

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

О.А. Петухова, С.А. Горностаљ, Ю.В. Уваров

СПЕЦІАЛЬНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Підручник

Навчальне видання виправлене та доповнене

Харків 2015

УДК 614.8
ББК 3896я73
С 71

Підготовлено до друку рішенням
вченої ради НУЦЗ України
Протокол від 26.03.15 № 10

Авторський колектив
О.А. Петухова
С.А. Горносталь
Ю.В. Уваров

Рецензенти: доктор технічних наук, професор В.А. Андронов, проректор з наукової роботи Національного університету цивільного захисту України;
доктор технічних наук, доцент, академік Міжнародної академії безпеки життєдіяльності М.І. Адаменко, завідуючий кафедрою безпеки життєдіяльності Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна;
доктор технічних наук, професор В.Є. Ведь, заступник завідуючого кафедрою інтегрованих технологій, процесів та апаратів НТУ «ХП».

С 71 **Спеціальне водопостачання:** підручник (навчальне видання виправлене та доповнене) / О.А. Петухова, С.А. Горносталь, Ю.В. Уваров – Х.: НУЦЗУ, 2015 – 256 с.

Підручник являє собою навчальне видання з навчальної дисципліни «Спеціальне водопостачання» для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямом «Пожежна безпека». Підручник містить систематизоване викладення навчальної дисципліни «Спеціальне водопостачання» та відповідає програмі дисципліни.

УДК 614.8
ББК 3896я73
© Петухова О.А., Горносталь С.А.,
Уваров Ю.В., 2015
© НУЦЗУ, 2015

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Насосно-рукавні системи.....	8
1.1. Основи теорії насосів	8
1.1.1. Класифікація та основні характеристики відцентрових насосів	9
1.1.2. Статичні характеристики відцентрових насосів	16
1.1.3. Робота відцентрових насосів на зовнішню мережу	18
1.2. Розрахунок насосно-рукавних систем.....	20
1.2.1. Схеми насосно-рукавних систем	20
1.2.2. Розрахунок основних схем насосно-рукавних систем	21
1.2.3. Методика розрахунку основних схем насосно-рукавних систем	27
1.2.4. Подача води на лафетні стволи	33
1.2.5. Методика розрахунку насосно-рукавних систем при подачі води на лафетні стволи	35
Контрольні питання та завдання	48
2. Влаштування систем протипожежного водопостачання	49
2.1. Системи водопостачання населених пунктів та виробничих об'єктів ..	49
2.1.1. Класифікація систем водопостачання	49
2.1.2. Схеми водопостачання населених пунктів	51
2.1.3. Схеми водопостачання виробничих об'єктів.....	54
Контрольні питання та завдання	56
2.2. Водопровідні мережі та запірно-регулююча арматура на системах водопостачання	56
2.2.1. Водопровідні мережі	56
2.2.2. Запірно-регулююча арматура	61
Контрольні питання та завдання	66
2.3. Витрати та напори у протипожежних водопроводах	66
2.3.1. Витрати на господарсько-питне водоспоживання населення	67
2.3.2. Поливка вулиць та зелених насаджень	68
2.3.3. Витрата води на виробничі потреби виробничого об'єкта	69
2.3.4. Господарсько-питні потреби працівників та службовців на виробничому об'єкті	70
2.3.5. Витрата води на прийняття душу працівниками виробничого об'єкта	70
2.3.6. Визначення погодинного водоспоживання населеного пункту та підприємства.....	71
2.3.7. Визначення витрат води для пожежогасіння	72
2.3.8. Розрахункові добові витрати води.....	74
2.3.9. Вільні напори у системах зовнішнього протипожежного водопостачання	75
2.3.10. Вільні напори у системах внутрішнього протипожежного водопостачання	76
2.3.11. Методика розв'язання основних типів задач	77

Контрольні питання та завдання	83
2.4. Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж	84
2.4.1. Підготовка мережі до розрахунку та основні розрахункові залежності	84
2.4.2. Особливості гідравлічного розрахунку кільцевих мереж	86
2.4.3. Особливості гідравлічного розрахунку тупикової мережі.....	94
2.4.4. Методика розв'язання основних типів задач.....	95
Контрольні питання та завдання	101
2.5. Гідравлічний розрахунок основних водопровідних споруд	102
2.5.1. Проектування резервуарів чистої води	102
2.5.2. Проектування водонапірних башт	108
2.5.3. Насосні станції	113
2.5.4. Методика розв'язання основних типів задач.....	126
Контрольні питання та завдання	133
2.6. Безводопровідне водопостачання.....	134
2.6.1. Умови використання безводопровідного водопостачання	134
2.6.2. Природні вододжерела. Способи забору води з природних вододжерел	135
2.6.3. Штучні джерела безводопровідного водопостачання.....	137
Контрольні питання та завдання	142
2.7. Спеціальний зовнішній протипожежний водопровід високого тиску	143
2.7.1. Облаштування систем протипожежного водопостачання складів лісопиломатеріалів.....	143
2.7.2. Будівництва систем протипожежного водопостачання на складах нафти та нафтопродуктів.....	152
Тестове контрольне завдання	158
2.8. Внутрішній протипожежний водопровід.....	160
2.8.1. Призначення, класифікація та основні елементи внутрішнього протипожежного водопроводу.....	160
2.8.2. Схеми внутрішнього протипожежного водопроводу	175
2.8.3. Розрахунок внутрішнього протипожежного водопроводу	177
2.8.4. Методика розв'язання основних типів задач.....	184
Контрольні питання та завдання	189
2.9. Внутрішній протипожежний водопровід висотних будівель та будівель з масовим перебуванням людей	190
2.9.1. Будівництва внутрішнього протипожежного водопроводу в висотних будівлях	190
2.9.2. Рекомендації для проектування пожежних кран-комплектів у висотних житлових будівлях.....	198
2.9.3. Будівництва протипожежних водопроводів у будівлях з масовим перебуванням людей.....	201
Тестове контрольне завдання	207
3. Перевірка проектів та протипожежного стану систем протипожежного водопостачання	209

3.1. Перевірка проектів та прийняття до експлуатації системи протипожежного водопостачання	209
3.1.1. Порядок перевірки проектів протипожежного водопостачання	209
3.1.2. Прийняття до експлуатації системи протипожежного водопостачання	211
3.1.3. Методика розв'язання основних типів задач	212
Контрольні питання та завдання	215
3.2. Випробування водопровідних мереж на водовіддачу	216
3.2.1. Прилади для проведення випробувань на водовіддачу	216
3.2.2. Порядок проведення випробувань на водовіддачу	224
3.2.3. Випробування на водовіддачу зовнішніх мереж низького тиску	225
3.2.4. Випробування на водовіддачу водопроводів високого тиску	226
3.2.5. Випробування на водовіддачу внутрішніх водопровідних мереж ..	228
3.2.6. Методика розв'язання основних типів задач	228
Контрольні питання та завдання	232
3.3. Гідравлічні випробування бетонних і залізобетонних резервуарів	232
Контрольні питання та завдання	234
Додатки	235
Додаток 1. Значення параметрів a та b характеристик пожежних насосів	235
Додаток 2. Значення опорів пожежних рукавів S_p (S_m)	235
Додаток 3. Значення опорів та провідності пожежних стволів	235
Додаток 4. Таблиця напорів, витрат води та довжин компактних струменів для насадок діаметром до 25 мм	235
Додаток 5. Формули для розрахунку основних схем насосно-рукавних систем	237
Додаток 6. Формули для розрахунку схем насосно-рукавних систем з подачею води до лафетного ствола	238
Додаток 7. Таблиця напорів, витрат води та довжин компактних струменів для лафетних стволів	239
Додаток 8. Норми господарсько-питного водоспоживання	240
Додаток 9. Значення коефіцієнту $\beta_{\max}$, що враховує кількість мешканців у населеному пункті	240
Додаток 10. Витрати води на поливання-миття міських територій у розрахунку на одного мешканця	241
Додаток 11. Розподіл добових витрат води по годинах для коефіцієнта годинної нерівномірності водоспоживання – $K_{\max \text{ год}}$	241
Додаток 12. Витрати води з водопровідної мережі на зовнішнє пожежогасіння в населених пунктах	242
Додаток 13. Витрати води на зовнішнє пожежогасіння житлових та громадських будівель	243
Додаток 14. Витрати води на зовнішнє пожежогасіння будівель виробничого або складського призначення шириною не більше ніж 60 метрів	244

Додаток 15. Витрати води на зовнішнє пожежогасіння будівель виробничого або складського призначення шириною 60 метрів і більше.	245
Додаток 16. Норми витрат води на пожежогасіння та кількість струменів для житлових та громадських будівель	246
Додаток 17. Норми витрат води на внутрішнє пожежогасіння виробничих будівель	247
Додаток 18. Кількість одночасних пожеж в населеному пункті та на виробничому об'єкті.....	248
Додаток 19. Таблиця опорів сталевих та чавунних труб залежно від їх діаметра	249
Додаток 20. Фактичні витрати води, радіус компактної частини та тиск на пожежному кран-комплекті в залежності від його обладнання	250
Література	251
Предметний покажчик.....	252

ВСТУП

Дисципліна «Спеціальне водопостачання» вивчає основні принципи проектування, розрахунку та експлуатації окремих елементів системи протипожежного водопостачання та їх взаємодії в комплексі. Програмою дисципліни передбачається вивчення схем і систем протипожежного водопостачання, набуття теоретичних знань і практичних навичок щодо розрахунку систем подачі води до осередку пожежі за допомогою пожежної техніки (насосно-рукавних систем) та стаціонарними засобами (системами зовнішнього та внутрішнього водопостачання), експертизи проектів та перевірок систем протипожежного водопостачання.

Підручник являє собою навчальне видання з навчальної дисципліни «Спеціальне водопостачання» для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямом «Пожежна безпека». Підручник містить систематизоване викладення навчальної дисципліни «Спеціальне водопостачання» та відповідає програмі дисципліни.

Підручник «Спеціальне водопостачання» складається з трьох основних розділів, питань для самоконтролю, обов'язкових та додаткових задач, прикладів, довідково-інформаційних даних для розв'язання задач (таблиці, схеми тощо), а також апарату для орієнтації в матеріалах підручника (предметний покажчик).

1. НАСОСНО-РУКАВНІ СИСТЕМИ

1.1. Основи теорії насосів

Насоси є одним із основних елементів системи протипожежного водопостачання. Вони відрізняються різноманіттям конструктивних та експлуатаційних параметрів.

Насос – гідравлічна машина, що призначена для передачі рідині кінетичної енергії.

Спосіб передачі рідині кінетичної енергії (принцип дії) може бути:

– **об'ємний** – енергія передається рідині шляхом періодичної зміни замкненого об'єму при руху рідини від всмоктуючої до напірної порожнини насоса (наприклад, поршневі насоси: при руху поршня змінюється об'єм замкненої порожнини та за рахунок цього вода рухається від всмоктуючого до напірного патрубку насоса);

– **динамічний** – рідина рухається безперервним потоком від входу насоса до виходу з нього під дією гідродинамічних сил.

Таким чином, **насоси за принципом дії** можна розділити на:

– **об'ємні** (зворотно-поступової дії; роторні та інші);
– **динамічні** (відцентрові; осьові; електромагнітні; тертя; вихрові; струменеві).

Насоси зворотно-поступової дії поділяються на **поршневі** та **мембранні** (рис. 1.1). Принцип їх дії заснований на витисненні рідини з робочого об'єму гідромашини. Використовуються для подачі невеликої кількості рідини під значним тиском.

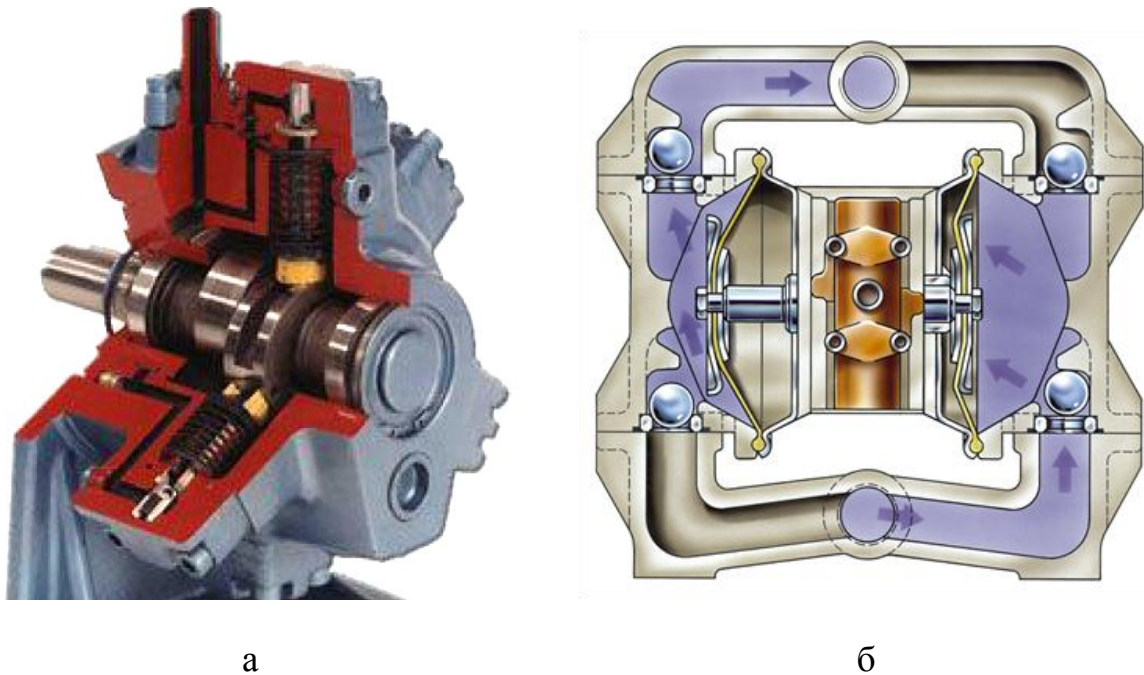


Рис. 1.1 – Насоси зворотно-поступової дії:

а) поршневі, б) – мембранні

Роторні насоси поділяються на шестеренчасті, гвинтові, коловоротні, роликові, пластинчаті. Характеризуються рівномірною подачею з одночасним створенням значного тиску на виході. Можуть використовуватися у схемах очищення води при дозуванні реагентів.

Відцентрові, осьові, вихрові та інші насоси побудовані за динамічним принципом: при роботі робочого колеса кінетична енергія від нього передається рідині, що перекачується, та на виході системи перетворюється на енергію тиску (рис. 1.2).

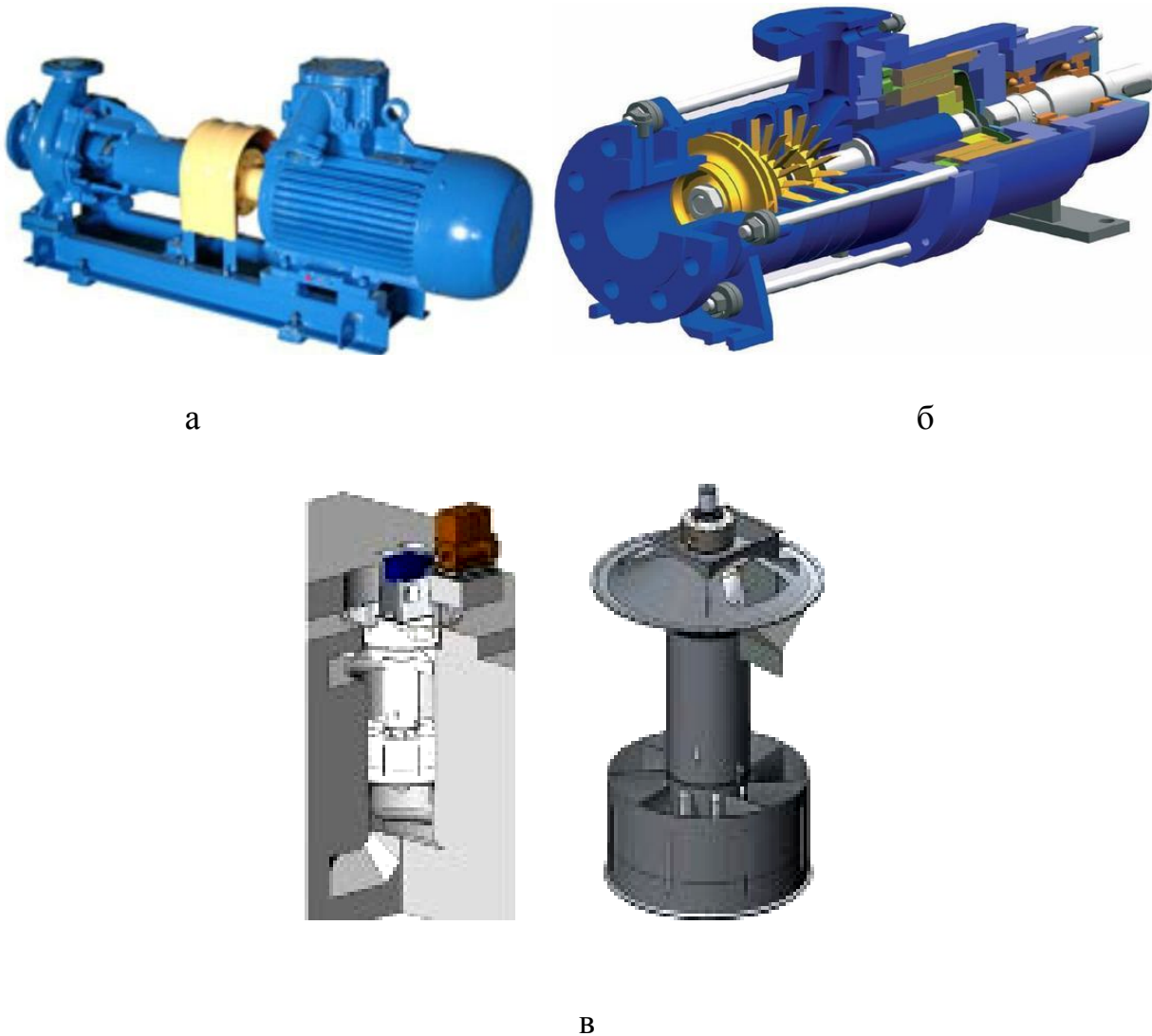


Рис. 1.2 – Динамічні насоси:

а) відцентровий; б) вихровий; в) осьовий

1.1.1. Класифікація та основні характеристики відцентрових насосів

В протипожежному водопостачанні найчастіше використовуються **відцентрові насоси (ВЦН)**, в яких енергія передається рідині шляхом її динамічної взаємодії з лопастями робочого колеса.

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки відцентрових насосів

Переваги відцентрових насосів	Недоліки відцентрових насосів
простота конструкції	необхідність заповнення водою всмоктуючого трубопроводу та корпусу насоса перед пуском
компактність та невеликий об'єм	
зручність з'єднання з двигуном	
можливість перекачування рідини з різними фізико-хімічними параметрами	
висока потужність	

Таблиця 1.2 – Класифікація відцентрових насосів

№	Ознака	Позиція класифікації	Показники класифікації
1	За тиском (напором)	низького тиску	до 20 м
		середнього тиску	20 ÷ 60 м
		високого тиску	понад 60 м
2	За кількістю робочих коліс	одноступеневі	одне робоче колесо
		багатоступеневі	з декількома робочими колесами
3	За способом подачі води до робочого колеса	з одного боку	
		з двох боків	
4	За розміщенням вала	горизонтальні	
		вертикальні	

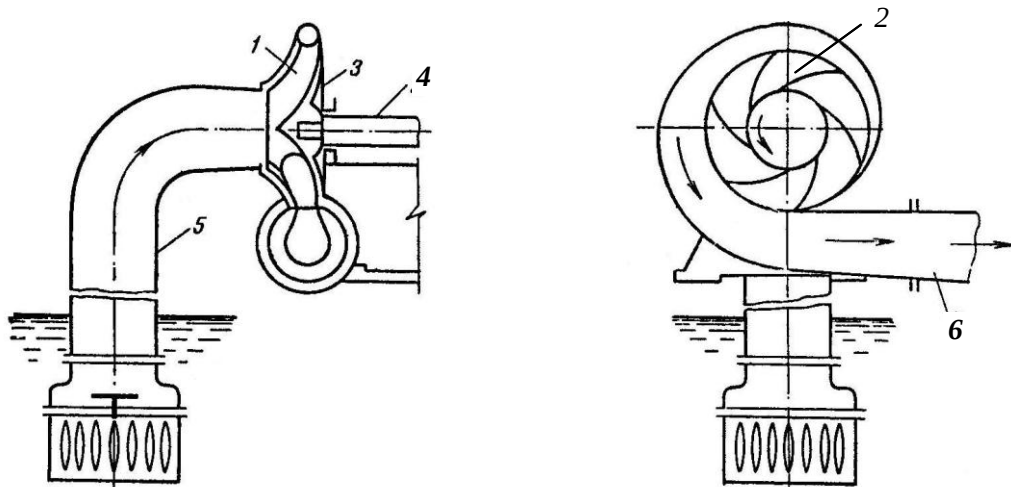


Рис. 1.3 – Схема відцентрового насоса:

1 – робоче колесо, 2 – лопасті, 3 – корпус, 4 – вал, 5 – всмоктуючий трубопровід, 6 – напірний трубопровід

Основними елементами відцентрових насосів є робоче колесо (1), його лопасті (2), корпус (3), вал (4), всмоктуючий трубопровід (5), напірний трубопровід (6) (рис. 1.3). Робоче колесо насаджено на вал, який з'єднаний із електродвигуном або двигуном внутрішнього згоряння. Робоче колесо складається із двох дисків, розміщується у спіральній камері, яка призначена для повільного відводу рідини до напірного трубопроводу. Колеса мають шість – ві-

сім лопастей. Для роботи на брудних рідинах застосовують відцентрові насоси із двома – чотирма лопастями.

До пуску корпус насоса та всмоктуючий трубопровід заповнюють водою, після чого вмикають двигун, зв'язаний валом з насосом. Під впливом відцентрових сил рідина у насосі починає рухатися по каналах між лопастями робочого колеса у напрямку від центра до периферії. Унаслідок цього на вході до робочого колеса у центральній частині насоса створюється вакуум. Під впливом зовнішнього (атмосферного) тиску рідина з вододжерела всмоктується у центральну зону робочого колеса. Таким чином, при безперервній роботі відцентрового насоса через нього подається безперервний потік рідини.

У процесі руху рідини при її контакті із лопастями робочого колеса та їх силового впливу на потік механічна енергія перетворюється у кінетичну енергію переміщення рідини, при цьому за рахунок розширення спіральної камери кінетична енергія перетворюється в енергію тиску. Перетворення кінетичної енергії закінчується у напірному трубопроводі, який звичайно виконується у вигляді прямоосового дифузора.

Основними характеристиками насосів є:

- витрата води (подача, продуктивність);
- напір (тиск);
- потужність;
- коефіцієнт корисної дії;
- вакуумметрична висота всмоктування;
- геометрична висота всмоктування.

Подача насоса – об'єм рідини, що перекачується за одиницю часу:

- одиниці виміру – $\text{м}^3/\text{год}$, $\text{м}^3/\text{хв}$, л/с ($1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ л}$);
- позначається – Q (q).

Напір насоса – різниця повних питомих енергій потоку на вході та виході з насоса:

- одиниці виміру – м , Па , атм ($1 \text{ атм} = 10 \text{ м} = 10^5 \text{ Па}$);
- позначається – H .

Тиск на виході насоса витрачається на підйом рідини, подолання опору всмоктуючого та напірного трубопроводів і на створення вільного тиску наприкінці напірного трубопроводу. Для пояснення цього розглянемо принципову схему роботи відцентрового насоса з перекачування рідини із одного резервуара (вододжерела) до іншого (рис. 1.4).

Для визначення величин питомих енергій в перерізах II–II та III–III складемо для них рівняння Бернуллі, відносно перерізу I–I (рівняння Бернуллі – закон збереження енергії, який визначає залежність між положенням, тиском та швидкістю руху рідини).

Напір насоса визначається (рис.1.4):

$$H_H = E_{III} - E_{II}, \quad (1.1)$$

де E_{III} – повна питома енергія на виході з насоса;
 E_{II} – повна питома енергія на вході насоса.

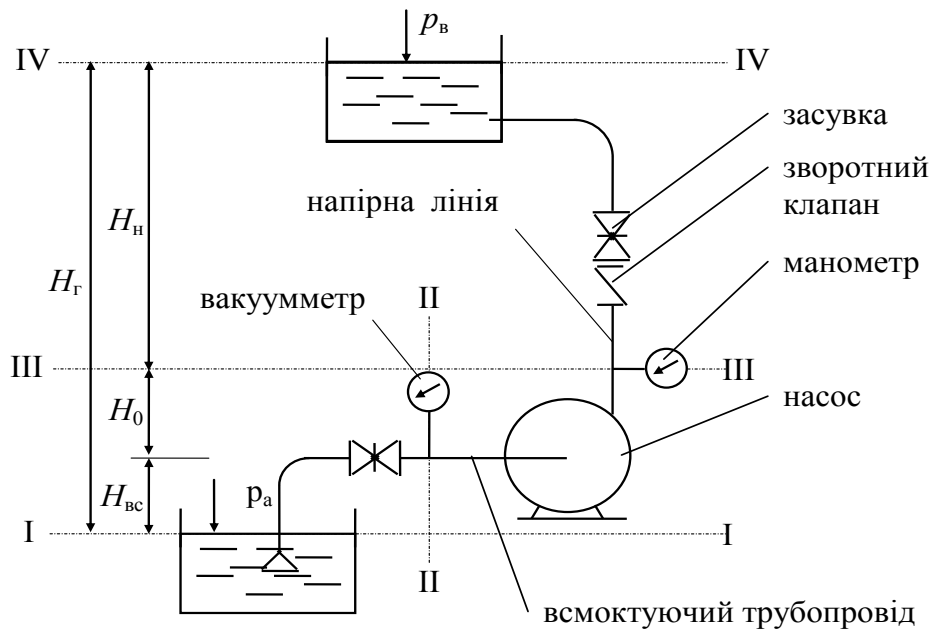


Рис. 1.4 – Розрахункова схема для визначення напору насоса

Повна питома енергія на виході з насоса (фіксується манометром, через який проходить переріз III–III) складається з наступного:

$$E_{III} = z_{III} + \frac{p_{III}}{\rho g} + \frac{v_{III}^2}{2g},$$

де $z_{III} = H_{вс} + H_0$ – висота встановлення манометра у відношенні до рівня води в вододжерелі ($H_{вс}$ – висота всмоктування насоса; H_0 – різниця відміток встановлення манометра та вакуумметра);

$p_{III} = p_n$ – тиск в напірному трубопроводі;

$v_{III} = v_n$ – швидкість руху води в напірному трубопроводі.

Тоді повна питома енергія на виході насоса буде визначатися:

$$E_{III} = H_{вс} + H_0 + \frac{p_n}{\rho g} + \frac{v_n^2}{2g}. \quad (1.2)$$

Повна питома енергія на вході насоса складається з наступного:

$$E_{II} = z_{II} + \frac{p_{II}}{\rho g} + \frac{v_{II}^2}{2g},$$

де $z_{II} = H_{вс}$ – висота встановлення вакуумметра стосовно рівня води в вододжерелі;

$p_{II} = p_{вс}$ – тиск у всмоктуючому трубопроводі;

$v_{II} = v_{вс}$ – швидкість руху води у всмоктуючому трубопроводі.

Враховуючи заміни, повна питома енергія на вході насоса буде визначатися:

$$E_{\text{II}} = H_{\text{BC}} + \frac{p_{\text{BC}}}{\rho g} + \frac{v_{\text{BC}}^2}{2g}. \quad (1.3)$$

Підставляючи (1.2) та (1.3) в (1.1), визначимо напір насоса:

$$H_{\text{H}} = H_0 + \frac{p_{\text{H}} - p_{\text{BC}}}{\rho g} + \frac{v_{\text{H}}^2 - v_{\text{BC}}^2}{2g}. \quad (1.4)$$

Необхідно записати рівняння Бернуллі для:

– всмоктуючого трубопроводу між перерізами I–I та II–II;

– напірного трубопроводу між перерізами III–III та IV–IV.

Для всмоктуючого трубопроводу між перерізами I–I та II–II відносно перерізу I–I:

$$z_{\text{I}} + \frac{p_{\text{I}}}{\rho g} + \frac{v_{\text{I}}^2}{2g} = z_{\text{II}} + \frac{p_{\text{II}}}{\rho g} + \frac{v_{\text{II}}^2}{2g} + h_{\text{BC}},$$

де $z_{\text{I}} = 0$ – рівень поверхні води у вододжерелі;

$p_{\text{I}} = p_{\text{a}}$ – атмосферний тиск;

$v_{\text{I}} = 0$ – швидкість руху води у вододжерелі;

h_{BC} – втрати напору у всмоктуючому трубопроводі.

Враховуючи заміни:

$$\frac{p_{\text{a}}}{\rho g} = H_{\text{BC}} + \frac{p_{\text{BC}}}{\rho g} + \frac{v_{\text{BC}}^2}{2g} + h_{\text{BC}},$$

знаходимо p_{BC} :

$$\frac{p_{\text{BC}}}{\rho g} = \frac{p_{\text{a}}}{\rho g} - H_{\text{BC}} - \frac{v_{\text{BC}}^2}{2g} - h_{\text{BC}}. \quad (1.5)$$

Для напірного трубопроводу між перерізами III–III та IV–IV відносно перерізу I–I:

$$z_{\text{III}} + \frac{p_{\text{III}}}{\rho g} + \frac{v_{\text{III}}^2}{2g} = z_{\text{IV}} + \frac{p_{\text{IV}}}{\rho g} + \frac{v_{\text{IV}}^2}{2g} + h_{\text{H}},$$

де $z_{\text{IV}} = H_0 + H_{\text{BC}} + H_{\text{H}}$ – висота встановлення резервуара відносно рівня води у вододжерелі;

$p_{IV} = p_B$ – вільний тиск на поверхні резервуара;

$v_{IV} = 0$ – швидкість руху води в резервуарі;

h_H – втрати напору в напірному трубопроводі.

Враховуючи заміни:

$$H_{BC} + H_0 + \frac{p_H}{\rho g} + \frac{v_H^2}{2g} = H_{BC} + H_0 + \frac{p_B}{\rho g} + h_H,$$

знаходимо p_H :

$$\frac{p_H}{\rho g} = H_H + \frac{p_B}{\rho g} - \frac{v_H^2}{2g} + h_H. \quad (1.6)$$

Підставляємо (1.5) та (1.6) в (1.4):

$$\begin{aligned} H_H &= H_0 + \left(H_H + \frac{p_B}{\rho g} - \frac{v_H^2}{2g} + h_H \right) - \left(\frac{p_a}{\rho g} - H_{BC} - \frac{v_{BC}^2}{2g} - h_{BC} \right) + \frac{v_H^2 - v_{BC}^2}{2g} = \\ &= H_0 + H_H + H_{BC} + \frac{p_B - p_a}{\rho g} + h_{BC} + h_H. \end{aligned}$$

З розрахункової схеми для визначення напору насоса (рис.1.4) зрозуміло, що геометрична висота підйому води з вододжерела до резервуара складається з наступного:

$$H_\Gamma = H_0 + H_H + H_{BC}.$$

Різниця тисків на поверхнях вододжерела та резервуара дорівнює необхідному вільному тиску у кінці напірного трубопроводу:

$$H_B = \frac{p_B - p_a}{\rho g};$$

таким чином:

$$H_H = H_\Gamma + H_B + h_{BC} + h_H, \quad (1.7)$$

тобто необхідний тиск насоса складається з необхідної висоти підйому води, значень втрат напору у всмоктуючому та напірному трубопроводах та з величини вільного тиску у кінці напірного трубопроводу.

Потужність – це об'єм роботи, що витрачається на перекачку рідини масою $\rho g Q$ та підйому її на висоту H за одиницю часу:

– одиниці виміру – Вт, кВт;

– позначається – N .

Якщо не враховувати втрати енергії в насосі, то можна визначити **корисну** потужність:

$$N_{\text{к}} = \rho g Q H ,$$

вона менша, ніж повна потужність $N_{\text{п}}$ на величину цих самих втрат енергії в насосі.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) – оцінює ефективність роботи насоса, дорівнює відношенню корисної потужності до повної:

$$\eta = \frac{N_{\text{к}}}{N_{\text{п}}} .$$

Коефіцієнт корисної дії враховує гідравлічні, об'ємні та механічні втрати, що виникають при передачі енергії до рідини, що перекачується, і визначається:

$$\eta = \eta_{\text{г}} \eta_{\text{о}} \eta_{\text{м}} ,$$

де $\eta_{\text{г}} = 0,8 \div 0,95$ – гідравлічний ККД – враховує втрати енергії на подолання гідравлічного опору при руху рідини від входу до насоса і до виходу з нього;

$\eta_{\text{о}} = 0,9 \div 0,98$ – об'ємний ККД – враховує втрати енергії, що виникли в результаті циркуляції рідини крізь щілинні зазори між робочим колесом та корпусом насосу – з напірної частини до всмоктуючої;

$\eta_{\text{м}} = 0,95 \div 0,98$ – механічний ККД – враховує втрати енергії на подолання тертя в підшипниках, сальниках, а також зовнішньої поверхні робочого колеса з рідиною.

Вакуумметрична висота всмоктування $H_{\text{вак}}$ – характеризує ступінь розрідження, що виникає на вході в насос, за рахунок різниці атмосферного тиску на вільній поверхні води в резервуарі – $\frac{\partial_a}{\rho g}$ та тиску у всмоктуючому

трубопроводі у вході до робочого колеса – $\frac{\partial_{\text{вн}}}{\rho g}$. Таким чином вакуумметрична висота всмоктування визначається:

$$H_{\text{вак}} = \frac{p_{\text{а}} - p_{\text{вс}}}{\rho g} .$$

Величина вакуумметричної висоти всмоктування різних насосів вказується в каталогах та не перебільшує 6 – 8 м.

Геометрична висота всмоктування $H_{\text{вс}}$ – визначає висоту встановлення осі насоса над рівнем води в резервуарі:

$$H_{\text{вс}} = \frac{p_{\text{а}} - p_{\text{вс}}}{\rho g} - \frac{v_{\text{вс}}^2}{2g} - h_{\text{вс}}.$$

Знаючи, що $\frac{p_{\text{а}} - p_{\text{вс}}}{\rho g} = H_{\text{вак}}$ – вакуумметрична висота всмоктування, геометрична висота всмоктування визначається:

$$H_{\text{вс}} = H_{\text{вак}} - \frac{v_{\text{вс}}^2}{2g} - h_{\text{вс}}.$$

Таким чином, геометрична висота всмоктування менша за вакуумметричну на величину швидкісного тиску і втрат напору у всмоктуючому трубопроводі.

Збільшити геометричну висоту всмоктування можна за рахунок:

- зменшення втрати тиску у всмоктуючому трубопроводі;
- зменшення швидкості руху води на вході до насоса.

Для цього можна:

- збільшити діаметр всмоктуючого трубопроводу;
- зменшити довжину всмоктуючого трубопроводу;
- зменшити кількість місцевих опорів.

Геометрична висота всмоктування для відцентрових насосів не перебільшує 5 – 7 м, та лише для деяких типів – досягає 7,5 – 8 м.

При зниженні тиску у всмоктуючому трубопроводі до тиску пароутворення із води починає виділятися пара та настає явище **кавітації**, яке супроводжується:

- скипанням води;
- порушенням цілості потоку;
- призупиненням подачі води;
- виникненням гідравлічних ударів в трубах;
- вібрацією обладнання;
- руйнуванням металу в місцях кавітації.

Для запобігання виникненню кавітації необхідно уважно слідкувати за тиском у всмоктуючому трубопроводі насоса, що забезпечується встановленням на ньому вакуумметра або мановакуумметра.

1.1.2. Статичні характеристики відцентрових насосів

Виготовлені на заводі насоси проходять стендові випробування, метою яких є визначення залежності подачі насоса від тиску на виході з насоса $Q=f(H)$, необхідної потужності $Q=f(N)$ та коефіцієнта корисної дії $Q=f(\eta)$ – тобто статичних характеристик насоса. Випробування проводяться при різних фіксованих частотах обертання колеса відцентрового насоса, що вимірюються за допомогою тахометра. Регулюючи ступінь відкриття засувки на напірному

трубопроводі, одержують різні витрати води на виході з приладу. Для кожного значення витрати Q фіксується тиск H та розраховуються відповідні потужність N та коефіцієнт корисної дії η . Статичні характеристики будують у прийнятому масштабі: по осі абсцис відкладають витрати води Q , по осі ординат – відповідні значення тиску H , потужності N та коефіцієнта корисної дії η (рис. 1.5).

Для насоса ПН-40У максимальне значення коефіцієнта корисної дії відповідає подачі Q_A та тиску H_A (рис. 1.5). Точка А на статичній характеристиці $Q=f(\eta)$ є "оптимальною точкою" і відповідає оптимальному режиму роботи насоса.

Головна мета вибору насосів – забезпечення оптимального режиму їх експлуатації. При експлуатації необхідно встановити такий режим їх роботи, який наближається до області оптимальної точки, що забезпечить максимальний коефіцієнт корисної дії близько 90 % ($\eta=0,9$).

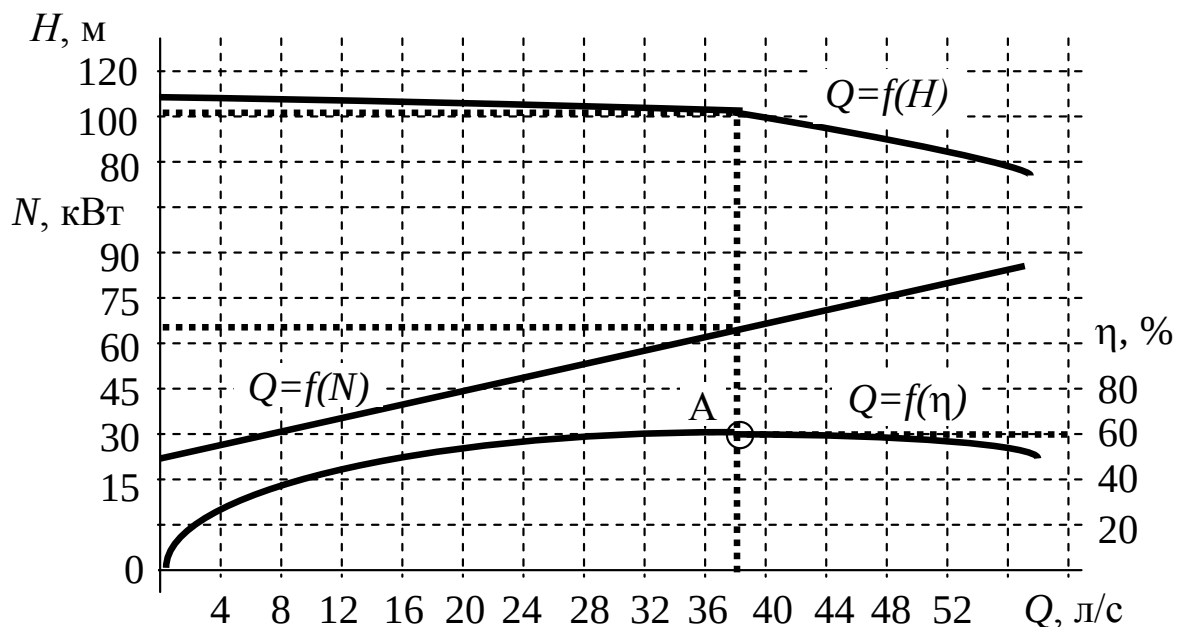


Рис. 1.5 – Статичні характеристики відцентрового пожежного насоса ПН-40У

Статична характеристика $Q=f(H)$ є **головною робочою характеристикою насоса**. Початкова точка характеристики відповідає нульовій подачі, тобто режиму роботи насоса з закритою засувкою на напірному трубопроводі. При цьому тиск на виході насоса – максимальний, а потужність витрачається на підігрів води. Робота насоса у такому режимі не дозволяється, тому що може призвести до його пошкодження.

Результати стендових випробувань з визначення статичних характеристик конкретного насоса для різних значень частоти обертання робочого колеса насоса графічно відображають в одній координатній площині, створюючи тим самим універсальні характеристики насосів.

Зміна частоти обертання колеса відцентрового насоса n значно впливає на зміну подачі насоса, а також його тиску та потужності, а саме:

– **подача** Q відцентрового насоса змінюється пропорційно n :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2},$$

– **тиск** H (напір) на виході насоса змінюється пропорційно квадрату частоти обертання n :

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2,$$

– **потужність** N , що споживається насосом, змінюється пропорційно кубу частоти обертання робочого колеса n :

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3.$$

Встановлений закон пропорційності дозволяє за однією серією випробувань побудувати характеристики насоса у широкому діапазоні змін вхідних параметрів.

Таким чином, статичні характеристики відцентрових насосів відображують ефективність їх роботи при різних режимах роботи та дозволяють точно підібрати найбільш економічний з них для заданих умов.

1.1.3. Робота відцентрових насосів на зовнішню мережу

У практиці проектування та аналізу режимів роботи насосів використовують метод графоаналітичного розрахунку сумісної роботи системи насос – мережа (за мережу може прийматися водопровідна мережа, рукавні лінії насосно-рукавних систем та інше). При сумісній роботі насоса та зовнішньої мережі встановлюється режим, при якому витрати води та тиск відповідають один одному, тобто тиск, необхідний для подачі води по трубопроводу, буде відповідати тиску біля відцентрового насоса. Такий режим можна визначити, побудувавши сумісні статичні характеристики насоса та мережі в одній координатній площині.

Для вирішення поставленої задачі необхідно використати *головну робочу характеристику відцентрового насоса*, яка має вигляд:

$$H = a - bQ^2, \quad (1.8)$$

де H – тиск насоса, м;

a – тиск насоса при нульовій подачі, м;

b – коефіцієнт, який враховує конструктивні особливості насоса;

Q – витрата насоса, л/с.

Значення параметрів a та b для деяких типів насосів, встановлених на пожежних автомобілях, наведені у додатку 1.

Використовуючи значення a та b для різних значень витрат води Q у відповідності до (1.8), будують характеристику $Q=f(H)$ (рис. 1.6).

Для визначення характеристики мережі проаналізуємо формулу (1.7) визначення напору насоса при його роботі з перекачування води від одного резервуара (вододжерела) до іншого (рис. 1.4):

$$H_H = H_\Gamma + H_B + h_{BC} + h_H.$$

Суму втрат напору у всмоктуючому h_{BC} та напірному h_H трубопроводах складають втрати напору в мережі:

$$h = h_{BC} + h_H = SQ^2,$$

де S – опір трубопроводів.

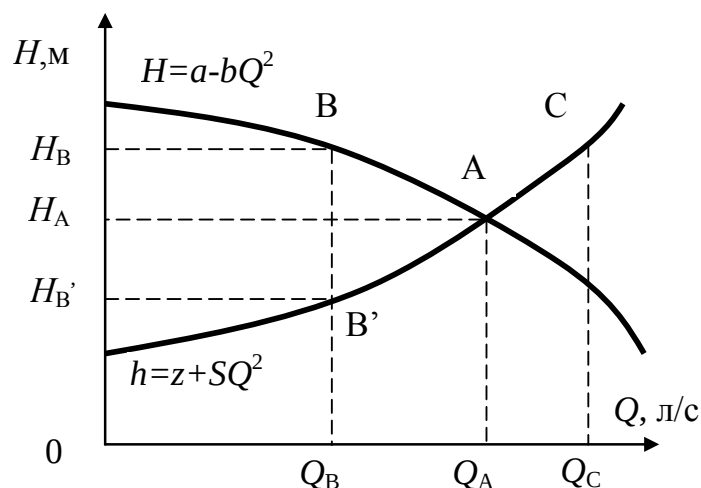


Рис. 1.6 – Визначення робочої точки насоса

Значення геометричної висоти підйому води H_Γ та необхідного вільного тиску H_B при розв’язанні конкретної задачі відомі, тому можна представити їх суму наступним чином:

$$z = H_\Gamma + H_B,$$

тоді *характеристика мережі* приймає вигляд:

$$h = z + SQ^2. \quad (1.9)$$

Задаючись декількома значеннями Q (відповідними до тих, що використовувалися при побудуванні характеристики насоса), будується характеристика мережі (рис. 1.6). Перехрещення статичних характеристик відцентрового насоса та мережі – точка **A** – є **робочою точкою насоса**, яка визначає робочий режим насоса – Q, H, N, η . Якщо робоча точка відповідає оптимальному режиму роботи насоса, то він підібраний вірно.

При необхідності подачі меншої кількості води треба частково перекрити засувку на напірному патрубку насоса. Тоді точка **A** переміститься до нової точки **B**, яка відповідає витратам води Q_B . Зниження подачі насоса (зменшення витрат води) досягається за рахунок створення додаткового опору від засувки S_3 . Необхідний тиск насоса для подачі води Q_B відповідає значенню H_B , тому фактично створений насосом тиск H_B використовується не в повному обсязі.

