4].

Таким чином,

$$W_{\text{н.з}} = W_{\text{н.з.пож}} + W_{\text{н.з.г-п}}$$

При визначенні обсягу недоторканного запасу води в резервуарах допускається враховувати поповнення їх водою під час гасіння пожежі, якщо подача води в резервуари здійснюється системами водопостачання I і II категорії за ступенем забезпеченості подачі води, тобто

$$W_{\text{н.з}} = (W_{\text{н.з.пож}} + W_{\text{н.з.г-п}}) - W_{\text{н.с-1}} .$$

В нашому прикладі

$$W_{\text{н.з.пож}} = \frac{Q_{\text{пож.рас}} \tau_T \cdot 3600}{1000} = \frac{117,5 \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 1269 \text{ м}^3,$$

де $\tau_T = 3$ год – розрахункова тривалість гасіння пожежі (п. 6.2.13 [4]).

При визначенні $Q_{\text{сел.підпр}}$ не враховуються витрати на поливання території, прийом душу, миття підлоги і мийку технічного обладнання на промисловому підприємстві, а також витрати води на поливання рослин в теплицях, тобто якщо ці витрати води потрапили в годину максимального водоспоживання, то їх слід відняти з загальної витрати води (п. 6.2.10 [4]). Якщо при цьому $Q_{\text{сел.підпр}}$ виявиться нижче, ніж водоспоживання в якій-небудь іншій годині, коли душ не працює, то максимальну витрату води слід приймати у відповідності зі стовпцем 10 табл. 1.3.

У наведеному прикладі $Q'_{\text{пос.пр}} - Q_{\text{душ}} = 749,62 - 35 = 714,62 \text{ м}^3/\text{год}$, що менше водоспоживання в наступну годину (тобто с 9 до 10 год) – $743,03 \text{ м}^3/\text{год}$. Тому при розрахунку недоторканного запасу на господарсько-питні потреби приймаємо

$$Q'_{\text{сел.підпр}} = 743,03 \text{ м}^3 \quad \text{і} \quad W_{\text{н.з.г-п}} = Q'_{\text{сел.підпр}} \tau_T = 743,03 \cdot 3 = 2229 \text{ м}^3.$$

Під час гасіння пожежі насоси насосної станції I підйому працюють і подають на годину 4,167% добової витрати води, а за час τ_T буде подано

$$W_{\text{НС-1}} = \frac{Q_{\text{доб}}^{об} 4,167 \tau_T}{100} = \frac{12762 \cdot 4,167 \cdot 3}{100} = 1595 \text{ м}^3.$$

Таким чином, обсяг недоторканного запасу води буде дорівнювати

$$W_{\text{н.з}} = (1269 + 2229) - 1595 = 1903 \text{ м}^3.$$

Повний обсяг резервуарів чистої води

$$W_{\text{р.ч.в}} = 1697 + 1903 = 3600 \text{ м}^3.$$

Згідно п. 13.2.10 [4], загальна кількість резервуарів має бути не менше двох, причому рівні НЗ повинні бути на однакових позначках, при виключенні одного резервуара в інших повинно зберігатися не менше 50% НЗ, а обладнання резервуарів повинно забезпечувати можливість незалежного включення і спорожнення кожного резервуара.

Приймаємо два типових резервуара об'ємом 1800 м^3 кожний (дод. 4). Обладнання резервуарів – див. с. 275-277 підручника [2]. Загальний вигляд типового залізобетонного резервуару зображений на рис. 13.22 [2], а камер перемикання - на рис. 6.2 і 6.3.

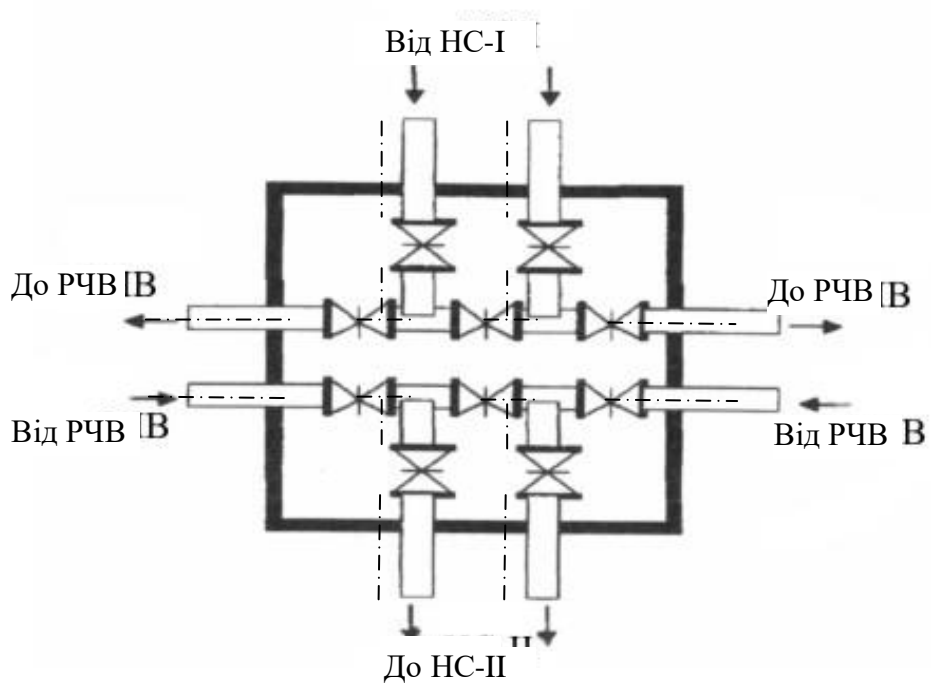


Рис. 6.2. План камери переключення резервуара чистої води для НС-II низького тиску