Збільшити подачу води, наприклад до величини Q_C , яка відповідає точці **C**, можна шляхом підвищення частоти обертання робочого колеса насоса або зменшенням втрат тиску у трубопроводах. При неможливості забезпечення цього існуючим обладнанням, вирішуються питання з використання насоса із іншими характеристиками.

1.2. Розрахунок насосно-рукавних систем

1.2.1. Схеми насосно-рукавних систем

Вода до місця пожежі подається від вододжерела пересувними пожежними насосами. При достатньому напорі в водопровідній мережі можлива подача води безпосередньо від пожежних гідрантів. На практиці у пожежогасінні використовуються різні схеми насосно-рукавних систем, вибір яких залежить від характеристики вододжерела, віддаленості гідрантів від осередку пожежі, характеру її розвитку та інших показників.

Насосно-рукавна система (НРС) – система насосів і рукавних ліній зі стволами, призначена для подачі води від вододжерела до осередку пожежі.

Для подачі води до місця пожежі використовують наступні схеми насосно-рукавних систем (рис. 1.7):

– з послідовним з'єднанням рукавів – використовується, якщо треба подати невелику кількість води (наприклад, ствол першої допомоги);

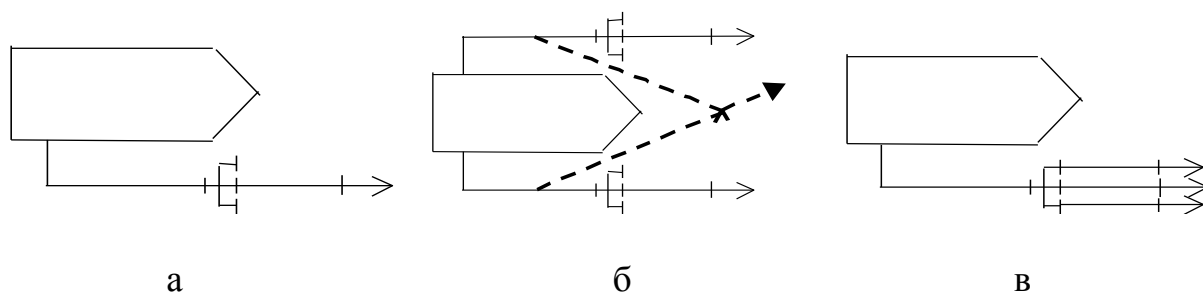


Рис. 1.7 – Основні схеми насосно-рукавних систем:

а) з послідовним з'єднанням рукавів; б) з паралельним прокладанням рукавних ліній; в) змішана

– з паралельним прокладанням рукавних ліній – використовується при гасінні великих пожеж з подачею потужних струменів, а також при використанні лафетних стволів;

– змішана – використовується, якщо необхідно подати значну кількість води.

1.2.2. Розрахунок основних схем насосно-рукавних систем

Гідравлічний розрахунок насосно-рукавних систем зводиться до розв'язання *трьох основних задач*:

1. Визначення необхідного напору насоса за заданою витратою зі стволів.

2. Визначення фактичних витрат води зі стволів при заданому напорі на насосі.

3. Визначення максимально можливої довжини рукавних ліній.

При розв'язанні будь-якого типу задач з розрахунку основних схем насосно-рукавних систем доцільно використовувати формулу (1.9), що зв'язує необхідний напір насоса з втратами напору в рукавній системі та висотою підйому води на гасіння пожежі, а саме:

$$H = S_c Q^2 + z,$$

де H – необхідний напір насоса, м;

S_c – опір рукавної системи, який залежить від схеми її з'єднання;

Q – витрати насосно-рукавної системи, л/с;

z – висота підйому води стосовно осі насоса, м.

Особливістю розрахунку є визначення опору рукавної системи S_c . Розглянемо основні принципи визначення опору рукавної системи для основних схем насосно-рукавних систем (з послідовним з'єднанням рукавів, з паралельним прокладанням рукавних ліній, змішана схема).

При послідовному з'єднанні рукавів (рис.1.7 а) втрати напору за окремими ділянками (рукавами, що складають рукавну лінію) (рис.1.8) визначаються:

$$h_1 = S_{\delta 1} q^2; \quad h_2 = S_{\delta 2} q^2; \quad h_n = S_{\delta n} q^2; \quad h_i = S_i q^2 + z,$$

де $S_{p1} \dots S_{pn}$ – опір одного рукава, який залежить від матеріалу та діаметра рукава (додаток 2);

S_n – опір насадки ствола, який залежить від діаметра насадки ствола (додаток 3);

q – витрати води, що подає насос і яка проходить через всю рукавну систему, л/с;

z – висота підйому ствола у відношенні до осі насоса, м.

Втрати напору по всій рукавній системі складають суму втрат напору всіх рукавів, втрат напору на стволі та висоти підйому ствола:

$$h_c = h_1 + h_2 + h_n + h_H = (S_{p1} + S_{p2} + S_{pn} + S_H)q^2 + z.$$

Сума значень опорів всіх рукавів та ствола дорівнює опору рукавної системи з послідовним з'єднанням рукавів S_c . За умовою, що рукавна система складається з рукавів однакового діаметра та матеріалу, її опір буде визначатися:

$$S_c = S_{p1} + S_{p2} + S_{pn} + S_H = n_p S_p + S_H,$$

де n_p – кількість рукавів у рукавній системі (лінії).

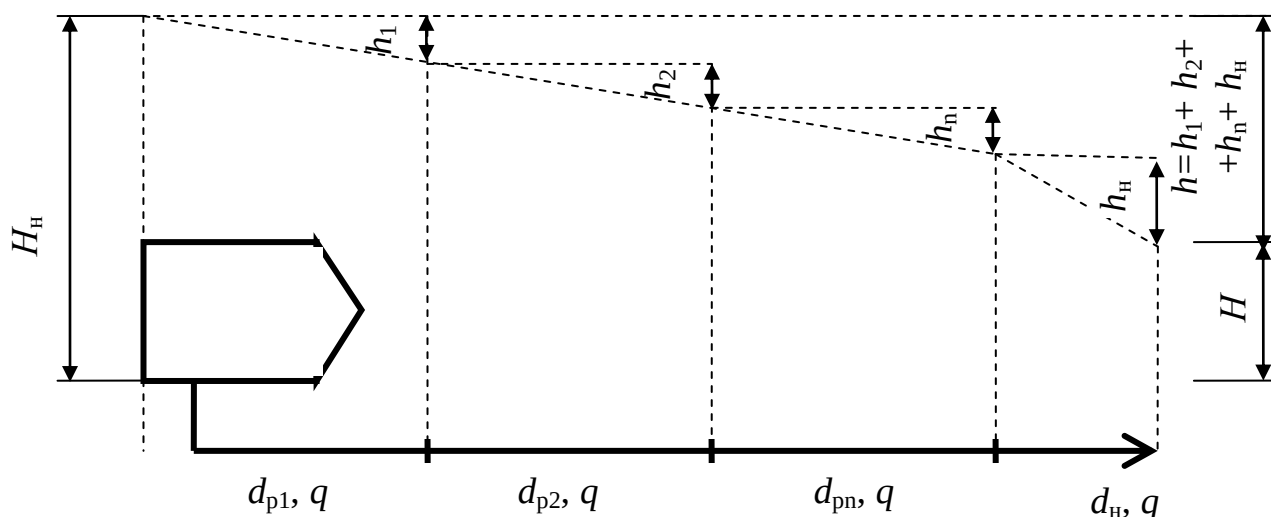


Рис. 1.8 – Розрахункова схема рукавної системи з послідовним з'єднанням рукавів

При паралельному з'єднанні рукавних ліній опір системи S_c може визначатися для двох варіантів з'єднання рукавів зі стволами (рис.1.7 б):

– в першому варіанті кожна з двох паралельно прокладених рукавних ліній, що приєднуються до напірних патрубків насоса, закінчується стволом, тобто кількість пожежних стволів дорівнює кількості паралельних рукавних ліній, при цьому кожний ствол послідовно приєднаний до послідовно з'єднаних рукавів своєї лінії;

– в другому варіанті подача води здійснюється до одного лафетного ствола, який послідовно приєднаний до рукавної системи, що складається з двох паралельних рукавних ліній, які приєднуються до напірних патрубків насоса.

Для обох варіантів паралельної схеми насосно-рукавної системи загальна витрата води, яка перекачується через систему, розподіляється по паралельних лініях $Q = q_1 + q_2$, в залежності від їх характеристик – кількості, діаметра та матеріалу рукавів, діаметра насадки ствола (рис. 1.9).

Втрати напору в обох паралельних рукавних лініях (h_1, h_2) будуть рівними між собою, тому що вони визначаються як різниця п'єзометричних напорів в точці приєднання рукавних ліній до напірних патрубків насоса та на виході зі стволів (в кінці рукавної системи), тобто дорівнюють втратам напору системи, що розглядається:

$$h_c = h_1 = h_2 = H_H - H,$$

де h_c – втрати напору всієї системи, м;
 H_H – напір насоса, м;
 H – вільний напір на виході зі стволів, м.

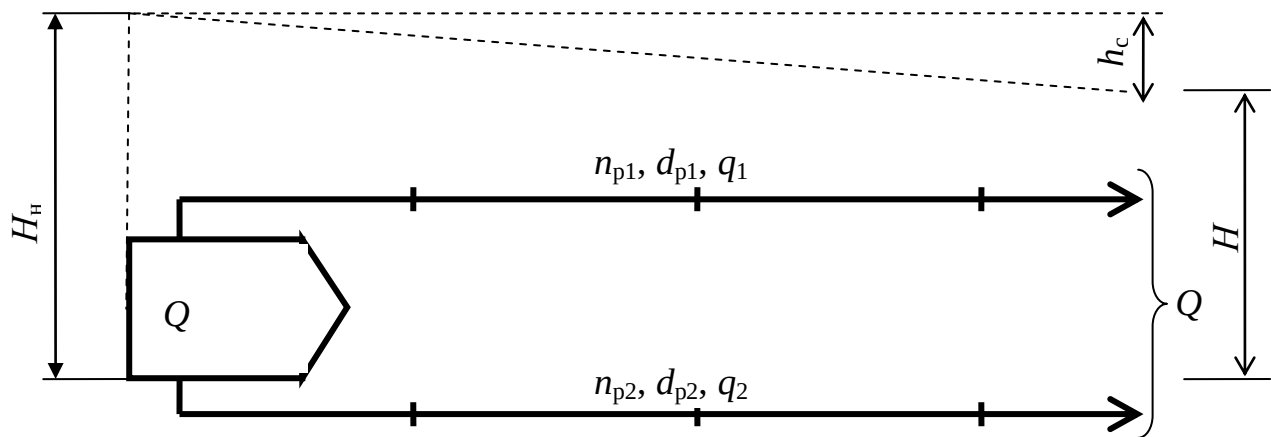


Рис. 1.9 – Розрахункова схема рукавної системи з паралельним прокладанням рукавних ліній

Для варіанту насосно-рукавної системи з паралельним прокладанням двох рукавних ліній з двома стволами втрати напору кожної з паралельних ліній визначаються:

$$h_1 = (n_{p1}S_{p1} + S_{H1})q_1^2; \quad h_2 = (n_{p2}S_{p2} + S_{H2})q_2^2;$$

таким чином, витрати води кожної лінії, з урахуванням того, що втрати напору кожної лінії є рівними між собою та дорівнюють втратам напору рукавної системи, визначаються:

$$q_1 = \sqrt{\frac{h_c}{n_{p1}S_{p1} + S_{H1}}}; \quad q_2 = \sqrt{\frac{h_c}{n_{p2}S_{p2} + S_{H2}}}.$$

Загальну витрату води Q розраховують як суму витрат по лініях:

$$Q = \left(\frac{1}{\sqrt{n_{p1}S_{p1} + S_{H1}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{p2}S_{p2} + S_{H2}}} \right) \sqrt{h_c}.$$

Таким чином, втрати напору в системі складають:

$$h_c = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_{p1}S_{p1} + S_{H1}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{p2}S_{p2} + S_{H2}}} \right)^2} Q^2,$$

тобто опір системи S_c для двох паралельно прокладених рукавних ліній, якщо кожна лінія закінчується своїм стволом, визначається:

$$S_c = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_{p1}S_{p1} + S_{H1}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{p2}S_{p2} + S_{H2}}} \right)^2}.$$

За умовою, що до складу рукавної системи входять однакові за своїми якісними та кількісними характеристиками рукава та стволи, її опір буде визначатися:

$$S_c = \frac{n_p S_p + S_H}{N^2},$$

де N – кількість паралельно прокладених рукавних ліній зі стволами.

Аналогічно, для схеми насосно-рукавної системи з паралельним прокладанням рукавних ліній, які забезпечують подачу води до одного лафетного ствола, втрати напору визначаються:

$$h_c = \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_{p1}S_{p1}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{p2}S_{p2}}} \right)^2} + S_H \right) Q^2;$$

відповідно опір системи S_c визначається:

$$S_c = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_{p1} S_{p1}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{p2} S_{p2}}} \right)^2} + S_H.$$

За умовою, що рукавна система складається з рукавів однакового діаметра та матеріалу, до того ж обидві рукавні лінії мають однакову довжину, опір системи буде визначатися:

$$S_c = \frac{n_p S_p}{N^2} + S_H.$$

Аналізуючи формули для визначення опору системи при паралельному прокладанні рукавних ліній, можна зробити висновок, що паралельне з'єднання ліній значно знижує загальний опір системи, в порівнянні з опором системи послідовно з'єднаних рукавів (при 2-х однакових лініях – в 4 рази).

Для змішаної схеми опір системи S_c визначається як сума опорів послідовно з'єднаних рукавів магістральної лінії з паралельно прокладеними робочими лініями:

$$S_c = S_{м.ч.} + S_{р.ч.},$$

де $S_{м.ч.}$ – опір магістральної частини рукавної системи;

$S_{р.ч.}$ – опір робочої частини рукавної системи.

Опір магістральної частини (лінії) $S_{м.ч.}$ визначається за формулою:

$$S_{м.ч.} = n_m S_m,$$

де n_m – кількість рукавів магістральної лінії;

S_m – опір одного рукава магістральної лінії (додаток 2).

Опір робочих ліній визначається за методикою розрахунку опору при паралельному прокладанні рукавних ліній.

Таким чином, визначивши опір рукавної системи, за допомогою формули (1.9), або її перетворенням, можна реалізувати розв'язання всіх трьох основних задач гідравлічного розрахунку основних схем насосно-рукавних систем (формули наведені у додатку 5). При цьому необхідно відмітити, що визначення необхідного напору насоса також можна виконати за відомого (або визначеного) напору на розгалуженні:

$$H_H = n_m S_m Q_H^2 + H_{розг} + z_{розг},$$

де $z_{розг}$ – висота підйому розгалуження стосовно осі насоса, м;

$H_{\text{розг}}$ – напір на розгалуженні, який визначається для найбільш навантаженої робочої рукавної лінії за формулою:

$$H_{\text{розг}} = n_p S_p q_p^2 + S_n q_p^2 + z.$$

Розрахунок насосно-рукавних систем можна виконати прирівнюванням *головної робочої характеристики насоса* та *характеристики рукавної системи*:

$$a - bQ^2 = S_c Q^2 + z, \quad (1.10)$$

де $a - bQ^2 = H$ – головна робоча характеристика насоса (1.8);

$S_c Q^2 + z = h$ – характеристика рукавної системи (1.9).

Перетворенням (1.10), визначаються витрати насоса:

$$Q = \sqrt{\frac{a - z}{S_c + b}}.$$

Визначення максимальної довжини магістральних ліній (найчастіше ця задача розв'язується для змішаної схеми, при цьому необхідно враховувати, що робочі лінії, як правило, прокладаються невеликої довжини – один – два рукава, тому максимальна довжина визначається саме для магістральних ліній) виконується виходячи з того, що опір рукавної системи складається з суми опорів її магістральної та робочої частин, тому (1.10) можна подати у вигляді:

$$a - bQ^2 = (S_{\text{м.ч.}} + S_{\text{р.ч.}})Q^2 + z,$$

де $S_{\text{м.ч.}} = n_m S_m$ – опір магістральної частини рукавної системи;

$S_{\text{р.ч.}}$ – опір робочої частини рукавної системи, який визначається за вищевикладеною методикою.

Таким чином, кількість рукавів магістральної частини рукавної системи визначається:

$$n_m = \frac{a - bQ^2 - S_{\text{р.ч.}}Q^2 - z}{S_m Q^2}.$$

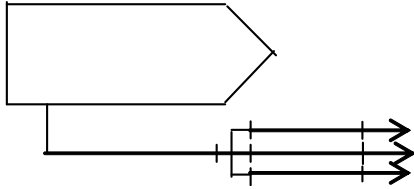
Необхідно враховувати, що через нерівності місцевості прямі рукавні лінії прокласти не вдається, тому кількість рукавів визначають з 20%-им запасом.

1.2.3. Методика розрахунку основних схем насосно-рукавних систем

Задача 1. Визначити опір рукавної системи при змішаному з'єднанні рукавів із заданими характеристиками.

Розв'язання

Перед початком розв'язання задачі необхідно накреслити схему заданої насосно-рукавної системи.



Рукавна система складається з двох частин – магістральної та робочої, які між собою з'єднані послідовно, тому опір системи буде визначатися додаванням опору магістральної та робочої частин рукавної системи. Доцільно розпочати з визначення опору магістральної частини $S_{м.ч.}$:

$$S_{м.ч.} = n_m S_m,$$

де n_m – кількість рукавів в магістральній лінії (за вихідними даними);

S_m – опір одного рукава магістральної лінії (додаток 2).

Опір робочої частини рукавної системи визначається виходячи з того, що робочі лінії між собою прокладені паралельно, тому опір робочої частини можна визначити за одним з двох варіантів:

а) при всіх однакових характеристиках рукавних ліній, що входять до робочої частини:

$$S_{р.ч.} = \frac{n_p S_p + S_n}{N^2},$$

де n_p – кількість рукавів в кожній робочій лінії (за вихідними даними);

S_p – опір одного рукава робочих ліній (додаток 2);

S_n – опір насадок стволів робочих ліній (додаток 3);

N – кількість паралельних рукавних ліній зі стволами;

б) при різних характеристиках рукавних ліній, що входять до робочої частини:

$$S_{р.ч.} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_{p1} S_{p1} + S_{n1}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{p2} S_{p2} + S_{n2}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{p3} S_{p3} + S_{n3}}} \right)^2},$$

при цьому необхідно звернути увагу, що кількість доданків у знаменнику повинна дорівнювати кількості паралельних ліній в робочій частині насосно-рукавної системи.

Знаючи опір обох частин рукавної системи, знаходимо загальний опір системи:

$$S_c = S_{м.ч.} + S_{р.ч.}$$

При визначенні опору рукавної системи умовно приймаємо його значення безрозмірним.

Приклад. Визначити опір рукавної системи при змішаному з'єднанні рукавів із такими характеристиками: магістральна лінія має довжину 200 м та складається з рукавів 77 мм; три робочі лінії довжиною 20 м кожна, перша та третя лінії складаються з рукавів діаметром 51 мм, друга – 66 мм, зі стволами з насадками діаметром: перша та третя – 13 мм, друга – 19 мм. Рукава системи прогумовані.

Дано:

$$n_M = 10$$

$$d_M = 77 \text{ мм (П)}$$

$$n_{p1} = n_{p2} = n_{p3} = 1$$

$$d_{p1} = d_{p3} = 51 \text{ мм (П)}$$

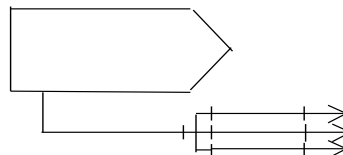
$$d_{p2} = 66 \text{ мм (П)}$$

$$d_{h1} = d_{h3} = 13 \text{ мм}$$

$$d_{h2} = 19 \text{ мм}$$

$$S_c = ?$$

Розв'язання



1) Визначаємо опір магістральної рукавної лінії (опір одного рукава визначається за додатком 2):

$$S_{i1} \div = n_{i1} \cdot S_{i1} = 10 \cdot 0,015 = 0,15.$$

2) Визначаємо опір системи робочих рукавних ліній (опір рукавів визначається за додатком 2, а стволів – за додатком 3):

$$S_{\delta \div} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_{p1} S_{p1} + S_{i1}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{p2} S_{p2} + S_{i2}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{p3} S_{p3} + S_{i3}}} \right)^2} =$$

$$= \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{1 \cdot 0,13 + 2,89}} + \frac{1}{\sqrt{1 \cdot 0,034 + 0,634}} + \frac{1}{\sqrt{1 \cdot 0,13 + 2,89}} \right)^2} = 0,18.$$

3) Визначаємо опір системи:

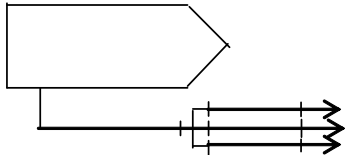
$$S_c = S_{M.ч.} + S_{p.ч.} = 0,15 + 0,18 = 0,33.$$

Відповідь: $S_c = 0,33$.

Задача 2. Визначити необхідний напір та подачу насоса для одержання струменя із радіусом (довжиною) компактної частини, який не менший за заданий, якщо вода до місця пожежі подається по змішаній рукавній системі.

Розв'язання

Необхідно накреслити схему насосно-рукавної системи.



Витрати води з кожного ствола можна визначити за допомогою додатка 4, в якому наведені значення напорів перед стволом та витрат води зі ствола в залежності від радіуса (довжини) компактної частини струменя та діаметра насадки

ствола. Рукавна система складається з трьох робочих ліній, до того ж за вихідними даними говориться про те, що з кожного ствола необхідно одержати струмінь, довжиною не менший за заданий, тому необхідно за додатком 4 визначити витрати води для всіх трьох стволів – q_{p1} , q_{p2} , q_{p3} .

За даними кожної лінії треба визначити необхідний напір на розгалуженні, але зрозуміло, що фактичний напір на розгалуженні залежить від тиску, який створює насос з урахуванням втрат напору в магістральній частині рукавної системи. Тому, після визначення необхідного напору на розгалуженні за даними трьох робочих рукавних ліній, необхідно порівняти їх між собою та фактичне значення прийняти рівним більшому. При такому підході з одного зі стволів буде одержаний струмінь радіусом компактної частини рівний заданому за вихідними даними, а з інших стволів – більший ніж заданий, що не суперечить вихідним даним. Для кожної робочої лінії напір на розгалуженні визначається:

$$H_{\text{розг } i} = n_{pi} S_{pi} q_{pi}^2 + S_{ni} q_{pi}^2 + z_i,$$

де n_{pi} — кількість рукавів в i -ій робочій лінії (за вихідними даними);

S_{pi} — опір одного рукава i -ої робочої лінії (додаток 2);

S_{ni} — опір насадка ствола i -ої робочої лінії (додаток 3);

z_i — висота підйому ствола i -ої робочої лінії стосовно осі насоса.

Фактичний необхідний напір на розгалуженні дорівнює максимальному з трьох визначених:

$$H_{\text{розг (факт)}} = H_{\text{розг } i (\text{max})}.$$

За прийнятим фактичним напором на розгалуженні визначаються фактичні витрати зі стволів для робочих ліній, з яких одержаний радіус компактної частини буде більшим, ніж за вихідними даними. Фактичні витрати води зі стволів визначаються:

$$q_{pi} = \sqrt{\frac{H_{\text{розг (факт)}} - z_i}{n_{pi} S_{pi} + S_{ni}}}.$$

Подача насоса дорівнює витратам води магістральної частини (лінії) та визначається додаванням фактичних витрат всіх стволів:

$$Q_H = Q_M = q_{p1} + q_{p2} + q_{p3}.$$

Необхідний напір насоса буде складатися з втрат напору в магістральній частині (лінії), фактичного напору на розгалуженні та висоти підйому розгалуження стосовно осі насоса:

$$H_H = n_M S_M Q_M^2 + H_{\text{розг (факт)}} + z_{\text{розг}},$$

де n_M – кількість рукавів в магістральній лінії (за вихідними даними);
 S_M – опір одного рукава магістральної лінії (додаток 2);
 $z_{\text{розг}}$ – висота підйому розгалуження стосовно осі насоса.

Приклад. Для гасіння пожежі на торф'яному масиві введено в дію три стволи: $d_{H1} = d_{H3} = 13$ мм, $d_{H2} = 16$ мм. Магістральна лінія має довжину 240 м, діаметр 77 мм, три робочі лінії мають довжину 20 м кожна, перша та третя мають діаметр 66 мм кожна, друга – діаметр 51 мм. Рукава системи – прогумовані. Визначити витрату води та напір насоса, якщо третя робоча лінія забезпечує компактний струмінь радіусом (довжиною) 18 м.

Дано:

$$d_{H1} = d_{H3} = 13 \text{ мм}$$

$$d_{H2} = 16 \text{ мм}$$

$$n_M = 12$$

$$d_M = 77 \text{ мм (п)}$$

$$n_{p1} = n_{p2} = n_{p3} = 1$$

$$d_{p1} = d_{p3} = 66 \text{ мм (п)}$$

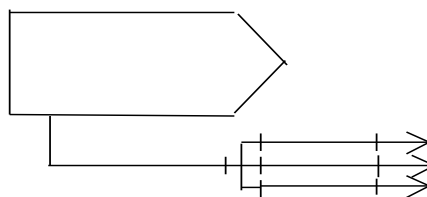
$$d_{p2} = 51 \text{ мм (п)}$$

$$R_{k3} = 18 \text{ м}$$

$$H_H - ?$$

$$Q_H - ?$$

Розв'язання



1) За допомогою додатка 4 визначаємо витрати води зі ствола третьої робочої лінії, тому що саме для неї заданий радіус дії компактної частини струменя:

$q_{p3} = 3,6$ л/с (для ствола з діаметром насадки 13 мм та радіуса компактної частини струменя 18 м).

2) Визначаємо напір на розгалуженні за даними третьої робочої лінії (опір рукавів визначаємо за допомогою додатка 2, опір насадки ствола – за додатком 3):

$$\dot{I}_{\text{дї}} = n_{\text{д3}} S_{\text{д3}} q_{\text{д3}}^2 + S_{\text{і3}} q_{\text{д3}}^2 + z_3 =$$

$$= 1 \cdot 0,034 \cdot 3,6^2 + 2,89 \cdot 3,6^2 + 0 = 37,9 \text{ м}.$$

3) Визначаємо витрати води першої та другої робочих рукавних ліній (виходячи з того, що напір на розгалуженні однаковий для всіх робочих рукавних ліній):

$$q_{p1} = \sqrt{\frac{H_{\text{розг}} - z_1}{n_{p1} S_{p1} + S_{H1}}} = \sqrt{\frac{37,9 - 0}{1 \cdot 0,034 + 2,89}} = 3,6 \text{ л/с};$$

$$q_{p2} = \sqrt{\frac{\dot{I}_{\text{дї}} - z_2}{n_{p2} S_{p2} + S_{H2}}} = \sqrt{\frac{37,9 - 0}{1 \cdot 0,13 + 1,26}} = 5,22 \text{ л/с}.$$

4) Визначаємо подачу насоса Q_n , яка дорівнює витратам магістральної лінії, тобто сумі витрат всіх трьох робочих ліній:

$$Q_1 = Q_l = q_{\delta 1} + q_{\delta 2} + q_{\delta 3} = 3,6 + 5,22 + 3,6 = 12,42 \text{ ґ/ґ}.$$

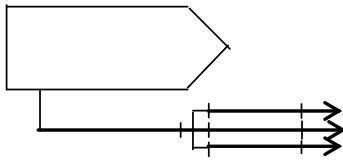
5) Визначаємо напір насоса H_n :

$$\begin{aligned} H_n &= n_m S_m Q_m^2 + H_{\text{розг}} + z_{\text{розг}} = \\ &= 12 \cdot 0,015 \cdot 12,42^2 + 37,9 + 0 = 65,67 \text{ м.} \end{aligned}$$

Відповідь: $H_n = 65,67$ м, $Q_n = 12,42$ л/с.

Задача 3. Визначити максимально можливу довжину магістральної лінії, якщо із заданої робочої лінії необхідно одержати струмінь із заданою витратою води. Задано характеристику змішаної рукавної системи. Задано напір насоса.

Розв'язання



Необхідно накреслити схему насосно-рукавної системи.

За відомою витратою заданої рукавної лінії визначається необхідний напір на розгалуженні:

$$H_{\text{розг } i} = n_{pi} S_{pi} q_{pi}^2 + S_{ni} q_{pi}^2 + z_i,$$

де n_{pi} — кількість рукавів в заданій робочій лінії (за вихідними даними);
 S_{pi} — опір одного рукава заданої робочої лінії (додаток 2);
 S_{ni} — опір насадки ствола заданої робочої лінії (додаток 3);
 z_i — висота підйому ствола заданої робочої лінії стосовно розгалуження.

Виходячи з того, що напір на розгалуженні для всіх робочих ліній однаковий, можна визначити витрати інших робочих ліній:

$$q_{pi} = \sqrt{\frac{H_{\text{розг } i} - z_i}{n_{pi} S_{pi} + S_{ni}}}.$$

Подача насоса дорівнює витратам води магістральної частини (лінії) та визначається додаванням витрат всіх стволів:

$$Q_n = Q_m = \sum q_{pi}.$$

Знаючи напір насоса (за вихідними даними) та витрати насоса, визначається максимальна кількість рукавів магістральної лінії:

$$n_M = \frac{H_N - H_{\text{розг}} - z_{\text{розг}}}{S_M Q_N^2}.$$

При необхідності визначити максимальну довжину магістральної лінії необхідно пам'ятати:

- довжина одного рукава дорівнює 20 м;
- для врахування нерівності поверхні землі, по якій прокладається магістральна лінія, необхідно ввести коефіцієнт 1,2.

Приклад. Визначити максимально можливу довжину магістральної лінії, якщо з другого ствола необхідно одержати струмінь витратою 6 л/с. Рукавна система складається з магістральної лінії діаметром 77 мм та трьох робочих ліній довжиною 20 м кожна, діаметром 66 мм кожна, стволами діаметром насадок 19 мм. Стволи підняті на висоту $z_1 = 6$ м, $z_2 = 4$ м, $z_3 = 2$ м. Рукава системи – прогумовані. Напір насоса – 80 м.

Дано:

$$q_{p2} = 6 \text{ л/с}$$

$$d_M = 77 \text{ мм (П)}$$

$$n_{p1} = n_{p2} = n_{p3} = 1$$

$$d_{p1} = d_{p2} = d_{p3} = 66 \text{ мм (П)}$$

$$d_{h1} = d_{h2} = d_{h3} = 19 \text{ мм}$$

$$z_1 = 6 \text{ м}$$

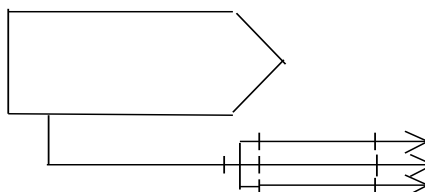
$$z_2 = 4 \text{ м}$$

$$z_3 = 2 \text{ м}$$

$$H_N = 80 \text{ м}$$

$$n_M = ?$$

Розв'язання



1) Визначаємо напір на розгалуженні за характеристиками другої робочої лінії (опір рукавів визначаємо за допомогою додатка 2, опір насадки ствола – за додатком 3):

$$\begin{aligned} \hat{I}_{\delta 1 \zeta \tilde{a}} &= n_{\delta 2} S_{\delta 2} q_{\delta 2}^2 + S_{12} q_{\delta 2}^2 + z_2 = \\ &= 1 \cdot 0,034 \cdot 6^2 + 0,634 \cdot 6^2 + 4 = 28,05 \text{ м} \end{aligned}$$

2) Визначаємо витрати води першої та третьої робочих рукавних ліній (виходячи з того, що напір на розгалуженні однаковий для всіх робочих рукавних ліній):

$$q_{p1} = \sqrt{\frac{H_{\text{розг}} - z_1}{n_{p1} S_{p1} + S_{h1}}} = \sqrt{\frac{28,05 - 6}{1 \cdot 0,034 + 0,634}} = 5,75 \text{ л/с};$$

$$q_{\delta 3} = \sqrt{\frac{\hat{I}_{\delta 1 \zeta \tilde{a}} - z_3}{n_{p3} S_{p3} + S_{13}}} = \sqrt{\frac{28,05 - 2}{1 \cdot 0,034 + 0,634}} = 6,24 \text{ л/с}.$$

3) Визначаємо подачу насоса Q_N :

$$Q_1 = Q_N = q_{\delta 1} + q_{\delta 2} + q_{\delta 3} = 5,75 + 6 + 6,24 = 17,99 \text{ л/с}.$$

4) Визначаємо максимальну кількість рукавів магістральної лінії n_M (опір одного рукава магістральної лінії S_M визначається за допомогою додатка 2):

$$n_M = \frac{H_H - H_{\text{розг}} - z_{\text{розг}}}{S_M Q_H^2} = \frac{80 - 28,05 - 0}{0,015 \cdot 17,99^2} = 10,7 \approx 10 \text{ рукавів}$$

Відповідь: $n_M = 10$ рукавів.

1.2.4. Подача води на лафетні стволи

При гасінні значних пожеж (наприклад, на складах лісопиломатеріалів та ін.) використовують потужні водяні струмені від лафетних стволів. Подача води до лафетних стволів забезпечується від одного або декількох паралельно працюючих пожежних автонасосів з паралельним прокладанням рукавних ліній. Необхідність залучення декількох насосів пов'язана з тим, що пропускна здатність деяких лафетних стволів (таблиця 1.3) може перебільшувати можливу подачу одного насоса, що встановлений на пожежній машині, тому використання лише одного насоса є недостатнім.

Таблиця 1.3 – Характеристики лафетних стволів

Параметр	Марка лафетного ствола				
	СЛК–С20	СЛК–С40	СЛК–С60	СЛК–В60	СЛК–П20
Діаметр насадки, мм	28	38	50	50	25; 28; 32
Витрати води, л/с	20	40	60	60	20

Примітка. Характеристики лафетних стволів наведені відповідно до ДСТУ 2802–94 ГОСТ 9029–95 «Стволи пожежні лафетні комбіновані. Технічні умови».

Основні схеми насосно-рукавних систем, що забезпечують роботу лафетних стволів наведені на рисунку 1.10.

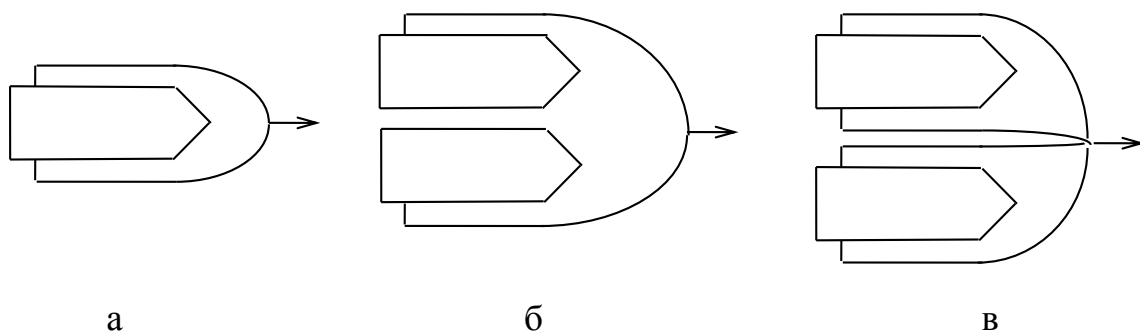


Рис. 1.10 – Схеми насосно-рукавних систем з подачею води до лафетного ствола:

а) від одного насоса прокладаються паралельно дві рукавні лінії; б) від декількох насосів прокладаються паралельно рукавні лінії, при цьому від кожного насоса прокладається по одній рукавній лінії; в) від декількох насосів прокладаються паралельно рукавні лінії, при цьому від кожного насоса прокладається по дві рукавні лінії

Вибір схеми залежить від:

- віддаленості вододжерела від осередку пожежі;
- можливої подачі насоса (насосів).

Схема з одним насосом та двома паралельними рукавними лініями (рис.1.10 а) використовується за умови, що кількість води, необхідної для роботи лафетного ствола, не перебільшує можливу подачу насоса; при цьому відстань від вододжерела до осередку пожежі незначна.

Схеми з декількома насосами (рис.1.10 б, в) використовуються за умови, що необхідна кількість води більша, ніж подача одного насоса, при цьому за рахунок паралельного прокладання декількох рукавних ліній (це значно підвищує ефективність використання напору, що створюють насоси) воду можна подати на значну відстань.

Гідравлічний розрахунок насосно-рукавних систем, що подають воду до лафетного ствола, зводиться до розв'язання *чотирьох основних задач*:

1. Визначення необхідного напору кожного насоса за заданою витратою з лафетного ствола.
2. Визначення фактичних витрат води з лафетного ствола та подачу кожного насоса при заданому напорі на насосах.
3. Визначення максимально можливої довжини рукавних ліній.
4. Визначення необхідної кількості паралельно працюючих насосів.

Розв'язання перших трьох задач гідравлічного розрахунку насосно-рукавних систем, що забезпечують подачу води до лафетного ствола (визначення напору насосів, подачі води зі стволів, максимальної довжини рукавних ліній), виконується аналогічно до розв'язання задач для основних схем насосно-рукавних систем (розділ 1.2.2). При цьому необхідно враховувати, що витрати води з лафетного ствола та подача однакових насосів пов'язані між собою наступним чином:

$$Q_{\text{ст}} = KQ_{\text{н}},$$

де $Q_{\text{ст}}$ – витрата води з лафетного ствола, л/с;
 K – кількість паралельно працюючих насосів;
 $Q_{\text{н}}$ – подача одного насоса, л/с.

Залежність витрат води з лафетного ствола та вільного напору перед стволом від його діаметра та радіуса компактної частини струменя, що одержується зі ствола, для лафетних стволів з діаметром насадки від 28 мм до 89 мм наведені у додатку 7. Вільний тиск перед стволом залежить від витрат води зі ствола та опору насадки ствола і може бути визначений:

$$H_{\text{в}} = S_{\text{н}}Q_{\text{ст}}^2,$$

де $H_{\text{в}}$ – вільний тиск перед стволом, м.

Для визначення необхідної кількості пожежних автонасосів (четверта задача гідравлічного розрахунку) за відомою головною характеристикою насоса користуються формулою:

$$K = Q_{\text{ст}} \sqrt{\frac{\frac{n_p S_p}{N_1^2} + b}{a - H_B - z}},$$

де n_p – кількість рукавів в кожній рукавній лінії;

S_p – опір одного рукава, який залежить від діаметра та матеріалу рукава (додаток 2);

N_1 – кількість паралельних рукавних ліній від одного насоса;

a, b – коефіцієнти, що залежать від конструктивних особливостей насоса, визначаються за додатком 1;

z – висота підйому ствола стосовно осі насоса, м.

При відомому напорі насосів їх кількість визначається:

$$K = \frac{Q_{\text{ст}}}{N_1} \sqrt{\frac{n_p S_p}{H_H - H_B - z}}.$$

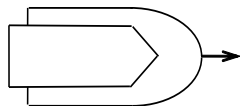
Основні формули для розв'язання всіх типів задач при подачі води до лафетного ствола наведені у додатку 6.

1.2.5. Методика розрахунку насосно-рукавних систем при подачі води на лафетні стволи

Задача 1. Визначити напір насоса при подачі води до лафетного ствола заданого діаметра, якщо від пожежного автомобіля прокладено задану кількість рукавних ліній із заданими діаметром та довжиною. Необхідно одержати струмінь із заданим радіусом (довжиною) компактної частини. Ствол піднято на задану висоту.

Розв'язання

Необхідно накреслити схему насосно-рукавної системи.



За допомогою додатка 7 визначаємо витрати води зі ствола $Q_{\text{ст}}$ в залежності від діаметра його насадки та довжини (радіуса) компактної частини струменя.

Визначається опір рукавної системи, який залежить від характеристик рукавних ліній (кількість, діаметр та матеріал рукавів, діаметр насадки ствола). При різних характеристиках рукавних ліній опір системи S_c визначається:

$$S_c = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_{p1} S_{p1}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{p2} S_{p2}}} \right)^2} + S_H,$$

де n_{p1}, n_{p2} — кількість рукавів у відповідній рукавній лінії (за вихідними даними);

S_{p1}, S_{p2} — опір одного рукава відповідної рукавної лінії (додаток 2);

S_H — опір насадки ствола (додаток 3).

За умовою, що рукавна система складається з рукавів однакової кількості, діаметра та матеріалу, опір системи буде визначатися:

$$S_c = \frac{n_p S_p}{N^2} + S_H,$$

де N — загальна кількість паралельних рукавних ліній (для наведеної схеми насосно-рукавної системи — дорівнює двом лініям).

Необхідний напір насоса визначається:

$$H_H = S_c Q_{ст}^2 + z,$$

де z — висота підйому ствола (за вихідними даними).

Приклад. Визначити необхідний напір насоса для одержання струменя з радіусом (довжиною) компактної частини 20 м, якщо вода до місця пожежі подається по двох паралельних рукавних лініях, що забезпечують подачу води до лафетного ствола з діаметром насадки 28 мм. Рукавні лінії, довжиною 100 м кожна, складаються з рукавів діаметром 77 мм. Висота підйому ствола 8 м. Рукава прогумовані.

Дано:

$$R_k = 20 \text{ м}$$

$$d_H = 28 \text{ мм}$$

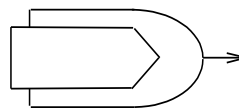
$$d_{p1} = d_{p2} = 77 \text{ мм (п)}$$

$$n_{p1} = n_{p2} = 5$$

$$z = 8 \text{ м}$$

$$H_H = ?$$

Розв'язання



1) Визначаємо витрати води зі ствола $Q_{ст}$ залежно від радіуса (довжини) компактної частини струменя та діаметра насадки ствола (додаток 7):

$$Q_{ст} = 12,2 \text{ л/с.}$$

2) Визначаємо опір рукавної системи для однакових за характеристиками рукавних ліній (опір рукавів визначається за додатком 2, опір насадки ствола — за додатком 3):

$$S_c = \frac{n_p S_p}{N^2} + S_i = \frac{5 \cdot 0,015}{2^2} + 0,134 = 0,153.$$

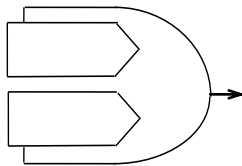
3) Визначаємо напір насоса H_n :

$$I_i = S_{\tilde{n}} Q_{\tilde{n}o}^2 + z = 0,153 \cdot 12,2^2 + 8 = 30,77 \text{ м}.$$

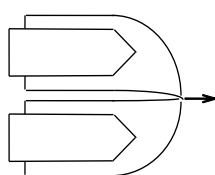
Відповідь: $H_n = 30,77 \text{ м}.$

Задача 2. Визначити витрату води з лафетного ствола, напір перед стволом заданого діаметра, якщо від заданої кількості пожежних автомобілів прокладено (від кожного) задану кількість рукавних ліній із заданими діаметром та довжиною. Задано висоту підйому ствола. Насоси працюють в однаковому режимі та створюють заданий напір.

Розв'язання



або



В залежності від вихідних даних схема насосно-рукавної системи може бути одною з наступних.

Визначається опір рукавної системи, який залежить від характеристик рукавних ліній (кількість, діаметр та матеріал рукавів, діаметр насадки ствола). При різних характеристиках рукавних ліній опір системи S_c визначається:

$$S_c = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_{p1} S_{p1}}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{n_{pi} S_{pi}}} \right)^2} + S_n,$$

де n_{p1}, n_{pi} — кількість рукавів у відповідній рукавній лінії (за вихідними даними);

S_{p1}, S_{pi} — опір одного рукава відповідної рукавної лінії (додаток 2);

S_n — опір насадки ствола (додаток 3).

За умовою, що рукавна система складається з рукавів однакової кількості, діаметра та матеріалу, опір системи буде визначатися:

$$S_c = \frac{n_p S_p}{N^2} + S_n,$$

де N — загальна кількість паралельних рукавних ліній.

Витрати води зі ствола визначаються:

$$Q_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{H_{\text{н}} - z}{S_{\text{с}}}},$$

де $H_{\text{н}}$ – напір насосів (за вихідними даними), м;
 z – висота підйому ствола (за вихідними даними), м.
 Визначається вільний напір перед стволом:

$$H_{\text{в}} = S_{\text{н}} Q_{\text{ст}}^2,$$

де $S_{\text{н}}$ – опір насадки ствола (визначається за допомогою додатка 3).

Приклад. Визначити витрату води з лафетного ствола, напір перед насадкою діаметром 50 мм, якщо від кожного з двох пожежних автомобілів прокладено по дві прогумовані рукавні лінії діаметром 77 мм кожна, довжиною від одного насоса 60 м, а від другого – 160 м. Висота підйому ствола – 2 м. Насоси працюють в однаковому режимі і розвивають напір 90 м.