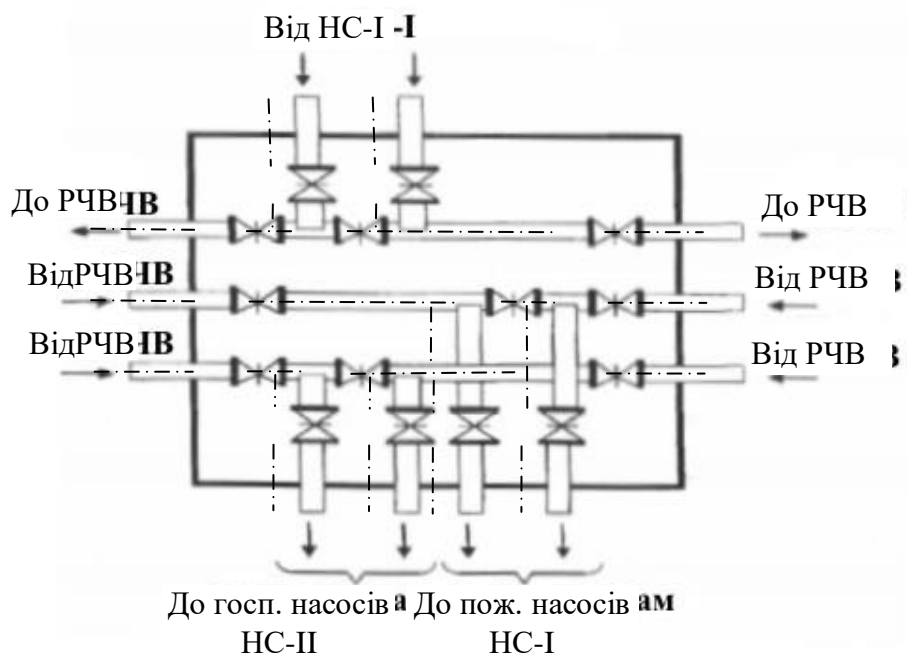


Рис. 6.3. План камери переключення РЧВ для НС-II високого тиску

7. Підбір насоса для насосної станції другого підйому

З розрахунку випливає, що НС-II працює в нерівномірному режимі з установкою в ній двох основних господарських насосів, подача яких дорівнюватиме

$$Q_{\text{госп.нас}} = \frac{\sum Q_{\text{доб}}^{\text{об}} \cdot 2,5}{100} = (12762 \cdot 2,5) / 100 = 319 \text{ м}^3/\text{год} = 88,6 \text{ л/с.}$$

Необхідний напір господарських насосів визначаємо за формулою

$$H_{\text{госп.нас}} = 1,1 h_{\text{вод}} + H_{\text{в.б}} + H_{\text{б}} + (z_{\text{в.б}} - z_{\text{н.с}}),$$

де 1,1 – коефіцієнт, що враховує втрати напору в місцевих опорах (п. К.4, дод. К [4]); $h_{\text{вод}}$ – втрати напору в водоводах, м; $H_{\text{в.б}}$ – висота водонапірної башти, м (див. розд. 5); $H_{\text{б}}$ – висота бака водонапірної башти, м; $z_{\text{в.б}}$ і $z_{\text{н.с}}$ – геодезичні позначки, відповідно, місця встановлення башти та НС-II (див. схему водопостачання).

Тоді $H_{\text{госп.нас}} = 1,1 \cdot 6,8 + 27,5 + 7,70 + (100 - 96) = 46,7 \text{ м.}$

Напір насосів при роботі під час пожежі визначаємо за формулою

$$H_{\text{госп.нас}} = 1,1 (h_{\text{вод.пож}} + h_{\text{мер.пож}}) + H_{\text{віл}} + (z_{\text{д.т}} - z_{\text{н.с}}),$$

де $h_{\text{вод.пож}}$ і $h_{\text{мер.пож}}$ – відповідно втрати напору в водоводах та водопровідній мережі при пожежогасінні, м; $H_{\text{віл}}$ – вільний напір у гідранта, розташованого в диктуючій точці, м. Для водопроводів низького тиску $H_{\text{віл}} = 10 \text{ м}$; $z_{\text{д.т}}$ – геодезична відмітка в диктує точці, м.

Тоді $H_{\text{госп.пож}} = 1,1(21,7 + 24,6) + 10 + (92 - 96) = 56 \text{ м.}$

Вибір типу НС-II (низького або високого тиску) залежить від співвідношення необхідних напорів при роботі водопроводу в звичайний час і при пожежі.

Якщо $H_{\text{пож.нас}} - H_{\text{госп.нас}} > 10 \text{ м}$, то насосну станцію будують за принципом високого тиску, тобто встановлюють пожежні насоси, що забезпечують $H_{\text{пож.нас}}$, і отже, більш високонапорні, ніж господарські. При включенні пожежних насосів до загального напірного колектора, зворотні клапани господарських насосів перекриваються, подача води господарськими насосами припиниться і їх треба відключити. Тому в НС-II високого тиску пожежний насос повинен забезпечити подачу не тільки витрати води на пожежогасіння, а подачу повної розрахункової витрати води в умовах пожежогасіння, тобто сумарної господарсько-питної, виробничої і пожежної витрати води.

Якщо $H_{\text{пож.нас}} - H_{\text{госп.нас}} \leq 10 \text{ м}$, то насосну станцію будують за принципом низького тиску. У звичайний час працює один або група господарських насосів. При пожежі включається в роботу додатковий насос з таким же напором, що і господарські насоси, що забезпечує подачу витрати води на пожежогасіння. Від типу насосної станції залежить пристрій камер перемикавання (див. рис. 6.2, 6.3).

Так як у нашому прикладі $H_{\text{пож.нас}} - H_{\text{госп.нас}} = 10 \text{ м}$, то НС-II будується за

принципом низького тиску. Підбір марок насосів можна виконувати по зведеному графіку полів $Q - H$ (додаток 5 і 6). На графіку по осі абсцис відкладена подача насосів, по осі ординат напір і для кожної марки насосів наведені поля, в межах яких можуть змінюватися ці величини. Поля утворені таким чином. Верхня і нижня межі - це відповідно характеристики $Q - H$ для даної марки насоса з найбільшим і з найменшим діаметром робочого колеса в випускаємій серії. Бічні межі полів обмежують область оптимального режиму роботи насосів, тобто область, відповідну максимальним значенням коефіцієнта корисної дії. При виборі марки насоса необхідно врахувати, що розрахункові значення подачі і напору насоса повинні лежати в межах його поля $Q - H$.

Пропоновані насосні агрегати повинні забезпечувати мінімальну величину надлишкових напорів, що розвиваються насосами при всіх режимах роботи, за рахунок використання регулюючих ємностей, регулювання числа обертів, зміни кількості і типу насосів, обрізки і заміни робочих коліс відповідно до зміни умов їх роботи протягом розрахункового терміну (п. 11.2 [4]).

Категорію насосної станції по подачі води слід приймати за п. 11.1, а кількість резервних агрегатів за табл. 35, п. 11.3 [4]. При визначенні кількості резервних агрегатів треба враховувати, що в кількість робочих агрегатів включаються пожежні насоси. У насосних станціях високого тиску при установці спеціальних пожежних насосів слід передбачати один резервний пожежний агрегат.

Розрахункові значення подачі і напору, прийняті марки і кількість насосів, категорія насосної станції наводяться в табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Основні характеристики насосів

Тип насосів	Розрахункова подача насоса, л/с	Розрахунковий напір насоса, м	Прийнята марка насоса	Категорія НС-II	Кількість насосів	
					робочих	резервних
Господарчий	88,6	46,7	Д500-65	Обґрунтування НС- II	2	2
Пожежний (додатковий)	117,5	56	Д500-65	Подає воду безпосередньо в мережу об'єднаного протипожежного водопроводу	1	-

При виконанні креслення НС-II габаритні розміри і діаметри патрубків відцентрових насосів приймаються за дод. 5 або 6. На кресленні виконати план камери переключення, відповідно обраному типу НС-II (високого або низького тиску).

8. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОБ'ЄДНАНОГО ГОСПОДАРСЬКО-ВИРОБНИЧОГО І ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПРОВОДУ ВИРОБНИЧОГО БУДИНКУ

У цій частині курсової роботи необхідно вирішити такі завдання:

1. Обґрунтувати необхідність влаштування внутрішнього протипожежного водопостачання.
2. Визначити мінімальні витрати води на внутрішнє пожежогасіння.
3. Вибрати діаметри внутрішніх пожежних кранів, насадок пожежних стволів.
4. Обґрунтувати вибір тупикової або кільцевої системи внутрішнього водопроводу (розводку магістралей прийняти нижню).
5. Провести розміщення внутрішніх пожежних кранів.
6. Виконати гідравлічний розрахунок внутрішнього водопроводу.
7. Вибрати тип пожежних насосів, якщо в результаті розрахунку установлена необхідність використання таких насосів.
8. Виконати креслення формату А1, на якому показати в масштабі розрахункову схему внутрішнього водопроводу, план будівлі з розміщенням внутрішніх пожежних кранів, аксонометричну схему внутрішнього водопроводу, схему визначення радіусу дії пожежного крана.

При виконанні курсової роботи слід прийняти:

1. Виробнича будівля II ступеня вогнестійкості.
2. Категорія будівлі по пожежній небезпеці - В.
3. Висота приміщення - 6 м.

Інші вихідні дані приймаються за табл. 8.1.

Таблиця 8.1

Вихідні дані для внутрішнього водопроводу

Остання цифра номеру залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Витрата води на господарсько-виробничі цілі, л/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гарантований напір в зовнішній мережі, м	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10
Передостання цифра номеру залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кількість поверхів	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Ширина будівлі, м	18	24	24	30	30	18	24	24	30	30
Довжина будівлі, м	60	60	90	90	120	60	60	90	90	120

8.1. Методика гідравлічного розрахунку внутрішнього водопроводу виробничої будівлі

Системи внутрішнього водопроводу (господарсько-питного, виробничого, протипожежного) проектують з метою забезпечення водою виробничих, допоміжних, житлових і громадських будівель, обладнуваних відповідними системами каналізації. Системи внутрішнього водопроводу включають: вводи, водомірні вузли, стояки, магістральну і розвідну мережу з підводками до санітарних приладів або технологічних установок, водорозбірну і регулюючу арматуру.

Залежно від призначення, місцевих умов і технології виробництва в систему внутрішнього водопроводу можуть входити насосні установки і водонапірні баки, резервуари та інші споруди, розташовані як в середині будівлі, так і біля неї. Вибір системи внутрішнього водопроводу необхідно виконувати в залежності від техніко-економічної доцільності, санітарно-гігієнічних та протипожежних вимог, а також з урахуванням прийнятої системи зовнішнього водопроводу та вимог технології виробництва.

Гідравлічний розрахунок внутрішніх водопроводів проводять в наступному порядку:

1. Визначають мінімальні витрати води Q_{\min} і число струменів на пожежогасіння за табл. [5] або іншим нормативним документам.

2. Визначають напори у внутрішніх пожежних кранах $H_{п.к}$, які повинні забезпечити отримання компактних пожежних струменів висотою, необхідною для гасіння пожежі в будь-який час доби в найвищій і віддаленій частині будівлі. Найменшу висоту і радіус дії компактної частини пожежного струменя R_k слід приймати рівними висоті приміщень, рахуючи від підлоги до найвищої точки перекриття (покриття), але не менше нормативних величин [5].

Необхідний радіус компактної частини струменя R_k (рис. 8.1)

$$R_k = \frac{(T - 1,35)}{\sin \alpha},$$

де T – висота приміщення; α – кут нахилу радіуса дії компактної частини струменя (практика гасіння пожеж всередині будівель показує, що в більшості випадків $\alpha = 45 \div 70^\circ$).

За величиною радіусу дії компактної струменя R_k для обраного діаметра пожежного крана і насадка за табл. [5] знаходять дійсну витрату (вона не повинна бути менше нормативної) пожежного струменя Q_d і необхідний напір у пожежного крана $H_{п.к}$ при відповідній довжині пожежного рукава l_p .

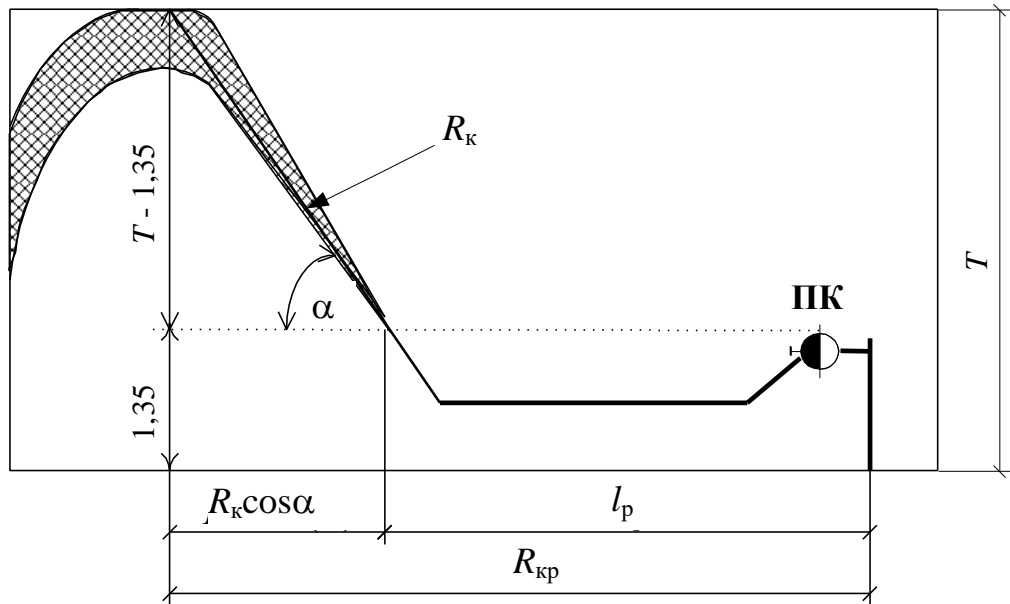


Рис. 8.1. Визначення радіуса компакної частини струменя R_k і радіусу дії пожежного крана $R_{кр}$

3. Виконують розміщення пожежних кранів та їх обладнання. Внутрішні пожежні крани встановлюють на висоті 1,35 м над підлогою приміщення, переважно біля входів, на площадках опалювальних сходових кліток, у вестибюлях, коридорах і інших найбільш доступних місцях. Кожен пожежний кран має бути забезпечений пожежним рукавом однакового з ним діаметра довжиною 10, 15 або 20 м, пожежним стволом і розміщуватися в опломбованій шафі. В одній будівлі слід застосовувати стволи з насадками одного діаметру і пожежні рукави одного діаметру.