Дано:

$$d_{\text{н}} = 50 \text{ мм}$$

$$K = 2$$

$$N_1 = 2$$

$$d_{\text{р1}} = d_{\text{р2}} = d_{\text{р3}}$$

$$= d_{\text{р4}} = 77$$

мм (п)

$$n_{\text{р1}} = n_{\text{р2}} = 3$$

$$n_{\text{р3}} = n_{\text{р4}} = 8$$

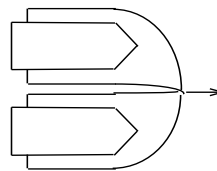
$$z = 2 \text{ м}$$

$$H_{\text{н}} = 90 \text{ м}$$

$$Q_{\text{н}} - ?$$

$$H_{\text{в}} - ?$$

Розв'язання



1) Визначаємо опір рукавної системи для рукавних ліній з різною кількістю рукавів у кожній лінії (опір рукавів визначається за додатком 2, опір насадки ствола – за додатком 3)

$$S_{\text{с}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_{\text{р1}} S_{\text{р1}}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{\text{р2}} S_{\text{р2}}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{\text{р3}} S_{\text{р3}}}} + \frac{1}{\sqrt{n_{\text{р4}} S_{\text{р4}}}} \right)^2} + S_{\text{і}} =$$

$$\frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{3 \cdot 0,015}} + \frac{1}{\sqrt{3 \cdot 0,015}} + \frac{1}{\sqrt{8 \cdot 0,015}} + \frac{1}{\sqrt{8 \cdot 0,015}} \right)^2} + 0,0132 =$$

$$= 0,0175.$$

2) Визначаємо витрати води зі ствола:

$$Q_{\text{нò}} = \sqrt{\frac{H_{\text{і}} - z}{S_{\text{н}}}} = \sqrt{\frac{90 - 2}{0,0175}} = 70,86 \text{ л/с}.$$

3) Визначаємо витрати води з кожного насоса:

$$Q_1 = \frac{Q_{\text{нб}}}{K} = \frac{70,86}{2} = 35,43 \text{ л/с}.$$

4) Визначаємо вільний напір – напір перед стволом:

$$H_B = S_H Q_{\text{ст}}^2 = 0,0132 \cdot 70,86^2 = 66,3 \text{ м}.$$

Відповідь: $Q_H = 35,43 \text{ л/с}$, $H_B = 66,3 \text{ м}$.

Задача 3. Визначити необхідну кількість паралельно працюючих пожежних автомобілів АЦ-40, що можуть забезпечити роботу лафетного ствола із заданою витратою, якщо від кожного насоса прокладено задану кількість рукавних ліній заданого діаметра та заданої довжини. Ствол піднято на задану висоту. Задано діаметр насадки ствола.

Розв'язання

За допомогою додатка 1 визначаються коефіцієнти a та b головної характеристики насоса ПН-40У, який встановлений на АЦ-40.

Визначається вільний напір перед стволом:

$$H_B = S_H Q_{\text{ст}}^2,$$

де S_H – опір насадки ствола (визначається за допомогою додатка 3);

$Q_{\text{ст}}$ – витрати води зі ствола (за вихідними даними).

Кількість насосів для рукавної системи з однаковими характеристиками рукавних ліній визначається:

$$K = Q_{\text{ст}} \sqrt{\frac{\frac{n_p S_p}{N_1^2} + b}{a - H_B - z}};$$

де n_p – кількість рукавів в кожній рукавній лінії (за вихідними даними);

S_p – опір одного рукава (додаток 2);

N_1 – кількість паралельних рукавних ліній від одного насоса (за вихідними даними);

z – висота підйому ствола (за вихідними даними).

При різних характеристиках рукавних ліній заданої рукавної системи, кількість насосів визначається приблизно в залежності від подачі одного насоса за його тактико-технічними характеристиками:

$$K = \frac{Q_{\text{ст}}}{Q_{\text{хар н}}},$$

де $Q_{\text{хар н}}$ – подача насоса за його тактико-технічною характеристикою, л/с.

За визначеною кількістю насосів будується схема насосно-рукавної системи, на якій відображується:

- кількість насосів K (за розрахунком),
- кількість рукавних ліній від кожного насоса N_1 (за вихідними даними).

Приклад. Визначити необхідну кількість паралельно працюючих пожежних автомобілів АЦ-40, що можуть забезпечити роботу лафетного ствола з витратою 50 л/с, якщо від кожного насоса прокладено по одній прогумованій рукавній лінії діаметром 89 мм і довжиною 180 м кожна. Ствол піднято на висоту 18 м. Діаметр насадки ствола – 50 мм.

Дано:

ПН-40У

$Q_{ст} = 50$ л/с

$d_n = 50$ мм

$N_1 = 1$

$d_{p1} = d_{p2} = 89$ мм (п)

$n_{p1} = n_{p2} = 9$

$z = 18$ м

$K = ?$

Розв'язання

1) Визначаємо коефіцієнти головної характеристики насоса ПН-40У (додаток 1):

$$a = 110,6; b = 0,0098.$$

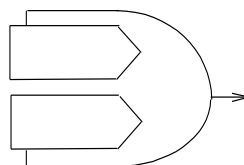
2) Визначаємо вільний напір на стволі:

$$H_{\hat{a}} = S_1 Q_{\hat{n}\hat{o}}^2 = 0,0132 \cdot 50^2 = 33 \text{ м}.$$

3) Визначаємо кількість насосів:

$$\hat{E} = Q_{\hat{n}\hat{o}} \sqrt{\frac{\frac{n_{\hat{\delta}} S_{\hat{\delta}}}{N_1^2} + b}{a - H_{\hat{a}} - z}} = 50 \sqrt{\frac{\frac{9 \cdot 0,007}{1^2} + 0,0098}{110,6 - 33 - 18}} = 1,75 \approx 2.$$

4) Будуємо схему НРС:

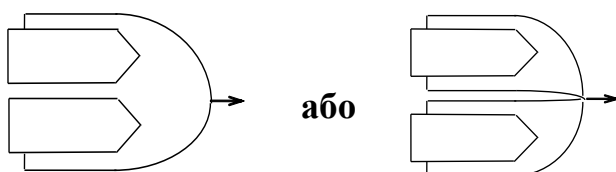


Відповідь: $K = 2$.

Задача 4. Побудувати результуючу характеристику паралельної роботи заданих насосів при їх роботі на лафетний ствол та знайти їх робочі точки, якщо задані характеристики рукавної системи.

Розв'язання

В залежності від вихідних даних схема насосно-рукавної системи може



бути одною з наступних:

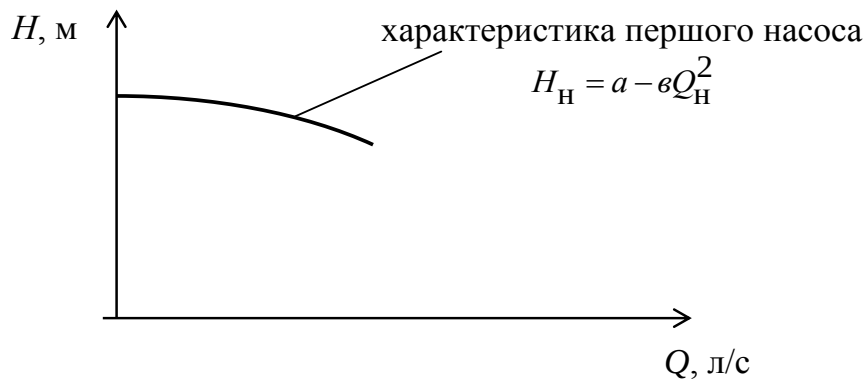
Для визначення напору та подачі насосів використовується графічний спосіб розв'язання задачі. Для цього необхідно побудувати результуючу характеристику паралельної роботи двох насосів та характеристику рукавної системи. Координата напору точки перетину двох характеристик є необхідним напором насосів.

Для побудовання результуючої характеристики паралельної роботи двох насосів визначається головна робоча характеристика кожного насоса:

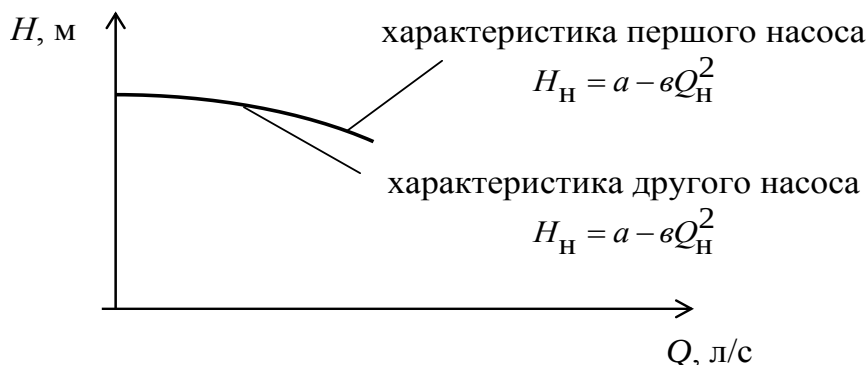
$$H_H = a - bQ_H^2,$$

де a, b – коефіцієнти, що залежать від конструктивних особливостей насоса (визначаються за допомогою додатка 1).

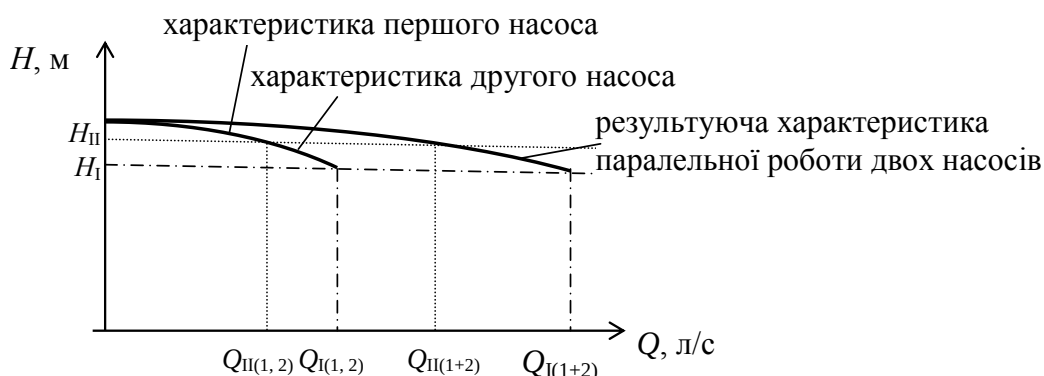
Задаючись декількома значеннями витрат води, будується характеристика насоса:



При однакових марках насосів, що входять до заданої насосно-рукавної системи, характеристики насосів будуть однаковими, а їх графіки співпадуть:



Результуюча характеристика будується виходячи з того, що при однакових значеннях напору насосів їх витрати додаються:



Для знаходження робочої точки заданої НРС визначається характеристика рукавної системи:

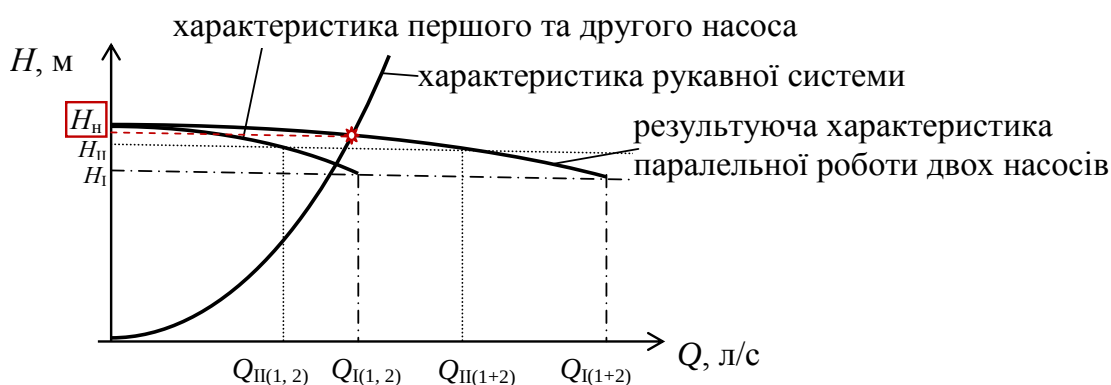
$$h_c = z + S_c Q_{\text{ст}}^2,$$

де z – висота підйому ствола (за вихідними даними), м;

S_c – опір рукавної системи (залежить від характеристик обладнання, що входить до складу рукавної системи, визначається за методикою, наведеною в задачі 2 цього розділу);

$Q_{\text{ст}}$ – витрати води зі ствола, л/с.

Задаючись декількома значеннями витрат води, будується характеристика рукавної системи:



Координата напору точки перетину результуючої характеристики паралельної роботи двох насосів з характеристикою рукавної системи є необхідним напором насосів.

Витрати насосів знаходяться перетворенням їх головної характеристики:

$$Q_{I,II} = \sqrt{\frac{a - H_H}{b}}.$$

Приклад. Побудувати результуючу характеристику паралельної роботи двох насосів ПН-40У при їх роботі на лафетний ствол та знайти їх робочі точки, якщо рукавна система складається з чотирьох рукавних ліній діаметром

77 мм (п) та довжиною 160 м кожна і закінчується стволом з насадкою діаметром 25 мм.

Дано:

ПН-40У

$$d_{p1} = d_{p2} =$$

$$d_{p3} = d_{p4} =$$

$$= 77 \text{ мм (п)}$$

$$d_n = 25 \text{ мм}$$

$$n_{p1} = n_{p2} =$$

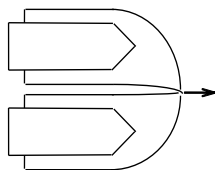
$$n_{p3} = n_{p4} = 8$$

$$K=2$$

$$H_n - ?$$

$$Q_n - ?$$

Розв'язання



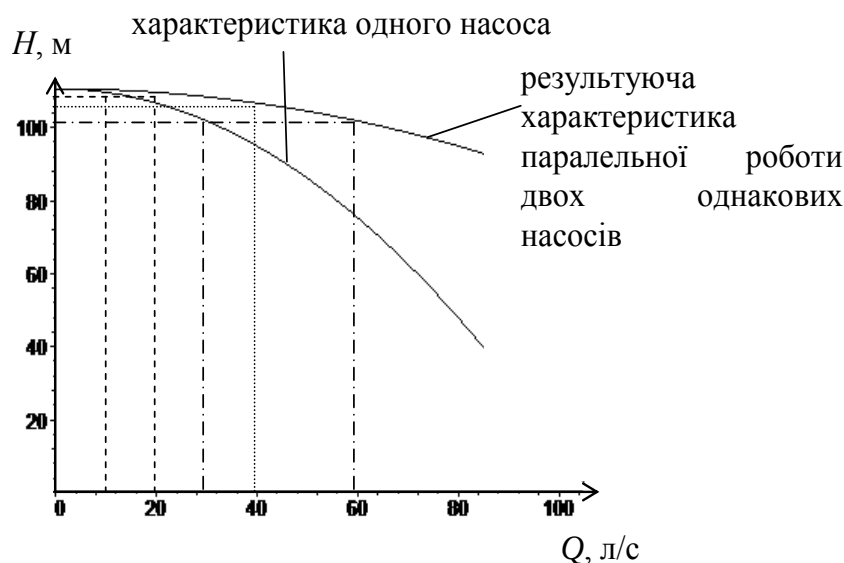
1) Записуємо характеристику насоса (коефіцієнти a та b визначаються за додатком 1):

$$H_n = a - bQ_n^2 = 110,6 - 0,0098Q_n^2.$$

Для побудови характеристики насоса беремо декілька значень Q_n та знаходимо відповідні значення H_n . Результати розрахунку заносимо до таблиці та будуємо характеристику кожного насоса (насоси однакові, тому характеристика першого насоса та характеристика другого насоса однакові).

Q_n	0	10	20	30
H_n	110,6	109,62	106,68	101,78

Виходячи з того, що при паралельній роботі двох насосів їх витрати додаються при однакових значеннях їх тисків, будуємо результуючу характеристику їх сумісної роботи.



2) Записуємо характеристику рукавної системи:

$$h = z + S_c Q_{ст}^2,$$

$$\text{де } S_c = \frac{n_p S_p}{N_p^2} + S_n = \frac{8 \cdot 0,015}{4^2} + 0,212 = 0,22 \text{ — опір рукавної}$$

системи з однаковими характеристиками обладнання, що її складає (опір рукавів визначається за додатком 2, опір насадки ствола — за додатком 3),

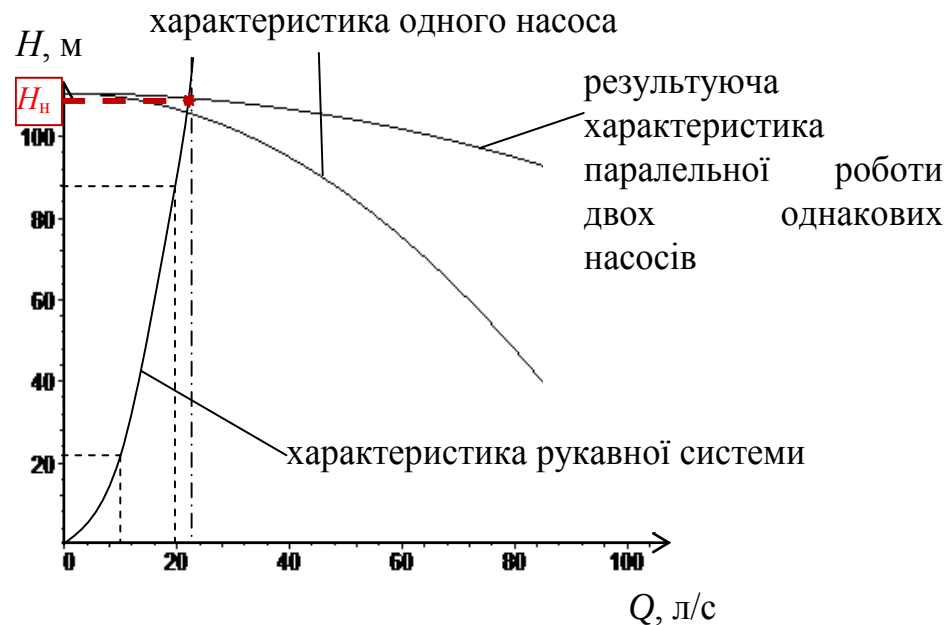
$$h = 0 + 0,22Q_{ст}^2.$$

Для побудови характеристики рукавної системи задаємо декі-

лька значень $Q_{ст}$, результати розрахунку заносимо до таблиці.

$Q_{ст}$	0	10	20	30
h	0	22	88	198

Будуємо характеристику рукавної системи.



3) Знаходимо координату напору точки перетину результуючої характеристики роботи насосів та рукавної системи: $H_n = 109,4$ м – необхідний напір обох насосів.

4) Знаходимо витрати кожного насоса Q_n за відомих значень їх напорів H_n :

$$Q_{I;II} = \sqrt{\frac{a - H_n}{\epsilon}} = \sqrt{\frac{110,6 - 109,4}{0,0098}} = 11,1 \text{ л/с.}$$

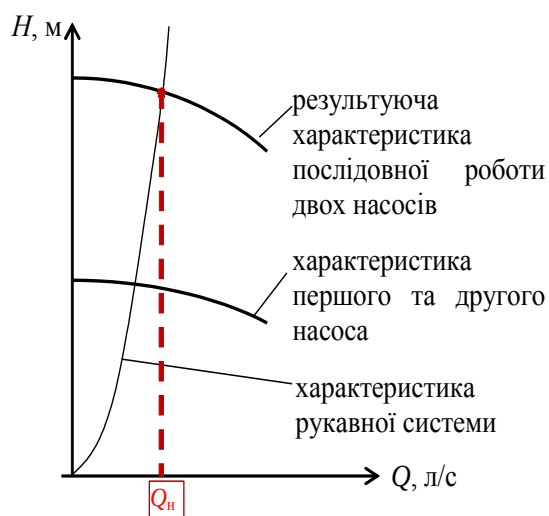
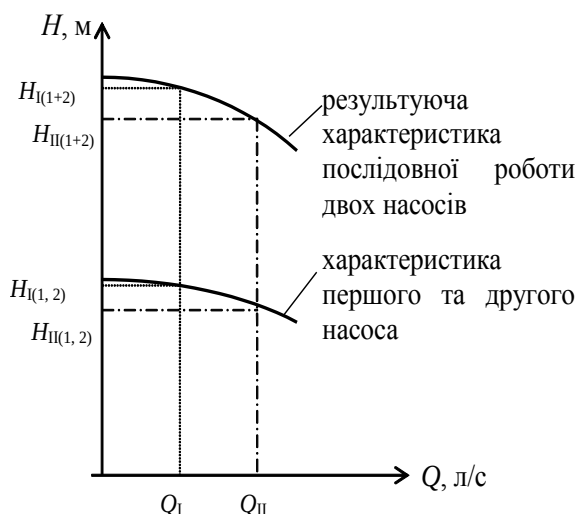
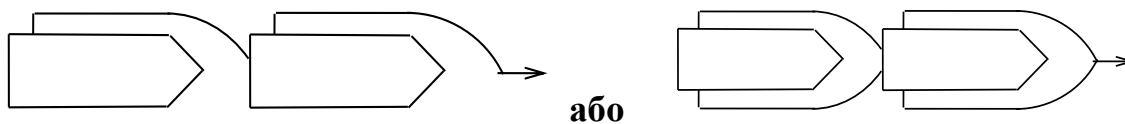
За допомогою графіка перевіряємо: витрати води, що одержуються з двох насосів, дорівнюють ≈ 22 л/с, тобто кожному насосу необхідно подати ≈ 11 л/с, що відповідає розрахунку.

Відповідь: $H_n = 109,4$ м; $Q_n = 11,1$ л/с.

Задача 5. Побудувати результуючу характеристику послідовної роботи заданих насосів при їх роботі на лафетний ствол та знайти їх робочі точки, якщо задані характеристики рукавної системи.

Розв'язання

В залежності від вихідних даних схема насосно-рукавної системи може бути одною з наступних:



Необхідний напір кожного насоса визначається за їх головною робочою характеристикою:

$$H_H = a - bQ_H^2,$$

де Q_H – витрати насоса, що визначені графічно на перехрещенні результуючої характеристики послідовної роботи двох насосів та характеристики рукавної системи, л/с.

Приклад. Побудувати результуючу характеристику послідовної роботи двох насосів ПН-40У та знайти їх робочі точки, якщо рукавна система складається з двох паралельних рукавних ліній діаметром 77 мм (п) кожна. Відстань

Методика розв'язання задачі аналогічна методиці розв'язання задачі 4 цього розділу, але відмінність полягає в тому, що всі насоси, які забезпечують подачу води від вододжерела до лафетного ствола, перекачують ту кількість води, яку перший насос забрав з вододжерела, тобто **подача** всіх насосів однакова. Виходячи з цього, при побудованні результуючої характеристики послідовної роботи насосів необхідно при однакових значеннях витрат води насосів додавати їх напір, який відповідає цим витратам. Результуюча характеристика послідовної роботи двох однакових насосів відображена на малюнку.

Методика побудування характеристики рукавної системи аналогічна методиці, наведеній в задачі 4 даного розділу.

При послідовній роботі насосів у них однакові витрати, тому на перехрещенні результуючої характеристики двох послідовно працюючих насосів з характеристикою рукавної системи визначається координата робочої точки за витратою.

від вододжерела до осередку пожежі - 440 м. Система закінчується стволом з насадкою діаметром 25 мм.

Дано:

ПН-40У

$$d_{p1} = d_{p2} = 77 \text{ мм}$$

(II)

$$d_H = 25 \text{ мм}$$

$$n_{p1} = n_{p2} = 22$$

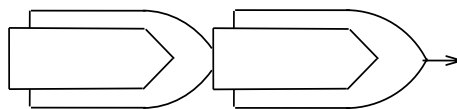
$$N=2$$

$$K=2$$

$$H_H - ?$$

$$Q_H - ?$$

Розв'язання



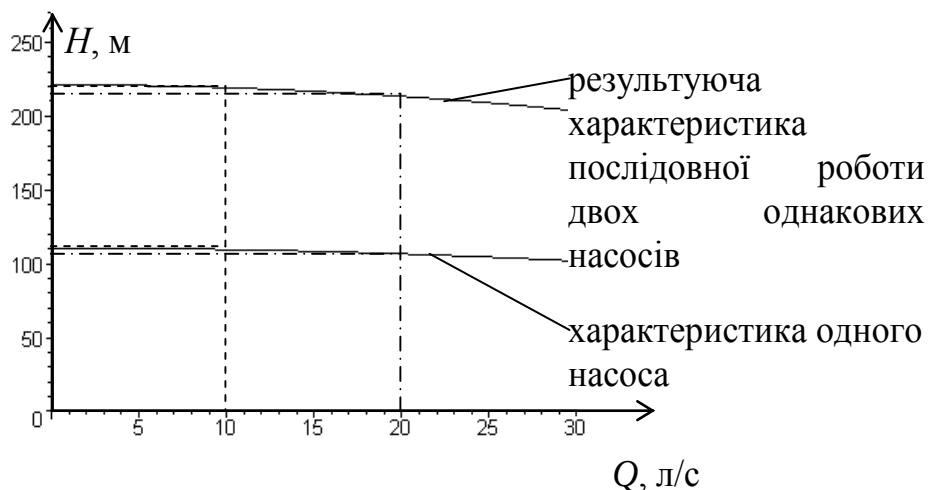
1) Записуємо характеристику насоса (коефіцієнти a та b визначаються за додатком 1):

$$H_H = a - bQ_H^2 = 110,6 - 0,0098Q_H^2.$$

Для побудовання характеристики насоса беремо декілька значень Q_H та знаходимо відповідні значення H_H . Результати розрахунку заносимо до таблиці та будуємо характеристику насоса (насоси однакові, тому характеристика першого насоса та характеристика другого насоса однакові).

Q_H	0	10	20	30
H_H	110,6	109,62	106,68	101,78

Виходячи з того, що при послідовній роботі двох насосів їх напори додаються при однакових значеннях їх витрат, будуємо результуючу характеристику їх сумісної роботи.



2) Записуємо характеристику рукавної системи:

$$h = z + S_c Q_{ст}^2,$$

$$\text{де } S_c = \frac{n_p S_p}{N_p^2} + S_H = \frac{22 \cdot 0,015}{2^2} + 0,212 = 0,3 - \text{опір рука-}$$

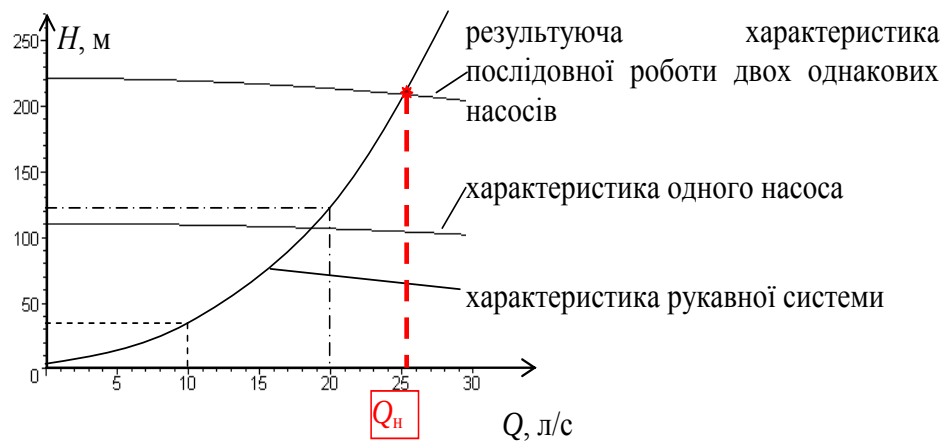
вної системи з однаковими характеристиками обладнання, що її складає (опір рукавів визначається за додатком 2, опір насадки ствола – за додатком 3),

$$h = 0 + 0,3Q_{\text{ст}}^2.$$

Для побудови характеристики рукавної системи беремо декілька значень $Q_{\text{ст}}$, результати розрахунку заносимо до таблиці.

$Q_{\text{ст}}$	0	10	20	30
h	0	30	120	270

Будуємо характеристику рукавної системи.



3) Знаходимо координату витрати точки перетину результуючої характеристики послідовної роботи насосів та рукавної системи: $Q_H = 26$ л/с – необхідні витрати обох насосів.

4) Знаходимо необхідний напір кожного насоса за їх головною робочою характеристикою:

$$H_H = a - bQ_H^2 = 110,6 - 0,0098 \cdot 26^2 = 104 \text{ м.}$$

За допомогою графіка перевіряємо: напір сумісної роботи двох насосів дорівнює ≈ 208 м, тобто кожний насос створює напір ≈ 104 м, що відповідає розрахунку.

Відповідь: $H_H = 104$ м, $Q_H = 26$ л/с.

Контрольні питання та завдання

1. Дати визначення та одиниці виміру подачі, напору, потужності насоса, коефіцієнта корисної дії, геометричної та вакуумметричної висоти всмоктування.

2. Дати характеристики та умови використання схем насосно-рукавних систем, що забезпечують роботу ручних і лафетних стволів.

3. Перелічити задачі гідравлічного розрахунку схем насосно-рукавних систем, що забезпечують роботу ручних та лафетних стволів.

4. Визначити опір рукавної системи при змішаному з'єднанні рукавів із такими характеристиками: магістральна лінія має довжину 140 м і складається з рукавів 77 мм (п); три робочі лінії довжиною 40 м кожна, з рукавів 66 мм (п) зі стволами: перша та третя – 16 мм, друга – 19 мм.

5. Визначити необхідний напір насоса для одержання струменя з радіусом (довжиною) компактної частини 20 м, якщо вода до місця пожежі подається по рукавній системі, що складається з магістральної лінії довжиною 100 м, діаметром 77 мм та робочої лінії довжиною 20 м, діаметром 51 мм. Діаметр насадки ствола 13 мм. Висота підйому ствола 8 м. Рукава прогумовані.

6. Для гасіння пожежі на торф'яному масиві введено в дію три стволи: $d_{н1} = d_{н3} = 13$ мм, $d_{н2} = 19$ мм. Магістральна лінія має довжину 180 м, діаметр 77 мм, три робочі лінії мають довжину 40 м кожна, перша та третя мають діаметр 51 мм кожна, друга – діаметр 66 мм. Рукава системи прогумовані. Визначити витрату води та напір насоса, якщо друга робоча лінія забезпечує компактний струмінь радіусом (довжиною) 20 м.

7. Визначити максимально можливу довжину магістральної лінії, якщо з першого ствола необхідно одержати струмінь радіусом компактної частини 17 м. Рукавна система складається з магістральної лінії діаметром 77 мм та трьох робочих ліній довжиною 40 м кожна, діаметром 66 мм кожна, стволами з діаметром насадок 16 мм. Стволи підняті на висоту $z_1 = 3$ м, $z_2 = 6$ м, $z_3 = 9$ м. Рукава системи прогумовані. Напір насоса 90 м.

8. Побудувати результуючу характеристику паралельної роботи двох насосів ПНС-110 при їх роботі на лафетний ствол та знайти їх робочі точки, якщо рукавна система складається з двох рукавних ліній діаметром 89 мм (п) та довжиною 300 м кожна і закінчується стволом з насадкою діаметром 32 мм.

9. Побудувати результуючу характеристику послідовної роботи двох насосів ПН-40У та знайти їх робочі точки, якщо рукавна система складається з двох паралельних рукавних ліній діаметром 77 мм (п) кожна, загальною довжиною 360 м та закінчується стволом з насадкою діаметром 28 мм.

10. З лафетного ствола з діаметром насадки 38 мм потрібно одержати струмінь із радіусом (довжиною) дії компактної частини 38 м. Ствол розташовано на відстані 80 м від водойми на висоті 5 м. Визначити можливість одержання необхідного струменя, якщо є два насоси ПН-40У і рукава діаметром 77 мм (п). Накреслити схему і визначити необхідні напори на насосах.

2. ВЛАШТУВАННЯ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

2.1. Системи водопостачання населених пунктів та виробничих об'єктів

2.1.1. Класифікація систем водопостачання

Система водопостачання – це комплекс інженерних споруд, які призначені для забору води від вододжерел, її очищення (за необхідності), зберігання та подачі до місця споживання.

Спеціальне протипожежне водопостачання забезпечує подачу води у розрахунковій кількості з необхідним тиском на визначений термін гасіння пожежі при виконанні вимог до надійності функціонування всього комплексу системи водопостачання.

Основні нормативні вимоги до систем водопостачання сформульовані у будівельних нормах ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація», ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування».

Системи водопостачання класифікуються за декількома ознаками.

За призначенням системи водопостачання поділяють на:

- **господарсько-питні**, які призначені для подачі води на господарські та питні потреби населення та працівників виробничих об'єктів;
- **виробничі**, які подають воду для використання в технологічному процесі виробничих об'єктів;
- **протипожежні**, які забезпечують подачу води на пожежогасіння;
- **об'єднані** системи водопостачання – системи, які забезпечують подачу води одночасно на потреби декількох різних споживачів, наприклад, господарсько-питні потреби працівників та технологічні потреби на виробничому об'єкті, господарсько-питні потреби населення та потреби пожежогасіння та інше.

В населених пунктах найчастіше влаштовують **об'єднані** водопроводи, які забезпечують подачу води на господарсько-питні потреби населення, на потреби виробничих об'єктів та на пожежогасіння. При значних витратах води виробничі об'єкти можуть мати самостійні системи водопостачання, які забезпечують підприємство водою як із міського магістрального водопроводу, так і від місцевих джерел – поверхневих або підземних. При цьому системи водопостачання забезпечують господарсько-питні, виробничі та протипожежні потреби підприємства. Перевага віддається об'єднанню протипожежного водопроводу з господарсько-питним, а не з виробничим тому, що для деяких технологічних процесів воду необхідно подавати під певним тиском, який може змінюватися при відборі води на гасіння пожежі, що може призвести до порушень в технологічному процесі та аварії. Тому пожежні гідранти найчастіше розташовують на об'єднаному водопроводі.

Окремі **протипожежні** водопроводи влаштовують на підприємствах нафтохімічної та нафтопереробної промисловості, складах нафти та нафтопродуктів, лісобіржах, сховищах зріджених газів та інших, тобто на підприємствах, де при виникненні пожежі необхідно забезпечити одночасну подачу значної кількості води під значним тиском.

За кількістю об'єктів обслуговування системи водопостачання влаштовують:

- **централізованими;**
- **місцевими;**
- **груповими;**
- **зонними.**

Для подачі води до населених пунктів та виробничих об'єктів найчастіше використовуються **централізовані** системи водопостачання, які можуть мати одне або декілька вододжерел.

Місцеві системи водопостачання обслуговують одну будівлю або невелику групу компактно розміщених будівель від одного вододжерела (наприклад, виробничий об'єкт, район міста).

При забезпеченні подачі води одним водопроводом до декількох об'єктів (наприклад, групи малих населених пунктів, групи виробничих об'єктів) система має назву **групового** водопроводу.

Для подачі води до різних районів населеного пункту, що мають значну різницю у геодезичних відмітках, використовують **зонні** системи водопостачання.

Централізовані системи водопостачання **за ступенем забезпечення подачі** води (відповідно до ДБН В.2.5-74:2013 п. 8.4 таблиця 8) поділяються на три категорії:

I – допускається зниження подачі води на господарсько-питні потреби не більше 30 % розрахункової витрати та на виробничі потреби до межі, яка встановлюється аварійним графіком роботи підприємств; тривалість зниження подачі не повинна перевищувати 3-х діб; перерва в подачі води або зниження подачі нижче зазначеної межі допускаються на час вимикання пошкоджених та включення резервних елементів системи (обладнання, арматури, споруд, трубопроводів та інше), але не більше ніж на 10 хвилин;

II – допустима величина зниження подачі води та ж, що при I категорії; тривалість зниження подачі не повинна перевищувати 10 діб; перерва в подачі води або зниження подачі нижче зазначеної межі допускаються на час вимикання ушкоджених та включення резервних елементів або проведення ремонту, але не більше ніж на 6 годин;

III – допустима величина зниження подачі води та ж, що при I категорії; тривалість зниження подачі не повинна перевищувати 15 діб; перерва в подачі води або зниження подачі нижче зазначеної межі допускається на час проведення ремонту, але не більше ніж на 24 години.

Об'єднані господарсько-питні та виробничі водопроводи населених пунктів при кількості мешканців в них більше 50000 осіб варто відносити до I ка-

тегорії; від 5000 до 50000 осіб – до II категорії; менше 5000 осіб – до III категорії.

За тиском системи водопостачання поділяються на водопроводи:

- **низького** тиску;
- **високого** тиску.

У системах **низького тиску** вільний напір на рівні поверхні землі (на пожежному гідранті) повинен бути не менше 10-ти м (потрібний для гасіння пожежі тиск на пожежному стволі створюється насосами, встановленими на пожежних автомобілях).

У системах **високого тиску** вода до місця пожежі може подаватися безпосередньо від гідрантів, а необхідний для пожежогасіння напір у мережі та біля стволів створюється стаціонарними пожежними насосами, які встановлені в насосних станціях.

За видом вододжерела системи водопостачання можуть будуватись:

- із забором води з поверхневих джерел;
- із забором води з підземних джерел;
- зі змішаними джерелами водопостачання.

За способом подачі води водопроводи можуть бути:

- напірні (із подачею води насосами);
- самотісні (при розміщенні вододжерела вище водоспоживача).

2.1.2. Схеми водопостачання населених пунктів

Схема водопостачання для населених пунктів з **використанням поверхневих вододжерел** наведена на рис. 2.1.

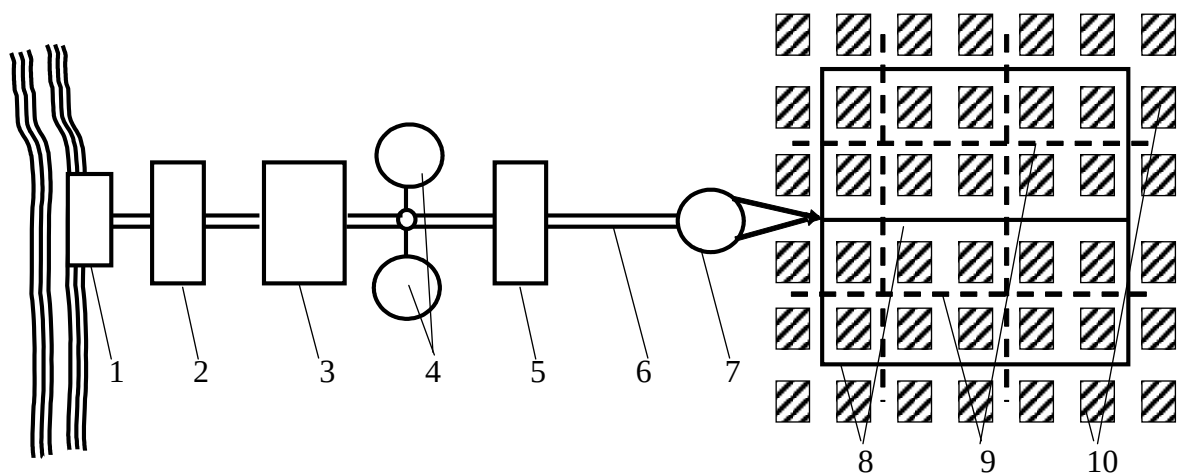


Рис. 2.1 – Схема водопостачання населеного пункту з поверхневим вододжерелом:

1 – водозабірні споруди, 2 – насосна станція першого підйому, 3 – очисні споруди, 4 – резервуари чистої води, 5 – насосна станція другого підйому, 6 – водоводи, 7 – водонапірна башта, 8 – магістральна мережа, 9 – розподільча мережа, 10 – водоспоживачі

Водозабірні споруди 1 забирають воду з вододжерела. За допомогою насосів насосної станції першого підйому (НС-I) 2 вода подається до очисних

споруд 3 та після очищення збирається в резервуарах чистої води 4. Насоси насосної станції другого підйому (НС-II) 5 подають воду по водоводах 6 до водонапірної башти 7 при режимі роботи мережі до пожежі, а під час подачі води на гасіння пожежі – безпосередньо до магістральної 8 та розподільчої 9 мереж населеного пункту до водоспоживачів 10.

Очисні споруди необхідні для надання воді необхідних фізичних, хімічних та бактеріологічних якостей. Їх робота найбільш ефективна при рівномірному постачанні води.

Насосна станція другого підйому будується із урахуванням режиму водоспоживання, який протягом доби нерівномірний. Регулювання нерівномірності роботи насосних станцій першого та другого підйомів досягається за рахунок спорудження РЧВ та водонапірних башт.

Водонапірні башти використовують для створення необхідного тиску води у мережі. У РЧВ, водонапірних баштах зберігається запас води, необхідний для гасіння пожежі.

Схеми водопостачання населених пунктів **з використанням підземних вододжерел** будують, як правило, без очисних споруд (рис. 2.2). Вода з підземного вододжерела насосами, встановленими в артезіанській свердловині 1, подається безпосередньо до резервуарів чистої води 2. Насоси 3 НС-II забирають воду з РЧВ 2 та через водонапірну башту 4 подають її водоспоживачам 5.

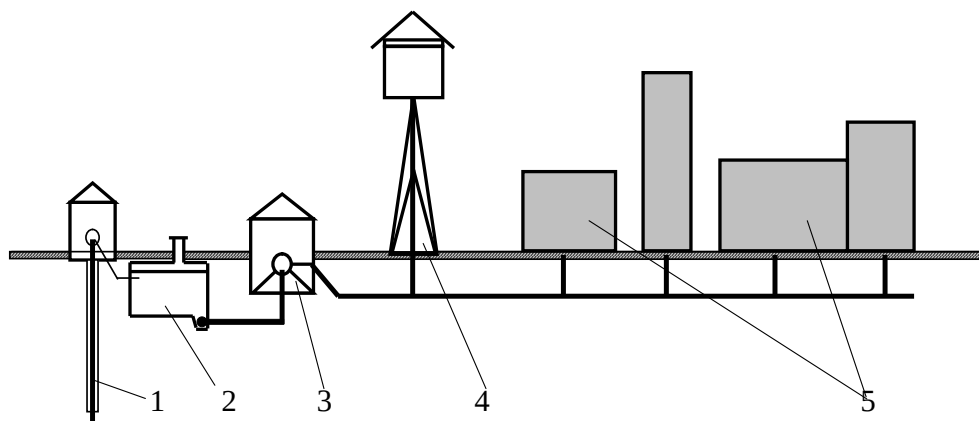


Рис. 2.2 – Схема водопостачання населеного пункту з використанням підземного вододжерела:

1 – артезіанська свердловина з насосом, 2 – резервуар чистої води, 3 – насосна станція другого підйому, 4 – водонапірна башта, 5 – водоспоживачі населеного пункту

Схеми водопостачання з **декількома джерелами водопостачання** влаштовуються при подачі води до великих населених пунктів від підземних вододжерел або при одночасному використанні підземних та поверхневих вододжерел. Як правило, джерела водопостачання знаходяться за межами населеного пункту та віддалені одне від одного (рис. 2.3), за рахунок чого можливе забезпечення більш рівномірного розподілу води в мережі.

Централізована система водопостачання може бути розділена на декілька **зон**, що дозволяє зменшити тиск у водопровідних мережах та знизити

затрати енергії на підйом води. *Зонування* може бути послідовне (рис. 2.4) або паралельне (рис. 2.5).

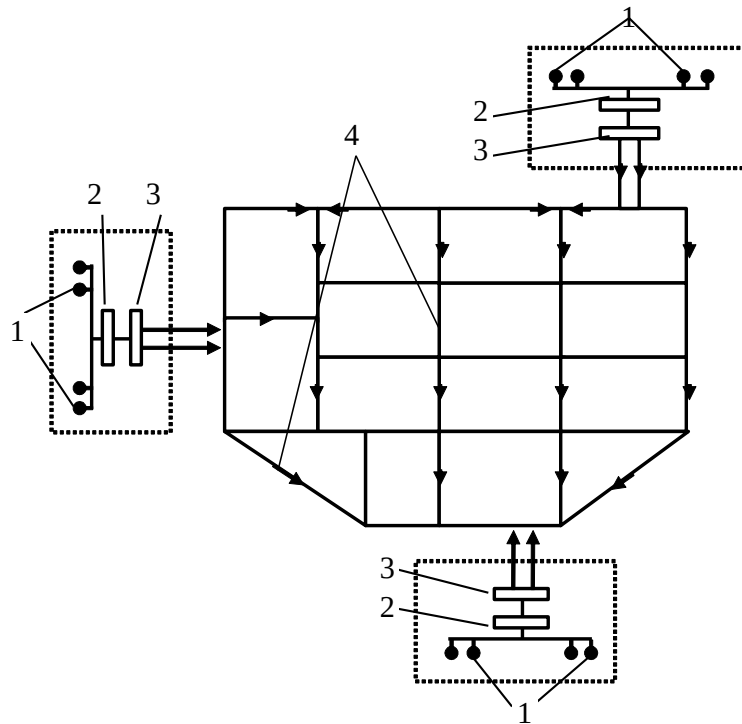


Рис. 2.3 – Схема водопроводу із трибічним живленням водою:

1 – артезіанські свердловини, 2 – резервуари чистої води, 3 – насосні станції другого підйому, 4 – водопровідна мережа населеного пункту

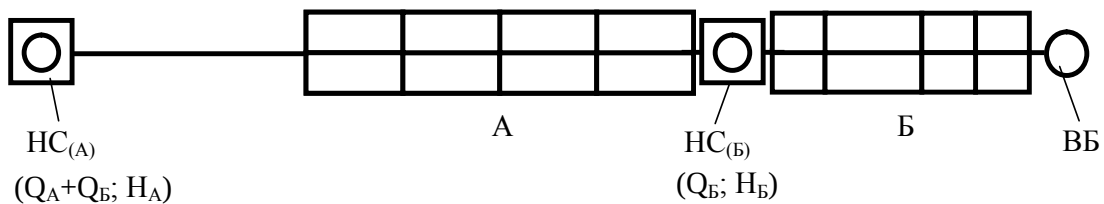


Рис. 2.4 – Схема послідовного зонного водопостачання

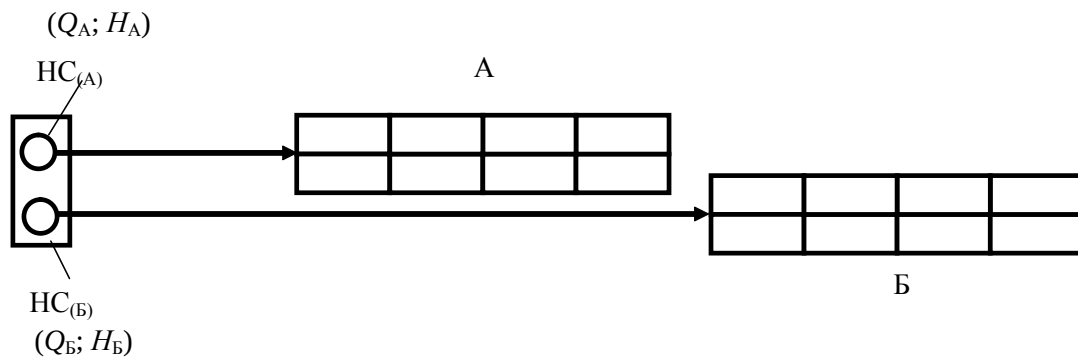


Рис. 2.5 – Схема паралельного зонного водопостачання

При послідовному зонуванні насосні станції кожної зони подають воду у кількості, необхідній для всіх вищерозташованих зон, під тиском, необхідним для подачі води в межах зони, в якій розташована насосна станція. Так, для схеми послідовного зонування, що наведена на рис.2.4, насосна станція першої зони – зони А ($НС_{(A)}$) – забезпечує подачу води в кількості, що необхідна споживачам обох зон: $Q_{НС(A)}=Q_A+Q_B$; при цьому насоси повинні створити тиск, який забезпечить подачу води до всіх водоспоживачів лише першої зони: H_A . Насосна станція другої зони – зони Б ($НС_{(B)}$) – забезпечує подачу води в кількості Q_B та створює тиск H_B .

Насоси зони Б можуть брати воду безпосередньо із мережі зони А або від резервуара, розташованого між зонами. Резервуар одночасно виконує роль джерела водопостачання для насосної станції зони Б, та контррезервуара для мережі зони А. Розміщується резервуар вище зони А на такій висоті, щоб забезпечити необхідні напори у верхніх точках мережі зони А.

При паралельному зонуванні вода подається у мережу кожної зони А та Б окремими групами насосів, що розміщені у загальній насосній станції (рис. 2.5). Кожна група насосів подає таку кількість води, що необхідна для обслуговування своєї зони, та створює такий напір, який забезпечує достатній тиск у найбільш віддаленій точці зони.

У населених пунктах поряд із централізованими водопроводами дуже розповсюджені системи **місцевого водопостачання**. Вони обладнуються насосними установками невеликої потужності і призначені для підвищення тиску у водопроводах будівель підвищеної поверховості та інших, для яких тиск у централізованому водопроводі недостатній для забезпечення необхідного напору у всій будівлі, у тому числі при пожежі.

2.1.3. Схеми водопостачання виробничих об'єктів

Вибір схеми виробничого водопостачання промислових підприємств залежить від характеру виробництва та потужності і розташування вододжерела. Так, наприклад, господарсько-питний водопровід виробничого об'єкта може живитися водою від водопроводу населеного пункту або від інших вододжерел – підземних або поверхневих. Безпосередня подача води від мережі населеного пункту до системи водопостачання виробничого об'єкта дозволяється, якщо мережа здатна забезпечити подачу води підприємству протягом доби під розрахунковим тиском, у відповідності до його графіка водоспоживання. Якщо вільний тиск у мережі підприємства повинен бути більший, ніж у мережі населеного пункту, будують місцеві підвищувальні насосні станції. Вони можуть забирати воду безпосередньо з міської мережі або з резервуарів, що забезпечують збереження протипожежного запасу води та дотримання заданого графіка споживання води.

Мережі водопостачання виробничих об'єктів можуть бути прямооточними (рис. 2.6 а), зворотними (рис. 2.6 б) або з послідовним використанням води (рис.2.6 в).

При **прямоточному водопостачанні** (рис. 2.6 а) насосна станція 2 забирає воду з водопроводу населеного пункту 1 та подає її до водопровідної мережі виробничого об'єкта 3, з якої вода подається до очисних споруд 4 для очищення, або без очищення скидається у каналізаційну мережу 5 або річку.

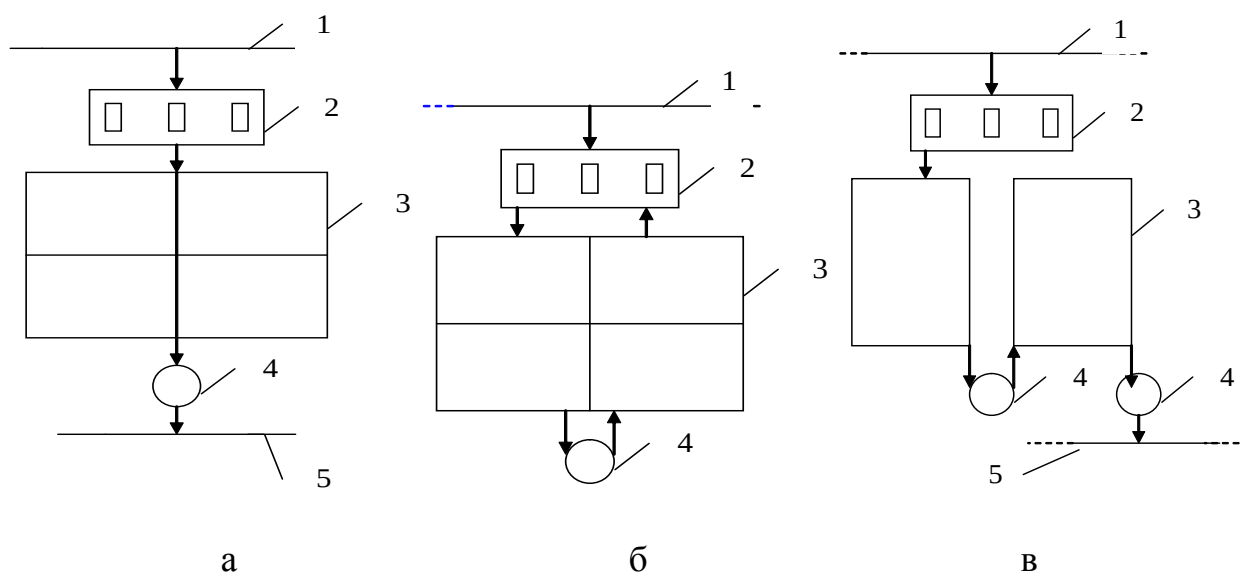


Рис.2.6. Схема водопостачання виробничих об'єктів:

а) прямоточна; б) зворотна; в) з послідовним використанням води:

1 – водопровід населеного пункту; 2 – насосна станція (або інші споруди підвищення тиску в мережі) з резервуаром або без резервуара; 3 – водопровідна мережа виробничого об'єкта; 4 – очисні споруди; 5 – каналізаційна мережа або річка.

При **зворотному водопостачанні** (рис.2.6 б) використана вода не скидається до річки, а після відповідної підготовки (наприклад, охолодження) знов подається до виробничої мережі підприємства. Насосами 2 вода подається до виробничих цехів. При використанні у виробничому процесі вода нагрівається. Для подальшого її використання підігріта вода поступає на охолодження до споруд 4 (градирні, бризкальні басейни, охолоджуючі ставки). Поповнення води у кількості 3 – 5 % від загального об'єму води у мережі здійснюється насосами 2.

Схема водопостачання з **послідовним використанням води** (рис. 2.6 в) займає місце між прямоточним та зворотним. Кількість води, яка відбирається із джерела при послідовному водопостачанні менша, ніж при прямоточному, але більша, ніж при зворотному.

На одному підприємстві можуть використовуватися різні схеми водопостачання для обслуговування різних технологічних процесів, цехів. Для деяких цехів може бути влаштоване зворотне водопостачання, а для інших – прямоточне, послідовне. Таким чином, система водопостачання окремого виробництва може бути **комбінованою**.

Контрольні питання та завдання

1. За якими ознаками класифікуються системи водопостачання?
2. Дайте характеристики складових систем водопостачання населених пунктів.
3. Дайте характеристики складових систем водопостачання виробничих об'єктів.

2.2. Водопровідні мережі та запірно-регулююча арматура на системах водопостачання

2.2.1. Водопровідні мережі

Водопровідна мережа – одна з основних складових системи водопостачання, яка пов'язана в роботі з водоводами, насосними станціями, що подають воду в мережу, а також з регулюючими ємностями (резервуарами та баштами).

Вимоги до водопровідних мереж:

- повинні забезпечувати подачу заданої кількості води з необхідним тиском до місць її споживання;
- повинні мати достатній ступінь надійності та безперебійності постачання водою споживачів;
- повинна бути запроектована найбільш економічно, тобто забезпечувати найменшу величину затрат на будівництво та експлуатацію мережі і пов'язаних з нею інших споруд системи.

Виконання цих вимог досягається правильним вибором:

- конфігурації мережі;
- матеріалів труб;
- діаметрів труб.

Першим завданням, яке вирішують при проектуванні мережі, є її **трасування** – надання мережі визначеної геометричної форми в плані.

На розташування ліній водопровідної мережі впливають:

- характер планування об'єкта, що постачається водою, розташування окремих водоспоживачів, розташування проїздів, форма та розмір житлових кварталів, цехів, зелених насаджень та інших водоспоживачів;
- наявність природних та штучних перешкод для прокладання труб (річок, каналів, ярів, залізниць та ін.);
- рельєф місцевості.

Класифікація водопровідних мереж:

- 1) за конфігурацією (кільцеві, тупикові);
- 2) за призначенням.

Класифікація водопровідних мереж за конфігурацією

В практиці водопостачання користуються двома основними видами мереж:

- **тупикові** (рис.2.7);
- **кільцеві** (рис.2.8) – система суміжних замкнених контурів або кілець.

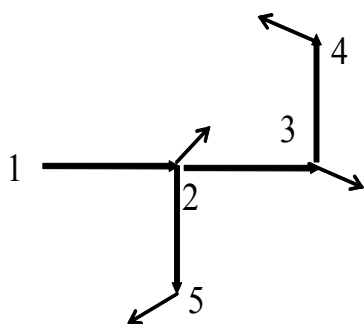


Рис. 2.7 – Схема тупикової водопровідної мережі

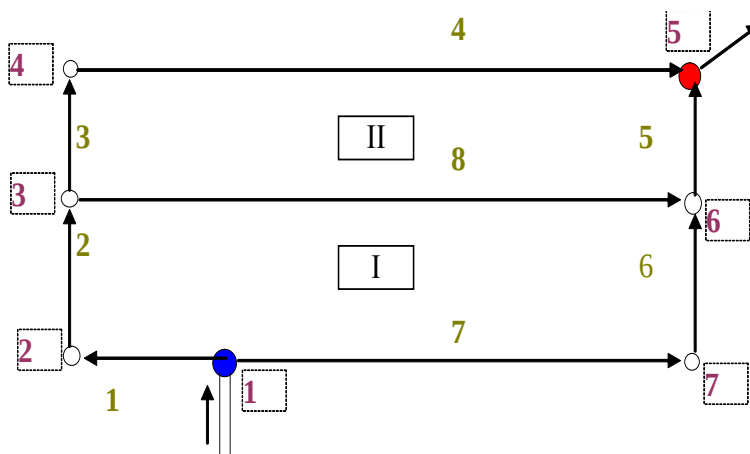


Рис. 2.8 – Схема кільцевої водопровідної мережі

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-74:2013 п. 12.5, водопровідні мережі повинні бути кільцевими. Тупикові лінії водопроводів допускається застосовувати:

- для подачі води на виробничі потреби – при допустимості перерви у водопостачанні на час ліквідації аварії;
- для подачі води на господарсько-питні потреби – при діаметрі труб не більше 100 мм;
- для подачі води на протипожежні або на господарсько-протипожежні потреби незалежно від витрати води на пожежогасіння – при довжині ліній не більше 200 м, за умови наявності на кінці тупика споживача з постійним відбором води.

Кільцювання зовнішніх водопровідних мереж внутрішніми водопровідними мережами будівель і споруд не допускається.

В населених пунктах з кількістю мешканців до 5000 осіб і витратою води на зовнішнє пожежогасіння до 10 л/с, або при кількості внутрішніх пожежних кранів у будівлі до 12 включно, допускаються тупикові лінії довжиною більше 200 м за умови будування протипожежних резервуарів або водойм, водонапірної башти або контррезервуара у кінці тупика.

У таблиці 2.1 наведена порівняльна характеристика мереж за конфігурацією.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика мереж за конфігурацією

№	Характеристика мережі в залежності від її конфігурації	
	мережа тупикової конфігурації	мережа кільцевої конфігурації
1	здатна забезпечити подачу води всім водоспоживачам за умови працездатності всіх ділянок мережі	здатна забезпечити подачу води всім водоспоживачам
2	не захищає від гідравлічних ударів	паралізує дію гідравлічних ударів
3	довжина мережі не більша, ніж необхідна для подачі води споживачу, тому її будівельна вартість менша	значна довжина мережі, а тому і будівельна вартість більша, ніж тупикової

Класифікація водопровідних мереж за призначенням

За призначенням водопровідні мережі можна розділити на три типи (рис. 2.9):

- водоводи (водогони);
- магістральні мережі;
- розподільчі мережі.

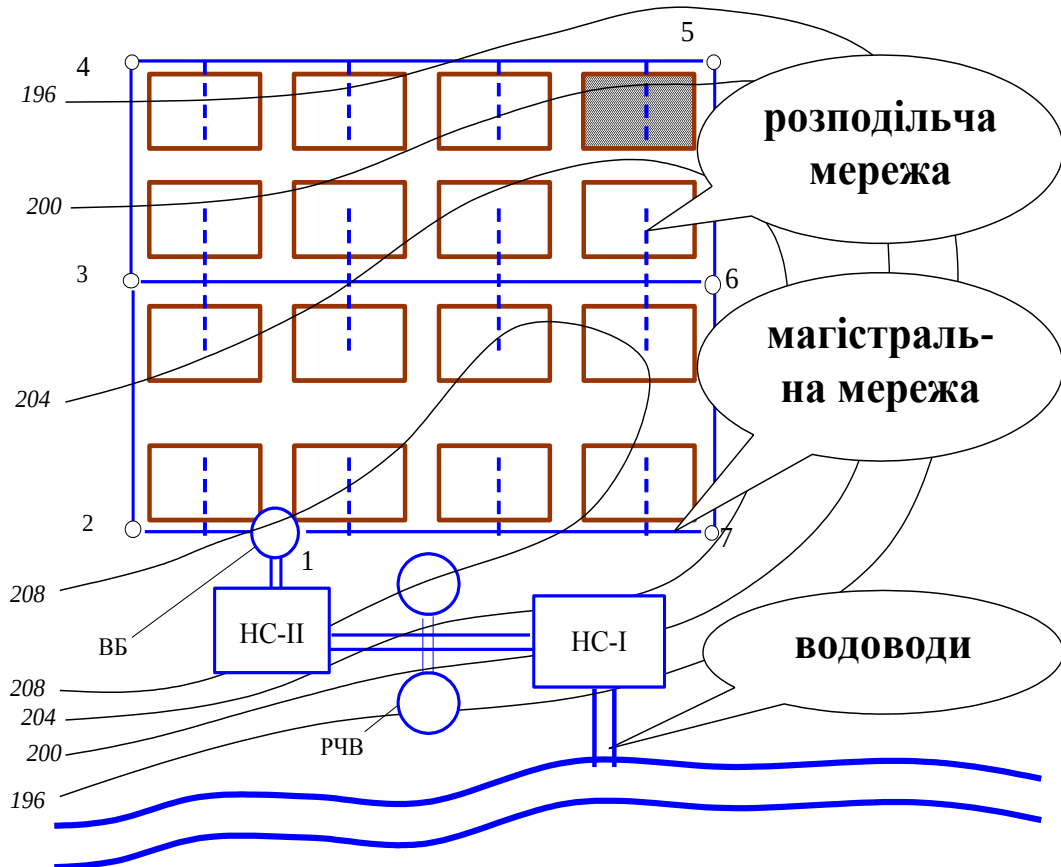


Рис. 2.9 – Типи водопровідних мереж за призначенням

Водоводи призначені для транспортування транзитних мас води від вододжерела до перших вуличних мереж (магістральних та розподільчих).

Кількість ліній водоводів слід передбачати з урахуванням категорії системи водопостачання та наступного:

- в одну лінію – при наявності запасу води на час ліквідації аварії на водоводі;
- у дві або більше ліній – з будівництвом перемикань між водоводами в залежності від кількості незалежних водозабірних споруд або ліній водоводів, що подають воду до споживачів (при цьому у разі відключення одного водовода або його ділянки загальну подачу води на господарсько-питні потреби допускається знижувати не більше ніж на 30 % розрахункової витрати, а на виробничі потреби – за аварійним графіком).

Магістральні мережі призначені для подачі води до розподільчої мережі та для транспортування транзитних мас води до найвіддаленіших районів, що обслуговуються мережею.

Магістральні мережі будують кільцевими.

Магістральні мережі доцільно прокладати по найбільш піднятих точках території. При цих умовах наявність достатніх вільних напорів у магістральній мережі забезпечує створення достатніх напорів і в розподільчій мережі, яка живиться від магістральної та розташовується на більш низьких позначках рельєфу місцевості.

Розподільчі мережі призначені для подачі води від магістралей до окремих будівель. Розподільчі мережі будують тупиковими.

Вимоги до прокладання водопровідних мереж

1) Вимоги до матеріалів труб (ДБН В.2.5-74:2013 п.12.21).

Вибір матеріалу та класу міцності труб для водопровідних мереж слід передбачати на підставі статичного розрахунку, агресивності ґрунту та характеристик води, яка транспортується, а також умов роботи трубопроводів і вимог до якості води.

Для напірних мереж, як правило, варто застосовувати неметалеві труби (залізобетонні напірні, азбестоцементні напірні, пластмасові та ін.). Відмова від застосування неметалевих труб повинна бути обґрунтованою.

Застосування чавунних напірних труб допускається для мереж у межах населених пунктів, територій виробничих, сільськогосподарських об'єктів.

Застосування сталевих труб допускається:

- на ділянках з розрахунковим внутрішнім тиском більше 1,6 МПа (16 кгс/см^2);
- для переходів під залізницею та автомобільними дорогами, через водні перешкоди і яри;
- у місцях перетинання господарсько-питного водопроводу з мережами каналізації;
- при прокладці трубопроводів по автодорожніх і міських мостах, по опорах естакад та в тунелях.

Сталеві труби повинні бути економічних сортamentів зі стінкою, товщина якої повинна визначатися розрахунком (але не менше 3-х мм) з урахуванням умов роботи трубопроводів.

Для залізобетонних та азбестоцементних трубопроводів допускається застосування металевих фасонних частин.

2) Вимоги до діаметрів труб (ДБН В.2.5-74:2013 п.12.45).

Вибір діаметрів труб водоводів і водопровідних мереж слід робити на основі техніко-економічних розрахунків, з урахуванням умови їхньої роботи при аварійному вимиканні окремих ділянок.

Діаметр труб водопроводу, об'єднаного із протипожежним, у населених пунктах і на виробничих об'єктах повинен бути не менше 100 мм, у сільських населених пунктах – не менше 80 мм.

3) Вимоги до способу прокладання труб (ДБН В.2.5-74:2013 п.12.30).

Водопровідні лінії, як правило, слід будувати способом підземного прокладання. При теплотехнічному та техніко-економічному обґрунтуванні допускаються наземне і надземне прокладання, прокладання в тунелях, а також прокладання водопровідних ліній у тунелях разом з іншими підземними комунікаціями, за винятком трубопроводів, що транспортують легкозаймисті та горючі рідини і горючі гази. При прокладанні ліній протипожежних і об'єднаних із протипожежними водопроводів у тунелях, наземно або надземно, пожежні гідранти повинні встановлюватися в колодязях.

При підземній прокладці запірна, регулююча та запобіжна трубопровідна арматура повинна встановлюватися в колодязях (камерах).

Безколодязне встановлення запірної арматури допускається при обґрунтуванні.

4) Вимоги до глибини залягання труб (при підземному прокладанні) (ДБН В.2.5-74:2013 п. 12.41 – 12.44).

Глибина залягання труб донизу, повинна бути на 0,5 м більшою за розрахункову глибину проникання в ґрунт нульової температури.

При прокладці трубопроводів у зоні негативних температур матеріал труб і елементів стикових з'єднань повинен задовольняти вимоги морозостійкості.

Меншу глибину залягання труб допускається передбачати за умови вживання заходів, що виключають: замерзання арматури, що встановлена на трубопроводі; неприпустиме зниження пропускної здатності трубопроводу в результаті утворення льоду на внутрішній поверхні труб; пошкодження труб і їхніх стикових з'єднань у результаті замерзання води, деформації ґрунту та температурного напруження у матеріалі стінок труб; утворення в трубопроводі крижаних пробок при перервах подачі води, пов'язаних з ушкодженням трубопроводів.

Розрахункову глибину проникнення в ґрунт нульової температури варто встановлювати на підставі спостережень за фактичною глибиною промерзання в розрахункову холодну та малосніжну зиму і досвіду експлуатації трубопроводів у даному районі з урахуванням можливої раніше зміни глибини промерзання в результаті планових змін у стані території (видалення сніжного покриву, улаштування удосконалених дорожніх покриттів і т.п.).

При відсутності даних спостережень глибину проникнення в ґрунт нульової температури та можливу її зміну у зв'язку з плановими змінами в благоустрої території необхідно визначати теплотехнічними розрахунками.

Для запобігання нагрівання води в літню пору року глибину залягання трубопроводів господарсько-питних водопроводів слід передбачати не менше 0,5 м до верху труб. Допускається приймати меншу глибину залягання водопроводів або ділянок водопровідної мережі за умови обґрунтування теплотехнічними розрахунками.

При визначенні глибини залягання водопровідних мереж при підземному прокладанні необхідно враховувати зовнішні навантаження від транспорту та умови перетинання з іншими підземними спорудами та комунікаціями.

5) Вимоги до уклону прокладання труб (ДБН В.2.5-74:2013 п. 12.13, 12.46).

Водопровідні мережі слід проектувати з уклоном не менше 0,001 у напрямку до випуску; при плоскому рельєфі місцевості уклон допускається зменшувати до 0,0005.

2.2.2. Запірно-регулююча арматура

На зовнішніх мережах населених пунктів та виробничих об'єктів встановлюється різноманітна арматура, яка забезпечує їх правильну експлуатацію. На зовнішніх мережах використовуються основні типи арматури:

- а) запірна та регулююча – засувки, вентиля та інше;
- б) водорозбірна – вуличні водорозбірні колонки та крани, пожежні гідранти;
- в) запобіжна – запобіжні та зворотні клапани і повітряні вантузи (для випуску та впуску повітря).

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-74:2013 п. 12.9 на водоводах і лініях водопровідної мережі в необхідних випадках слід передбачати:

- поворотні затвори, засувки для виділення ремонтних ділянок;
- клапани для впуску та випуску повітря при спорожненні та заповненні трубопроводів;
- клапани для впуску та заземлення повітря;
- вантузи для випуску повітря в процесі роботи трубопроводів;
- випуски для скиду води при спорожненні трубопроводів;
- компенсатори;
- монтажні вставки;
- зворотні клапани або інші типи клапанів автоматичної дії для відключення ремонтних ділянок;
- регулятори тиску;
- пристрої для попередження підвищення тиску при гідравлічних ударах або при несправності регуляторів тиску.

На трубопроводах діаметром 800 мм і більше допускається облаштування лазів (для огляду і чищення труб, ремонту запірно-регулюючої арматури і ін.).

На самопливно-напірних водоводах передбачається облаштування розвантажувальних камер або встановлення пристроїв, що запобігають підвищенню тиску у водоводах при всіх можливих режимах їх роботи вище за межу, допустиму для прийнятого типу труб.

Застосування засувок замість поворотних затворів допускається при необхідності систематичного очищення внутрішньої поверхні трубопроводів спеціальними агрегатами.

Довжину ремонтних ділянок водоводів варто приймати:

- при прокладці водоводів у дві та більше лінії і при відсутності перемикань – не більше 5 км;

– при наявності перемикань – по довжині ділянок між перемиканнями, але не більше 5 км;

– при прокладці водоводів в одну лінію – не більше 3 км.

Розділення водопровідної мережі на ремонтні ділянки повинне забезпечувати при вимиканні однієї з ділянок, відключення не більше п'яти пожежних гідрантів і подачу води споживачам, для яких не допускається перерва у водопостачанні.

При обґрунтуванні довжина ремонтних ділянок водоводів може бути збільшена.

Запірна арматура на водоводах і лініях водопровідної мережі (ДБН В.2.5-74:2013 п. 12.19) повинна бути з ручним або механічним приводом (від пересувних засобів).

Застосування на водоводах запірної арматури з електричним або гідравлічним приводом допускається при дистанційному або автоматичному управлінні.

При підземній прокладці запірна, регулююча і запобіжна трубопровідна арматура повинна встановлюватися в колодязях (камерах).

Безколодязна установка запірної арматури допускається при обґрунтуванні.

При визначенні розмірів колодязів мінімальні відстані до внутрішніх поверхонь колодязя (ДБН В.2.5-74:2013 п. 12.66) слід передбачати:

– від стінок труб при діаметрі труб до 400 мм включно – 0,3 м, від 500 до 600 мм включно – 0,5 м, більше 600 мм – 0,7 м;

– від фланця при діаметрі труб до 400 мм включно – 0,3 м, більше 400 мм – 0,5 м;

– від краю розтруба, поверненого до стіни, при діаметрі труб до 300 мм включно – 0,4 м, більше 300 мм – 0,5 м;

– від низу труби до дна при діаметрі труб до 400 мм включно – 0,25 м, від 500 до 600 мм включно – 0,3 м, більше 600 мм – 0,35 м;

– від верху штоку засувки з висувним шпинделем – 0,3 м, від маховика засувки з невисувним шпинделем – 0,5 м.

Висота робочої частини колодязів повинна бути не менше 1,5 м.

Для спуску в колодязь на горловині та стінках колодязя необхідно передбачати встановлення рифлених сталевих або чавунних скоб; допускається застосування переносних металевих драбин.

Для обслуговування арматури у колодязях при необхідності передбачаються площадки.

У колодязях (при обґрунтуванні) необхідно передбачати встановлення утеплюючих кришок; за необхідністю передбачаються люки із запірними пристроями.

Засувки

За допомогою ***засувок*** (рис. 2.10), що встановлюються на водопровідних лініях, можна, змінюючи ступінь їх відкриття, змінювати витрати води в лініях та зупиняти в них рух води для відключення на ремонт окремих ділянок.



а



б



в

Рис. 2.10 – Засувки чавунні фланцеві:

а) з висувним шпинделем; б) клинова з невисувним шпинделем під електропривод; в) з дистанційним управлінням за допомогою електропривода

Засувки класифікуються за декількома ознаками:

1) за конструкцією:

- паралельні (з паралельно розташованими запірними дисками);
- клинові (з одним запірним диском клиновидної форми);

2) за типом шпинделю:

- з висувним шпинделем (шпиндель при обертанні маховика здійснює поступовий рух);
- з невисувним шпинделем (шпиндель при обертанні маховика здійснює лише обертальний рух, угвинчуючись в запірний пристрій);

3) за матеріалом:

- чавунні;
- сталеві;

4) за діаметром:

- 50 мм – 2000 мм;

5) за приводом:

- ручні;
- з електроприводом;

6) за способом встановлення:

- в колодязі;
- безколодязні.

Водорозбірні колонки та крани

Водорозбірні колонки (рис. 2.11) та крани використовують для розбору господарсько-питної води з водопроводів населених пунктів та виробничих об'єктів при відсутності домових ввідів (найчастіше в невеликих населених пунктах та в їх неканалізованих районах).



Рис. 2.11 – Колонки водорозбірні

воду з неї зливають.

Водорозбірні колонки встановлюються звичайно на перехрещеннях або вдовж вулиць на відстані біля 200 м одна від одної, при цьому тиск в мережі повинен бути не менш 1 – 1,5 атм.

Як водорозбірні пристрої спеціального призначення використовуються:

- питні колонки та фонтанчики, які встановлюються для загального використання влітку в садах, парках, на бульварах, майданах та ін.;

- крани для поливки зелених насаджень, які представляють собою звичайні стояки зі сталевих труб із запірними вентилями; взимку всю поливальну мережу відключають та

Гідранти

Для забору води з водопровідної мережі на зовнішнє пожежогасіння використовуються підземні (рис. 2.12 а) або наземні (рис. 2.12 б) пожежні ***гідранти (ПГ)***. Їх встановлюють на зовнішній мережі (рис. 2.12 г). Найчастіше використовуються підземні гідранти, які представляють собою чавунну колонку, що встановлюється на фланець пожежної підставки. Підземні гідранти повністю розміщуються в колодязі. Висота гідранта залежить від глибини прокладання труб та може становити 500 – 2500 мм (рис. 2.12 в). Діаметр гідрантів може бути 75, 100 та 125 мм. Найчастіше використовуються ПГ 125 мм.

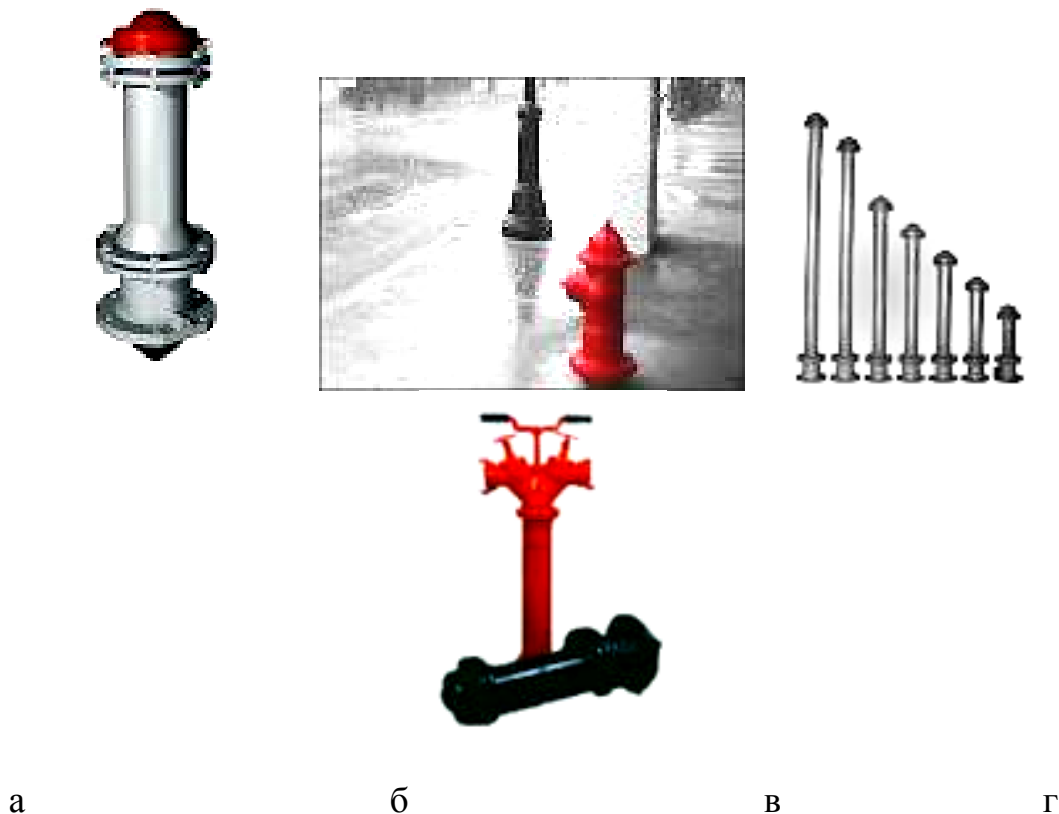


Рис. 2.12 – Пожежний гідрант:

а) підземний; б) наземний; в) висотою 500 – 2500 мм; г) з пожежною колонкою, встановлений на трубопроводі

Пожежні гідранти слід передбачати уздовж автомобільних вулиць та автомобільних доріг на відстані не більше 2,5 м від краю проїзної частини, але не ближче 5 м від стін будинків; допускається розташовувати гідранти на проїзній частині. При цьому установка гідрантів на відгалуженні від лінії водопроводу не допускається.

Розміщення пожежних гідрантів на водопровідній мережі повинне забезпечувати пожежогасіння будь-якої будівлі, що обслуговується даною мережею, споруди або його частини не менш ніж від двох гідрантів при витраті води на зовнішнє пожежогасіння 15 л/с і більше; та одного – при витраті менше 15 л/с із урахуванням прокладання рукавних ліній по дорогах із твердим покриттям.

Відстань між гідрантами визначається розрахунком, що враховує сумарну витрату води на пожежогасіння та пропускну здатність встановленого типу гідрантів.

На мережі водопроводу населених пунктів із кількістю мешканців до 500 осіб замість гідрантів допускається встановлювати стояки діаметром 80 мм із пожежними кранами.

При експлуатації водопровідних мереж необхідно дотримуватися вимог та правил пожежної безпеки в Україні, а саме:

6.3.1.2. Відповідальними за технічний стан пожежних гідрантів, установлених на мережі водопроводу населених пунктів, є відповідні служби (орга-

нізації, установи), які видають цими мережами, а на території підприємств – їх власники або орендарі (згідно з договором оренди).

6.3.1.3. Пожежні гідранти повинні бути справними і розміщуватися згідно з вимогами будівельних норм та інших нормативних документів таким чином, щоб забезпечити безперешкодний забір води пожежними автомобілями.

Перевірка працездатності пожежних гідрантів повинна здійснюватися особами, що відповідають за їх технічний стан, не рідше двох разів на рік (навесні та восени). Кришки люків колодязів підземних пожежних гідрантів повинні бути очищені від бруду, льоду і снігу, в холодний період утеплені, а стояки звільнені від води.

Кришки люків колодязів підземних пожежних гідрантів рекомендується фарбувати в червоний колір.

6.3.1.4. У разі відключення ділянок водопровідної мережі та гідрантів або зменшення тиску в мережі нижче за потрібний необхідно сповіщати про це підрозділи пожежної охорони.

6.3.1.6. Пожежні гідранти і водойми повинні мати під'їзди з твердим покриттям. У разі наявності на території об'єкта або поблизу нього (у радіусі до 200 м) природних або штучних вододжерел – річок, озер, басейнів, градирень тощо – до них повинні бути влаштовані під'їзди з майданчиками (пірсами) розмірами не менше 12х12 м для встановлення пожежних автомобілів і забирання води будь-якої пори року.

6.3.1.11. Біля місць розташування пожежних гідрантів повинні бути встановлені покажчики (об'ємні зі світильником або плоскі із застосуванням світловідбивних покриттів) з нанесеними на них:

для пожежного гідранта – літерним індексом ПГ, цифровими значеннями відстані в метрах від покажчика до гідранта, внутрішнього діаметра трубопроводу в міліметрах, з зазначенням виду водопровідної мережі (тупикова чи кільцева).

Контрольні питання та завдання

1. Класифікація водопровідних мереж.
2. Вимоги до способів прокладання водопровідних мереж протипожежного призначення.
3. Влаштування пожежних гідрантів на водопровідних мережах.

2.3. Витрати та напори у протипожежних водопроводах

Вода у населеному пункті та на виробничому об'єкті в основному споживається на наступні потреби:

- господарсько-питні потреби населення;
- поливка вулиць та зелених насаджень;
- водоспоживання громадських будівель;
- виробничі потреби виробничих об'єктів;

- господарсько-питні потреби працівників та службовців виробничих об'єктів;
- прийняття душу працівниками виробничих об'єктів;
- потреби пожежогасіння (зовнішнього та внутрішнього).

2.3.1. Витрати на господарсько-питне водоспоживання населення

Загальні витрати води на господарсько-питні потреби населення пропорційні кількості мешканців у населеному пункті. Питомі витрати води, тобто витрати на одну особу, залежать від ступеня благоустрою будівель та кліматичних умов, у яких розташований населений пункт (додаток 8а).

Розрахункова добова витрата води (середня за рік) на господарсько-питні потреби населення визначається:

$$Q_{\text{сер.доб}} = \frac{q_{\text{м}} N_{\text{м}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.1)$$

де $N_{\text{м}}$ – кількість мешканців;

$q_{\text{м}}$ – норма витрат води на господарсько-питні потреби на одного мешканця (додаток 8а).

Добова витрата з урахуванням водоспоживання на потреби місцевої промисловості визначається за формулою:

$$Q'_{\text{сер.доб}} = k Q_{\text{сер.доб}}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.2)$$

де k – коефіцієнт, який визначається у відповідності до вимог [4], п.6.1.1 прим. 3 та 4.

ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», п. 6.1.1

Примітка 3. Невраховані витрати слід приймати у відсотках від загального водоспоживання:

- на першу чергу будівництва: у малих і середніх містах – 5 %, у великих і значних – 7 %, у найзначніших – 10 %;
- на розрахунковий строк: у малих і середніх містах – 10 %, у великих і значних – 15 %, у найзначніших – 20 %.

Примітка 4. Градація міст з визначенням кількості населення в них прийнята згідно з ДБН 360:

- найзначніші (крупніші) – понад 1000 тис. мешканців;
- значні (крупні) – понад 500 до 1000 тис. включ. мешканців;
- великі – « 250 « 500 «;
- середні – « 50 « 250 «;
- малі – « 10 « 50 «;

до групи малих міст входять селища міського типу – понад 5 до 10 тис. включ. мешканців.

Розрахункова витрата на добу найбільшого водоспоживання для господарсько-питних потреб населення визначається:

$$Q_{\text{max доб}} = K_{\text{max доб}} Q'_{\text{сер.доб}}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.3)$$

де $K_{\text{max доб}} = 1,1 - 1,3$ – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання ([4], п.6.1.2), який враховує уклад життя населення, режим роботи виробничих об'єктів, ступінь благоустрою будівель, зміни водоспоживання за порою року та днями тижня.

Розрахункова годинна максимальна витрата води:

$$q_{\text{max год}} = \frac{Q_{\text{max доб}}}{24} K_{\text{max год}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.4)$$

де $K_{\text{max год}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання ([4], п.6.1.2);

$$K_{\text{max год}} = \alpha_{\text{max}} \beta_{\text{max}}, \quad (2.5)$$

де $\alpha_{\text{max}} = 1,2 - 1,4$ – коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств і інше ([4], п. 6.1.2);

β_{max} – коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у населеному пункті (додаток 9).

Коефіцієнт $K_{\text{max год}}$ використовується для визначення режиму водопостачання у населеному пункті за додатком 11 а.

Добові витрати води у населеному пункті, в якому є райони із різним ступенем благоустрою житлової забудови, слід визначати як суму добових витрат за окремими районами, які розраховують за кількістю мешканців та відповідною нормою водоспоживання.

2.3.2. Поливка вулиць та зелених насаджень

Витрати води на поливку вулиць та зелених насаджень визначаються в відповідності з [4], п. 6.1.3, п. 6.1.4 додаток А.1, в залежності від площі території, що вони займають та кліматичних умов. При відсутності цих даних витрата води на поливку та мийку вулиць, поливку зелених насаджень визначається за таблицею А.2 [4], що відповідає формулі:

$$Q_{\text{пол. доб}} = \frac{q_{\text{пол}} N_{\text{м}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.6)$$

де $q_{\text{пол}} = 40 - 105$ л/доб (таблиця А.2 [4] наведена у додатку 10 цього підручника) – норма витрати води на поливку вулиць та зелених насаджень в перерахунку на одного мешканця (приймається в залежності від кліматичних умов та кількості мешканців в населеному пункті).

Годинна витрата води на поливку визначається в залежності від кількості поливок за добу – $n_{\text{пол}}$, та тривалості однієї поливки – $\tau_{\text{пол}}$:

$$Q_{\text{пол. год}} = \frac{Q_{\text{пол. доб}}}{n_{\text{пол}} \tau_{\text{пол}}}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.7)$$

При визначенні годин доби, що відводяться на поливку, необхідно враховувати, що поливки повинні здійснюватися протягом доби рівномірно, при цьому, бажано, не планувати забір води з мережі для поливальних цілей в години максимального господарсько-питного водоспоживання мешканцями населеного пункту.

2.3.3. Витрата води на виробничі потреби виробничого об'єкта

Витрата води на виробничі потреби визначається в залежності від кількості продукції, що випускається підприємством за зміну, та кількості води, що потрібна для випуску одиниці продукції.

Змінне водоспоживання на виробничі потреби визначається:

$$Q_{\text{вир. зм}} = N_{\text{прод.}} q_{\text{вир. зм}}^{\text{од. прод.}}, \text{ м}^3/\text{зм}, \quad (2.8)$$

де $N_{\text{прод.}}$ – кількість продукції, що випускається за зміну;

$q_{\text{вир. зм}}^{\text{од. прод.}}$ – витрати води на виробничі потреби для випуску одиниці продукції, $\text{м}^3/(\text{одиниця продукції})$.

Споживання води протягом однієї зміни здійснюється за технологічним регламентом. При відсутності таких даних можна водоспоживання прийняти **рівномірним протягом зміни**, тоді витрати води за годину визначаються:

$$Q_{\text{вир. год}} = \frac{Q_{\text{вир. зм}}}{8}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.9)$$

де 8 – тривалість однієї зміни, год.

Добове водоспоживання на виробничі потреби:

$$Q_{\text{вир. доб}} = Q_{\text{вир. зм}} n_{\text{зм}}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.10)$$

де $n_{\text{зм}}$ – кількість робочих змін.

2.3.4. Господарсько-питні потреби працівників та службовців на виробничому об'єкті

Витрати води на господарсько-питні потреби за кожну зміну можна визначити:

$$Q_{\text{Г-п.зм}} = \frac{N_{\text{прац}} q_{\text{Г-п}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{зм}, \quad (2.11)$$

де $N_{\text{прац}}$ – кількість працівників в зміні;

$q_{\text{Г-п}}$ – норма водоспоживання на одного працівника в залежності від типу цеху за тепловиділенням (додаток 8б), л/зм.

Рівномірність водоспоживання протягом зміни визначається згідно з коефіцієнтом годинної нерівномірності ([4], п. 6.1.5):

– $K_{\text{год}} = 3$ – для «холодних» цехів;

– $K_{\text{год}} = 2,5$ – для «гарячих» цехів.

Розподіл погодинного водоспоживання протягом однієї зміни наведений у додатку 11 б.

Добове водоспоживання визначається за формулою:

$$Q_{\text{Г-п.доб}} = Q_{\text{Г-п.зм}} n_{\text{зм}}, \text{ м}^3/\text{доб}. \quad (2.12)$$

2.3.5. Витрата води на прийняття душу працівниками виробничого об'єкта

Годинна витрата води на одну душову кабінку складає 500 л, а тривалість прийняття душу по закінченні зміни – 45 хвилин (протягом 45 хвилин наступного першого часу по закінченні робочої зміни). Кількість встановлених душових кабін визначається за кількістю працівників, що приймають душ після робочої зміни, та кількості працівників, що одночасно обслуговуються однією душовою кабінкою.

Розрахункова витрата води на прийняття душу для зміни:

$$Q_{\text{душ.зм}} = \frac{N_{\text{душ.кабін}} q_{\text{душ}} \cdot 45}{1000 \cdot 60}, \text{ м}^3/\text{зм}, \quad (2.13)$$

де $q_{\text{душ}} = 500$ л/год – годинна витрата води на одну душову кабінку;

$N_{\text{душ.кабін}}$ – кількість встановлених душових кабін, яка визначається:

$$N_{\text{душ.кабін}} = \frac{N_{\text{прац}} \cdot \%_{\text{душ}}}{100 N_{\text{душ.каб}}},$$

де $\%_{\text{душ}}$ – кількість працівників в зміні, що приймають душ;

$N_{\text{душ.каб}}^{\text{душ}}$ – кількість працівників, що одночасно обслуговуються однією душовою кабіною (приймається в залежності від санітарних характеристик виробничого процесу, може дорівнювати від 3-х до 15-ти осіб на одну душову кабіну).