Якщо витрата пожежного струменя 4 л/с, приймають пожежні крани діаметром 50 мм, при витраті більше 4 л/с - 65 мм.

Для забезпечення умов зрошення приміщення пожежні крани повинні встановлюватися на відстані (рис. 8.3), що дорівнює

$$L_{кр} = k \sqrt{\left(\sqrt{R_k^2 - (T - 1,35)^2} + l_p\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2},$$

де $L_{кр}$ – відстань між пожежними кранами; k – коефіцієнт, що враховує умови зрошення і приймається рівним: $k = 1$ – при зрошенні кожної точки приміщення двома струменями; $k = 2$ – при зрошенні кожної точки приміщення одним струменем; R_k – радіус дії компакної частини струменя; l_p – довжина пожежного рукава; B – ширина будівлі; T – висота приміщення; 1,35 - висота розташування пожежного крана.

Знаючи необхідну відстань між пожежними кранами, визначають їх кількість.

4. Складають аксонометричну схему. Трасування водопровідної мережі може здійснюватися за схемою з нижньої і верхньої розводкою магістралей при вертикально розташованих стояках. Найбільш поширеними є схеми з нижнім розведенням (рис. 8.2).

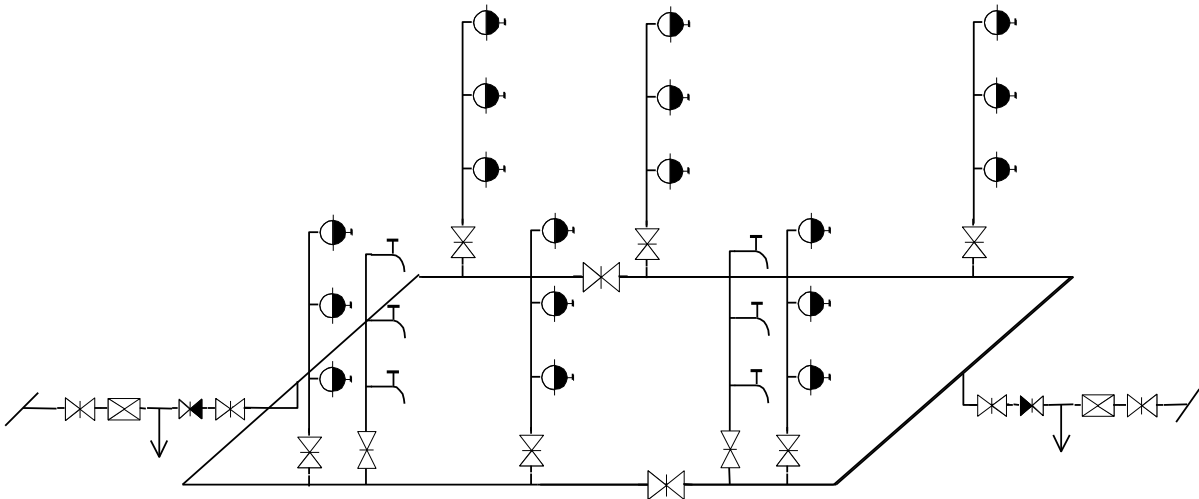


Рис. 8.2. Водопровідна мережа з нижнім розведенням магістралей

Таке трасування мережі застосовують у житлових, громадських будинках та промислових цехах. У цьому випадку магістраль прокладається під стелею підвалу або під підлогою першого поверху в спеціальних каналах. Стояки прокладають відкрито або приховано по стінах, в панелях і т. д. Системи внутрішніх водопроводів холодної води слід приймати тупиковими, якщо допускається перерва в подачі води при кількості пожежних кранів до 12. Кільцеві мережі (кількість пожежних кранів 12 і більше) повинні бути приєднані до зовнішньої водопровідної мережі не менш як двома вводами.

Відповідно до трасування трубопроводів (місця встановлення пожежних кранів і стояків господарсько-питного та виробничого водоспоживання) складають аксонометричну схему водопровідної мережі і намічають на ній розрахункові ділянки, а також розрахункові напрямки руху води (рис. 8.4). При цьому за розрахункову ділянку приймають відрізок мережі, в межах якої величина витрати і діаметр трубопроводу не змінюються. Кожен стояк (розподільна мережа) вважається одним розрахунковим елементом (ділянкою). За розрахунковий напрямок приймають напрямок руху води від введення до самого віддаленого і високорозташованого пожежного крана (диктуюча точка).

5. Визначають витрати води по розрахункових ділянках з приладами гос-

подарсько-питного або виробничого призначення за формулами, зосереджуючи ці витрати в точках приєднання розподільної мережі до магістралі.

6. Проводять попередній розподіл зосереджених витрат по ділянках магістральної мережі.

7. Розраховують діаметри труб для пропуску розрахункових витрат води з урахуванням допустимих економічних швидкостей. У водопровідних мережах швидкості руху води V не повинні перевищувати 1,5 - 2,0 м/с. Діаметри труб можуть бути визначені за формулою

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}.$$

8. Виконують розрахунок магістральної мережі. Кільцеву мережу розраховують за звичайними правилами за умови відключення одного з вводів. Втрати напору підраховуються за формулою

$$h = A l Q^2.$$

9. Підбирають водомір (лічильник холодної води). Водоміри необхідно підбирати на максимальну розрахункову витрату води. Водомір вважається підібраним правильно, якщо втрати напору при пропуску витрат води на господарсько-питні та виробничі потреби не перевищують у крильчасті лічильниках холодної води 2,5 м, турбінних - 1 м. Втрати напору в водоміри визначаються за формулою

$$h_{\text{вод}} = S Q^2,$$

де S – гідравлічний опір лічильника, приймається за табл. [5]; Q – розрахункова витрата.

10. Визначають втрати напору в пожежному стояку, на ввіді і по всій довжині розрахункового напрямку.

11. Обчислюють необхідний напір на ввіді за формулою

$$H_{\text{необ.пож}} = k (h_c + h_{\text{вв}}) + h_{\text{вод}} + H_{\text{ввл}} + \Delta z,$$

де h_c – втрати напору в мережі внутрішнього водопроводу; $h_{\text{вв}}$ – втрати напору на ввіді; $h_{\text{вод}}$ – втрати напору на водомірі; $H_{\text{ввл}}$ – вільний напір у диктуючій точці водопровідної мережі; Δz – різниця відміток найбільш високорозташованого водорозбірного пристрою (пожежного крана) і вводу; k – коефіцієнт, що враховує втрати напору в місцевих опорах.

Порівнюють величину необхідного напору $H_{\text{необ.пож}}$ з величиною гаранто-

ваного напору $H_{\text{гар}}$ в зовнішній водопровідній мережі, а якщо з'ясовується нестача гарантованого напору $H_{\text{необ.пож}} > H_{\text{гар}}$, то передбачають установку пожежних насосів. Насоси підбираються по каталогу (по розрахунковій витраті і напору).

8.2. Приклад гідравлічного розрахунку внутрішнього об'єднаного господарсько-виробничого та протипожежного водопроводу виробничої будівлі

Розрахувати об'єднаний господарсько-виробничий протипожежний водопровід двоповерхового виробничого будинку II ступеня вогнестійкості з категорією будівлі В, другого ступеня вогнестійкості, з висотою приміщень 8,2 м і розмірами в плані 24×60 м (об'єм 23616 м³). На господарсько-питні та виробничі потреби вода подається по двох стояках з витратою $Q = 4$ л / с. Гарантований напір у зовнішній мережі 20 м.

1. Визначаємо нормативну витрату і кількість пожежних струменів по ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація». На внутрішнє пожежогасіння в виробничому приміщенні висотою до 50 м потрібно 2 струменя по 5 л / с:

$$Q_{\text{вн}} = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Визначимо необхідний радіус компактної частини струменя при куті нахилу струменя $\alpha = 60^\circ$:

$$R_{\text{к}} = \frac{T - 1,35}{\sin \alpha} = \frac{8,2 - 1,35}{\sin 60^\circ} = 8 \text{ м}.$$

Оскільки витрата пожежної струменя більше $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, то водопровідна мережа повинна обладнуватися пожежними кранами діаметром 65 мм із стволами, що мають насадки 19 мм, і рукавами довжиною 20 м. При цьому відповідно до положень ДБН В.2.5-64:2012 дійсна витрата струменя буде дорівнює $5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, напір у пожежного крана 19,9 м, а компактна частина струменя $R_{\text{к}} = 12 \text{ м}$.

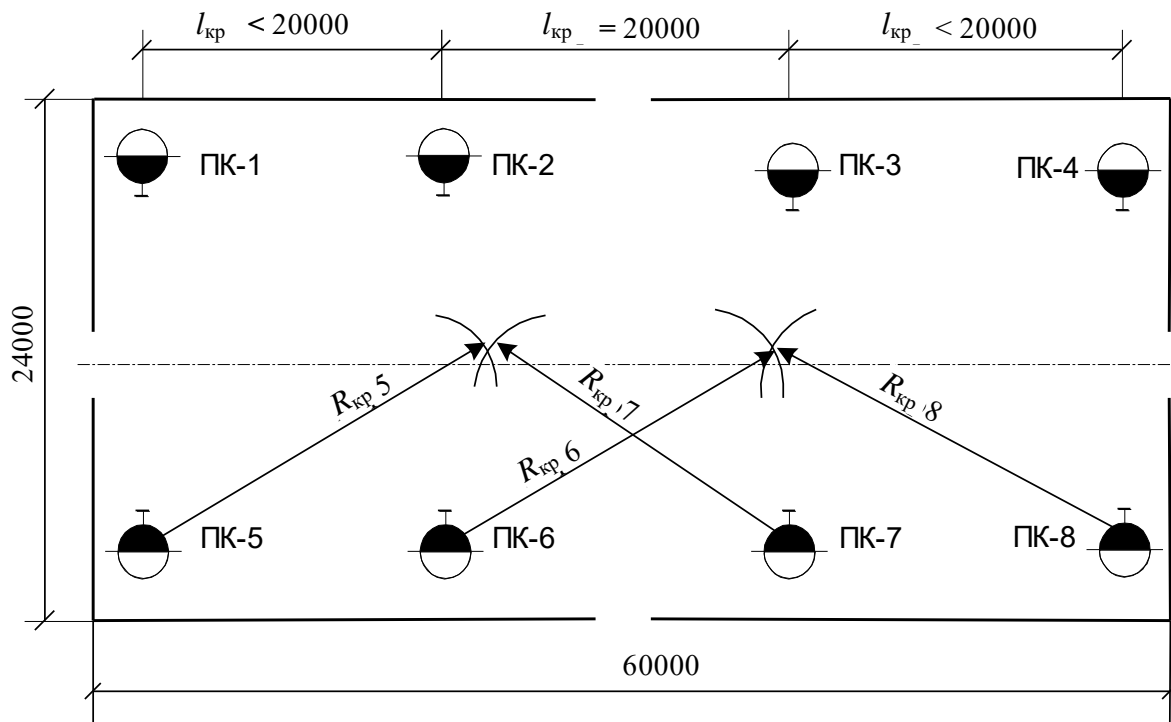


Рис. 8.3. Розміщення пожежних кранів з умови зрошення кожної точки приміщення двома струменями

3. Визначимо відстань між пожежними кранами з умови зрошення кожної точки приміщення двома струменями:

$$L_{кр} = k \sqrt{\left(\frac{R_k}{2} + l_p\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2} = 1 \sqrt{\left(\frac{12}{2} + 20\right)^2 - \left(\frac{24}{2}\right)^2} = 23 \text{ м.}$$

При такій відстані потрібно встановити на кожному поверсі по 8 пожежних кранів (рис. 8.3). Так як загальна кількість пожежних кранів більше 12, то магістральна мережа повинна бути кільцевою і живитися двома вводами.

4. Складемо аксонометричну схему водопровідної мережі (Рис. 8.4), намітивши на ній розрахункові ділянки. Як видно, за розрахунковий напрямок слід прийняти напрям від точки 0 до ПК-16 (розрахунок проводиться при відключенні другого вводу).

5. Зосереджуємо отримані величини витрат води на господарсько-питні та виробничі потреби в точках приєднання господарських стояків до магістральної мережі, тобто в точках 1 і 4:

$$q_1 = q_4 = q / 2 = 4 / 2 = 2 \text{ л/с.}$$

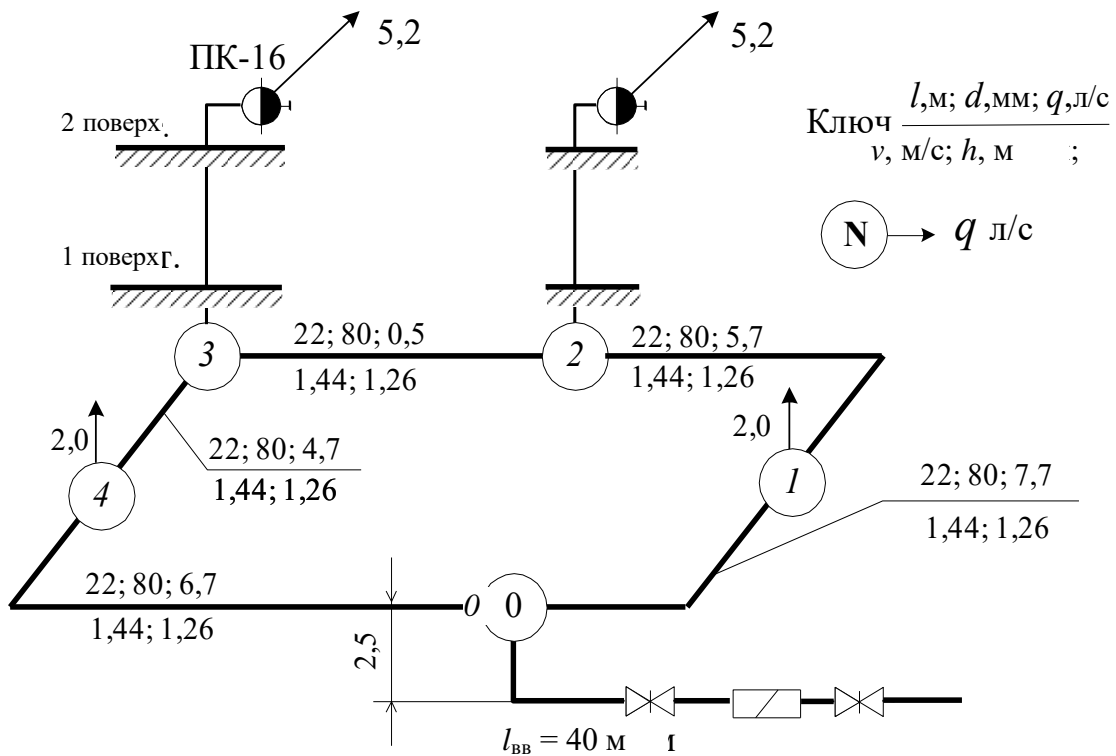


Рис. 8.4. Розрахункова схема внутрішнього водопроводу

6. Розподілимо зосереджені витрати по ділянках магістральної мережі, як показано на рис. 8.4, приймаючи за точку зустрічі точку 3.

7. Визначимо діаметри труб. Для визначення діаметрів труб магістральної мережі скористаємося формулою $d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$, де $v = 1,5$ м/с. Діаметр труб на ділянці 0-1 з максимальною витратою $7,7 \cdot 10^{-3}$ м³/с.

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,7 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,81 \cdot 10^{-1} \text{ м} = 81 \text{ мм.}$$

Діаметр труб для введів

$$d_{\text{вв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 14,4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,5}} = 1,1 \cdot 10^{-1} \text{ м} = 110 \text{ мм.}$$

Приймаються труби сталеві діаметром 80 мм для магістральної мережі і труби чавунні діаметром 100 мм для введів.

8. Виконуємо розрахунок кільцевої магістральної мережі. Втрати напору визначаємо за формулою $h = \delta A l Q^2$, де δ – поправочний коефіцієнт, що вра-

ховує неквадратичність залежності втрат напору від середньої швидкості руху води; A – питомий опір труб (с/м^3)²; l – довжина ділянки водопроводу, м; Q – витрата води, м³/с.

Значення A і δ наведені в табл. 1,2 дод. 7.

Результати обчислень зводимо в табл. 8.2.

Таблиця 8.2

Напрямок	Ділянки	l , м	d , мм	A	$h = AlQ^2$	$Q \cdot 10^3$, м ³ /с	V , м/с	δ	$h = \delta AlQ^2$
I	0 - 1	22	80	965,6	1,26	7,7	1,44	1,00	1,26
	1 - 2	52	80	965,6	1,63	5,7	1,07	1,02	1,66
	2 - 3	20	80	965,6	0,05	0,5	0,1	1,42	0,07
									$\sum h_I = 2,99$ м
II	3 - 4	62	80	965,6	2,69	6,7	1,26	1,00	2,69
	4 - 3	12	80	965,6	0,26	4,7	0,88	1,04	0,27
									$\sum h_{II} = 2,96$ м

Як впливає з табл. 8.2, середні втрати напору в мережі дорівнюють

$$h_{\text{ср}} = \frac{\sum h_I + \sum h_{II}}{2} = \frac{2,99 + 2,96}{2} = 2,98 \text{ м.}$$

9. Підбираємо водомір на пропуск розрахункової витрати (з урахуванням пожежної) $Q_{\text{розр}} = 14,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = 14,4 \text{ л/с} = 51,8 \text{ м}^3/\text{ч}$. Приймається водомір ВВ-80. Втрати напору в ньому будуть рівні

$$h_{\text{вод}} = S Q_{\text{розр}}^2 = 0,002 \cdot 51,8^2 = 5,37 \text{ м,}$$

що менше допустимої величини 10,0 м.

10. Що менше допустимої величини:

$$h_{\text{ст}} = A_{65} l_{\text{ст}} Q_{\text{ст}}^2 = 2400 \cdot 9,55 (5,2 \cdot 10^{-3})^2 = 0,62 \text{ м;}$$

$$h_{\text{вв}} = A_{100} l_{\text{вв}} Q_{\text{розр}}^2 = 321,6 \cdot 42,5 (14,4 \cdot 10^{-3})^2 = 2,83 \text{ м.}$$

Тоді втрати напору в мережі на розрахунковому напрямку 0 - ПК-16:

$$h_{\text{с}} = h_{\text{ср}} + h_{\text{ст}} = 2,99 + 0,62 = 3,6 \text{ м.}$$

Визначимо необхідний напір на вводі:

$$H_{\text{необ.пож}} = 1,2h_c + h_{\text{ВВ}} + h_{\text{вод}} + H_{\text{вкл}} + \Delta z,$$

де $\Delta z = 2,5 + 8,2 + 1,35 = 12,05$ м;

$$H_{\text{необ.пож}} = 1,2 \cdot 3,6 + 2,83 + 5,37 + 19,9 + 12,05 = 44,47 \text{ м.}$$

Так як величина гарантованого напору, рівна 20 м, менше величини необхідного напору, то необхідно встановити насос, який забезпечує створення напору:

$$H_{\text{н}} = H_{\text{необ.пож}} - H_{\text{Г}} = 44,47 - 20 = 24,47 \text{ м,}$$

при подачі $Q_{\text{розр}} = 14,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

Приймаються по каталогу або по дод. 8 насоси марки К-80-65-160 ($Q = 13,9$ л/с; $H = 32$ м) з робочими параметрами (виходячи з характеристики насоса $Q - H$):

$$Q_{\text{н}} = 17,45 \text{ л/с}; \quad H_{\text{н}} = 24,47 \text{ м.}$$

Отже, водопровід повинен бути влаштований за схемою з пожежними насосами-підвищувачами.