Розрахункова витрата води на прийняття душу за добу:

$$Q_{\text{душ. доб}} = Q_{\text{душ. зм}} n_{\text{зм}}, \text{ м}^3/\text{доб.} \quad (2.14)$$

2.3.6. Визначення погодинного водоспоживання населеного пункту та підприємства

Протягом доби водоспоживання на деякі потреби здійснюється дуже нерівномірно. При проектуванні мережі необхідно враховувати цю нерівномірність та визначати необхідні діаметри труб таким чином, щоб запроектована мережа змогла пропустити необхідну кількість води в будь-яку годину доби.

Для визначення години найбільшого водоспоживання необхідно визначити кількість води, що споживається водоспоживачами кожну годину. Зручно це виконувати табличним способом (таблиця 2.2).

За результатами колонки 9 визначається розрахункова максимальна годинна витрата води – $Q_{\text{max год}}$. Цей рядок вважається **годиною максимального водоспоживання**.

За результатами колонки 10 – будується **графік добового водоспоживання** (рис. 2.13), аналіз якого дозволить визначити необхідний режим роботи споруд водопровідної мережі, що забезпечують надійну подачу води водоспоживачам (насосна станція, водонапірна башта, резервуари чистої води та ін.)

Таблиця 2.2 – Погодинне водоспоживання в населеному пункті та на виробничому об'єкті

Години доби	Населений пункт			Виробничий об'єкт				Всього за добу	
	на г-п потреби мешканців	на полив-ку	на вироб-ничі пот-реби	на душ	на г-п потреби працівни-ків				
	%	м³	м³	м³	м³	%	м³	м³	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0–1									
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
23–24									
Всього	100	$Q_{\text{max доб}}$	$Q_{\text{пол. доб}}$	$Q_{\text{вир. доб}}$	$Q_{\text{душ. доб}}$	$n_{\text{зм}} \cdot 100$	$Q_{\text{г-п доб}}$	$Q_{\text{розр}}$	100

Примітка:

Колонка 1 “Години доби” складається з опису кожного часу доби, починаючи з “0–1”, закінчуючи “23–24”.

Колонка 2 описує нерівномірність погодинного водоспоживання на господарсько-питні потреби та заповнюється за допомогою додатка І1 а.

Колонка 3 містить результати розрахунку погодинного водоспоживання на господарсько-питні потреби в залежності від добових витрат та відсотків, вказаних у колонці 2.

Колонка 4 містить дані про години доби, в які здійснюється поливка територій.

Колонка 5 описує годинні витрати води на виробничі потреби виробничого об'єкта.

Колонка 6 містить дані про години доби, в які працівники виробничого об'єкта приймають душ.

Колонка 7 описує нерівномірність погодинного водоспоживання на господарсько-питні потреби працівників виробничого об'єкта та заповнюються за допомогою додатка І1 б.

Колонка 8 містить результати розрахунку погодинного водоспоживання на господарсько-питні потреби працівників в залежності від добових витрат та відсотків, вказаних у колонці 7.

Колонка 9 є результуючою, її результати у кожному рядку визначаються як сума результатів колонок 3, 4, 5, 6 та 8.

Колонка 10 є результатом визначення, який відсоток від добового водоспоживання $Q_{розр}$ складає витрата у кожну годину доби (колонка 9).

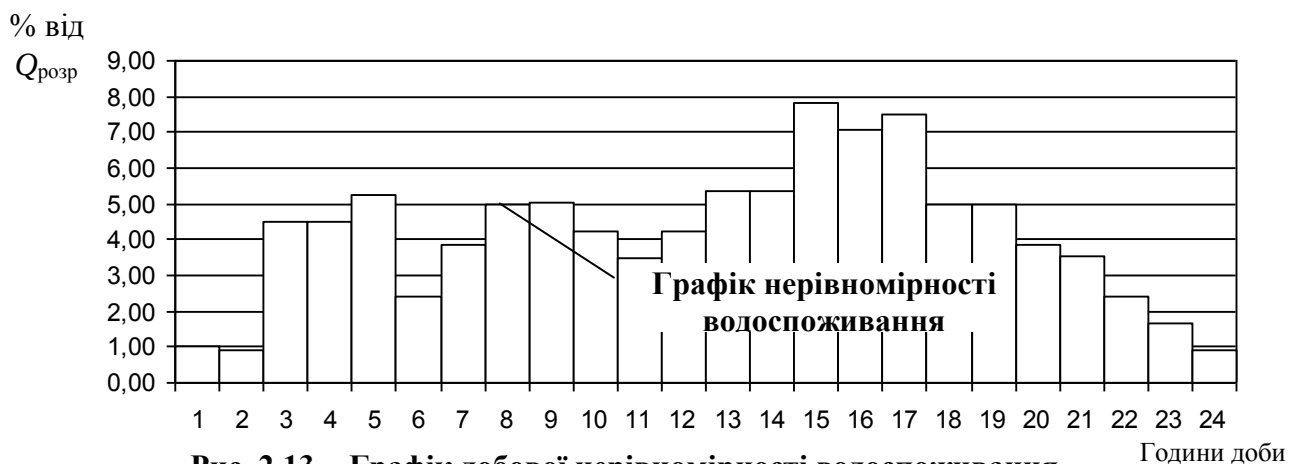


Рис. 2.13 – Графік добової нерівномірності водоспоживання

При проектуванні водопроводу графік сумарного водоспоживання на господарсько-питні, виробничі та інші потреби надає можливість визначитися зі складом споруд, необхідних для забезпечення надійної подачі води всім водоспоживачам в необхідній кількості та з необхідним тиском.

Використання графіка водоспоживання дозволяє визначити найбільш економічний режим роботи насосних станцій, розрахувати об'єм запасних, регулюючих та напірних ємностей (резервуарів чистої води, водонапірних башт).

2.3.7. Визначення витрат води для пожежогасіння

Витрати води на пожежогасіння умовно розподіляються на чотири складові:

- витрати на зовнішнє пожежогасіння в населеному пункті;
- витрати на внутрішнє пожежогасіння в населеному пункті;
- витрати на зовнішнє пожежогасіння на виробничому об'єкті;
- витрати на внутрішнє пожежогасіння на виробничому об'єкті.

Розрахункові витрати води для пожежогасіння $Q_{\text{пож}}$ в населеному пункті та розташованому в ньому виробничому об'єкті визначаються за [4], п. 6.2.12 (додаток 18).

Витрати на зовнішнє пожежогасіння (гасіння пожежі за допомогою пересувної пожежної техніки від зовнішніх пожежних гідрантів) визначають за вимогами [4] відповідно:

- табл. 3 (додаток 12) та табл. 4 (додаток 13) – для районів міської забудови;
- табл. 5 (додаток 14) та табл. 6 (додаток 15) – для виробничих будівель.

Витрати води на зовнішнє пожежогасіння для населеного пункту приймаються за табл. 3 [4] (додаток 12) (залежно від кількості населення та поверховості забудови – $Q_{\text{н.п.}}^{\text{зов.пож}} = n_{\text{пож}} Q_{\text{од.пож}}$) з урахуванням того, що витрата води на зовнішнє пожежогасіння в населеному пункті повинна бути не меншою за витрату води на пожежогасіння житлових і громадських будівель, зазначених у табл. 4 [4] (додаток 13).

Витрати води на зовнішнє пожежогасіння виробничих будівель визначають залежно від ступеня вогнестійкості, категорії за пожежовибухонебезпекою, об'єму та ширини будівлі за табл. 5 або табл. 6 [4] ($Q_{\text{вир}}^{\text{зов.пож}}$). При цьому для виробничих об'єктів з площею до 150 га пожежні витрати розраховують на одну пожежу, а для виробничих об'єктів з площею більше 150 га – на дві пожежі (додаток 18).

Витрати на внутрішнє пожежогасіння (від внутрішніх пожежних кран-комплектів) визначають за вимогами ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація» відповідно:

- табл. 3 (додаток 16) – для житлових будівель – $Q_{\text{н.п.}}^{\text{вн.пож}}$;
- табл. 4 (додаток 17) – для виробничих будівель $Q_{\text{вир}}^{\text{вн.пож}}$.

Витрати для населеного пункту можна визначити за формулою:

$$Q_{\text{н.п.}}^{\text{пож}} = Q_{\text{н.п.}}^{\text{зов.пож}} + Q_{\text{н.п.}}^{\text{вн.пож}}, \text{ л/с.} \quad (2.15)$$

Відповідно для виробничого підприємства:

$$Q_{\text{вир}}^{\text{пож}} = Q_{\text{вир}}^{\text{зов.пож}} + Q_{\text{вир}}^{\text{вн.пож}}, \text{ л/с.} \quad (2.16)$$

Загальні розрахункові пожежні витрати $Q_{\text{пож}}$ визначаються за умовою, що водопровід забезпечує одночасно гасіння пожеж у населеному пункті та на виробничому об'єкті, тобто за вимогами п. 6.2.12 [4] залежно від площі виробничого об'єкта та кількості населення в населеному пункті (додаток 18).

ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», п.6.2.12.

При об'єднаному протипожежному водопроводі населеного пункту та виробничого або сільськогосподарського об'єкта, які розташовані поза населеним пунктом, розрахункову кількість одночасних пожеж слід приймати:

– при площі території підприємства до 150 га при кількості населення у населеному пункті до 10 тис. жителів – одна пожежа (на підприємстві або в населеному пункті по найбільшій витраті води);

– те саме, при кількості населення у населеному пункті понад 10 до 25 тис. жителів – дві пожежі (одна на підприємстві і одна у населеному пункті);

– при площі території підприємства понад 150 га і при кількості населення у населеному пункті до 25 тис. жителів – дві пожежі (дві на підприємстві або дві в населеному пункті по найбільшій витраті);

– при кількості населення у населеному пункті більше ніж 25 тис. жителів – згідно п. 6.2.11 і за таблицею 5, при цьому витрати води слід визначати як суму потрібної більшої витрати (на підприємстві або в населеному пункті) і 50 % потрібної меншої витрати (на підприємстві або в населеному пункті);

– при кількох виробничих об'єктів і одному населеному пункті – розрахункову кількість одночасних пожеж слід приймати за технічними умовами органів державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки.

2.3.8. Розрахункові добові витрати води

Розрахунок добового водоспоживання при проектуванні об'єднаної системи водопостачання (подає воду одною мережею на всі потреби населеного пункту та виробничого об'єкта) завершується визначенням добової витрати води всіма водоспоживачами.

Мережа працює при двох режимах: до пожежі та під час гасіння пожежі. Витрати води, що використовують постійно протягом кожної доби, складають розрахункову величину, яка являється основою для проектування мережі (визначення діаметрів труб, втрат напору та ін.) та визначається:

$$Q_{\text{розр}} = Q_{\text{мах доб}} + Q_{\text{пол. доб}} + Q_{\text{вир. доб}} + Q_{\text{г-п. доб}} + Q_{\text{душ. доб}}, \text{ м}^3/\text{доб.} \quad (2.17)$$

Мережа об'єднаної системи водопостачання під час гасіння пожежі повинна пропустити додаткову необхідну кількість води для цілей пожежогашіння. При цьому подача води іншим водоспоживачам не припиняється. Допускається при перевірці мережі на пропуск пожежних витрат не враховувати кількість води, що подається для прийняття душу працівниками на виробничому об'єкті. Таким чином, витрата води, за допомогою якої виконується перевірка мережі на пропуск додаткових витрат води під час гасіння пожежі, визначається за формулою:

$$Q'_{\text{розр}} = Q_{\text{max доб}} + Q_{\text{пол. доб}} + Q_{\text{вир. доб}} + Q_{\text{Г-п. доб}} + Q_{\text{пож}}, \text{ м}^3/\text{доб.} \quad (2.18)$$

2.3.9. Вільні напори у системах зовнішнього протипожежного водопостачання

Гідростатичний тиск у зовнішній водопровідній мережі встановлюють із урахуванням того, що найчастіше системи водопостачання влаштовуються об'єднаними, тобто вони забезпечують одночасну подачу води на господарсько-питні, виробничі та протипожежні потреби, також забезпечується одночасна подача води до житлових, громадських будівель та на виробничі об'єкти (рис.2.14).

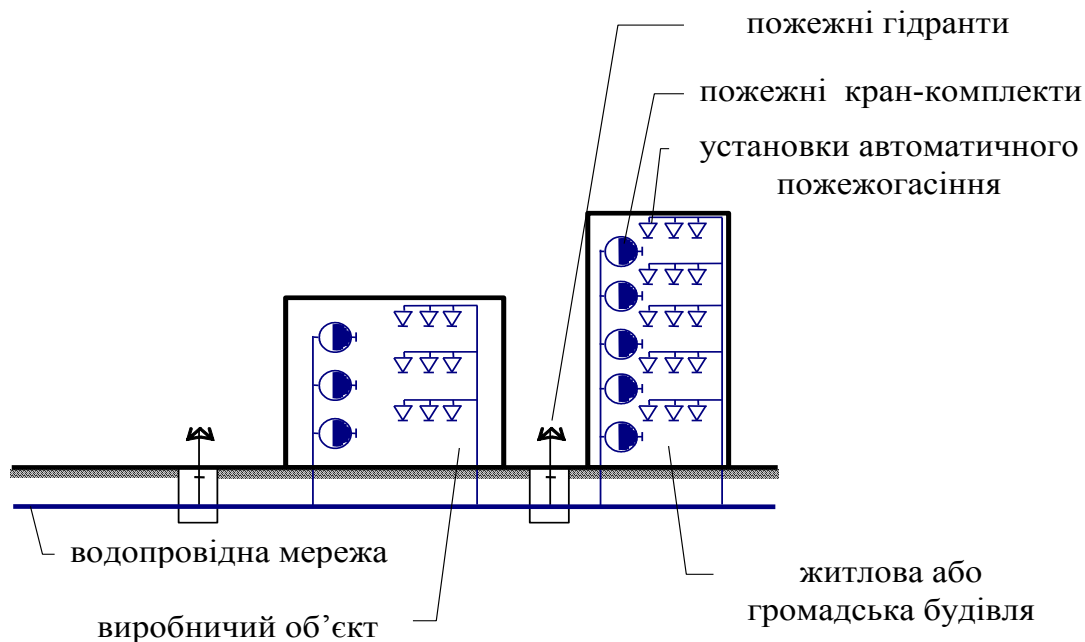


Рис. 2.14 – Схема подачі води до споживачів протипожежного водопостачання

Мінімальний вільний тиск у водопровідній мережі населеного пункту при максимальному господарсько-питному водоспоживанні на ввіді до будівлю над поверхнею землі повинен прийматися при одноповерховій забудові не менше ніж 10 м, при більшій поверховості на кожний поверх додається по 4 м. У години мінімального водоспоживання тиск на кожний поверх крім першого, допускається приймати рівним 3 м, при цьому потрібно забезпечувати подачу води в ємності для її зберігання. Вільний напір у мережі у водорозбірних колонок повинен бути не менш ніж 10 м.

Вільний тиск у зовнішній мережі виробничого водопроводу повинно приймати за технологічними даними.

Вільний тиск у зовнішній мережі господарсько-питного водопроводу у споживачів не повинен перебільшувати 45 м.

При напорах у мережі більше ніж 45 м для окремих будівель або районів слід передбачати установку регуляторів тиску або зонування системи во-

допостачання. При постійній або періодичній нестачі тиску в системі зовнішнього водопостачання для забезпечення водою будівлі або групи будівель, що стоять окремо з підвищеною поверховістю, повинна бути передбачена, як правило, індивідуальна насосна станція підкачки згідно з [5].

Протипожежний водопровід слід приймати низького тиску, протипожежний водопровід високого тиску допускається приймати тільки при відповідному обґрунтуванні.

У протипожежному водопроводі високого тиску стаціонарні пожежні насоси мають бути обладнані пристроями, які забезпечують пуск насосів не пізніше ніж через 5 хвилин після подачі сигналу про виникнення пожежі. Для населених пунктів, в яких відсутня професійна служба пожежної охорони, протипожежний водопровід потрібно приймати високого тиску та передбачати влаштування на території об'єктів виробничого або громадського призначення пожежних постів у відповідності до ГОСТ 12.4.009.

Мінімальний вільний тиск у мережі протипожежного водопроводу низького тиску (на рівні поверхні землі) при пожежогасінні повинен бути не менше ніж 10 м.

Мінімальний вільний тиск у мережі водопроводу високого тиску повинен забезпечувати висоту компактного струменю не менше ніж 10 м при максимально необхідній витраті води на пожежогасіння і розташуванні пожежного ствола на рівні найвищої точки самої високої будівлі.

Вільний тиск у мережі об'єднаного водопроводу повинен бути не менше ніж 10 м і не більше ніж 45 м.

2.3.10. Вільні напори у системах внутрішнього протипожежного водопостачання

Тиск води у системах питного і протипожежного водопроводу на відмітці найбільше низько розташованих санітарно-технічних приладів не повинен перевищувати 0,45 МПа, на відмітці найбільше вищерозташованих приладів – за паспортними даними цих приладів, а за відсутності таких даних – не менше 0,2 МПа і не більше ніж 0,45 МПа на всіх інших поверхах. У системах протипожежного водопроводу на нижньому поверсі допускається підвищення тиску перед пожежним кран-комплектom у момент гасіння пожежі до 0,9 МПа ([5], п.6.6).

У будинках, будівлях, спорудах, в яких розрахунковий тиск води перед водорозбірною і змішувальною арматурою перевищує допустимі величини, а також для покращення розділення потоків по поверхах на відгалуженні трубопроводів від стояків холодної та гарячої води (на вводах в квартири) треба встановлювати регулятори тиску або передбачати зонне водопостачання.

У житлових і громадських будівлях, геометрична висота яких обумовлює тиск води на нижньому поверсі вище 0,45 МПа, необхідно передбачати зонне водопостачання систем питного (холодного і гарячого) та протипожежного водопроводів у залежності від результатів гідравлічного розрахунку та з

урахуванням протипожежних відсіків згідно з ДБН В.2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових та громадських будинків».

При зонуванні системи водопостачання інженерні комунікації, насосне та інше обладнання необхідно влаштовувати окремо для кожної зони. Заданий тиск повинен підтримуватись автоматично за допомогою пристроїв керування і регулювання насосними установками або регуляторами тиску ([5], п.7.5).

У системі об'єднаного питно-виробничого та протипожежного водопроводів на час гасіння пожежі дозволено підвищувати тиск до 0,6 МПа на позначці найбільш низько розташованого санітарно-технічного приладу.

Гідростатичний тиск на відмітці найбільш низько розташованого пожежного кран-комплекту в системі роздільного протипожежного водопроводу, а також у системах, в яких пожежні стояки використовуються для подачі транзитних питних витрат води на верхній ар верх (у схемах з верхньою розводкою), не повинен перевищувати 0,9 МПа (ДБН В.2.6-64:2012 п.8.6).

При тиску в пожежних кран-комплектах більше ніж 0,4 МПа між пожежним кран-комплексом і з'єднувальною головкою треба передбачати встановлення пристроїв (регулятор тиску), які знижують надлишковий тиск.

Запірна арматура на сухотрубах повинна встановлюватися в опалювальному приміщенні та обладнуватися електроприводом із місцевим або дистанційним керуванням. Електропостачання приводу повинно здійснюватися за першою категорією електропостачання.

На початку протипожежної сухотрубною водопровідної мережі та в найбільш низькій частині необхідно передбачати установку дренажного обладнання для спорожнення сухотрубів.

Вільний тиск у внутрішніх пожежних кран-комплектів повинен забезпечувати одержання компактних пожежних струменів довжиною, яка має забезпечувати гасіння пожежі у будь-яку годину доби в найвищій та найвіддаленішій частині будинку, будівлі, споруди ([5], п. 8.7) . Найменшу довжину та радіус дії компактної частини струменя $R_{к\ min}$ треба приймати однаковими з висотою приміщення, а саме від підлоги до найвищої точки перекриття (покриття), але не менше ніж:

- 6 м у житлових, громадських, виробничих, адміністративно-побутових будинках, будівлях, спорудах виробничих об'єктів висотою (умовною висотою) не вище 47 м;

- 8 м у житлових будинках умовною висотою більше ніж 47 м;

- 16 м у громадських, виробничих і адміністративно-побутових будинках, будівлях, спорудах виробничих об'єктів висотою (умовною висотою) більше ніж 47 м.

2.3.11. Методика розв'язання основних типів задач

Задача 1. Побудувати графік нерівномірності водоспоживання для заданого населеного пункту із заданим виробничим об'єктом у ньому.

Розв'язання. Для побудовання графіка нерівномірності водоспоживання необхідно визначити витрати для всіх водоспоживачів заданого населеного

пункту та підприємства за формулами 2.1 – 2.14. Визначення витрат води всіма водоспоживачами кожну годину доцільно виконувати табличним способом – форма таблиці наведена у розділі 2.3.6 (табл. 2.2). За табличними даними будується графік нерівномірності водоспоживання.

Приклад. Побудувати графік нерівномірності водоспоживання для населеного пункту з виробничим об'єктом у ньому з характеристиками, що задані у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для населеного пункту та виробничого об'єкта

Кількість мешканців у населеному пункті, тис. чол.	26
Кількість поливок за добу ($n_{\text{пол}}$)	2
Тривалість однієї поливки ($\tau_{\text{пол}}$), годин	3
Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Внутрішній водопровід, каналізація, без ванн
Виробничий об'єкт	Авторемонтний завод
Одиниця виміру продукції, що випускається	1 автомобіль
Кількість продукції, що випускається за зміну	5
Витрати води на виробничі потреби для випуску одиниці продукції, $\text{м}^3/(\text{одиниця продукції})$	19
Кількість робочих змін	3
Кількість працівників в зміні	55
Кількість працівників в зміні, що приймають душ, %	100

Розв'язання

1. Визначення витрат води на господарсько-питні потреби населення.

Розрахункова добова витрата води (середня за рік) на господарсько-питні потреби населення (2.1):

$$Q_{\text{сер.доб}} = \frac{26000 \cdot 120}{1000} = 3120 \text{ м}^3/\text{доб},$$

де $N_{\text{м}} = 26000$ – кількість мешканців у населеному пункті (за вихідними даними), осіб;

$q_{\text{м}} = 120$ – норма витрат води на господарсько-питні потреби на одного мешканця (додаток 8а), л/доб.

Добова витрата з урахуванням водоспоживання на потреби місцевої промисловості ([4], п.6.1.1 прим. 3 та 4) визначається (2.2):

$$Q'_{\text{сер.доб}} = 1,1 \cdot 3120 = 3432 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Розрахункова витрата за добу найбільшого водоспоживання для господарсько-питних цілей населеного пункту (2.3) складає:

$$Q_{\max \text{ доб}} = 1,3 \cdot 3432 = 4461,6 \text{ м}^3/\text{доб},$$

де $K_{\max \text{ доб}} = 1,3$ – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання ([4], п. 6.1.2).

Розрахункова годинна максимальна витрата води (2.4) складає:

$$q_{\max \text{ год}} = \frac{4461,6}{24} \cdot 1,68 = 312,3 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $K_{\max \text{ год}} = 1,4 \cdot 1,2 = 1,68$ – коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання ([4], п. 6.1.2) (2.5);

$\alpha_{\max} = 1,4$ – коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств і інше ([4], п. 6.1.2);

$\beta_{\max} = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у населеному пункті (додаток 9 або [4], табл. 2).

2. Визначення витрат води на поливку та мийку вулиць, поливку зелених насаджень.

Витрата води на поливку та мийку вулиць, поливку зелених насаджень визначається за формулою (2.6):

$$Q_{\text{пол. доб}} = \frac{50 \cdot 26000}{1000} = 1300 \text{ м}^3/\text{доб},$$

де $q_{\text{пол}} = 50 \text{ л/доб}$ – сумарна витрата на поливку в перерахунку на одного мешканця (додаток 10).

Годинна витрата води на поливку визначається в залежності від кількості поливок за добу – $n_{\text{пол}} = 2$, та тривалості однієї поливки – $\tau_{\text{пол}} = 3$ години за формулою (2.7):

$$Q_{\text{пол. год}} = \frac{1300}{2 \cdot 3} = 216,67 \text{ м}^3/\text{год}.$$

3. Визначення витрат води на виробничі потреби підприємства.

Змінне водоспоживання на виробничі потреби (2.8) складає:

$$Q_{\text{вир.зм}} = 5 \cdot 19 = 95 \text{ м}^3/\text{зм},$$

де $N_{\text{прод.}} = 5$ – автомобілів ремонтуються за зміну (за вихідними даними);

$q_{\text{вир.зм}}^{\text{од.прод.}} = 19 \text{ м}^3/(\text{автомобіль})$ – витрати води на виробничі потреби для ремонту одного автомобіля.

Витрати води за годину зміни (2.10) складають:

$$Q_{\text{вир.год}} = \frac{95}{8} = 11,875 \text{ м}^3/\text{год},$$

де 8 – тривалість однієї зміни, год.

Добове водоспоживання на виробничі потреби (2.10):

$$Q_{\text{вир.доб}} = 95 \cdot 3 = 285 \text{ м}^3/\text{доб},$$

де $n_{\text{зм}} = 3$ – кількість робочих змін (за вихідними даними).

4. *Визначення витрат води на господарсько-питні потреби працівників та службовців на виробничому підприємстві.*

Витрата води на господарсько-питні потреби за кожну зміну (2.11) складає:

$$Q_{\text{г-п.зм}} = \frac{55 \cdot 25}{1000} = 1,375 \text{ м}^3/\text{зм},$$

де $N_{\text{прац}} = 55$ – кількість працівників, що працюють в зміну,

$q_{\text{г-п}} = 25 \text{ л/зм}$ – норма водоспоживання на одного працівника за зміну для «холодного» цеха (додаток 8б).

Добове водоспоживання визначається за формулою (2.12) та складає:

$$Q_{\text{г-п.доб}} = 1,375 \cdot 3 = 4,125 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

5. *Визначення витрат води на прийняття душу.*

Розрахункова витрата води на прийняття душу для зміни (2.14):

$$Q_{\text{душ.зм}} = \frac{11 \cdot 500 \cdot 45}{1000 \cdot 60} = 4,125 \text{ м}^3/\text{зм},$$

де $N_{\text{душ.каб}} = \frac{55}{5} = 11$ – кількість встановлених душових кабін;

$N_{\text{душ}} = 55$ працівників, що приймають душ після робочої зміни (100%); $N_{\text{душ.каб}} = 5$ – кількість працівників, що одночасно обслуговуються одною душовою кабіною.

Розрахункова витрата води на прийняття душу за добу (2.15):

$$Q_{\text{душ.доб}} = 4,125 \cdot 3 = 12,375 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Для визначення години максимального водоспоживання всіма споживачами населеного пункту та підприємства складається таблиця погодинного водоспоживання в населеному пункті та на підприємстві (табл.2.4).

Таблиця 2.4 – Погодинне водоспоживання в населеному пункті та на виробничому об'єкті

Години доби	Населений пункт			Виробничий об'єкт				Всього за добу	
	на г-п водоспоживання мешканців		на поливку	на виробничі потреби	на душ	на г-п водоспоживання працівників			
	%	м³	м³	м³	м³	%	м³	м³	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0–1	1	44,62		11,875	4,125	12,50	0,172	60,79	1,00
1–2	1	44,62		11,875		6,25	0,086	56,58	0,93
2–3	1	44,62	216,670	11,875		6,25	0,086	273,25	4,51
3–4	1	44,62	216,670	11,875		6,25	0,086	273,25	4,51
4–5	2	89,23	216,660	11,875		18,75	0,258	318,02	5,25
5–6	3	133,85		11,875		37,50	0,516	146,24	2,41
6–7	5	223,08		11,875		6,25	0,086	235,04	3,88
7–8	6,5	290,00		11,875		6,25	0,086	301,96	4,98
8–9	6,5	290,00		11,875	4,125	12,50	0,172	306,18	5,05
9–10	5,5	245,39		11,875		6,25	0,086	257,35	4,24
10–11	4,5	200,77		11,875		6,25	0,086	212,73	3,51
11–12	5,5	245,39		11,875		6,25	0,086	257,35	4,24
12–13	7	312,31		11,875		18,75	0,258	324,44	5,35
13–14	7	312,31		11,875		37,50	0,516	324,70	5,36
<u>14–15</u>	<u>5,5</u>	<u>245,39</u>	<u>216,670</u>	<u>11,875</u>		<u>6,25</u>	<u>0,086</u>	<u>474,02</u>	<u>7,82</u>
15–16	4,5	200,77	216,670	11,875		6,25	0,086	429,40	7,08
16–17	5	223,08	216,660	11,875	4,125	12,50	0,172	455,91	7,52

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17–18	6,5	290,00		11,875		6,25	0,086	301,96	4,98
18–19	6,5	290,00		11,875		6,25	0,086	301,96	4,98
19–20	5	223,08		11,875		6,25	0,086	235,04	3,88
20–21	4,5	200,77		11,875		18,75	0,258	212,90	3,51
21–22	3	133,85		11,875		37,50	0,516	146,24	2,41
22–23	2	89,23		11,875		6,25	0,086	101,19	1,67
23–24	1	44,62		11,875		6,25	0,086	56,58	0,93
Всього	100	4461,6	1300	285	12,375	300	4,125	6063,1	100

При заповненні колонки 2 (при $K_{\text{мах год}}=1,68 \approx 1,7$) та 7 (при $K_{\text{год}}=3$) використовувався додаток 11.

За результатами колонки 9 визначається розрахункова максимальна годинна витрата води – $Q_{\max \text{ год}} = 474,02 \text{ м}^3/\text{год}$.

За результатами таблиці будуємо графік нерівномірності водоспоживання (рис.2.15).

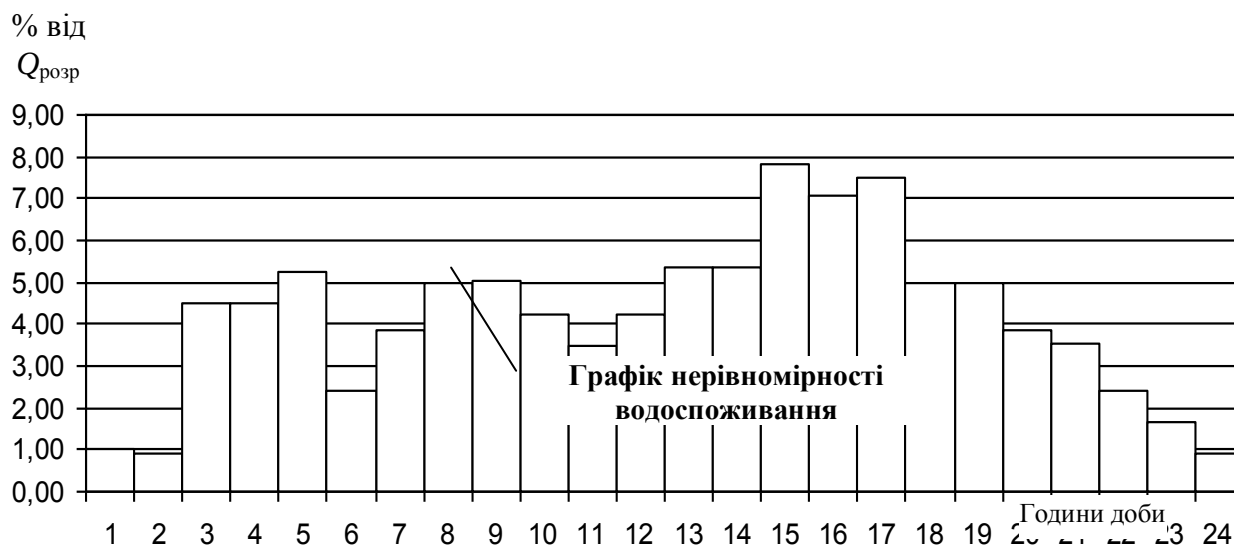


Рис. 2.15 – Графік добової нерівномірності водоспоживання

Задача 2. Визначити витрати води на пожежогасіння населеного пункту з кількістю мешканців більше 25000 та будівлями заданої поверховості. Водопровідна мережа населеного пункту забезпечує подачу води для потреб виробничого об'єкта з будівлями заданого об'єму, ступеня вогнестійкості та заданої категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Розв'язання. Методика визначення витрат води на пожежогасіння викладена у розділі 2.3.7.

Приклад. Визначити витрати води на пожежогасіння населеного пункту та виробничого об'єкта з характеристиками, що наведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для населеного пункту та виробничого об'єкта

Кількість мешканців у населеному пункті, тис. чол.	26
Поверховість будівлі (висота одного поверху 3 м)	3
Виробничий об'єкт	Авторемонтний завод
Об'єм виробничого корпусу, тис.м ³	100
Категорія виробництва за вибухопожежною та пожежною небезпекою	Б
Ступінь вогнестійкості будівлі	I
Площа виробничого об'єкта, га	< 150

Розв'язання

Витрати води на **зовнішнє пожежогасіння** складають:

- в населеному пункті (додаток 12) – $Q_{\text{н.п.}}^{\text{зов.пож}} = 2 \cdot 25 \text{ л/с}$;
- на виробничому об'єкті (додаток 14) – $Q_{\text{вир}}^{\text{зов.пож}} = 30 \text{ л/с}$.

Витрати води на **внутрішнє пожежогасіння** складають:

- в населеному пункті (додаток 16) – $Q_{\text{н.п.}}^{\text{вн.пож}} = 0 \text{ л/с}$;
- на виробничому об'єкті (додаток 17) – $Q_{\text{вир}}^{\text{вн.пож}} = 2 \cdot 5 \text{ л/с}$.

Тоді, згідно з вимогами п. 6.2.12 [4] (додаток 18), витрата води для даного населеного пункту та авторемонтного заводу в ньому складає:

$$Q_{\text{пож}} = (2 \cdot 25 + 0) + \frac{(30 + 2 \cdot 5)}{2} = 70 \text{ л/с}.$$

Відповідь: витрати води на пожежогасіння – 70 л/с.

Контрольні питання та завдання

1. Як визначаються витрати води на потреби різних груп водоспоживачів?
2. Від чого залежать витрати води за зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння у населеному пункті?
3. Як визначити витрати води на зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння на виробничих об'єктах?
4. Чому дорівнюють мінімальні та максимальні вільні напори в зовнішніх мережах низького та високого тиску?
5. Визначити витрати води на пожежогасіння населеного пункту з кількістю мешканців 8000 та одноповерховими будівлями. Водопровідна мережа населеного пункту забезпечує подачу води для потреб виробничого об'єкта площею до 150 га з будівлями I ступеня вогнестійкості, категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою Б, висотою 24 м та об'ємом 25000 м³.
6. Визначити витрати води на пожежогасіння населеного пункту з кількістю мешканців 12000 та одноповерховими будівлями. Водопровідна мережа населеного пункту забезпечує подачу води для потреб виробничого об'єкта площею до 150 га з будівлями II ступеня вогнестійкості, категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою В, висотою 26 м та об'ємом 55000 м³.
7. Визначити витрати води на пожежогасіння населеного пункту з кількістю мешканців 21000 та дванадцятиповерховими будівлями. Водопровідна мережа населеного пункту забезпечує подачу води для потреб виробничого об'єкта площею до 150 га з будівлями II ступеня вогнестійкості, категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою Б, висотою 22 м та об'ємом 5000 м³.

2.4. Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж

Метою гідравлічного розрахунку мережі є:

- 1) визначення **діаметрів труб**, які забезпечують:
 - подачу максимальних витрат води (до пожежі);
 - додаткову подачу пожежних витрат води (при пожежі);
- 2) визначення **втрат напору** в мережі:
 - до пожежі;
 - при пожежі.

2.4.1. Підготовка мережі до розрахунку та основні розрахункові залежності

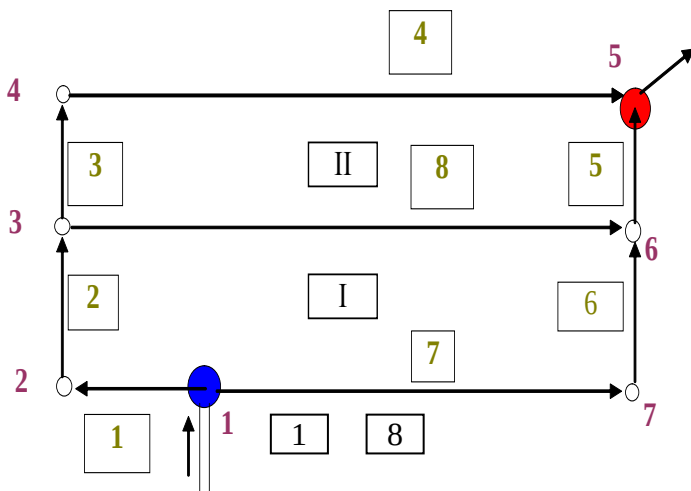


Рис. 2.16 – Підготовка мережі до розрахунку:

1 – 7 – номери вузлів; $\div$ – номери ділянок;
I $\div$ II – номери кілець; вузол 1 – точка живлення мережі; вузол 5 – диктуюча точка; $\rightarrow$ – напрямки руху води по ділянках мережі.

Для визначення діаметрів труб водопровідну мережу необхідно розділити на розрахункові ділянки.

Ділянкою називається частина водопровідної мережі, по всій довжині якої всі характеристики (діаметр та матеріал труб, витрати води та інші) залишаються без змін.

Розрахункова ділянка починається та закінчується вузлами, з яких вода подається до споживачів. Кількість води, що забирається від вузла окремими споживачами, є вузловою витратою.

Перед початком розрахунку необхідно (рис.2.16):

- 1) позначити **номери вузлів та ділянок**;
- 2) визначити **точку живлення** мережі та **диктуючу точку**;
- 3) задати **напрямки руху** води на кожній ділянці;
- 4) вказати номери кілець.

Точка живлення мережі (вузол 1 рис. 2.16) – це точка мережі, до якої вода подається від вододжерела (після відповідної підготовки).

Диктуюча точка (вузол 5 рис. 2.16) – це точка мережі, яка найбільш віддалена від джерела водопостачання або знаходиться на найвищій геодезичній відмітці, у порівнянні з точкою живлення мережі. При розрахунку водопровідної мережі втрати напору частини мережі, що з'єднує точку живлення з диктуючою, є максимальними, в порівнянні з втратами напору інших напрямків руху води.

Витрати води по ділянках мережі визначаються виходячи з першого закону Кірхгофа: сума витрат води у вузлі дорівнює нулю, якщо вхідна до вузла витрата приймається умовно позитивною, а вихідна – умовно негативною, тобто $\sum q = 0$.

Визначення витрат води по ділянках починають від диктуючої точки та закінчують точкою живлення мережі. Виходячи з *першого закону Кірхгофа*, витрата води ділянки, що розглядається, дорівнює сумі витрати води наступних за напрямком руху води ділянок, що примикають до цієї ділянки, та вузлової витрати наступного за напрямком руху води вузла, тобто:

$$q_{\text{діл}} = \frac{Q_{\text{вузл}} + \sum q_{\text{діл}}}{i},$$

де $Q_{\text{вузл}}$ – витрата води вузла, що примикає до ділянки, яка розраховується, та лежить вище за напрямком руху води від цієї ділянки, л/с;

i – кількість ділянок, по яких вода рухається у напрямку до цього вузла (входять у вузол);

$\sum q_{\text{діл}}$ – сума витрат води ділянок, що виходять з цього вузла, л/с.

Діаметри труб на кожній розрахунковій ділянці визначаються при режимі роботи мережі до пожежі за формулою:

$$d_{\text{діл}} = \sqrt{\frac{4q_{\text{діл}}}{1000 \cdot \pi \cdot v}}, \text{ м},$$

де $q_{\text{діл}}$ – витрата води по ділянці, л/с;

v – швидкість руху води по ділянці (визначається за таблицею 2.6), м/с.

Таблиця 2.6 – Необхідна швидкість руху води в трубах водопровідної мережі при різних режимах її роботи

Режим роботи мережі	Діаметр труб, мм	Швидкість руху води, м/с
до пожежі	до 500	0,7 ... 1,2
	понад 500	1 ... 1,5
при пожежі	–	до 2,5 ... 3

Для зручності визначені діаметри труб для кожної ділянки зводяться до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Визначення діаметрів труб на ділянках мережі

№ ділянки	Витрата води по ділянці $q_{\text{діл}}$, л/с	Розрахований діаметр, м	Стандартизований діаметр, мм
1			
...			

Для реалізації другої задачі гідравлічного розрахунку водопровідних мереж необхідно визначити втрати напору за довжиною на ділянках мережі,

які залежать від діаметрів та матеріалу труб, довжини ділянки та кількості води, що пропускають труби цієї ділянки, а саме:

$$h_{\text{діл}} = Al_{\text{діл}}q_{\text{діл}}^2,$$

де A – питомий опір труб (додаток 19);

$l_{\text{діл}}$ – довжина ділянки, м.

Для кільцевих мереж загальні втрати напору в мережі визначаються за формулою:

$$h_{\text{і}} = 1,05 \frac{\sum_{i=1}^k h_{\text{і}}}{k}, \text{ м,}$$

де 1,05 – коефіцієнт, що враховує втрати напору в місцевих опорах;

$h_{\text{і}} = \sum h_{\text{діл.і}}$ – втрати напору в одному з можливих напрямків руху води від точки живлення мережі до диктуючої точки, м;

$h_{\text{діл.і}}$ – втрати напору на ділянках, що складають один з k напрямків руху води від точки живлення мережі до диктуючої точки, м;

$\sum_{i=1}^k h_{\text{і}}$ – сума втрат напору всіх можливих напрямків руху води від точки живлення мережі до диктуючої точки, м;

k – кількість можливих напрямків руху води від точки живлення мережі до диктуючої точки.

Для тупикових мереж загальні втрати напору дорівнюють сумі втрат напору на ділянках, які з'єднують точку живлення мережі з диктуючою точкою, з урахуванням втрат напору в місцевих опорах:

$$h_{\text{м}} = 1,05 \sum h_{\text{діл.і}}, \text{ м,}$$

де $h_{\text{діл.і}}$ – втрати напору на ділянках, що з'єднують точку живлення мережі та диктуючу точку, м.

2.4.2. Особливості гідравлічного розрахунку кільцевих мереж

Визначення розрахункових витрат води по ділянках мережі до пожежі

Для визначення рівномірно розподілених витрат води по ділянках мережі визначають питомі витрати по довжині всієї мережі:

$$q_{\text{пит}} = \frac{Q_{\text{рівн.розп.}}}{L}, \text{ л/(с·м)}, \quad (2.19)$$

де L – довжина всієї водопровідної мережі, м.

$$Q_{\text{рівн.розп.}} = \sum Q_{\text{max год}}^{\text{н.п.}} \frac{1000}{3600}, \text{ л/с}, \quad (2.20)$$

де $\sum Q_{\text{max год}}^{\text{н.п.}}$ – витрати води для всіх водоспоживачів населеного пункту у годину максимального водоспоживання, м³/год.

Витрати води на ділянці, які необхідні для водоспоживачів цієї ділянки, – шляхові витрати – умовно приймаються рівномірно розподіленими за довжиною ділянки та визначаються за формулою:

$$Q_{\text{шл.і}} = q_{\text{пит}} l_{\text{діл.і}}, \text{ л/с}, \quad (2.21)$$

де $l_{\text{діл.і}}$ – довжина ділянки, що розраховується, м.

Результати розрахунку шляхових витрат води за всіма ділянками мережі доцільно звести до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Розрахунок шляхових витрат води по ділянках мережі

№ ділянки	Питома витрата води $q_{\text{пит}}$, л/(с·м)	Довжина ділянки $l_{\text{діл.і}}$, м	Шляхові витрати $Q_{\text{шл.і}}$, л/с
1			
...			
Всього	–	$\sum l_{\text{діл.і}} =$	$\sum Q_{\text{шл.і}} =$

Для визначення фактичних витрат води по ділянках мережі (складаються з суми шляхової витрати води ділянки, що розглядається, та витрат води всіх вищерозташованих ділянок, які транзитом проходять через цю ділянку) необхідно шляхові витрати води ділянок умовно розподілити по вузлах, які належать цій ділянці. Тоді вузлові витрати води визначатимуться як півсума шляхових витрат на ділянках мережі, що складають вузол:

$$Q_{\text{вузл.і}} = \frac{\sum Q_{\text{шл.}}^{\text{що складають вузол}}}{2} + Q_{\text{зос}}^{\text{max год}}, \text{ л/с}, \quad (2.22)$$

де $\sum Q_{\text{шл.}}^{\text{що складають вузол}}$ – сума шляхових витрат води на ділянках, що складають вузол, який розраховується, л/с;

$Q_{\text{зос}}^{\text{max год}}$ – зосереджені витрати води в годину максимального водоспоживання, які забираються з вузла, а не розподіляються по ділянках (наприклад, витрати води на потреби виробничого об'єкта, водопровідна мережа якого приєднується до водопровідної мережі, що розраховується у вузлі, для якого визначаються витрати води).