Граничні економічні витрати

Умовний прохід, м (Залізобетон)	Матеріал труб			Зовнішній діаметр, м	Матеріал труб
	сталь, E=1	чавун, E=1	азбестоцемент, E = 0,75		пластмаса, E = 0,75
1	2	3	4	5	6
0,075	5,2/0,083	-	-	0,075	3,7/0,0614
0,080	7,0/0,095	5,0/0,0826	-	0,090	5,9/0,0735
0,100	10,6/0,114	8,4/0,102	10,2/0,100	0,110	8,8/0,0901
0,125	15,1/0,133	13,3/0,1272	-	0,125	11,9/0,102
0,150	19,8/0,158	22,4/0,1524	22,1/0,141	0,140	13,7/0,115
0,175	26,5/0,170	-	-	0,160	18,2/0,131
0,200	42,0/0,209	40,6/0,2026	44,0/0,189	0,180	24,4/0,147
0,250	65,0/0,260	65,3/0,253	71,0/0,235	0,200	32,4/0,164
0,300	93,0/0,311	96,0/0,3044	103/0,279	0,225	41,8/0,184
0,350	128/0,0363	132/0,3524	144/0,322	0,250	55,4/0,204
0,400	167/0,412	175/0,4014	217/0,368	0,280	78,9/0,229
0,450	213/0,466	227/0,4506	-	0,315	105/0,280
0,500	286/0,516	313/0,5008	689/0,456	0,355	156/0,315
0,600	402/0,616	461/0,6002	-	0,400	208/0,355
0,700	537/0,706	642/0,6994	-	0,450	285/0,399
0,800	705/0,804	857/0,7998	-	0,500	378/0,461
0,900	897/0,904	1110/0,892	-	0,560	522/0,518
1,00	1213/0,004	1532/0,9984	-	0,630	1260/0,582

Примітка. У чисельнику - витрата води Q , л/с; в знаменнику - розрахунковий внутрішній діаметр d_p , мм.

Основні параметри водонапірних веж

Тип башти та номер типового проекту	Ємність бака, м ³	Висота башти до дна бака, м
Башти зі збірним залізобетонним стовбуром і сталевим баком циліндричної форми: 905-5-33.85	50	12; 15; 18; 21; 24; 27; 30
905-5-35.85	100	Те саме
Безкупольні цегляні башти зі сталевим баком циліндричної форми: 901-5-9/70 901-5-23/70 901-5-24/70	150 200 300	12; 15; 18; 21; 24; 30; 36 Те саме - // -
Залізобетонні башти: 901-5-22/70 901-5-26/70 901-5-12/70 901-5-28/70	100 200 500 800	15; 17,5; 20; 22,5; 25; 27,5; 30; 32,5; 35; 37,5; 40 Те саме - // - - // -

**Типові прямокутні підземні резервуари
для води зі збірного залізобетону**

Номер проекту	Ємність, м ³	Довжина, м	Ширина, м	Глибина, м
901-4-71.83	100;150;200;300	6; 9; 12; 15	6	3,64
901-4-59.83	500;700;1000;1200	12;18;24;30	12	3,39
901-4-65.83	500; 600; 800; 900; 1000; 1200;1300;1400	12; 15; 18; 21;24; 27;30; 33	12	3,51
901-4-60.83	1400; 1900; 2400	18; 24; 30	18	4,64
90М-66.83	1600; 1800; 2000; 2400; 2600	18;21;24;27;30	18	4,72
901-4-61.83	2500;3200; 3900	24;30;36	24	4,64
901-4-62.83	5000;6000;7000;8000 9000;10000;11000	30;36;42;48;54 60; 66	36	4,64
901-4-63.83	12000;13000;15000; 16000; 18000;20000	48; 54; 60; 66; 72;78	54	4,64

**Габаритні розміри і діаметри патрубків
відцентрових консольних насосів типу К і КМ**

Марка насоса	Габаритні розміри, мм			Діаметри патрубків, мм	
	довжина	ширина	висота від фундамента до осі насоса	всмоктувального	напірного
1	2	3	4	5	6
К 8/18 (1,5К6)	585	240	235	40	32
К20/18(2К-9)	563	240	235	50	40
К 20/30 (2К-6)	587	273	235	50	40
К 45/30 (3К-9)	723	308	275	80	50
К 45/55 (3К-6)	1080	550	220	80	50
К 90/20 (4К-18)	723	308	275	100	80
К 90/30 (4К-12)	1270	600	355	100	70
К 90/55 (4К-8)	1090	615	355	100	70
К 90/85 (4К-6)	1270	615	355	100	70
К 160/20 (6К-12)	1055	460	300	150	100
К 160/30 (6К-8)	1090	460	300	150	100
К 290/16 (8К-12)	1090	460	300	200	150
К 290/30 (8К-6)	1270	615	355	200	125