Результати розрахунку вузлових витрат води зводяться до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахунок вузлових витрат води

Номер вузла	Номери ділянок, що складають вузол	$Q_{\text{зос}}^{\text{max год}} \frac{1000}{3600}$, л/с	Вузлові витрати, л/с
1	1, 7	–	
...			
Всього	–	–	$\sum Q_{\text{вузл}} =$

Фактичні витрати води по ділянках визначаються, виходячи з першого закону Кірхгофа. Зручно процес розрахунку проводити на схемі водопровідної мережі; для цього необхідно на схемі:

- написати номери вузлів, ділянок, кілець;
- для кожного вузла написати його вузлові витрати (табл. 2.9);
- для кожної ділянки показати напрями руху води (загальний напрямок руху води по мережі починається з точки живлення мережі та закінчується в диктуючій точці – точці зустрічі потоків).

Визначення витрат води по ділянках починають від диктуючої точки та закінчують точкою живлення мережі. Виходячи з першого закону Кірхгофа, витрата води ділянки, що розглядається, дорівнює сумі витрати води наступних за напрямком руху води ділянок, що примикають до цієї ділянки, та вузлової витрати наступного за напрямком руху води вузла, тобто:

$$q_{\text{діл}} = \frac{Q_{\text{вузл}} + \sum q_{\text{діл}}}{i}, \quad (2.23)$$

де $Q_{\text{вузл}}$ – витрата води вузла, що примикає до ділянки, яка розраховується та лежить вище за напрямком руху води від цієї ділянки, л/с;

i – кількість ділянок, по яких вода рухається у напрямі до цього вузла (входять у вузол);

$\sum q_{\text{вузл}}$ – сума витрат води ділянок, що виходять з цього вузла, л/с.

При визначенні витрат води ділянок, що примикають до диктуючої точки, їх витрати приймають приблизно однаковими.

Вузлові витрати води (таблиця 2.9) кожного вузла приймаються умовно негативними, тобто вони виходять з вузла.

На рис. 2.17 наведений приклад визначення витрат води по ділянках мережі.

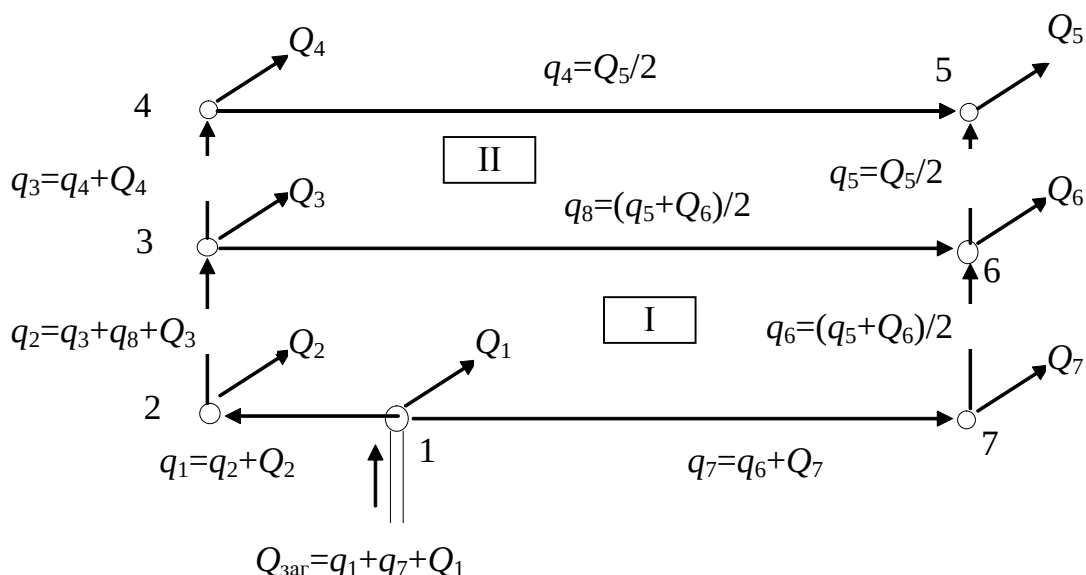


Рис. 2.17 – Приклад визначення витрат води по ділянках мережі до пожежі

Ув'язка мережі

Для кожного кільця повинен виконуватися другий закон Кірхгофа: сума втрат напору у кільці дорівнює нулю, якщо втрати напору ділянки, на якій вода рухається за годинниковою стрілкою, вважаються умовно позитивними, а проти – умовно негативними:

$$\sum h = 0,$$

де h – втрати напору в півкільці, визначаються як сума втрат напору на ділянках, що його складають, м.

Допускається невиконання **другого закону Кірхгофа** на величину нев'язки Δh . Для різних режимів роботи мережі величина нев'язки повинна бути:

- до пожежі – не більше 0,5 м;
- при пожежі – не більше 1 м.

Якщо $\Delta h > 0$, то сума умовно позитивних втрат напору більша за суму умовно негативних втрат напору. Це означає, що для зменшення величини нев'язки Δh (наближення її до нуля) необхідно витрати на ділянках з умовно позитивними втратами напору зменшити, а на ділянках з умовно негативними втратами напору збільшити на величину поправочних витрат Δq .

Якщо $\Delta h < 0$, то, навпаки, витрати на ділянках з умовно позитивними втратами напору необхідно збільшити, а на ділянках з умовно негативними втратами напору зменшити на величину поправочних витрат Δq .

Поправочні витрати визначаються за формулою:

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{2 \sum_{i=1}^n S_i q_i}, \text{ л/с}, \quad (2.24)$$

де S_i – опір ділянки мережі;
 q_i – витрати води по ділянці мережі, л/с.

Ув'язка мережі може виконуватися декілька разів, поки величина нев'язки не буде перебільшувати максимально допустимих значень **одночасно для всіх кілець**.

Для зручності ув'язку мережі пропонується виконувати, заповнюючи таблицю 2.10 (заповнена для наведеного на рис. 2.17 прикладу).

Таблиця 2.10 – Ув'язка мережі при її роботі до пожежі

Номер кільця	Номер ділянки мережі	Витрати води, q , л/с	Діаметр труб, d , мм	Довжина ділянки, l , м	Питомий опір труб, $A \times 10^{-6}$	Опір ділянки, $S=Al$	Sq	Втрати напору на ділянці, з урахуванням напрямку руху води в кільці, $h=Sq^2$, м*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	1	q_1	d_1	l_1	A_1	$S_1=A_1 \times l_1$	$S_1 \times q_1$	$+h_1 = S_1 \times q_1^2$
	2	q_2	d_2	l_2	A_2	$S_2=A_2 \times l_2$	$S_2 \times q_2$	$+h_2 = S_2 \times q_2^2$
	8	q_8	d_8	l_8	A_8	$S_8=A_8 \times l_8$	$S_8 \times q_8$	$+h_8 = S_8 \times q_8^2$
	6	q_6	d_6	l_6	A_6	$S_6=A_6 \times l_6$	$S_6 \times q_6$	$-h_6 = S_6 \times q_6^2$
	7	q_7	d_7	l_7	A_7	$S_7=A_7 \times l_7$	$S_7 \times q_7$	$-h_7 = S_7 \times q_7^2$
							$\sum(Sq)_I =$	$\Delta h_I = h_1 + h_2 + h_8 - h_6 - h_7$
	$\Delta q_I' = \Delta h_I / (2 \sum(Sq)_I) =$							
II	3	q_3	d_3	l_3	A_3	$S_3=A_3 \times l_3$	$S_3 \times q_3$	$+h_3 = S_3 \times q_3^2$
	4	q_4	d_4	l_4	A_4	$S_4=A_4 \times l_4$	$S_4 \times q_4$	$+h_4 = S_4 \times q_4^2$
	5	q_5	d_5	l_5	A_5	$S_5=A_5 \times l_5$	$S_5 \times q_5$	$-h_5 = S_5 \times q_5^2$
	8	q_8	d_8	l_8	A_8	$S_8=A_8 \times l_8$	$S_8 \times q_8$	$-h_8 = S_8 \times q_8^2$
							$\sum(Sq)_{II} =$	$\Delta h_{II} = h_3 + h_4 - h_5 - h_8$
	$\Delta q_{II}' = \Delta h_{II} / (2 \sum(Sq)_{II}) =$							

Примітки: * втрати напору по ділянці приймаються позитивними, якщо в межах кільця, що розглядається, вода по цій ділянці рухається за годинниковою стрілкою, та, навпаки, якщо вода рухається проти годинникової стрілки, – втрати напору цієї ділянки приймаються негативними;

** при $\Delta h < 0$ поправочні витрати $\Delta q'$ приймаються позитивними для тих ділянок, на яких вода рухається за годинниковою стрілкою, та приймаються негативними для тих ділянок, на яких вода рухається проти годинникової стрілки в межах кільця, що розглядається;

при $\Delta h > 0$ поправочні витрати $\Delta q'$ приймаються негативними для тих ділянок, на яких вода рухається за годинниковою стрілкою, та приймаються позитивними для тих ділянок, на яких вода рухається проти годинникової стрілки в межах кільця, що розглядається;

*** колонки 14, 15, 16, 17 заповнюються аналогічно до колонок 10, 11, 12, 13 відповідно. Якщо значення нев'язки після другого виправлення не досягне допустимого для всіх кілець одночасно, то необхідно виконати наступне виправлення. Кількість виправлень повинна бути такою, щоб для всіх кілець одночасно значення нев'язки не перебільшували допустимих значень.

Перше виправлення				Наступні виправлення***			
поправочні витрати, $\Delta q'$, л/с**	$q' = \pm \Delta q' + q$, л/с	Sq'	Втрати напору на ділянці, $h' = S(q')^2$, м*	поправочні витрати, $\Delta q''$, л/с	$q'' = \Delta q'' + q'$, л/с	Sq''	Втрати напору на ділянці, $h'' = S(q'')^2$, м
10	11	12	13	14	15	16	17
$\pm \Delta q_I$	$q_1' = \pm \Delta q_I' + q_1$	$S_1 \times q_1'$	$+h_1' = S_1 \times (q_1')^2$				
$\pm \Delta q_I$	$q_2' = \pm \Delta q_I' + q_2$	$S_2 \times q_2'$	$+h_2' = S_2 \times (q_2')^2$				
$\pm \Delta q_I \pm \Delta q_{II}$	$q_8' = \pm \Delta q_I' \pm \Delta q_{II}' + q_8$	$S_8 \times q_8'$	$+h_8' = S_8 \times (q_8')^2$				
$\pm \Delta q_I$	$q_6' = \pm \Delta q_I' + q_6$	$S_6 \times q_6'$	$-h_6' = S_6 \times (q_6')^2$				
$\pm \Delta q_I$	$q_7' = \pm \Delta q_I' + q_7$	$S_7 \times q_7'$	$-h_7' = S_7 \times (q_7')^2$				
		$\sum(Sq')_I =$	$\Delta h_I' = h_1' + h_2' + h_8' - h_6' - h_7'$				
$\Delta q_I'' = \Delta h_I' / (2 \sum(Sq')_I) =$							
$\pm \Delta q_{II}$	$q_3' = \pm \Delta q_{II}' + q_3$	$S_3 \times q_3'$	$+h_3' = S_3 \times (q_3')^2$				
$\pm \Delta q_{II}$	$q_4' = \pm \Delta q_{II}' + q_4$	$S_4 \times q_4'$	$+h_4' = S_4 \times (q_4')^2$				
$\pm \Delta q_{II}$	$q_5' = \pm \Delta q_{II}' + q_5$	$S_5 \times q_5'$	$-h_5' = S_5 \times (q_5')^2$				
$\pm \Delta q_I \pm \Delta q_{II}$	$q_8' = \pm \Delta q_I' \pm \Delta q_{II}' + q_8$	$S_8 \times q_8'$	$-h_8' = S_8 \times (q_8')^2$				
		$\sum(Sq')_{II} =$	$\Delta h_{II}' = h_3' + h_4' - h_5' - h_8'$				
$\Delta q_{II}'' = \Delta h_{II}' / (2 \sum(Sq')_{II}) =$							

Визначення розрахункових витрат води по ділянках мережі під час пожежі та перевірка діаметрів труб

При проектуванні об'єднаної водопровідної мережі її гідравлічний розрахунок під час пожежі зводиться до перевірки визначених при розрахунку мережі до пожежі діаметрів труб на можливість пропуску необхідної кількості води для цілей пожежогасіння. Припустимо, що пожежа виникне в найвіддаленішій точці мережі, тобто в диктуючій точці. Тоді під час пожежі витрати води, які забирають з цієї точки, збільшуються на величину розрахункових пожежних витрат води. При цьому загальна кількість води, яка подається до точки живлення, так само збільшується на величину розрахункових пожежних витрат води. Всі *інші вузлові витрати води залишаються такими самими*, як і при роботі мережі до пожежі.

Розрахунок виконується графічним способом аналогічно до розрахунку витрат води по ділянках мережі до пожежі. Приклад виконання цього розрахунку наведений на рис. 2.18.

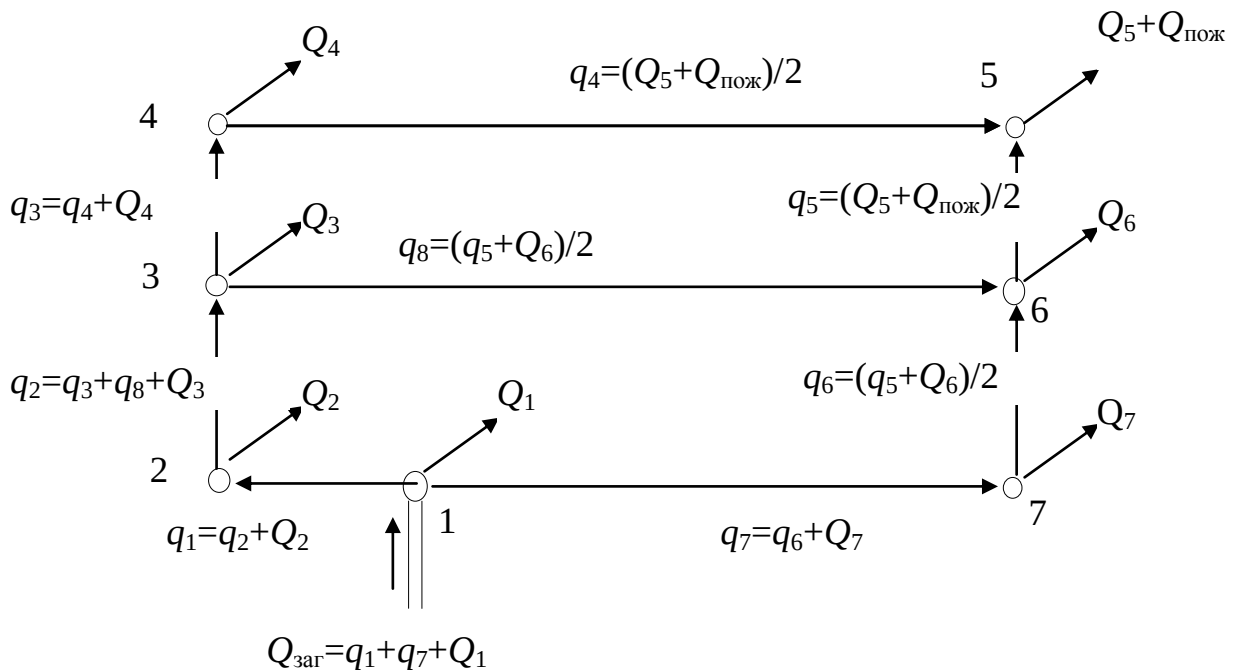


Рис. 2.18 – Приклад визначення витрат води по ділянках мережі при пожежі

Вибрані при розрахунку мережі до пожежі діаметри труб перевіряються на можливість пропуску пожежних витрат води, при цьому швидкість руху води по ділянці повинна бути не більше 2,5 м/с, тобто

$$v_{\text{діл.і}} = \frac{4q_{\text{діл.і}} \cdot 1000}{\pi d_{\text{діл.і}}^2}, \text{ м.} \quad (2.25)$$

Якщо швидкість руху води по деякій ділянці перебільшує 2,5 м/с, тоді необхідно збільшити діаметри труб на цій ділянці.

Ув'язка мережі під час пожежі

Ув'язка мережі під час пожежі виконується так само, як і ув'язка при роботі мережі до пожежі, і для цього можливо використання таблиці 2.10, але заповнення колонки 3 – «витрати води» – здійснюється за результатами визначення витрат води по ділянках мережі під час пожежі (наприклад, за результатами розрахунку на рис. 2.18). Розрахунок та заповнення таблиці ув'язки мережі під час пожежі здійснюється так само, як і до пожежі.

2.4.3. Особливості гідравлічного розрахунку тупикової мережі

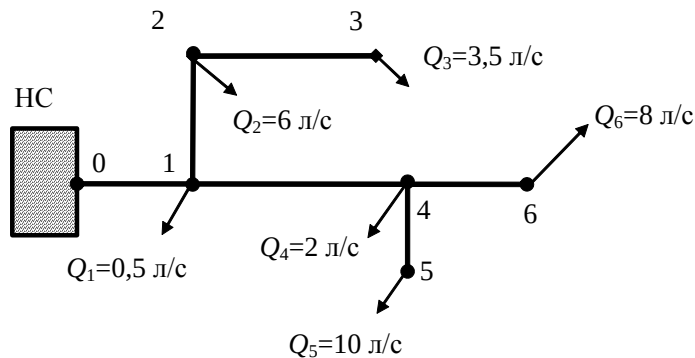


Рис. 2.19 – Розрахункова схема тупикової мережі:

1 ÷ 6 – точки відбору води (вузли водопровідної мережі)

Тупикову водопровідну мережу розраховують як систему послідовно з'єднаних трубопроводів. Перед початком розрахунку складають схему водопроводу, на якій у місцях розміщення водоспоживачів зосереджують вузлові витрати (рис.2.19). Розрахунок починають з основної (магістральної) мережі, рухаючись проти напрямку руху води – від диктуючої точки до точки живлення мережі.

Для схеми рис. 2.19 розрахунковий напрямок буде: 6–4–1–0. На початку визначають розрахункові витрати води на кожній ділянці мережі, користуючись першим законом Кірхгофа:

$$q_{4-6} = Q_6 = 8 \text{ л/с},$$

$$q_{4-5} = Q_5 = 10 \text{ л/с},$$

$$q_{1-4} = Q_4 + q_{4-6} + q_{4-5} = 2 + 8 + 10 = 20 \text{ л/с},$$

$$q_{2-3} = Q_3 = 3,5 \text{ л/с},$$

$$q_{1-2} = Q_2 + q_{2-3} = 6 + 3,5 = 9,5 \text{ л/с},$$

$$q_{0-1} = Q_1 + q_{1-2} + q_{1-4} = 0,5 + 9,5 + 20 = 30 \text{ л/с}.$$

Розрахувавши витрати води, визначають діаметри труб та втрати напору для кожної ділянки мережі.

Сума втрат напору магістральної частини від точки живлення мережі до диктуючої точки складає втрати напору мережі:

$$h_M = \sum A \cdot l_{i-j} \cdot q_{i-j}^2.$$

З урахуванням втрат напору в місцевих опорах, для наведеного прикладу, загальні втрати напору в мережі визначаються:

$$h_M = 1,05 \cdot (h_{4-6} + h_{1-4} + h_{0-1}).$$

2.4.4. Методика розв'язання основних типів задач

Задача 1. Визначити діаметри труб водопровідної мережі населеного пункту та виробничого об'єкта в ньому.

Розв'язання. Методика визначення діаметрів труб наведена в розділі 2.4.1. Порядок визначення витрат води по ділянках мережі наведений в розділі 2.4.2.

Приклад. Визначити діаметри труб водопровідної мережі населеного пункту та виробничого об'єкта в ньому. Розрахунок проводити за результатами розв'язання задачі 1 розділу 2.3.11. Необхідні вихідні дані:

Схема водопровідної мережі	рис. 2.16	
Довжина ділянок мережі, м:	1	400
	2	500
	3	500
	4	1000
	5	500
	6	500
	7	600
	8	1000

Розв'язання

1. Питомі витрати по довжині всієї мережі визначають за формулою (2.19), з урахуванням формули (2.20), при цьому довжина всієї водопровідної мережі визначається додаванням довжин всіх ділянок мережі (за вихідними даними) та складає 5000 м:

$$Q_{\text{рівн.розп.}} = 462,06 \cdot \frac{1000}{3600} = 128,35 \text{ л/с},$$

$$q_{\text{пит}} = \frac{128,35}{5000} = 0,02567 \text{ л/(с·м)}.$$

2. Шляхові витрати на ділянках мережі визначаються за формулою (2.21) і результати їх розрахунку зводяться до таблиці:

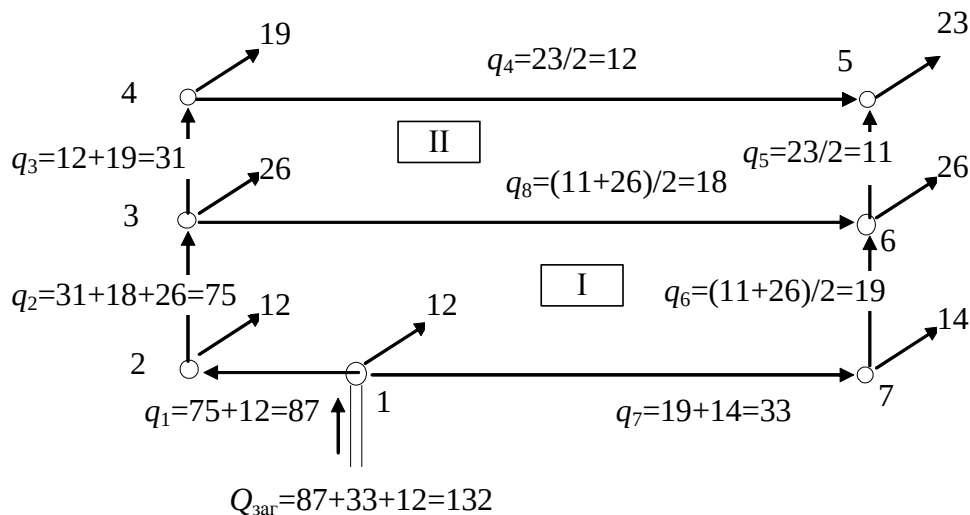
№ ділянки	Питома витрата води $q_{\text{пит}}$, л/(с·м)	Довжина ділянки $l_{\text{діл.і}}$, м	Шляхові витрати $Q_{\text{шл.і}}$, л/с
1	0,02567	400	10,27
2		500	12,84
3		500	12,84
4		1000	25,67
5		500	12,83
6		500	12,83
7		600	15,40
8		1000	25,67
Всього	—	$\sum l_{\text{діл.і}} = 5000 \text{ м}$	$\sum Q_{\text{шл.і}} = 128,35 \text{ л/с}$

3. Вузлові витрати води визначаються за формулою (2.22) як півсума шляхових витрат на ділянках мережі, що складають вузол. Підприємство забирає воду для власних потреб з одного вузла (найближче розташованого до нього), тому **лише у цьому вузлі** необхідно у формулі (2.21) додати $Q_{\text{зос}}^{\text{max год}}$, а для інших вузлів – прийняти рівним нулю. Результати розрахунку зводяться до таблиці:

№ вузла	№№ ділянок, що складають вузол	$Q_{\text{зос}}^{\text{max год}} \frac{1000}{3600}$, л/с	Вузлові витрати, л/с
1	1, 7	–	12,84
2	1, 2	–	11,55
3	2, 3, 8	–	25,67
4	3, 4	–	19,25
5	4, 5	3,32	22,57
6	5, 6, 8	–	25,67
7	6, 7	–	14,12
Всього	–	–	$\sum Q_{\text{вузл}} = 131,67$ л/с

4. Витрати води на ділянках мережі визначаються, виходячи з першого закону Кірхгофа. Для зручності розрахунку вузлові витрати з таблиці округляються до цілих чисел та в такому вигляді наносяться на розрахункову схему. Результати розрахунку наведені на розрахунковій схемі:

5.



5. Діаметри труб визначаються за формулою:

$$d_{\text{діл}} = \sqrt{\frac{4q_{\text{діл}}}{1000 \cdot \pi \cdot v}}, \text{ м,}$$

де $q_{\text{діл}}$ – витрата води по ділянці, л/с;

$v = 1$ – швидкість руху води по ділянці (визначається за таблицею 2.6), м/с.

Для зручності результати розрахунку заносяться до таблиці:

№ ділянки	Витрата води по ділянці $q_{\text{діл}}$, л/с	Діаметр труб ділянки $d_{\text{діл}}$, мм
1	87	350
2	75	350
3	31	200
4	12	200
5	11	200
6	19	200
7	33	250
8	18	200

Задача 2. Визначити втрати напору у кільцевій водопровідній мережі населеного пункту та виробничого об'єкта в ньому під час роботи мережі до пожежі.

Розв'язання. Методика визначення втрат напору в кільцевій водопровідній мережі наведена в розділі 2.4.2.

Приклад. Визначити втрати напору у кільцевій водопровідній мережі населеного пункту та виробничого об'єкта в ньому під час роботи мережі до пожежі. Як вихідні дані використати результати розрахунку задачі 1 розділу 2.4.

Розв'язання

1. Ув'язка водопровідної мережі виконується табличним способом (таблиця 2.10), при цьому питомий опір труб кожної ділянки визначається за додатком 19. Результати розрахунку зводяться до таблиці.

Ув'язка мережі виконана, досягнута нев'язка:

– по першому кільцю – 0,376 м;

– по другому кільцю – 0,356 м;

тобто, значення нев'язки в обох кільцях одночасно не перебільшують 0,5 м, що відповідає вимогам другого закону Кірхгофа. Фактичні витрати води по ділянках мережі дорівнюють витратам, що наведені в колонці 15 розрахункової таблиці.

Таблица

Номер кільця	Номер ділянки мережі	Витрати води, q , л/с	Діаметр труб, d , мм	Довжина ділянки, l , м	Питомий опір труб, $A \times 10^{-6}$	Опір ділянки, $S=Al$	Sq	Втрати напору на ділянці, з урахуванням напрямку руху води в кільці, $h=Sq^2$, м*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	1	87	350	400	0,4368	0,000174	0,0152	+1,322
	2	75	350	500	0,4368	0,000218	0,01638	+1,23
	8	18	200	1000	8,608	0,0086	0,155	+2,79
	6	19	200	500	8,608	0,0043	0,082	-1,55
	7	33	250	600	2,638	0,0016	0,052	-1,72
							$\sum(Sq)_I=0,32058$	$\Delta h_I=2,072$
	$\Delta q_I' = \Delta h_I / (2 \sum(Sq)_I) = 3,23$							
II	3	31	200	500	8,608	0,0043	0,133	+4,136
	4	12	200	1000	8,608	0,0086	0,103	+1,24
	5	11	200	500	8,608	0,0043	0,047	-0,52
	8	18	200	1000	8,608	0,0086	0,155	-2,79
							$\sum(Sq)_{II}=0,438$	$\Delta h_{II}=2,066$
	$\Delta q_{II}' = \Delta h_{II} / (2 \sum(Sq)_{II}) = 2,36$							

Продовження таблиці

Перше виправлення				Друге виправлення			
поправочні витрати, $\Delta q'$, л/с**	$q' = \pm \Delta q' + q$, л/с	Sq'	Втрати напору на ділянці, $h' = S(q')^2$, м*	поправочні витрати, $\Delta q''$, л/с	$q'' = \Delta q'' + q'$, л/с	Sq''	Втрати напору на ділянці, $h'' = S(q'')^2$, м
10	11	12	13	14	15	16	17
-3,23	83,77	0,0146	+1,22	-0,96	82,813	0,014	+1,19
-3,23	71,77	0,0156	+1,12	-0,96	70,21	0,0154	+1,093
-3,23+2,36	17,13	0,147	+2,52	-0,96+1,27	17,44	0,15	+2,616
3,23	22,23	0,096	-2,125	0,96	23,19	0,099	-2,31
3,23	36,23	0,058	-2,1	0,96	37,19	0,059	-2,213
		$\sum(Sq')_I = 0,3312$	$\Delta h'_I = 0,635$				$\Delta h''_I = 0,376$
$\Delta q''_I = \Delta h'_I / (2\sum(Sq')_I) = 0,96$							
-2,36	28,64	0,123	+3,53	-1,27	27,37	0,0118	3,29
-2,36	9,64	0,083	+0,8	-1,27	8,37	0,072	0,602
2,36	13,36	0,057	-0,77	1,27	14,63	0,063	-0,92
2,36-3,23	17,13	0,147	-2,52	1,27-0,96	17,44	0,15	-2,616
		$\sum(Sq)_{II} = 0,41$	$\Delta h_{II} = 1,04$				$\Delta h''_{II} = 0,356$
$\Delta q''_{II} = \Delta h_{II} / (2\sum(Sq)_{II}) = 1,27$							

2. Втрати напору в кільцевій мережі визначаються як середнє арифметичне втрат напору всіх можливих напрямків руху води від точки живлення мережі до диктуючої точки. Від вузла 1 до вузла 5 вода може рухатися за трьома напрямками, які знаходяться між вузлами: 1–2–3–4–5; 1–7–6–5; 1–2–3–6–5, тобто втрати напору в кожному напрямку складаються з втрат напору на ділянках, що складають ці напрямки:

– перший напрямок:

$$h_a = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 1,19 + 1,093 + 3,29 + 0,602 = 6,175 \text{ м};$$

– другий напрямок:

$$h_b = h_7 + h_6 + h_5 = 2,213 + 2,31 + 0,92 = 5,443 \text{ м};$$

– третій напрямок:

$$h_{\tilde{n}} = h_1 + h_2 + h_8 + h_5 = 1,19 + 0,93 + 2,616 + 0,92 = 5,656 \text{ м}.$$

Втрати напору в мережі визначаються:

$$h_1 = 1,05 \frac{\sum_{i=1}^k h_i}{k} = 1,05 \cdot \frac{6,175 + 5,443 + 5,656}{3} = 6,05 \text{ м},$$

де 1,05 – коефіцієнт, що враховує втрати напору в місцевих опорах.

Відповідь: втрати напору в мережі під час її роботи до пожежі складають 6,05 м.

Задача 3. Перевірити діаметри труб водопровідної мережі населеного пункту та виробничого об'єкта на можливість пропуску пожежних витрат води.

Розв'язання. Методика перевірки діаметрів труб на можливість пропуску пожежних витрат води складається з двох етапів:

- 1) визначення витрат води на ділянках мережі при пожежі,
- 2) визначення швидкості руху води на ділянках мережі.

Порядок реалізації перевірки наведений у розділі 2.4.2.

Приклад. Перевірити діаметри труб водопровідної мережі населеного пункту та виробничого об'єкта на можливість пропуску пожежних витрат води. Як вихідні дані використати результати розрахунку задачі 2 розділу 2.3 та задачі 1 розділу 2.4.

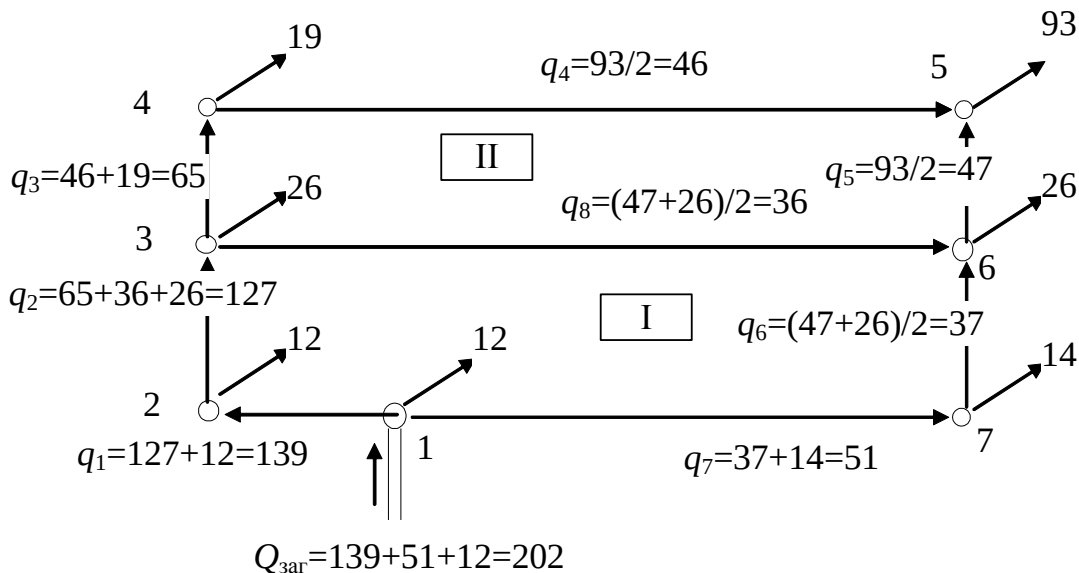
Розв'язання

1. Визначаються витрати води на ділянках мережі при пожежі. Найгірший варіант виникнення пожежі – диктуюча точка, тому розрахунок виконується виходячи з того, що необхідно подати витрати води для пожежогасіння – 70 л/с (визначалися в задачі 2 розділу 2.3) до вузла 5 (розрахункова схема задачі 1 розділу 2.4). Таким чином, витрати води вузла 5 будуть складатися з суми вузлових витрат до пожежі та витрат води на пожежогасіння, а саме:

$$Q_5^{\text{пож}} = Q_5 + Q_{\text{пож}} = 23 + 70 = 93 \text{ л/с},$$

при цьому витрати всіх інших вузлів залишаються без змін.

Розрахунок витрат води на ділянках мережі при пожежі виконується за допомогою першого закону Кірхгофа. Результати розрахунку наведені на розрахунковій схемі:



2. Визначається швидкість руху води по ділянках мережі при пожежі (за результатами задачі 1 розділу 2.4) за формулою (2.25). Результати розрахунку зведені до таблиці:

№ ділянки	Витрата води на ділянці $q_{\text{діл}}, \text{ л/с}$	Діаметр труб ділянки $d_{\text{діл}}, \text{ мм}$	Швидкості руху води на ділянках мережі під час пожежі $v_{\text{діл}}, \text{ м/с}$
1	139	350	1,45
2	127	350	1,32
3	65	200	2,07
4	46	200	1,46
5	47	200	1,5
6	37	200	1,18
7	51	250	1,04
8	36	200	1,15

На всіх ділянках швидкість руху води не перебільшує 2,5 м/с, тому діаметри труб прийняті вірно, а мережа зможе пропустити додаткові витрати води на пожежогасіння.

Контрольні питання та завдання

1. Сформулюйте мету гідравлічного розрахунку водопровідної мережі при різних режимах її роботи.

2. Як використовують закони Кірхгофа при виконанні гідравлічного розрахунку водопровідних мереж?
3. Як визначити втрати напору у тупиковій та кільцевій мережах?
4. Як визначаються діаметри труб при різних режимах роботи мережі?

2.5. Гідравлічний розрахунок основних водопровідних споруд

Основними водопровідними спорудами, що забезпечують можливість подачі води до водоспоживачів при двох режимах роботи мережі (до пожежі та при пожежі), є:

- ємнісні споруди (резервуари чистої води, пожежні резервуари, водонапірні башти);
- напірні споруди (насосні станції, водонапірні башти).

Завданням гідравлічного розрахунку основних водопровідних споруд є визначення їх основних характеристик для здійснення їх функцій за призначенням, тобто:

- для пожежних резервуарів або резервуарів чистої води – визначення необхідного об'єму (повного, регулюючого та недоторканного);
- для водонапірних башт – визначення об'єму бака та висоти його встановлення;
- для насосних станцій – визначення типу насосної станції (низького або високого тиску), необхідного напору та витрат води при двох режимах їхньої роботи (до пожежі та при пожежі).

В ході розрахунку водопровідних споруд визначаються їх основні конструктивні характеристики, які впливають на виконання ними їхнього функціонального призначення.

2.5.1. Проектування резервуарів чистої води

Резервуари чистої води (РЧВ) виконують роль регулюючих та запасних ємностей, тому при проектуванні можливе розташування резервуарів між насосними станціями, на початку мережі або в кінці водопровідної мережі.

Резервуари чистої води представляють собою залізобетонні ємності прямокутні або круглі в плані, можуть бути наземними, напівзаглибленими або підземними. До основних елементів РЧВ входять конструктивні елементи (стіни, днище резервуара, перекриття, горловини з люками) та арматура (подавальний трубопровід, трубопроводи забору води господарсько-питними та пожежними насосами, переливний трубопровід, засувки та інше) (рис. 2.20).

Загальний об'єм резервуарів чистої води $W_{РЧВ}$ складається з двох величин:

$$W_{РЧВ} = W_{рег} + W_{НЗ}, м^3, \quad (2.26)$$

де $W_{рег}$ – регулюючий об'єм резервуарів, $м^3$;
 $W_{НЗ}$ – об'єм недоторканного запасу води, $м^3$.

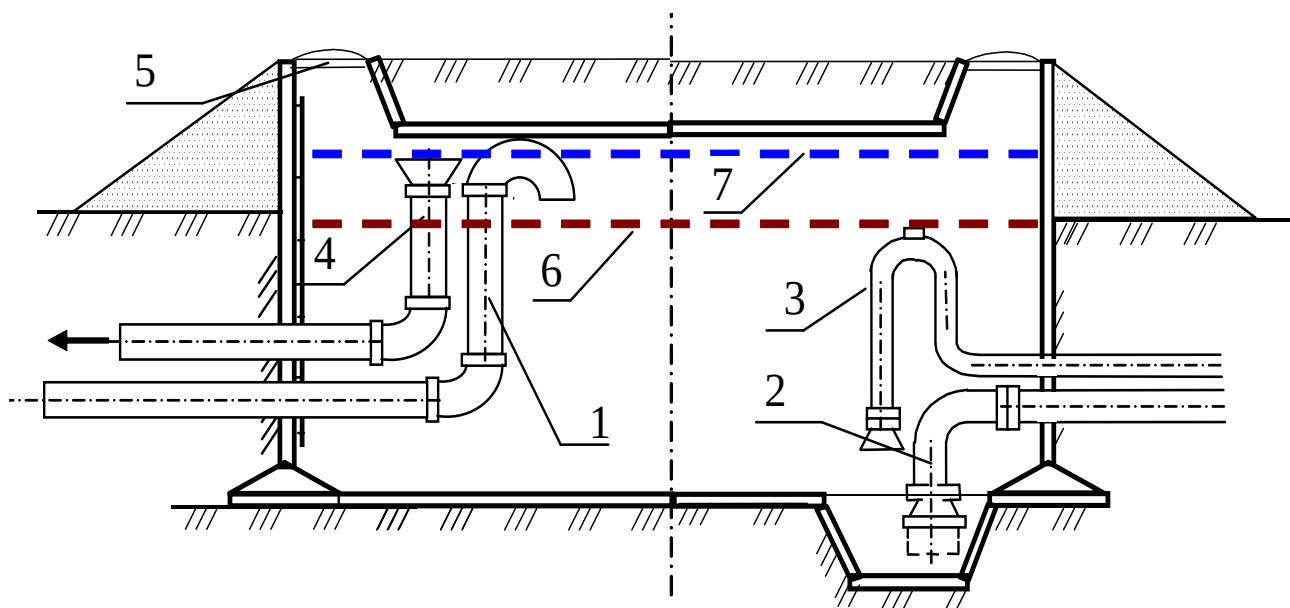


Рис. 2.20 – Схема резервуара чистої води:

1 – подавальний трубопровід; 2 – трубопровід забору води пожежними насосами; 3 – трубопровід забору води господарсько-питними насосами; 4 – переливний трубопровід; 5 – горловина з кришкою люка та другою утеплюючою кришкою; 6 – рівень недоторканного запасу води; 7 – загальний рівень води в резервуарі.

Таким чином, розрахунок резервуарів чистої води зводиться до визначення необхідного регулюючого об'єму та об'єму для збереження запасу води на пожежогашіння та на господарсько-питні потреби на час гасіння пожежі.

Визначення регулюючого об'єму резервуарів чистої води

За умовою розміщення резервуарів чистої води між насосними станціями першого та другого підйомів, використання регулюючого об'єму резервуарів здійснюється наступним чином: до резервуарів вода подається від насосної станції першого підйому, яка працює в рівномірному режимі, а забирається – насосною станцією другого підйому, яка працює в ступеневому режимі. Тобто в деякі години надлишок води накопичується у резервуарах, а у години, коли насосна станція другого підйому забирає більше води, ніж подається, недостатня кількість води забирається з резервуарів. Отже, чим значніша різниця між подачею та забором води насосними станціями, тим більший регулюючий об'єм резервуарів.

Визначення регулюючого об'єму резервуарів здійснюється табличним або аналітичним способами.

Для визначення регулюючого об'єму резервуарів табличним способом проводиться аналіз режиму роботи насосних станцій та заповнюється таблиця 2.11.

Таблиця 2.11 – Визначення регулюючого об'єму резервуарів чистої води табличним способом

Години доби	Режим роботи НС-I, %	Режим роботи НС-II, %	Подача до РЧВ, %	Забір з РЧВ, %	Залишок у РЧВ, %
1	2	3	4	5	6

При заповненні таблиці 2.11 необхідно враховувати наступне:

– колонка 1 “Години доби” складається з опису кожного часу доби, починаючи з “0–1”, закінчуючи “23–24”;

– колонка 2 заповнюється згідно з графіком роботи насосної станції першого підйому, яка, як правило, працює в рівномірному режимі, тобто кожну годину подає близько 4,17 % від добового водоспоживання;

– колонка 3 заповнюється згідно з графіком роботи насосної станції другого підйому;

– колонки 4 та 5 заповнюються одночасно: якщо забір води насосною станцією другого підйому (колонка 3) в годину, яка розглядається, перебільшує подачу насосної станції першого підйому (колонка 2), тоді недостатня кількість води забирається з резервуару – тобто результат заноситься в 5-ту колонку, при цьому колонка 4 залишається вільною; якщо забір води насосною станцією другого підйому (колонка 3) в годину, яка розглядається, менше подачі насосної станції першого підйому (колонка 2), тоді надлишок води поступає до резервуара – тобто результат заноситься в 4 колонку, а вільною залишається колонка 5;

– колонку 6 починають заповнювати виходячи з припущення, що резервуар до години 0 – 1 був порожнім, потім до визначеного об'єму резервуара додається кількість води, якщо у наступному рядку є значення в колонці 4, або віднімається від попереднього об'єму, якщо значення є в колонці 5.

За результатами розрахунку з таблиці 2.11 із колонки 6 вибирається два числа:

– найбільше позитивне – $\max^+ "$;

– найбільше за модулем негативне – $\max^- "$.

Тоді регулюючий об'єм резервуарів визначається:

$$W_{\text{рег}} = \frac{K Q_{\text{розр}}}{100}, \text{ м}^3, \quad (2.27)$$

де $K = (\max^+ ") + (|\max^- "|)$ – коефіцієнт, що складається зі значень, які визначені за результатами таблиці 2.11;

$Q_{\text{розр}}$ – розрахункові витрати води за добу максимального водоспоживання, $\text{м}^3/\text{доб}$.

Аналітично регулюючий об'єм РЧВ розраховується за формулою:

$$W_{\text{рег}} = Q_{\text{розр}} \left[(1 - k_{\text{под}}) + (k_{\text{заб}} - 1) \left(\frac{k_{\text{под}}}{k_{\text{заб}}} \right)^{\frac{k_{\text{заб}}}{k_{\text{заб}} - 1}} \right], \text{ м}^3, \quad (2.28)$$

де $k_{\text{под}}$ — коефіцієнт годинної нерівномірності подачі води до РЧВ; дорівнює відношенню максимальної годинної подачі води в регулюючу ємність до середньої годинної витрати води за добу максимального водоспоживання;

$k_{\text{заб}}$ — коефіцієнт годинної нерівномірності відбору води з РЧВ; дорівнює відношенню максимального годинного відбору води до середньої годинної витрати води за добу максимального водоспоживання.

Зазвичай регулюючий об'єм РЧВ не повинен перебільшувати 20 % добового водоспоживання.