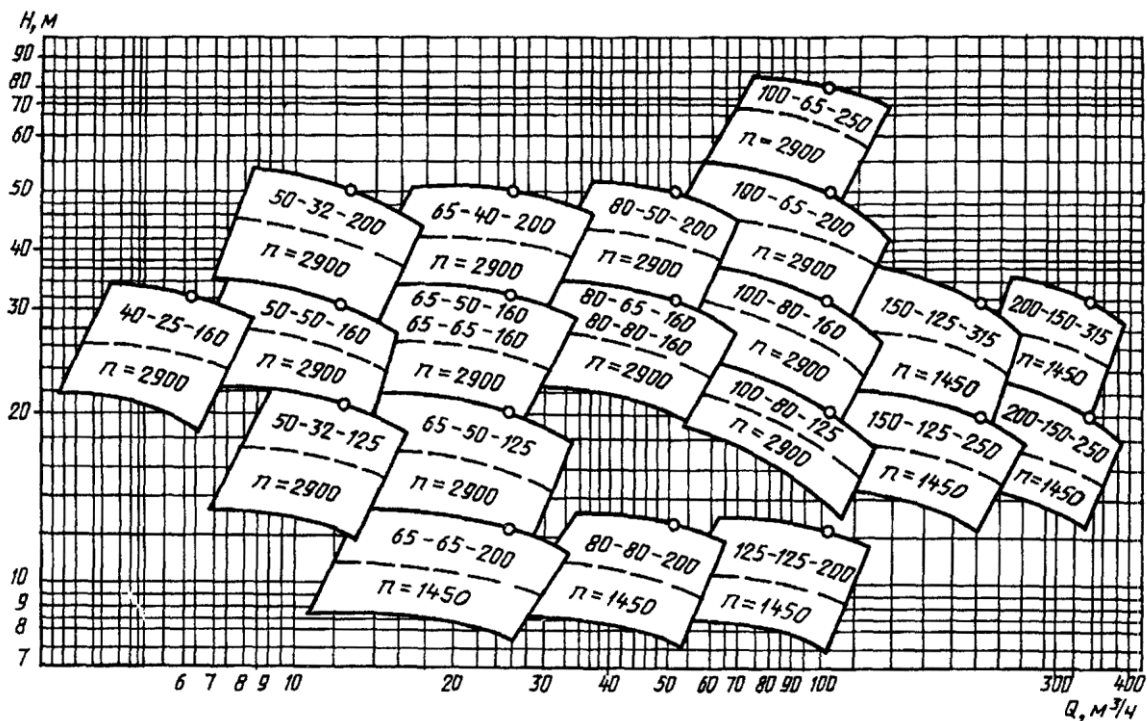


Рисунок. Зведений графік полів $Q - H$ відцентрових консольних насосів типу К

**Габаритні розміри і діаметри патрубків
відцентрових насосів двостороннього входу типу Д (НД)**

Марка насоса	Габаритні розміри, мм			Діаметри патрубків, мм	
	дов-жина	ширина	висота від фундамента до осі насоса	вхідного (всмоктувального)	напірного
1	2	3	4	5	6
Д 200-36 (5НДв-60)	1428	650	500	150	125
Д 200-95 (4НДв-60)	1490	640	450	150	100
Д 250-130	1490	640	450	150	100
Д 320-50 (6НДв)	1625	760	550	200	150
Д 320-70 (6НДс-60)	1700	740	555	200	150
Д 500-36	2100	850	515	250	150
Д 500-65 (10Д-6)	2112	860	515	250	200
Д 630-90 (8НДв)	2210	940	650	250	250
Д 800-28	2300	860	690	300	250
Д 800-57 (12Д-9)	2300	860	690	300	250
Д 1250-14	2300	880	800	350	300
Д 1000-40	2300	880	800	300	250
Д 1250-65 (12НДс)	2378	880	800	350	300
Д 1250-125 (14Д-6)	2400	900	750	350	200
Д 1600-90 (14НДс)	2500	950	870	400	350
Д 2000-21 (16НДн)	2654	1400	940	500	400
Д 2000-100 (20Д-6)	2930	1580	950	500	300
Д 2500-17	3050	1400	900	500	300

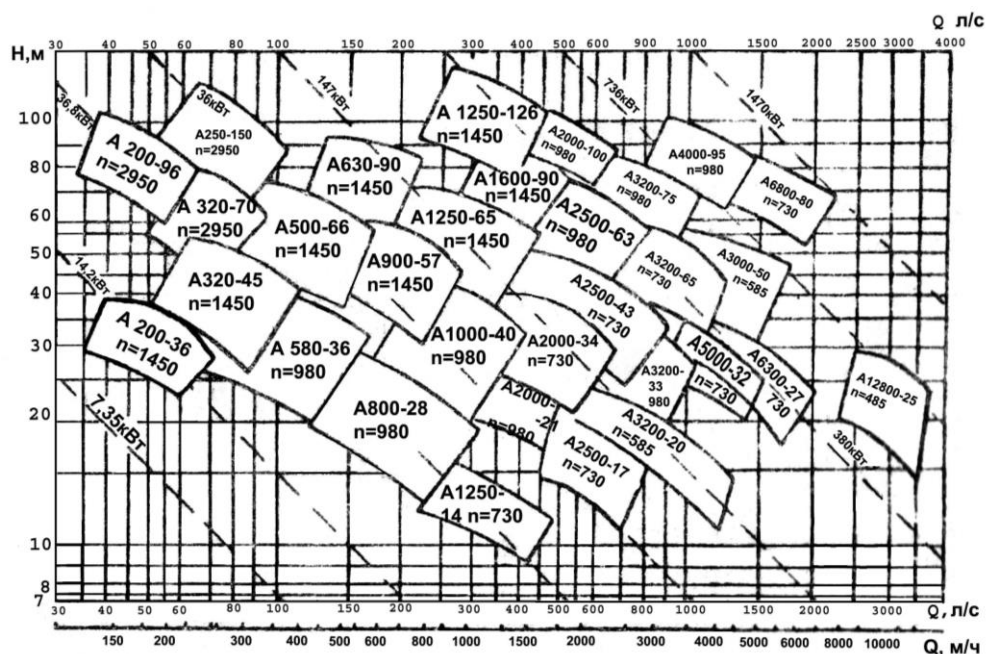


Рисунок. Зведений графік полів $Q-H$ відцентрових насосів двостороннього входу типу Д

Таблиця 1
**Розрахункові значення питомих опорів A
 для не нових сталевих труб**

Умовний прохід, мм	65	80	100	125
Розрахунковий внутрішній діаметр, мм	69,4	82,4	101,4	125,6
Значення A для витрати q , м ³ /с	2400	965,6	321,6	103,4

Таблиця 2

**Значення поправочних коефіцієнтів δ
 до розрахункових значень A для не нових сталевих труб**

V , м/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
δ	1,41	1,28	1,2	1,15	1,115	1,085	1,06	1,04	1,03	1,015	1

Технічні дані відцентрових насосів консольного типу К

Марка насоса	Номінальна подача		Повний напір H , м	ККД η , %	Потужність на валу, кВт
	м ³ /с	л/с			
К 45/30	45	12,5	30	70	5,5
К-80-65-160	50	13,9	32	70	6,2
К-80-50-200	50	13,9	50	65	10,5
К-100-80-160	100	27,8	32	77	11,3
К-100-65-200	100	27,8	50	72	18,9

ІНСТИТУТ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ІМЕНІ ГЕРОЇВ ЧОРНОБИЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

КУРСОВА РОБОТА

з навчальної дисципліни: Протипожежне водопостачання
(назва дисципліни)

на тему: _____

Курсант 2 курсу
напряму підготовки бакалавр
спеціальності 261 «Пожежна безпека»

(прізвище та ініціали)

Шифр _____

Керівник: _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЛІТЕРАТУРА

1. *Николадзе Г.И., Сомов М.А.* Водоснабжение. -М.: Стройиздат, 1995.
2. Гидравлика и противопожарное водоснабжение / Под ред. *Ю.А. Кошмарова.* -М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985.
3. Задачник по гидравлике и пожарному водоснабжению / Под ред. *А.А. Качалова.* - М.: ВИПТШ МВД СССР, 1990.
4. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування» - К. 2013.
5. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво» – К. 2012.
6. ГОСТ 539-80. Трубы и муфты асбестоцементные напорные. - М.: Изд-во стандартов, 1982.
7. ГОСТ 12586-74. Трубы железобетонные напорные виброгидропрессованные. - М.: Изд-во стандартов, 1982.
8. ГОСТ 16953-78. Трубы железобетонные напорные центрифугированные. -М.: Изд-во стандартов, 1979.
9. ГОСТ 18599-83. Трубы напорные из полиэтилена. -М.: Изд-во стандартов, 1986.
10. ГОСТ 8894-77. Трубы стеклянные и фасонные части к ним. -М.: Изд-во стандартов, 1979.
11. ГОСТ 9583-75. Трубы чугунные напорные, изготовленные методами центробежного и полунепрерывного литья. -М.: Изд-во стандартов, 1977.
12. ГОСТ 21053-75. Трубы чугунные напорные, со стоковым соединением под резиновые уплотнительные манжеты. -М.: Изд-во стандартов, 1977.
13. *Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф.* Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб / Справочное пособие. -М.: Стройиздат, 1984.
14. ГОСТ 22247-76Е. Насосы центробежные консольные общего назначения для воды. Технические условия. -М.: Изд-во стандартов, 1982.

Папір офсетний. Друк лазерний, папір 70 г/м²
Обкладинка кольорова 260 г/м²
64 сторінки

Наклад 200 прим.

Підготовлено до друку в Інституті пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля.
18034, м. Черкаси, вул. Онопрієнка, 8.

Друк: Черкаська майстерня друку.....