Визначення недоторканного запасу води в резервуарах чистої води

Недоторканий запас (НЗ) води в резервуарах чистої води визначається як сума недоторканного запасу для пожежогасіння з гідрантів та внутрішніх пожежних кран-комплектів, спеціальних засобів пожежогасіння (спринклерів, дренчерів та інших засобів, що не мають власних резервуарів) та недоторканного запасу води на максимальні господарсько-питні потреби на весь період пожежогасіння:

$$W_{\text{НЗ}} = W_{\text{НПЗ}} + W_{\text{НЗГ-П}}, \text{ м}^3, \quad (2.29)$$

де $W_{\text{НПЗ}} = \frac{3600 \cdot \tau \cdot Q_{\text{пож}}}{1000}$ — запас води, необхідний на τ годин гасіння пожежі, м^3 ; $Q_{\text{пож}}$ — витрати води на пожежогасіння, л/с; τ — термін гасіння пожежі, який визначається згідно з п. 6.2.13 [4];

$W_{\text{НЗГ-П}} = (Q_{\text{мах год}} - Q_{\text{душ}}^{\text{в мах год}}) \cdot \tau$ — запас води, що необхідний на потреби населеного пункту та виробничого підприємства за годину максимального водоспоживання (без урахування витрат води на прийняття душу працівниками на підприємстві) протягом τ годин гасіння пожежі, м^3 ; $Q_{\text{мах год}}$ — розрахункова максимальна годинна витрата води для всіх водоспоживачів водопровідної мережі, $\text{м}^3/\text{год}$; $Q_{\text{душ}}^{\text{в мах год}}$ — витрата води на прийняття душу за годину максимального водоспоживання, якщо вона припадає на цей час, $\text{м}^3/\text{год}$.

ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», п. 6.2.13. Тривалість гасіння пожежі слід приймати 3 години, а для будівель I і II ступенів вогнестійкості категорії Г і Д з негорючим утеплювачем — 2 години.

Відповідно до п. 13.2.10 [4] загальна кількість резервуарів в одному вузлі повинна бути **не менше двох**.

Типовий РЧВ приймається, виходячи з розрахункового об'єму, з врахуванням кількості резервуарів за типовими проектами або за таблицею 2.12.

Таблиця 2.12 – Характеристики резервуарів (залізобетонні, проект Союзводо-каналпроект)

Об'єм, м ³	Розміри, м		
	довжина	ширина	глибина
50	6	3	3,64
100	6	6	3,64
150	9	6	3,64
200	12	6	3,64
300	15	6	3,64
500	12	12	3,64
1000	24	12	3,64
1500	18	18	4,84
2000	24	18	4,84
2500	30	18	4,84
3000	27	24	4,84
4000	26	24	4,84
5000	30	36	4,84
7000	42	36	4,84
10000	60	36	4,84
15000	60	54	4,84
20000	78	54	4,84

Способи збереження недоторканного запасу води в резервуарах

Для збереження недоторканного запасу (НЗ) води в РЧВ використовують два способи:

- автоматичний – за допомогою використання автоматичного контролю та регулювання рівня води в РЧВ;
- конструктивний – розміщенням обладнання РЧВ таким чином, що використання недоторканного запасу води на непожежні потреби стає неможливим.

Автоматичні пристрої безперервного автоматичного контролю рівня недоторканного запасу води в РЧВ забезпечують вимикання господарсько-питних насосів, які забирають регулюючий об'єм РЧВ на господарсько-питні потреби при досягненні верхнього рівня недоторканного запасу води в резервуарі.

Конструктивне збереження недоторканного запасу води в резервуарі здійснюється двома способами розміщення трубопроводів забору води на господарсько-питні потреби (рис. 2.21).

За першим способом (рис. 2.21 а) забірні патрубки трубопроводів господарсько-питних насосів розміщуються на верхньому рівні недоторканного запасу води, тобто при повному використанні регулюючого об'єму насоси

відключатися, тому що до трубопроводу поступатиме повітря. При необхідності забору води на пожежогасіння включаються до роботи пожежні насоси, забірні патрубки яких розміщуються в найнижчій частині резервуара (як правило, в приямках), що забезпечує можливість використання всього об'єму недоторканного запасу. Для запобігання застою води в РЧВ, що негативно впливає на її якість та створює умови для можливості замерзання води, патрубків забору води господарсько-питними насосами розміщується у кожусі, що значно покращує циркуляцію води. Для цієї ж цілі патрубків подавального трубопроводу розміщують над верхнім рівнем води в резервуарі, що також виключає створення підпору в подавальному трубопроводі.

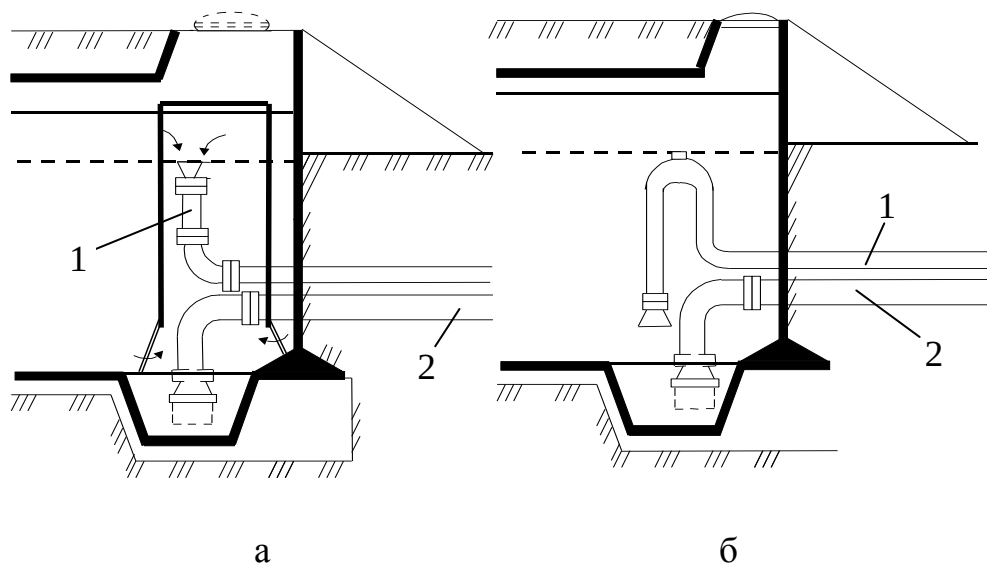


Рис. 2.21 – Конструктивний спосіб збереження недоторканного запасу води:

а) розташування всмоктуючих ліній на різній висоті з влаштуванням кожуха; б) влаштування повітряно-водяного затвору; 1 – всмоктуючий трубопровід господарсько-питних насосів; 2 – всмоктуючий трубопровід пожежних насосів

За другим способом (рис. 2.21 б) трубопровід забору води на господарсько-питні потреби монтується у вигляді «коліна» з розміщенням забірної патрубки в нижній частині резервуара. У верхній частині «коліна» вварюється другий патрубок з відкритою поверхнею. Патрубок знаходиться на верхньому рівні недоторканного запасу води в резервуарі. Таким чином, при заборі води на господарсько-питні потреби, тобто використанні регулюючого об'єму резервуара, вода забирається господарсько-питним трубопроводом з нижньої частини резервуара, що забезпечує циркуляцію води в ньому. При зниженні рівня води до верхнього рівня недоторканного запасу, звільняється другий патрубок господарсько-питного забірної трубопроводу та починається всмоктування повітря. В результаті господарсько-питні насоси відключаються, а недоторканий запас води залишається в резервуарі. Трубопровід забору води на пожежні потреби розміщується аналогічно до першого способу (рис. 2.21 а).

Способи забору води з резервуарів

Для забору з резервуарів чистої води недоторканного запасу води для гасіння пожежі існує лише один спосіб – за допомогою трубопроводу забору води на пожежні потреби. Це обумовлено вимогами до якості води в РЧВ та забезпеченням обмеженого доступу до резервуарів.

Різновидом РЧВ є пожежні резервуари, які можуть виконувати функції РЧВ та конструктивно облаштовуються як РЧВ, але додатково обладнуються пристроями для забору води пожежною технікою. В залежності від розміщення пожежного резервуара стосовно до поверхні землі, можна забезпечити забір води пожежною технікою наступним чином:

- перший спосіб – через горловини резервуара;
- другий спосіб – через патрубки для приєднання пожежної техніки;
- третій спосіб – через систему «сухий–мокрый колодязі».

Для заглиблених резервуарів найчастіше забір води пожежною технікою здійснюють за першим та третім способами. При будівництві напівзаглиблених або наземних резервуарів здійснювати забір води пожежною технікою з них можна за допомогою другого або третього способів.

При наявності майданчика для розвороту пожежної техніки біля однієї з горловин резервуара за необхідності пожежна машина встановлюється на цьому майданчику і за допомогою всмоктуючого рукава здійснюється забір води – перший спосіб.

Із наземних резервуарів виводяться зовнішні патрубки зі з'єднувальними головками, засувками для приєднання рукавів пожежних машин та забору води – другий спосіб.

При неможливості безпосереднього забору води з пожежного резервуара передбачаються приймальні («мокрі») колодязі об'ємом не менше 3 м³, з'єднані з резервуаром трубопроводом діаметром не менше 0,2 м. Перед приймальним («мокрим») колодязем на з'єднувальному трубопроводі розміщується в окремому колодязі («сухому») засувка з виведенням під кришку люка штурвалом – третій спосіб.

2.5.2. Проектування водонапірних башт

Водонапірна башта призначена для:

- регулювання нерівномірності роботи споруд, що подають та забирають воду з башти;
- збереження недоторканного запасу води на перші 10 хвилин гасіння пожежі (за цей час включаються до роботи пожежні насоси насосної станції другого підйому, які забезпечують подачу пожежних витрат води до мережі під час гасіння пожежі);
- створення необхідного напору у водопровідній мережі при її роботі до пожежі та в перші 10 хвилин гасіння пожежі.

Водонапірна башта встановлюється в найвищій точці мережі, завдяки чому з урахування рельєфу місцевості фактична висота башти проектується меншою.

Необхідну висоту водонапірної башти визначають, виходячи з умови, що в годину максимального водоспоживання повинний бути забезпечений необхідний вільний напір H_v у найбільше віддаленій точці водопровідної мережі, тобто в диктуючій точці.

Об'єм бака водонапірної башти визначається аналогічно до об'єму РЧВ за винятком того, що час, протягом якого зберігається пожежний запас води в баці башти, складає 10 хвилин.

Конструктивні особливості влаштування водонапірних башт

Водонапірна башта складається з двох основних частин (рис.2.22):

- водонапірний бак – резервуар;
- підтримуюча конструкція.

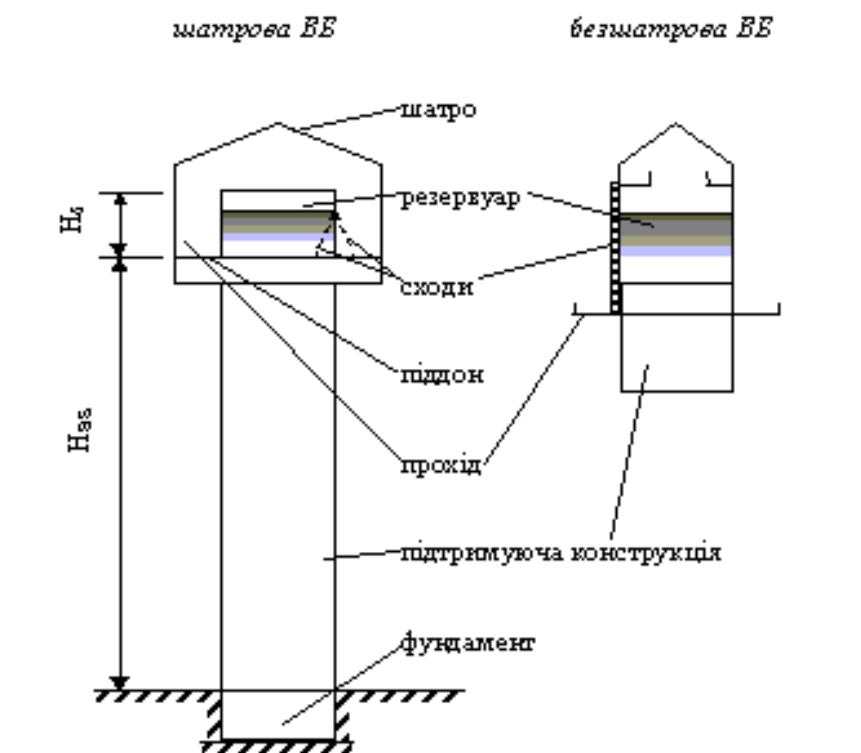


Рис. 2.22 – Конструктивні складові водонапірних башт

ВБ можуть бути:

- безшатрові;
- шатрові.

Шатро коло бака ВБ влаштовують для зручності нагляду за баком (резервуаром) під час його експлуатації та для попередження замерзання води у баці. У районах з низькими температурами можливе встановлення системи опалення. При відсутності опалення вода у баці не замерзає за рахунок її постійної циркуляції, а трубопроводи та арматуру необхідно утеплювати (розташовують їх у кожусі з заповненням простору між кожухом та трубою теплоізолюючим матеріалом (торфом, тирсою та ін.) та доглядають за тим, щоб матеріал був постійно сухим (догляд виконується через оглядові люки у кожусі)).

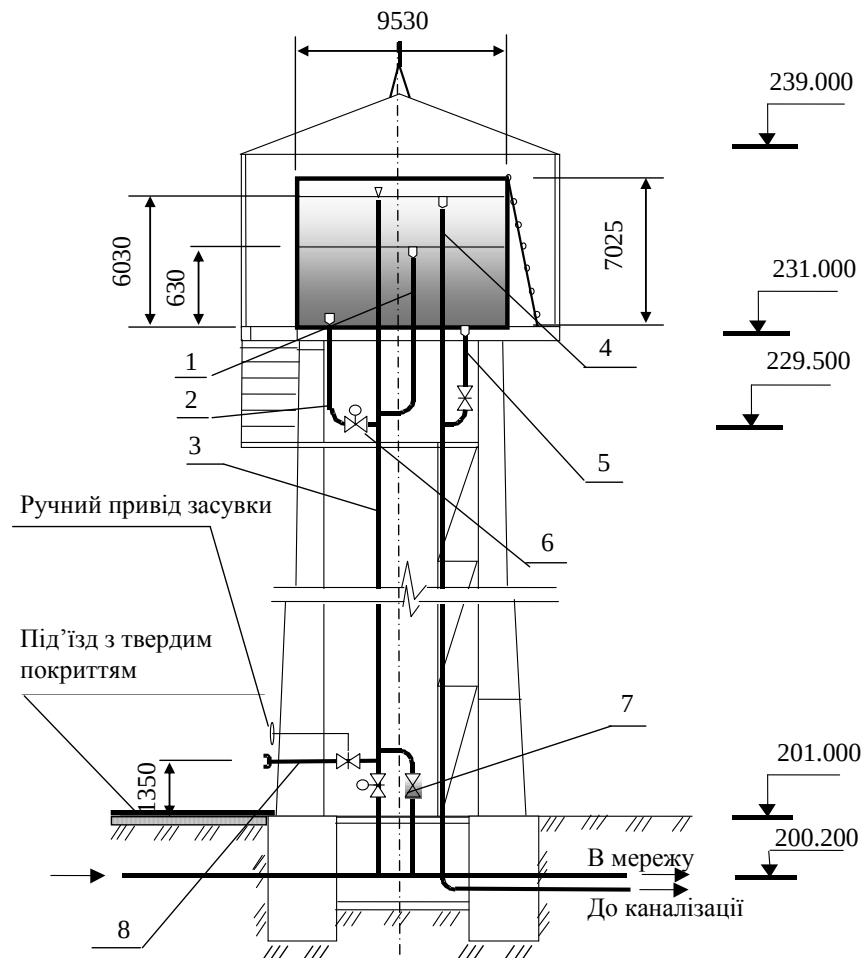
Навколо бака влаштовують проходи шириною не менше 0,7 м.

Для спуску у бак з метою його огляду влаштовують сходи.

Підтримуючі конструкції виконуються з різних матеріалів:

- залізобетонні (використовується найчастіше);
- металеві;
- цеглові;
- дерев'яні.

Подача води із водопровідної мережі до бака (рис.2.23) та відбір води із нього відбувається по подавально-відвідному трубопроводу. При цьому, по трубі подається тільки регулюючий запас води. Для забору НЗ застосовується трубопровід із електричною засувкою, яка відкривається одночасно із пуском пожежного насоса.



1 – трубопровід забору води на господарсько-питні потреби (регулюючий запас води);
2 – трубопровід забору води на пожежні потреби (недоторканий запас води); 3 – подавально-відвідний трубопровід; 4 – переливна труба; 5 – грязьова труба; 6 – електрозасувка;
7 – зворотній клапан; 8 – патрубки для приєднання пожежної техніки

Водонапірний бак має грязьову трубу, переливну трубу, які з'єднуються із каналізаційною мережею. Вимикає водонапірну башту при пожежі зворот-

ній клапан та електрична засувка, яка у звичайний час відкрита, а при надходженні сигналу про пожежу – зачиняється. Подача води до місця пожежі пересувними пожежними насосами від водонапірної башти може здійснюватися за допомогою патрубків для приєднання пожежної техніки, які обладнані засувкою з управлінням ззовні.

Завдання щодо збереження НЗ у водонапірній башті можна вирішити конструктивно (рис.2.23 – розміщення трубопроводів 1 та 2 на різних рівнях) або за допомогою системи автоматичного регулювання рівня води НЗ у баці.

Спорудження подавально-відвідного трубопроводу може здійснюватися за різними схемами (рис.2.24), вибір яких залежить від особливостей кліматичних умов розміщення башти, економічних та інших параметрів.

Спорудження переливного та грязьового трубопроводів здійснюється за схемою, наведеною на рис.2.25.

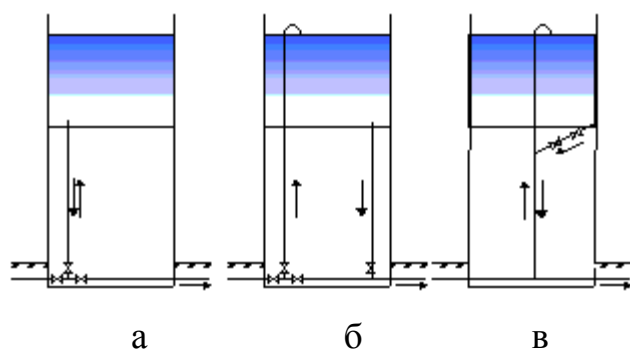


Рис.2.24 – Способи спорудження подавально-відвідного трубопроводу:

а) одним трубопроводом до низу бака; б) окремими трубопроводами (подавальний – до верху бака, відвідний – знизу бака); в) одним трубопроводом до верху бака з відгалуженням знизу бака відвідної частини

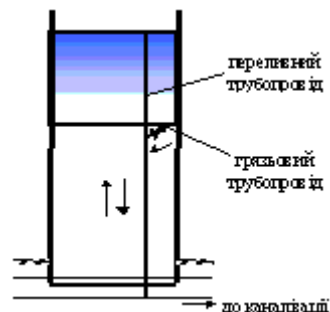


Рис. 2.25 – Спорудження переливного та грязьового трубопроводу

Розрахунок висоти водонапірної башти

Висоту водонапірної башти (рис.2.26) визначають:

$$H_{ВБ} = h_{м} + H_{в} + (z_{д.т.} - z_{ВБ}), \text{ м}, \quad (2.30)$$

де $h_{м}$ – втрати напору в мережі при її роботі до пожежі, м;

$H_{в} = 10 + 4 \cdot (n - 1)$ – вільний напір в диктуючій точці, м; n – поверховість будівель;

$z_{д.т.}$ – геодезична відмітка диктуючої точки, м;

$z_{ВБ}$ – геодезична відмітка встановлення водонапірної башти, м.

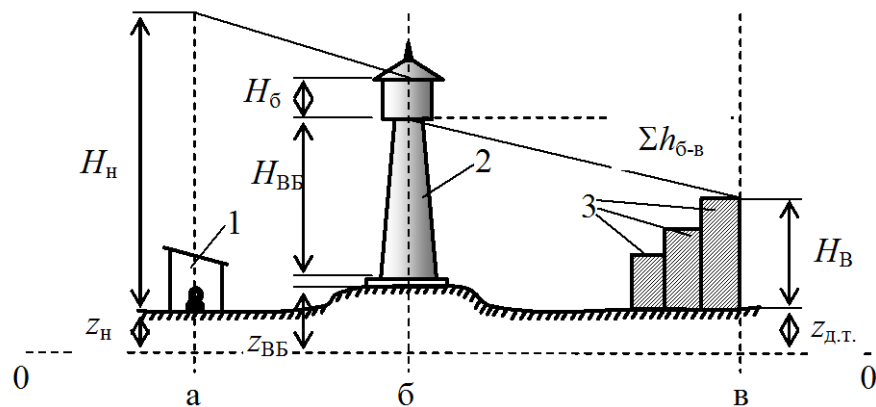


Рис. 2.26 – Визначення висоти водонапірної башти:

1 – насосна станція другого підйому; 2 – водонапірна башта; 3 – водоспоживачі

Вибір типової конструкції водонапірної башти

Типова конструкція башти вибирається по її висоті та об'єму бака за допомогою таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Характеристики водонапірних башт

Об'єм бака, м ³	Висота ствола башти, м	Тип башти
50	9; 12; 15; 18; 21; 24	Безшатрова башта з цегляним стволом та сталевим баком. Проект ЦНДІЕП.
50	15; 18	Уніфікована башта заводського виготовлення (системи Рожновського). Проект ДіпроНДІсільгосп.
50	12; 18	Безшатрова башта зі стволом зі збірної залізобетону та сталевим баком. Проект ДПІ Київпромбуд.
100	12; 15; 18; 21; 24	Безшатрова башта з цегляним стволом та сталевим баком. Проект ЦНДІЕП.
100	24	Шатрова башта зі стволом зі збірної залізобетону та сталевим баком. Проект ДПІ Київпромбуд.
200	12; 15; 18; 21; 24	Безшатрова башта з цегляним стволом та сталевим баком. Проект ЦНДІЕП.
200	24; 30	Шатрова башта зі стволом зі збірної залізобетону та сталевим баком. Проект ДПІ Київпромбуд.
500	15; 18; 21; 24; 30; 36	Безшатрова башта з цегляним стволом та сталевим баком. Проект ЦНДІЕП.
500	30; 36	Безшатрова башта зі стволом зі збірної залізобетону та сталевим баком. Проект ДПІ Київпромбуд.
500	21; 24; 30; 36; 42	Шатрова залізобетонна башта зі сталевим баком. Проект ЦНДІЕП.
800	18; 21; 24; 30; 36	Безшатрова башта з цегляним стволом та сталевим баком. Проект ЦНДІЕП.
800	21; 24; 30; 36; 42	Шатрова залізобетонна башта зі сталевим баком. Проект ЦНДІЕП.
1000	18; 21; 24; 30; 36	Безшатрова башта з цегляним стволом та сталевим баком. Проект ЦНДІЕП.
1000	21; 24; 30; 36; 42	Шатрова залізобетонна башта зі сталевим баком. Проект ЦНДІЕП.

Знаючи об'єм типового бака водонапірної башти, визначають його діаметр:

$$D_{\text{БВБ}} = 1,2 \sqrt[3]{W_{\text{БВБ}}^{\text{типовий}}}, \text{ м}, \quad (2.31)$$

де $W_{\text{БВБ}}^{\text{типовий}}$ – об'єм бака типової водонапірної башти, м³.

Знаючи діаметр типового бака, визначають його висоту:

$$H_{\text{БВБ}} = \frac{4W_{\text{БВБ}}^{\text{типовий}}}{\pi(D_{\text{БВБ}})^2}, \text{ м}. \quad (2.32)$$

2.5.3. Насосні станції

Насосні станції (НС) у мережах водопостачання – це складний комплекс механічного обладнання, трубопроводів, енергетичного обладнання, склад яких змінюється у залежності від їх призначення.

Різноманітність джерел водопостачання, технологічних вимог та експлуатації насосних станцій визначає специфіку їхнього призначення.

Класифікація насосних станцій

За призначенням НС поділяються на:

- насосні станції першого підйому (НС-I),
- насосні станції другого підйому (НС-II),
- підвищуючі,
- циркуляційні.

НС-I подають воду від джерела водопостачання до очисних споруд, а у тому випадку, коли очистка не потрібна, безпосередньо до резервуарів чистої води (РЧВ), водонапірної башти, розподільчої водопровідної мережі або інших споруд, в залежності від схеми водопостачання.

НС-I можуть бути об'єднаними з водоприймальними спорудами або влаштовуватися окремими будівлями. Найчастіше їх розташовують нижче рівня землі, щоб не перевищувати максимальної висоти всмоктування насосів.

Для зручності розміщення обладнання та трубопроводів НС-I будуються у формі прямокутника. На НС-I доцільно влаштовувати не менше 2-х робочих насосів. Кількість резервних насосів визначається категорією надійності насосної станції згідно з [4], п. 11.3.

Якщо у схемі водопостачання відсутні очисні споруди, продуктивність роботи НС-I розраховують на повні витрати води на пожежогашіння, максимальні витрати води на господарсько-питні та виробничі потреби. При цьому не враховують витрати води на полив території, миття підлоги та виробничого обладнання.

НС-II призначені для подачі води від РЧВ по водоводах та водопровідних мережах до споживачів. Іноді НС-II блокують із очисними спорудами.

Підвищуючі насосні станції (ПНС) призначені для подачі води під підвищеним тиском до місцевої водопровідної мережі. При цьому вода із однієї мережі під збільшеним тиском подається до іншої (міста, району, окремої будівлі). Крім того, ПНС влаштовують у будівлях підвищеної поверховості для збільшення тиску води у системі водопостачання.

Циркуляційні НС використовують у зворотних системах водопостачання виробничих об'єктів (при цьому частина насосів подає воду на виробничі потреби, а інші – відпрацьовану воду до очисних споруд або на охолодження) або в системах гарячого водопостачання.

За розміщенням відносно рівня землі НС поділяють на:

- наземні;
- заглиблені;
- шахтного типу.

Найбільш надійні насосні станції при їх влаштуванні на нульовій відмітці.

За розміщенням насосів НС поділяють на:

- з вертикальним розташуванням обладнання;
- з горизонтальним розташуванням обладнання.

За рівнем використання систем автоматичного управління насосними станціями:

- часткове автоматичне управління роботою насосних станцій;
- повне автоматичне управління роботою насосних станцій.

За тиском насосні станції можуть бути двох типів:

- запроектовані за принципом низького тиску;
- запроектовані за принципом високого тиску.

За надійністю роботи НС поділяються на три категорії ([4], п. 8.4) відповідно до категорії надійності системи водопостачання.

Конструкція та експлуатація насосних станцій

В НС, що подають воду до об'єднаних водопроводів низького тиску, влаштовують групу насосів, які забезпечують подачу води на усі потреби, у тому числі і протипожежні. Однак, якщо вони не забезпечують розрахункового тиску, необхідного для гасіння пожежі, додатково використовують пожежні насоси (рис.2.27).

На НС, що подають воду до об'єднаних водопроводів низького тиску, коли підвищується тиск у мережі на час гасіння пожеж, влаштовують групу господарсько-питних (виробничих) насосів та спеціальну групу пожежних насосів.

Будівлі НС споруджують із залізобетону, бетону, цегли. Насоси та трубопроводи розміщують таким чином, щоб забезпечити надійність їх роботи, зручність обслуговування та монтажу, безпеку обслуговуючого персоналу.

Всмоктуючі трубопроводи мусять бути максимально герметичними, кількістю не менше двох (для забезпечення надійної роботи насосної станції). На початку всмоктування влаштовують зворотний клапан, а наприкінці – вакуумметр. При виключенні однієї лінії всмоктування, інші повинні пропуска-

ти повні витрати води для I та II категорії надійності НС та 70% розрахункових витрат для III категорії надійності.

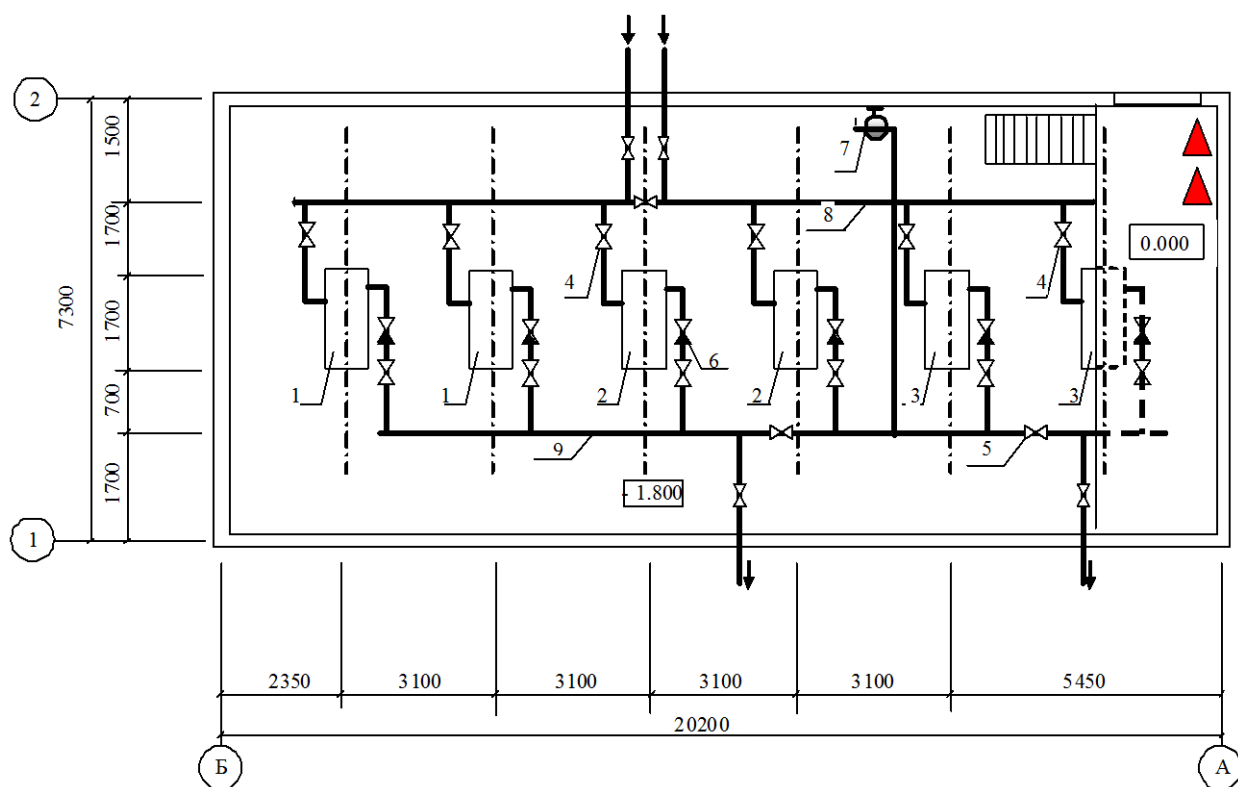


Рис.2.27 – Схема насосної станції:

1, 2, 3 – насоси; 4, 5 – засувки; 6 – зворотні клапани; 7 – пожежний кран; 8 – подавальний трубопровід (всмоктуючий); 9 – відвідний трубопровід (напірний)

Насоси встановлюють “під залив”.

Якщо відцентрові насоси приєднані до міської водопровідної мережі, то вони постійно знаходяться під тиском.

Підбір насосів здійснюють за характеристиками із урахуванням різноманітних режимів водоспоживання. За відомих розрахункових витрат води, тиску, висоти всмоктування за характеристиками, зазначеними у таблиці 2.14, обирають марку насоса із урахуванням ККД, швидкості обертів вала насоса та можливості паралельної роботи декількох насосів.

Якщо у насосній станції встановлена група пожежних насосів, то необхідно забезпечити надійність їх роботи. Для цього необхідно, щоб насоси знаходилися нижче рівня води у резервуарах, що значно спрощує автоматичний пуск насосних агрегатів.

При автоматичному управлінні насосною станцією одночасно із поданням команди на вмикання пожежного насоса повинно автоматично зніматися блокування, що не дозволяє витрачати НЗ з резервуарів.

У водопроводах високого тиску одночасно із поданням команди на вмикання пожежних насосів повинні автоматично вмикатися усі насоси іншого призначення та зачинятися засувки на трубопроводі, який подає воду до бака водонапірної башти, резервуарів або баків гідропневматичних установок.

Таблиця 2.14 – Характеристики насосів

Марка насоса	Напір насоса, м	Подача (витрата) насоса, м ³ /год
Відцентрові насоси консольного типу		
K8/18	18	8
K20	18	20
K90/20	20	90
K20/30	30	20
K45/30	30	45
K-80-50-200	50	50
K-100-65-200	50	100
K-100-65-250	80	100
Відцентрові насоси консольного типу КМ		
КМ 50-32-125	20	12,5
КМ 65-50-160	32	25
КМ 100-80-160	32	100
КМ 80-50-200	50	50
КМ 100-65-200	50	100
Відцентрово-вихрові насоси		
ЦВК 4/85	85	14,4
ЦВК 5/120	120	18
ЦВК 6,3/160	160	22,7
Відцентрові насоси типу Д		
Д200-95	23	100
Д200-36	36	200
Д320-50	50	320
Д800-57	57	800
Д500-65	65	500
Д1250-65	65	1250
Д320-70	70	320
Д630-90	90	630

Згідно [4], п. 11.3 для безперервної подачі води на пожежогашіння у НС-II, окрім основних насосів, повинні бути встановлені резервні насоси, які мають подачу та тиск, не менші ніж у найбільш потужних основних насосів. Кількість резервних насосів визначається у залежності від категорії надійності НС (таблиця 2.15).

Таблиця 2.15 – Визначення кількості резервних насосів

Кількість робочих агрегатів однієї групи	Кількість резервних агрегатів у насосних станціях залежно від їх категорії		
	I	II	III
До 6 включ.	2	1	1
Від 6 до 9 включ.	2	1	—
Понад 9	2	2	—

Установка пожежних насосів без резервних агрегатів дозволяється у населених пунктах із витратами води на зовнішнє пожежогасіння до 20 л/с та на виробничих об'єктах із категорією за вибухопожежною та пожежною небезпекою Г та Д із виробничими будівлями І та ІІ ступенів вогнестійкості.

Сучасні насосні станції управляються за допомогою засобів автоматизованого контролю та управління технологічними та електричними параметрами НС (автоматичний контроль рівня води, тиску, напруги та інше). При цьому широко використовують мікропроцесорну техніку.

Для забезпечення безперервного енергопостачання на трансформаторних підстанціях насосних станцій установлюють резервні трансформатори, які, в разі потреби, на 100% замінюють існуючі.

Якщо для приведення в дію насосів використовують двигуни внутрішнього згоряння, то в НС додатково установлюють ємності з водою для двигунів на бензині – об'ємом до 250 л, на дизельному паливі – до 500 л. При цьому приміщення відокремлюються від машинного залу негорючими конструкціями з межею вогнестійкості не менше ніж дві години.

Приміщення насосних станцій повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння: пожежними кранами та вогнегасниками. Якщо насосна станція обладнана низьковольтними пристроями, то в ній повинні зберігатися два ручних пінних вогнегасники, а при двигунах внутрішнього згоряння потужністю до $2,2 \cdot 10^2$ кВт – чотири вогнегасники. У НС при обладнанні високовольтними пристроями або двигунами внутрішнього згоряння більш ніж $2,2 \cdot 10^2$ кВт необхідні додатково два вуглекислотних вогнегасники, бочку із водою ємністю не менше 250 л, азбестове полотно або кошму розміром 2х2 м.

Насосні станції для підвищення тиску у мережі аналогічні за характеристиками НС-ІІ.

Забезпечення надійності насосних станцій

Основною метою при експлуатації насосних станцій є забезпечення їх надійності у розрахункових умовах.

Одним з методів забезпечення надійності НС є резервування. Методи резервування – ***структурний, навантажений, функціональний, часовий.***

Структурний метод резервування передбачає використання на станції надлишкових елементів. Наприклад, резервних насосів, трубопроводів, запірно-регулюючої апаратури. Основним показником структурного резервування є кратність m :

$$m = \frac{k - n}{n},$$

де k – загальна кількість насосів або інших елементів однакового призначення;

n – кількість робочих елементів.

Відрізняють три типи структурного резервування: *навантажений, ненавантажений, полегшений*.

Навантажений режим характерний для запірно-регулюючої апаратури, всмоктуючих та напірних трубопроводів, коли резервні елементи працюють одночасно із основними. Для насосів використовують **ненавантажений** режим, тобто резервні насоси не працюють до аварії основних агрегатів.

Для станції з *нерівномірним режимом роботи резервні насоси працюють у полегшеному режимі*, порівняно з основними, тобто маємо **полегшений** режим резервування.

Навантажений режим резервування використовує спроможність насосів та інших елементів станції збільшити постачання води при вмиканні частини з них. Такий метод використовують для насосів, напірних та всмоктуючих трубопроводів. За наявності навантаженого резерву загальна кратність резерву перевищує кратність структурного резервування.

Функціональний метод резервування використовує спроможність замінити обладнання різного призначення. Наприклад, при проектуванні господарсько-питних, пожежних та інших насосів враховується можливість виконання ними додаткових функцій: дублювання один одного, створення тиску при аварії водопровідних мереж та інше.

Часовий резерв – використання резерву протягом доби роботи насосної станції. Такий резерв може створюватися, наприклад, шляхом використання насосів із подачею, яка перевищує добову. Цей метод застосовують у схемах водопостачання з регулюючими ємностями.

Підвищення надійності роботи НС потребує збільшення затрат на будівництво та експлуатацію, тому кратність резерву обґрунтовують техніко-економічними розрахунками.

Таким чином, можна сформулювати основні вимоги забезпечення надійності насосних станцій.

1) Установка резервних насосів.

При цьому треба мати на увазі:

- а) до робочих агрегатів на НС-II низького тиску додають пожежні насоси;
- б) при розміщенні тільки пожежних насосів або для об'єднаних проти-пожежних водопроводів високого тиску необхідно мати резервні насоси;
- в) установка пожежних насосів без резервних дозволяється для населених пунктів з витратами води на зовнішнє пожежогасіння до 20 л/с і виробничих об'єктів із категорією пожежної небезпеки Г та Д, I та II ступеня вогнестійкості виробничих будівель зі стінами, що не згорають.

2) Пожежні насоси повинні бути забезпечені енергоживленням від двох незалежних джерел, а у разі наявності одного джерела у населених пунктах із кількістю мешканців до 5000 осіб дозволяється установка резервного пожежного насоса з двигуном внутрішнього згорання.

3) Кількість всмоктуючих та напірних труб на насосній станції I та II категорії надійності повинна бути не менше двох; при вимиканні однієї всмоктуючої лінії інші розраховують на пропуск повних розрахункових витрат для I категорії надійності та 70% розрахункових витрат для III категорії надійності.

Будування однієї всмоктувальної мережі дозволяється для III категорії надійності та пожежних насосних станцій при розміщенні одного робочого пожежного насоса.

При розміщенні у насосних станціях I та II категорії надійності спеціальних пожежних насосів (на насосних станціях високого тиску) ці насоси повинні мати окремі всмоктуючі лінії.

4) Трубопроводи у насосних станціях повинні бути сталевими.

5) Для вибору діаметрів труб та арматури слід керуватися швидкістю руху води у трубах (табл.2.16).

Таблиця 2.16 – Швидкість руху води в трубопроводах насосних станцій

Діаметри труб, мм	Швидкість руху води в трубопроводах насосних станцій, м/с	
	всмоктувальні	напірні
до 250	0,6 – 1,0	0,8 – 2
від 300 до 800	0,8 – 1,5	1 – 3
більше 800	1,2 – 2	1,5 – 4

6) Напірна лінія кожного насоса мусить бути обладнана запірною арматурою та зворотними клапанами, що встановлюються між нею та насосом. На всмоктуючій лінії запірну арматуру слід розміщувати біля насосів або у місці приєднання насосів до загальної всмоктуючої лінії. Запірна арматура діаметром більше 400 мм, а також запірна арматура усіх діаметрів при автоматичному керуванні має відповідний привід.

Розміщення запірної арматури на напірних та всмоктуючих лініях повинне забезпечити можливість заміни або ремонту кожного із насосів, зворотних клапанів, а також основної запірної арматури із забезпеченням безперервного водопостачання:

- на пожежогасіння – повністю;
- на господарсько-питні потреби – 70% розрахункових витрат для НС I та II категорії надійності;
- на виробничі потреби – за аварійним графіком.

Розрахунок насосної станції першого підйому

Насосна станція першого підйому працює в рівномірному режимі та подає воду від джерела водопостачання через очисні споруди до резервуарів чистої води. При цьому за добу насоси повинні подати 100% води ($Q_{\text{розр.}}$). Тобто кожен час насоси подають $100/24 \approx 4,17\%$. ***Режим роботи НС-I під час пожежі не змінюється.***

Для вибору насосів необхідно знати їх розрахункові параметри: розрахункову витрату води $Q_{\text{НС-I}}$ та розрахунковий напір $H_{\text{НС-I}}$.

Розрахункові витрати для насосів насосної станції першого підйому визначаються:

$$Q_{\text{НС-I}} = \frac{4,17Q_{\text{розр}}}{100}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.33)$$

де 4,17 – щогодинна подача води насосами, %.

Напір насосів насосної станції першого підйому повинен забезпечити подачу води по водоводах від НС-I до НС-II. Тобто під час розрахунку враховуються тільки втрати напору в водоводах та різниця відміток встановлення НС-I та НС-II:

$$H_{\text{НС-I}} = h_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}} + (z_{\text{НС-II}} - z_{\text{НС-I}}), \text{ м}, \quad (2.34)$$

де $h_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}}$ – втрати напору в водоводах, що з'єднують насосні станції, м;

$z_{\text{НС-I}}$ – геодезична відмітка встановлення насосної станції першого підйому, м;

$z_{\text{НС-II}}$ – геодезична відмітка встановлення насосної станції другого підйому, м.

Кількість ліній водоводів необхідно приймати з урахуванням категорії системи водопостачання. Бажано прокладати водоводи в дві лінії, при цьому кожна розраховується на пропуск 70% розрахункової кількості води. Втрати напору в водоводах визначаються:

$$h_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}} = A \cdot l_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}} \left(q_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}} \right)^2, \text{ м}, \quad (2.35)$$

де A – питомий опір труб водоводу (додаток 19), приймається в залежності

від діаметра труб водоводу $d_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}} = \sqrt{\frac{4q_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}}}{1000\pi v}}, \text{ м};$

$$q_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}} = 0,7Q_{\text{НС-I}} \frac{1000}{3600} - \text{витрати води водоводу, л/с};$$

$l_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}}$ – довжина водоводу між насосними станціями (за генеральним планом), м;

v – швидкість руху води в трубах водоводів, приймається в інтервалі 0,7–1,2 м/с.

Насоси насосних станцій підключаються між собою за паралельною схемою. Кожен з насосів повинен створювати розрахунковий напір, а загальна подача насосів приймається як сума подачі кожного. Параметри типових насосів надані у таблиці 2.14.

Кількість резервних насосів визначається залежно від кількості робочих за таблицею 2.15 (табл. 33 [4]).

Для зручності пропонується результати визначення марки та кількості насосів для насосної станції зводити до таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Вибір насосів насосної станції першого підйому

Група насосів	Розрахункові параметри насосів		Прийняті насоси та їх параметри			Кількість
	Витрати, м ³ /год	Напір, м	Марка насоса	Витрати, м ³ /год	Напір, м	
1	2	3	4	5	6	7

До таблиці 2.17 колонки 1 заносяться всі групи насосів:

- робочі;
- резервні.

Колонки 2 та 3 для робочої групи насосів заповнюються за результатами розрахунків. Для резервної групи насосів колонки 2 та 3 не заповнюються.

Колонки 4, 5 та 6 заповнюються за допомогою таблиць 2.14 та 2.15. При цьому необхідно враховувати, що насоси працюють паралельно, тобто вибір насосів здійснюється за необхідним напором, а подача необхідної кількості води забезпечується встановленням в насосній станції декількох насосів.

До колонки 7 заносять необхідну кількість насосів кожної групи, що зможе забезпечити необхідну подачу води.

Розрахунок насосної станції другого підйому

Насосна станція другого підйому до пожежі подає воду до водонапірної башти, а під час гасіння пожежі – до диктуючої точки.

Насосні станції другого підйому, як правило, працюють в ступеневому режимі, тобто насоси однієї групи подають воду цілодобово, а в години, коли потрібно збільшити кількість води, що подається в мережу, включаються до роботи насоси іншого ступеня. Водоспоживання у системах водопостачання дуже нерівномірне, тому, якщо прийняти режим включення насосів у відповідності до режиму водоспоживання, то знадобиться дуже часто вмикати та вимикати насосні агрегати, що ускладнить експлуатацію насосної станції та швидко виведе з ладу її обладнання. Бажано прийняти роботу станції ***двоступеневу***.

Режим роботи насосної станції другого підйому приймають із умови максимального наближення до графіка водоспоживання (рис. 2.13).

Насосна станція другого підйому працює наступним чином:

- до пожежі насоси подають воду до водонапірної башти в кількості, необхідній всім водоспоживачам населеного пункту та виробничого підприємства;
- при пожежі насоси подають воду безпосередньо в мережу, в обхід водонапірної башти, в кількості, необхідній всім водоспоживачам населеного пункту, виробничого підприємства та на потреби пожежогасіння.

Подача насосами та тривалість роботи кожного ступеня залежить від графіка водоспоживання. При цьому необхідно досягти того, щоб ***графік по-***

дачі води насосами максимально наближався до графіка водоспоживання (щоб регулюючий об'єм та відповідно вартість водонапірної башти були мінімальними). При цьому необхідно виконання умови, що сумарний час роботи насосів повинен складати 24 години, а сумарна кількість води, що подається насосами насосної станції за цей час повинна бути 100 %.

Наприклад, за даними, наведеними на рис. 2.15 будується графік роботи насосної станції другого підйому (рис. 2.28), на якому по осі абсцис відкладаються години доби (від 0 до 24 годин), а по осі ординат – P_i – відсоток подачі води насосами. Графік будується сумісно з графіком добового водоспоживання. Робота насосної станції другого підйому приймається триступеневою. Для забезпечення подачі насосною станцією протягом доби ста відсотків добових розрахункових витрат води пропонується прийняти:

- насоси першого ступеня подаватимуть 1 % від добових розрахункових витрат води протягом 4 годин;
- насоси другого ступеня забезпечать подачу води в години, в які водоспоживання збільшується, тобто протягом 17 годин по 4,32 % від добових розрахункових витрат води;
- насоси третього ступеня забезпечать подачу максимальної кількості води, тобто протягом 3 годин подаватимуть по 7,5 % від добових розрахункових витрат.

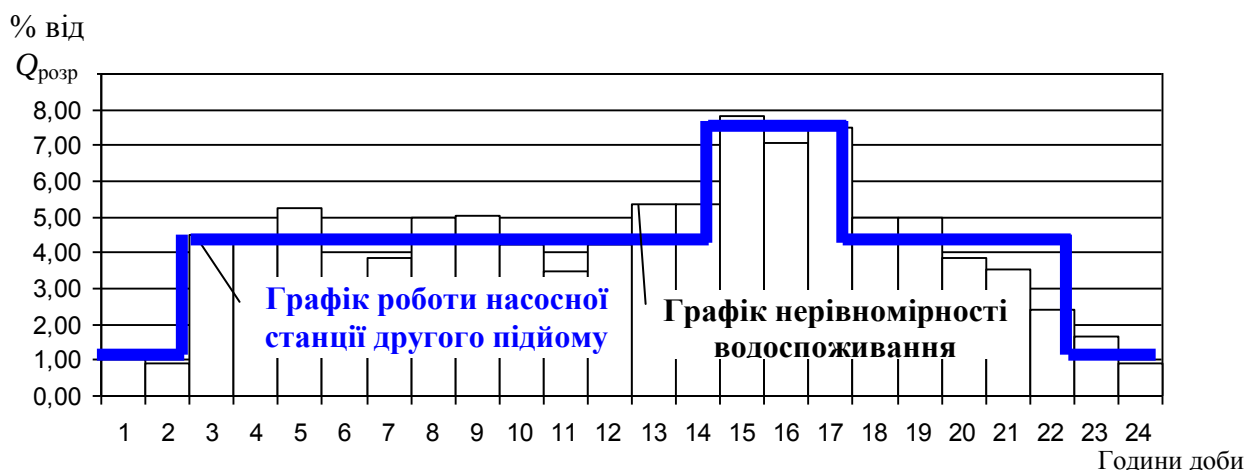


Рис. 2.28 – Графіки нерівномірності водоспоживання та режиму роботи насосної станції другого підйому

До пожежі розрахунковий напір насосів для насосної станції другого підйому визначається:

$$H_{\text{НС-II}} = H_{\text{ВБ}} + H_{\text{бВБ}} + h^{\text{НС-II-ВБ}} + (z_{\text{ВБ}} - z_{\text{НС-II}}), \text{ м}, \quad (2.36)$$

де $H_{\text{ВБ}}$ – висота водонапірної башти, що прийнята за типовим проектом (таблиця 2.13), м;

$H_{\text{бВБ}}$ – висота баку водонапірної башти, м;

$z_{\text{ВБ}}$ – геодезична відмітка встановлення водонапірної башти, м;

$z_{\text{НС-II}}$ – геодезична відмітка встановлення насосної станції другого підйому, м.

$h^{\text{НС-II-VB}}$ – втрати напору в частині мережі між НС-II та водонапірною баштою, м.

Втрати напору в частині мережі між НС-II та водонапірною баштою визначаються в залежності від місця розташування водонапірної башти. Якщо водонапірна башта встановлюється перед першим вузлом (або в першому вузлі) кільцевої магістральної водопровідної мережі, тоді втрати напору визначаються:

$$h^{\text{НС-II-VB}} = A \cdot l^{\text{НС-II-VB}} \left(q^{\text{НС-II-VB}} \right)^2, \text{ м}, \quad (2.37)$$

де A – питомий опір труб цієї частини мережі (додаток 19), приймається в

залежності від їх діаметра $d^{\text{НС-II-VB}} = \sqrt{\frac{4q^{\text{НС-II-VB}}}{1000\pi v}}, \text{ м};$

$q^{\text{НС-II-VB}} = 0,7Q_{\text{max}}^{\text{НС-II}} \cdot \frac{1000}{3600}$ – витрати води, л/с; $Q_{\text{max}}^{\text{НС-II}} = \frac{P_{\text{max}} Q_{\text{розр}}}{100}$ –

максимальна подача насосної станції другого підйому, м³/год; P_{max} – подача води насосами того ступеня, що подає максимальну кількість води в % від добової розрахункової витрати води $Q_{\text{розр}}$;

$l^{\text{НС-II-VB}}$ – довжина частини мережі між насосною станцією та водонапірною баштою, м;

v – швидкість руху води в трубах частини мережі між насосною станцією та водонапірною баштою, приймається в інтервалі 0,7–1,2 м/с.

Якщо водонапірна башта розташована в диктуючій точці (у разі, коли відмітки поверхні землі в диктуючій точці найбільші), тоді втрати напору в трубопроводах між НС-II та водонапірною баштою приймаються рівними втратам напору в мережі до пожежі.

При пожежі розрахунковий напір насосів для насосної станції другого підйому визначається:

$$H_{\text{НС-II}}^{\text{пож}} = h_{\text{м}}^{\text{пож}} + H_{\text{в}}^{\text{пож}} + (z_{\text{д.т.}} - z_{\text{НС-II}}), \text{ м}, \quad (2.38)$$

де $h_{\text{м}}^{\text{пож}}$ – втрати напору в водопровідній мережі при її роботі під час пожежі, м;

$H_{\text{в}}^{\text{пож}} = 10$ – вільний напір на пожежному гідранті, встановленому в диктуючій точці, м;

$z_{д.т.}$ – геодезична відмітка диктуючої точки, м.

Примітка. При розрахунку $H_{НС-II}$ необхідно враховувати, що його значення залежить від $h^{НС-II-ВБ}$. При одержанні $H_{НС-II} \geq 100$ м, необхідно збільшити $d^{НС-II-ВБ}$, що зменшить $h^{НС-II-ВБ}$, та відповідно $H_{НС-II}$.

Визначається **тип насосної станції другого підйому**:

– при $H_{НС-II} \geq H_{НС-II}^{пож}$ – насосна станція проектується за принципом **низького тиску**, тобто до пожежі насосна станція забезпечує подачу води на потреби всіх водоспоживачів при звичайному режимі роботи (до пожежі) з необхідним при цьому тиском, а під час пожежі в насосній станції додатково включаються пожежні насоси, які забезпечують подачу лише пожежних витрат води з тиском звичайного режиму роботи;

– при $H_{НС-II} < H_{НС-II}^{пож}$ – насосна станція проектується за принципом **високого тиску**, тобто до пожежі насосна станція забезпечує подачу води на потреби всіх водоспоживачів при звичайному режимі роботи (до пожежі) з необхідним при цьому тиском, а під час пожежі в насосній станції всі насоси звичайного режиму відключаються, а замість них в роботу включаються пожежні насоси, які забезпечують подачу пожежних витрат води та всіх витрат звичайного режиму з тиском, який необхідний при пожежі.

Розрахункові витрати насосів насосної станції другого підйому визначаються для двох режимів роботи мережі **до пожежі**:

– для першого ступеня витрати води визначаються за формулою:

$$Q_{НС-II_1} = \frac{P_{\min} Q_{розр}}{100}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.39)$$

де $P_{\min}$ – подача води насосами першого ступеня, які працюють цілодобово, % від $Q_{розр}$ розрахункової добової витрати води;

– для другого ступеня витрати води визначаються за формулою:

$$Q_{НС-II_2} = \frac{(P_{\max} - P_{\min}) Q_{розр}}{100}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.40)$$

де $P_{\max}$ – подача води другого ступеня насосної станції, що забезпечує подачу води у години максимального водоспоживання, % від $Q_{розр}$ розрахункової добової витрати води.

Примітка: якщо насосна станція працює в **триступеновому режимі**, тоді:

– для другого ступеня витрати води визначаються за формулою:

$$Q_{\text{НС-II}_2} = \frac{(P_{\text{сер}} - P_{\text{min}}) Q_{\text{розр}}}{100}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де $P_{\text{сер}}$ – подача води другого ступеня насосної станції;

– для третього ступеня витрати води визначаються за формулою:

$$Q_{\text{НС-II}_3} = \frac{(P_{\text{max}} - P_{\text{сер}}) Q_{\text{розр}}}{100}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де P_{max} – подача води третього ступеня насосної станції, що забезпечує подачу води у години максимального водоспоживання.

При пожежі витрати води визначаються в залежності від того, якого типу проектується насосна станція – низького або високого тиску.

Для насосних станцій **низького тиску** витрати визначаються:

$$Q_{\text{НС-II}}^{\text{пож}} = Q_{\text{пож}} \frac{3600}{1000}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.41)$$

де $Q_{\text{пож}}$ – пожежні витрати води, л/с.

Для насосних станцій **високого тиску** витрати визначаються:

$$Q_{\text{НС-II}}^{\text{пож}} = \frac{P_{\text{max}} Q_{\text{розр}}}{100} + Q_{\text{пож}} \frac{3600}{1000}, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (2.42)$$

Кількість резервних насосів, що встановлюються в насосній станції, визначається за таблицею 2.15.

Прийняті насоси, їх характеристики та кількість заносяться до таблиці (однакова форма з таблицею 2.17), але при цьому необхідно звернути увагу на наступне.

До колонки 1 (табл. 2.17) в окремі рядки заносяться:

– робочі насоси:

– господарсько-питні насоси першого ступеня;

– господарсько-питні насоси другого ступеня,

– господарсько-питні насоси третього ступеня (якщо насосна станція працює в триступеневому режимі),

– пожежні насоси,

– резервні насоси.

Колонки 2 та 3 для робочої групи насосів заповнюються за результатами розрахунків. Для резервної групи насосів колонки 2 та 3 не заповнюються.

Колонки 4, 5 та 6 заповнюються за допомогою таблиць 2.14 та 2.15. При цьому необхідно враховувати, що насоси працюють паралельно, тобто підбір насосів здійснюється за необхідним напором, а подача необхідної кількості води забезпечується встановленням в насосній станції декількох насосів.

До колонки 7 заносять необхідну кількість насосів кожної групи, що зможе забезпечити необхідну подачу води.

2.5.4. Методика розв'язання основних типів задач

Задача 1. Запроектувати резервуари чистої води для населеного пункту та виробничого об'єкта в ньому, які розташовані між насосними станціями першого та другого підйому.

Розв'язання. Методика розрахунку та вибору типових резервуарів чистої води наведена в розділі 2.5.1.

Приклад. Запроектувати резервуари чистої води для населеного пункту та виробничого об'єкта в ньому, які розташовані між насосними станціями першого та другого підйому. Як вихідні дані використати вихідні дані та результати розрахунку задачі 1 (режим водоспоживання) та 2 розділу 2.3 (витрати на пожежогасіння).

Розв'язання

1. Визначається режим роботи НС-II, яка забезпечує забір води з РЧВ. Графік роботи НС-II приймається триступеневим (рис.2.28), при цьому насоси першого ступеня забезпечують подачу води в кількості 1 % від добового водоспоживання протягом 4-х годин доби, другий ступінь - протягом 17-ти годин забезпечує подачу кожної години 4,32 % добового водоспоживання, а третій ступінь – 7,5 % протягом 3-х годин, тобто:

перший ступінь – 1 % × 4 год = 4 %;

другий ступінь – 4,32 % × 17 год = 73,5 %;

третій ступінь – 7,5 % × 3 год = 22,5 %

Всього – 24 год; 100 %

2. Визначається регулюючий об'єм РЧВ табличним способом (таблиця 2.11).

За результатами колонки 6 визначаються найбільші позитивне та негативне число і розраховується коефіцієнт

$$\hat{E} = (\max "+") + (|\max "-" |) = 6,32 + |-6,34| = 12,66\%.$$

Тоді регулюючий об'єм резервуарів визначається (2.27):

$$W_{\text{per}} = \frac{12,66 \cdot 6063,1}{100} = 767,59 \text{ м}^3,$$

де $Q_{\text{розр}} = 6063,1 \text{ м}^3/\text{доб}$ – розрахункові витрати води за добу максимального водоспоживання (за результатами розрахунку задачі 1 розділу 2.3).

Визначення регулюючого об'єму резервуарів чистої води табличним способом

Години доби	Режим роботи НС-I, %	Режим роботи НС-II, %	Подача до РЧВ, %	Забір з РЧВ, %	Залишок у РЧВ, %
1	2	3	4	5	6
0–1	4,16	1	3,16		3,16
1–2	4,16	1	3,16		6,32
2–3	4,16	4,32		-0,16	6,16
3–4	4,16	4,32		-0,16	5,99
4–5	4,16	4,32		-0,16	5,83
5–6	4,16	4,32		-0,16	5,67
6–7	4,16	4,32		-0,16	5,50
7–8	4,16	4,32		-0,16	5,34
8–9	4,17	4,32		-0,15	5,18
9–10	4,17	4,32		-0,15	5,03
10–11	4,17	4,32		-0,15	4,88
11–12	4,17	4,32		-0,15	4,72
12–13	4,17	4,32		-0,15	4,57
13–14	4,17	4,32		-0,15	4,42
14–15	4,17	7,5		-3,33	1,09
15–16	4,17	7,5		-3,33	-2,24
16–17	4,17	7,5		-3,33	-5,57
17–18	4,17	4,32		-0,15	-5,73
18–19	4,17	4,32		-0,15	-5,88
19–20	4,17	4,32		-0,15	-6,03
20–21	4,17	4,32		-0,15	-6,19
21–22	4,17	4,32		-0,15	-6,34
22–23	4,17	1	3,17		-3,17
23–24	4,17	1	3,17		0,00
Всього	100	100	–	–	–

3. Недоторканий запас води в резервуарах (2.29) складає:

$$W_{\text{НЗ}} = 756 + 1422,06 = 2178,06 \text{ м}^3,$$

де $W_{\text{НПЗ}} = \frac{70 \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 756 \text{ м}^3$ – запас води, необхідний на $\tau = 3$ години гасіння пожежі; $Q_{\text{пож}} = 70 \text{ л/с}$ – витрата води на пожежогасіння (за результатами розрахунку задачі 2 розділу 2.3);

$W_{\text{НЗГ-П}} = (474,02 - 0) \cdot 3 = 1422,06 \text{ м}^3$ – запас води, що необхідний на потреби населеного пункту та виробничого підприємства за годину максимального водоспоживання (без урахування витрат води на прийняття душу пра-

цівниками на підприємстві) протягом $\tau = 3$ години (за результатами таблиці задачі 1 розділу 2.3).

4. Загальний об'єм резервуарів чистої води складає (2.26):

$$W_{PЧВ} = 2178,06 + 767,59 = 2945,65 \text{ м}^3.$$

5. Приймається два типових залізобетонних РЧВ (таблиця 2.12) – проект Союзводоканалпроект, розмірами кожного:

- об'єм – 1500 м^3 ;
- довжина – 18 м;
- ширина – 18 м;
- глибина – 4,84 м.

Відповідь: для населеного пункту та виробничого об'єкта в ньому необхідно запроектувати два типових залізобетонних РЧВ (проект Союзводоканалпроект), за розмірами кожного: об'єм – 1500 м^3 ; довжина – 18 м; ширина – 18 м; глибина – 4,84 м.

Задача 2. Запроектувати водонапірну башту для населеного пункту та виробничого об'єкта в ньому, яка розташована між насосною станцією другого підйому та водоспоживачами в першому вузлі водопровідної мережі.

Розв'язання. Методика розрахунку та вибору типової водонапірної башти наведена в розділі 2.5.2.

Приклад. Запроектувати водонапірну башту для населеного пункту та виробничого об'єкта в ньому, яка розташована між насосною станцією другого підйому та водоспоживачами в першому вузлі водопровідної мережі (рис.2.9). За вихідні дані використати вихідні дані та результати розрахунку задачі 1 розділу 2.5 (режим роботи НС-II), задачі 1 (режим водоспоживання) та 2 (витрати води на пожежогасіння) розділу 2.3, задачі 2 розділу 2.4.4 (втрати напору в мережі при режимі її роботи до пожежі).

Розв'язання

1. Визначення регулюючого об'єму бака водонапірної башти проводиться табличним способом (таблиця 2.11).

Визначення регулюючого об'єму водонапірної башти табличним способом

Години доби	Режим роботи НС-II, %	Режим водоспоживання, %	Подача до ВБ, %	Забір з ВБ, %	Залишок у ВБ, %
1	2	3	4	5	6
0–1	1,00	1,00	0,00		0,00
1–2	1,00	0,93	0,07		0,07
2–3	4,32	4,51		-0,19	-0,12
3–4	4,32	4,51		-0,19	-0,30
4–5	4,32	5,25		-0,93	-1,23
5–6	4,32	2,41	1,91		0,68
6–7	4,32	3,88	0,44		1,13
7–8	4,32	4,98		-0,66	0,47

1	2	3	4	5	6
8–9	4,32	5,05		-0,73	-0,25
9–10	4,32	4,24	0,08		-0,17
10–11	4,32	3,51	0,81		0,64
11–12	4,32	4,24	0,08		0,73
12–13	4,32	5,35		-1,03	-0,30
13–14	4,32	5,36		-1,04	-1,34
14–15	7,50	7,82		-0,32	-1,66
15–16	7,50	7,08	0,42		-1,24
16–17	7,50	7,52		-0,02	-1,26
17–18	4,32	4,98		-0,66	-1,91
18–19	4,32	4,98		-0,66	<u>-2,57</u>
19–20	4,32	3,88	0,44		-2,13
20–21	4,32	3,51	0,81		-1,31
21–22	4,32	2,41	1,91		0,60
22–23	1,00	1,67		-0,67	-0,07
23–24	1,00	0,93	0,07		0,00
Всього	100	100	–	–	–

За результатами колонки 6 визначаються найбільші позитивне та негативне число і розраховується коефіцієнт

$$K = (\max "+") + (|\max "-" |) = 1,13 + |-2,57| = 3,7 \%$$

Тоді регулюючий об'єм ВБ визначається (2.27):

$$W_{\text{рег}} = \frac{3,7 \cdot 6063,1}{100} = 224,33 \text{ м}^3,$$

де $Q_{\text{розр}} = 6063,1 \text{ м}^3/\text{доб}$ – розрахункові витрати води за добу максимального водоспоживання, (за результатами розрахунку задачі 1 розділу 2.3).

2. Недоторканий запас води бака водонапірної башти (2.29) складає

$$W_{\text{НІЗ}} = 24 + 79 = 103 \text{ м}^3,$$

де $W_{\text{НІЗ}} = \frac{(2 \cdot 5 + 30) \cdot 10 \cdot 60}{1000} = 24 \text{ м}^3$ – запас води, необхідний на $\tau = 10$ хвилин гасіння пожежі, поки не включаться до роботи пожежні насоси-підвищувачі, що забезпечать подачу пожежних витрат води в мережу;

$$W_{\text{ІЗБ}} = \frac{(474,02 - 0) \cdot 10}{60} = 79 \text{ м}^3$$
 – запас води, що необхідний на пот-

реби населеного пункту та виробничого підприємства за годину максимального водоспоживання (без урахування витрат води на прийняття душу працівниками на підприємстві) протягом $\tau = 10$ хвилин.

3. Об'єм бака водонапірної башти (2.26) складає:

$$W_{\text{БВБ}} = 224,33 + 103 = 327,33 \text{ м}^3.$$

4. Висота водонапірної башти (2.30) складає:

$$H_{\text{БВБ}} = 6,05 + 16 + (199 - 208) = 13,05 \text{ м},$$

де $h_{\text{м}} = 6,05 \text{ м}$ – втрати напору (до пожежі) в мережі;

$H_{\text{в}} = 10 + 3 \cdot (3 - 1) = 16 \text{ м}$ – вільний напір в диктуючій точці для триповерхової будівлі з висотою кожного поверху 3 м;

$z_{\text{д.т.}} = 199$ – геодезична відмітка диктуючої точки (рис.2.9), м;

$z_{\text{БВБ}} = 208$ – геодезична відмітка встановлення водонапірної башти (рис.2.9), м.

5. Приймається типова шатрова залізобетонна башта зі стальним баком (проект ЦНДІЕП) висотою 21 м та об'ємом бака 500 м^3 (таблиця 2.13).

Знаючи об'єм типового бака водонапірної башти, визначаємо його діаметр (2.31):

$$D_{\text{БВБ}} = 1,2 \sqrt[3]{500} = 9,53 \text{ м},$$

де $W_{\text{БВБ}}^{\text{типовий}} = 500 \text{ м}^3$ – об'єм бака типової водонапірної башти.

Знаючи діаметр типового бака, визначаємо його висоту (2.32):

$$H_{\text{БВБ}} = \frac{4 \cdot 500}{3,14 \cdot 9,53^2} = 7,01 \text{ м}.$$

Відповідь: для населеного пункту та виробничого об'єкта в ньому пропонується запроектувати шатрову залізобетонну башту зі стальним баком (проект ЦНДІЕП) висотою 21 м та об'ємом бака 500 м^3 .

Задача 3. Визначити тип та кількість насосів для насосної станції, що повинна забезпечити подачу води із заданими витратами та напором до зовнішньої мережі об'єднаного водопроводу на господарсько-питні потреби та із заданими витратами і напором – на пожежогасіння.

Дано:

$H_{\text{н}}^{\text{Г-П}}$

$H_{\text{н}}^{\text{ПОЖ}}$

$Q_{\text{н}}^{\text{Г-П}}$

$Q_{\text{н}}^{\text{ПОЖ}}$

Розв'язання:

1) Визначаємо тип НС:

– при $H_{\text{н}}^{\text{Г-П}} \geq H_{\text{н}}^{\text{ПОЖ}}$ – НС низького тиску;

тип та кількість насосів в НС – ?

– при $H_{\text{Н}}^{\text{Г-П}} < H_{\text{Н}}^{\text{ПОЖ}}$ – НС високого тиску.

2) Вибираємо робочі насоси (таблиця 2.14):

а) для НС низького тиску:

Тип насосів	задані		прийняті			кількість
	H	Q	марка	H	Q	
господарсько-питні	$H_{\text{Н}}^{\text{Г-П}}$	$Q_{\text{Н}}^{\text{Г-П}}$				
пожежні	$H_{\text{Н}}^{\text{Г-П}}$	$Q_{\text{Н}}^{\text{ПОЖ}}$				

б) для НС високого тиску:

Тип насосів	задані		прийняті			кількість
	H	Q	марка	H	Q	
господарсько-питні	$H_{\text{Н}}^{\text{Г-П}}$	$Q_{\text{Н}}^{\text{Г-П}}$				
пожежні	$H_{\text{Н}}^{\text{ПОЖ}}$	$Q_{\text{Н}}^{\text{Г-П+ПОЖ}}$				

3) Вибираємо резервні насоси (таблиця 2.15 або [4], п. 11.3, табл. 33).

4) Визначаємо загальну кількість насосів в НС.

Приклад. Визначити тип та кількість насосів для насосної станції другого підйому, що повинна забезпечити подачу води при роботі до пожежі – до водонапірної башти, а при роботі при пожежі – до зовнішньої мережі об'єднаного водопроводу. Як вихідні дані використати вихідні дані та результати розрахунку задачі 2 розділу 2.5 (висота водонапірної башти), задачі 2 розділу 2.3 (витрати води на пожежогасіння). Втрати напору в мережі при пожежі дорівнюють 18,5 м.

Розв'язання

1. Розрахунковий напір насосів для насосної станції другого підйому до пожежі визначається (2.36):

$$H_{\text{НС-II}} = 21 + 7,01 + 0 + (208 - 208) = 28,01 \text{ м},$$

де $H_{\text{ВБ}} = 21 \text{ м}$ – висота водонапірної башти (задача 2 розділ 2.5);

$H_{\text{бВБ}} = 7,01 \text{ м}$ – висота бака водонапірної башти (задача 2 розділ 2.5);

$h_M = 0$ – втрати напору в мережі (пропонується не враховувати через розташування в одному вузлі – № 1);

$z_{ВБ} = 208$ м – геодезична відмітка встановлення водонапірної башти (рис. 2.9);

$z_{НС-II} = 208$ м – геодезична відмітка встановлення насосної станції другого підйому (рис. 2.9).

2. Розрахунковий напір насосів для насосної станції другого підйому при пожежі визначається (2.38):

$$H_{НС-II}^{пож} = 18,5 + 10 + (199 - 208) = 19,5 \text{ м},$$

де $h_M^{пож} = 18,5$ м – втрати напору в водопровідній мережі при її роботі під час пожежі (за вихідними даними);

$H_B^{пож} = 10$ – вільний напір на пожежному гідранті, встановленому в диктуючій точці, м;

$z_{д.т.} = 199$ м – геодезична відмітка диктуючої точки (рис.2.9).

3. Насосна станція другого підйому проектується за принципом низького тиску ($H_H^{пож} - H_H^{\Gamma-II} < 10$ м), таким чином:

– витрата пожежних насосів визначається за (2.41), тобто при виникненні пожежі, насосна станція повинна подати тільки додаткову кількість води для пожежогасіння,

– напір насосів приймається рівним необхідному напору насосів до пожежі.

4. Розрахункові витрати насосів насосної станції другого підйому складають до пожежі (2.39, 2.40):

$$\text{– для першого ступеня } Q_{I \text{ } \tilde{N}^2 I_1} = \frac{1 \cdot 6063,1}{100} = 60,631 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$\text{– для другого ступеня } Q_{I \text{ } \tilde{N}^2 I_2} = \frac{(4,32 - 1) \cdot 6063,1}{100} = 201,3 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$\text{– для третього ступеня } Q_{I \text{ } \tilde{N}^2 I_3} = \frac{(7,5 - 4,32) \cdot 6063,1}{100} = 192,8 \text{ м}^3/\text{год};$$

де P_i – подача води насосами i -го ступеня від $Q_{розр}$, %.

5. Розрахункові витрати насосів насосної станції другого підйому при пожежі визначаються:

$$Q_{НС-II}^{пож} = 70 \cdot \frac{3600}{1000} = 252 \text{ м}^3/\text{год}.$$

6. Результати вибору насосів для насосної станції другого підйому наведені в таблиці.

Кількість резервних насосів визначається за таблицею 2.15 для I категорії надійності.

Вибір насосів насосної станції другого підйому

Група насо-сів	Розрахункові парамет-ри насосів		Прийняті насоси та їх параметри			Кількість
	Напір, м	Витрата, м ³ /год	Марка насоса	Напір, м	Витрата, м ³ /год	
Робочі насоси						
Основні:			К-100-80-160	32	100	
I ступінь	28,01	60,631				1
II ступінь	28,01	201,3				2
III ступінь	28,01	192,8				2
Пожежні	28,01	252				3
Резервні насоси						
—	—	—	К-100-80-160	32	100	2

Відповідь: необхідно запроектувати 10 насосів марки К-100-80-160 (8 робочих, 2 резервних).

Контрольні питання та завдання

1. Призначення резервуарів чистої води та водонапірних башт.
2. Способи збереження недоторканного запасу води в пожежних резервуарах та водонапірних баштах.
3. Способи забору води на пожежогасіння з пожежних резервуарів та водонапірних башт.
4. За якими ознаками класифікують насосні станції?
5. Чим забезпечується надійна робота насосних станцій?
6. Як визначити кількість та тип резервних насосів?
7. Визначити необхідний об'єм бака та висоту водонапірної башти, якщо вона забезпечує збереження води на пожежогасіння триповерхової виробничої будівлі III ступеня вогнестійкості, категорії за пожежовибухонебезпекою В, об'ємом 13000 м³, максимальні добові витрати води становлять 30 м³/доб, максимальні годинні витрати на господарсько-питні потреби – 3 м³/год. Водонапірну башту передбачається розташувати на відмітці 192 м, а будівля розташована на відмітці 187 м. Втрати напору в мережі становлять 3 м.
8. Визначити необхідний об'єм пожежного резервуара, якщо він забезпечує збереження води на пожежогасіння десятиповерхової громадської будівлі об'ємом 20000 м³, максимальні добові витрати води становлять 15 м³/доб, максимальні годинні витрати на господарсько-питні потреби – 1,3 м³/год, витрати води на роботу автоматичної установки пожежогасіння – 35 л/с.
9. Визначити тип насосної станції, марку та кількість насосів для насосної станції, що повинна забезпечити подачу води в кількості 45 м³/год з на-

пором 35 м до зовнішньої мережі об'єднаного водопроводу на господарсько-питні потреби та в кількості 45 м³/год з напором 50 м – на пожежогасіння.

2.6. Безводопровідне водопостачання

2.6.1. Умови використання безводопровідного водопостачання

Протипожежне водопостачання із водоймищ та резервуарів можливе для:

- населених пунктів із кількістю мешканців до 5-ти тисяч осіб включно;
- окремо побудованих громадських будівель об'ємом до 1000 м³ включно, розташованих у населених пунктах, що не мають кільцевого протипожежного водопроводу;
- виробничих будівель з виробництвами категорій В, Г та Д при витраті води на зовнішнє пожежогасіння 10 л/с;
- складів грубих кормів об'ємом до 1000 м³ включно;
- складів мінеральних добрив об'ємом будівель до 5000 м³ включно;
- будівель радіотелевізійних передавальних станцій;
- будівель холодильників і сховищ овочів та фруктів;
- автозаправочних станцій, автозаправочних комплексів, що розташовані за межами населених пунктів;
- автозаправочних станцій, автозаправочних комплексів, розташованих в межах населених пунктів, розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння яких не перевищує 15 л/с.

Не передбачається протипожежного водопостачання:

- населених пунктів із кількістю мешканців до 50-ти осіб включно при забудові будівлями висотою до двох поверхів та загальною площею до 250 м² включно;
- окремо побудованих, розташованих поза населеними пунктами, підприємств громадського харчування (їдальні, закусочні, кафе та інші) при об'ємі будівель до 1000 м³ включно та підприємств торгівлі при площі до 150 м² включно (за винятком промтоварних магазинів), а також громадських будівель I і II ступенів вогнестійкості об'ємом до 250 м³ включно, розташованих у населених пунктах;
- виробничих будівель I і II ступенів вогнестійкості категорії Д об'ємом до 1000 м³ (за винятком будівель з горючими утеплювачами);
- заводів з виготовлення залізобетонних виробів і товарного бетону з будівлями I і II ступенів вогнестійкості, розташованих у населених пунктах, з мережами водопроводу за умови розміщення гідрантів на відстані не більше ніж 200 м від найбільш віддаленої будівлі заводу;
- сезонних універсальних приймально-заготівельних пунктів сільськогосподарських продуктів при об'ємі будівель до 1000 м³ включно;
- будівель складів горючих матеріалів і негорючих матеріалів в горючій упаковці площею до 50 м² включно.

При безводопровідному водопостачанні вода для гасіння пожежі подається мотопомпами, автонасосами або автоцистернами, а також стаціонарними насосами.

Необхідний об'єм води, що забирається з водоймища, визначають згідно [4] із урахуванням потреби 3-годинного гасіння пожежі, а для будівель I і II ступенів вогнестійкості категорії Г і Д з негорючим утеплювачем – 2-годинного гасіння пожежі.

Корисна ємність кожного із водоймищ, побудованих на підприємствах, складах та великих населених пунктах, повинна складати 100 – 500 м³. У місцях індивідуальної забудови (сільська та міська місцевість) корисна ємність таких водоймищ повинна бути у межах 50 – 150 м³.

Для влаштування водоймища **вибирається місце** із обов'язковим урахуванням наступних факторів:

- наявність засобів забору і подачі води;
- якості ґрунтів та рівня ґрунтових вод;
- можливості та засобів наповнення водоймища;
- зручності під'їзду пожежних машин;
- віддаленість розташування водоймища до об'єкта або групи об'єктів,

що вимагають найбільшої витрати води на пожежогасіння.

Відстань від водоймищ до будівель III, IV, V ступенів вогнестійкості і до відкритих складів горючих матеріалів мусить бути не менше ніж 30 метрів, до будівель I та II ступенів вогнестійкості – не менше 10-ти метрів.

До вододжерел влаштовують **під'їзди** для забезпечення одночасної роботи двох пожежних насосів.

Водоймища **наповнюють водою** пересувними насосами по пожежних рукавах, каналах. При подачі води від водопровідної мережі довжина рукавної лінії може досягати 250 м. За узгодженням, довжину рукавної лінії дозволяється збільшувати до 500 метрів.

При неможливості поповнення водоймищ з водопровідних мереж, їх наповнюють за рахунок атмосферних опадів, для збирання яких майданчик біля водоймища має ухил $i=0,002-0,003$. При цьому необхідне спеціальне зміцнення укосів для попередження їхнього руйнування.

Використання ґрунтових вод як природного постачання водоймищ дозволяється, якщо глибина їх залягання не перевищує 5-ти метрів.

2.6.2. Природні вододжерела.

Способи забору води з природних вододжерел

Для забезпечення надійного забору води пожежною технікою із водоймищ-копаней, водоймищ-ставків, а також природних водоймищ, крім під'їзних шляхів до місця водозабору та площадок для встановлення машин, необхідно влаштовувати спеціальні водозабірні пристрої:

- пірси (пожежні під'їзди);
- приймальні колодязі.

Спеціальні пожежні під'їзди – пірси доцільно будувати на водойми-

щах, що мають пологі береги. Найбільш розповсюдженим типом під'їзду є пірс на дерев'яних палях, які мають діаметр 25 – 30 см і здатні витримувати навантаження 7 – 8 т. Майданчик під'їзду мусить бути розміщений не вище 5-ти метрів від рівня низьких вод і вище рівня високих вод не менше ніж 0,1 м. Настил майданчика влаштовують із пластин деревини. Ширина настилу – 4,5 – 5 м. З боків площадку огорожують на висоту 0,7 – 0,8 м.

Для забору води із природних вододжерел з болотними берегами доцільне будування **приймальних берегових колодязів** об'ємом 3 – 5 м³, які з'єднуються із вододжерелом трубопроводом діаметром 200 – 250 мм. На трубопроводі розміщують засувку, штурвал якої виводиться під кришку люка.

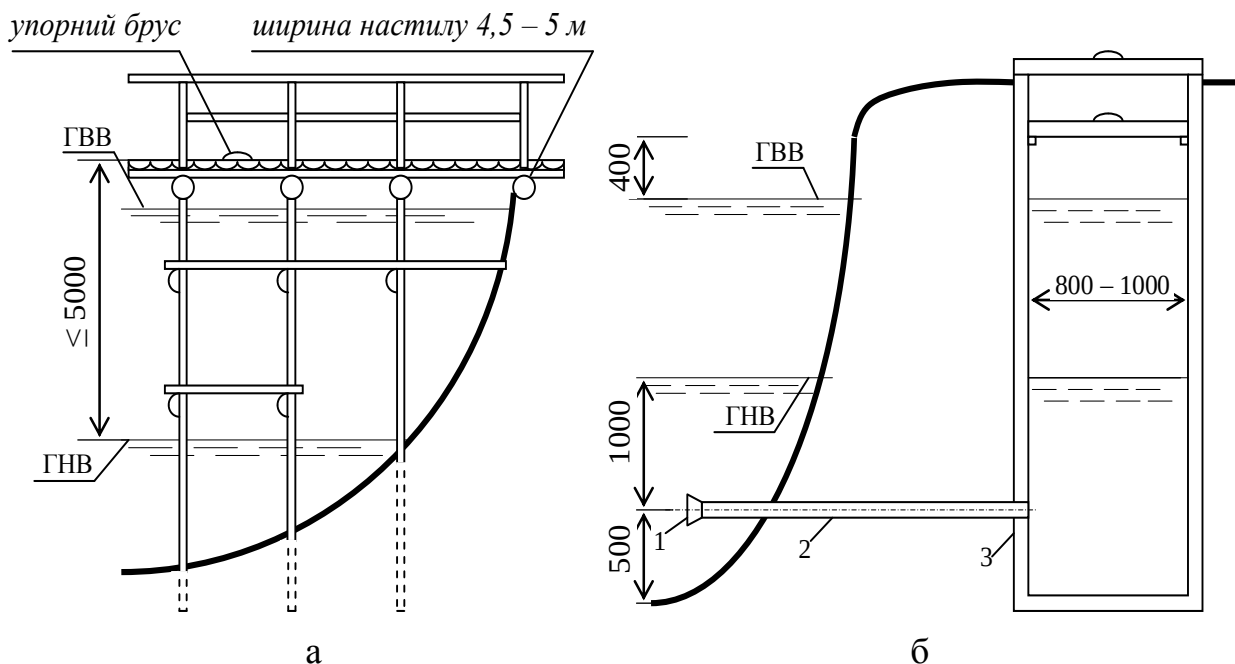


Рис. 2.29 – Будування пірсів та берегових колодязів:

а) пірс; б) береговий колодязь; 1 – приймальний патрубок, 2 – трубопровід, що з'єднує колодязь з водоймищем, 3 – колодязь

До приймальних колодязів забезпечується вільний під'їзд пожежних машин.

Приймальні колодязі будують бетонні або кам'яні.

Для забору води із відкритих водоймищ, що промерзають і товщина льоду досягає 10 см та більше, влаштовують **ополонки розмірами не менш 0,6 м довжиною та 0,6 м шириною**.

Щоб ополонка не замерзла, рекомендується вморозити до неї бочку або трубу. Бочка заповнюється утеплюючим матеріалом, який викидається перед забором води, а дно бочки вибивається. Замерзанню ополонки можна запобігти також за допомогою кришки – щита.

Найбільш простим засобом утеплювання відкритих водоймищ є накидання на поверхні льоду шару снігу товщиною 70 – 80 см.

Окрім того, для утеплення використовують мох, солому, які викладають шаром 20 – 50 см. По весні їх прибирають.

2.6.3. Штучні джерела безводопровідного водопостачання

Водоймища-копані

Водоймища-копані розповсюджені у сільській місцевості найбільш широко, тому що є найбільш дешевими та простими по облаштуванню.

В залежності від рівня ґрунтових вод вони можуть бути влаштовані **у виїмці** (рис. 2.30 а) та у **напіввиїмці-напівнасипу** (рис. 2.30 б).

У виїмці водоймища-копані облаштовують при низькому (2,5 м та більше), та навпаки, високому (0,5 – 1,0 м) рівні залягання ґрунтових вод.

Будування водоймищ-копаней у напіввиїмці-напівнасипу доцільне при середньому розміщенні рівня ґрунтових вод (від 1 до 2,5 м від поверхні землі).

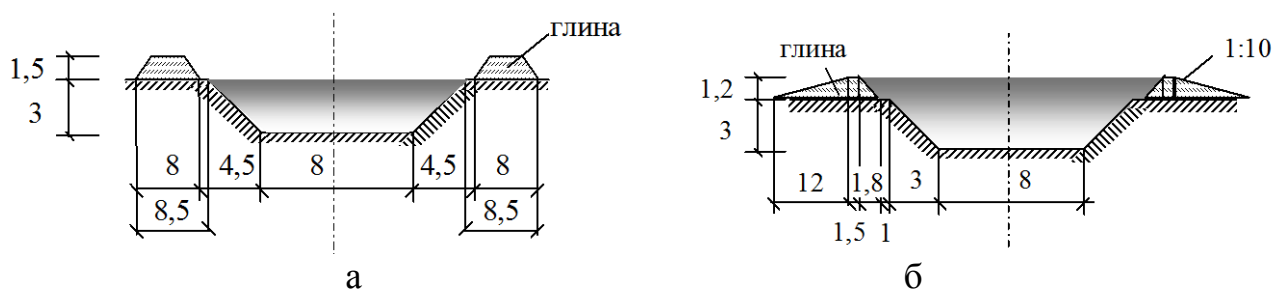


Рис. 2.30 – Будування водоймища-копані:

а) у виїмці; б) у напіввиїмці-напівнасипу

Досвід експлуатації водоймищ-копаней свідчить про те, що мінімальна їх глибина повинна бути у межах 2,5 – 3,5 м. При таких параметрах забезпечується наступне:

- влітку зменшується прогрів води, що запобігає заростанню водоймища;
- взимку зменшується глибина промерзання, що запобігає зменшенню корисного об'єму водоймища.

По формі водоймища-копані можуть бути:

- квадратними;
- прямокутними;
- круглими.

В залежності від ґрунту відкоси роблять пологими (співвідношення проекції довжини укосу на горизонтальну площу – 1:1,5, або 1:2).

Способи гідроізоляції водоймищ

Герметичність гідроізоляції водоймищ-копанів порушується унаслідок впливу кислотних дощів, підземних вод, поверхневих вод із кислотами та їдкими солями та інше. Для гідроізоляції використовують різноманітні матеріали, у тому числі і полімери.

У зв'язку із великим асортиментом гідроізоляційних матеріалів вагомим питанням є вибір оптимального варіанта їх застосування у залежності від конкретних умов будівництва водоймищ.

Способи гідроізоляції можна проаналізувати за допомогою таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Способи гідроізоляції водоймищ

Місце	За водонепроникністю	За тривалістю експлуатації	За вартістю (у порядку збільшення)
I	Асфальтобетонне облицювання	Кам'яне облицювання	Солонцювання ґрунту
II	Бетонне облицювання	Асфальтобетонне облицювання	Глиняний одяг
III	Кам'яне облицювання	Бетонне облицювання	Кольматаж ґрунту
IV	Глиняний одяг	Глиняний одяг	Кам'яне облицювання
V	Кольматаж ґрунту	Кольматаж ґрунту	Асфальтобетонне облицювання
VI	Солонцювання ґрунту	Солонцювання ґрунту	Бетонне облицювання

Асфальтобетонне облицювання – це шар асфальтобетону товщиною 5 – 8 см, накладений на гравійну підготовку (рис. 2.31). Асфальтобетон являє собою суміш із бітуму, який використовується як в'язучий та заповнювач: пісок, гравій, асфальтовий порошок, цемент та ін. Водонепроникність асфальтобетону підвищується із збільшенням кількості бітуму. Кількість бітуму коливається у межах 9 – 15 % за вагою.

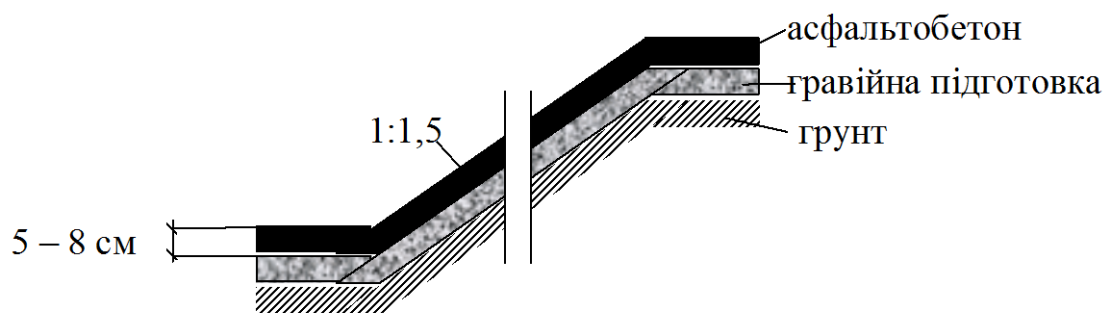


Рис. 2.31 – Асфальтобетонне облицювання

Суміш готується у спеціальних апаратах або котлах, де вона розігрівається до температури 160 – 180 °С. Розігріту асфальтобетонну суміш укладають по гравійній підготовці на поверхню котловану, яку попередньо зволожують водою та утрамбовують. На момент укладання, асфальтобетонна суміш повинна мати температуру не менше 140 °С. Наприкінці суміш зміцнюють гарячими гладилками.

Бетонне облицювання (рис. 2.32)

Порядок виконання:

- готують бетон:
- для дна вагомий склад – 1:2:4 або 1:3:6 (цемент, пісок, гравій);
- для укосів – 1:12 або 1:16 (цемент – заповнювач);
- готують шар гравійно-піщаної підготовки товщиною 10 – 12 см;
- укладають шар бетону товщиною 10 – 12 см, а в місцях з'єднання укосів з дном – товщиною 15 – 18 см;
- наносять шар бітуму.

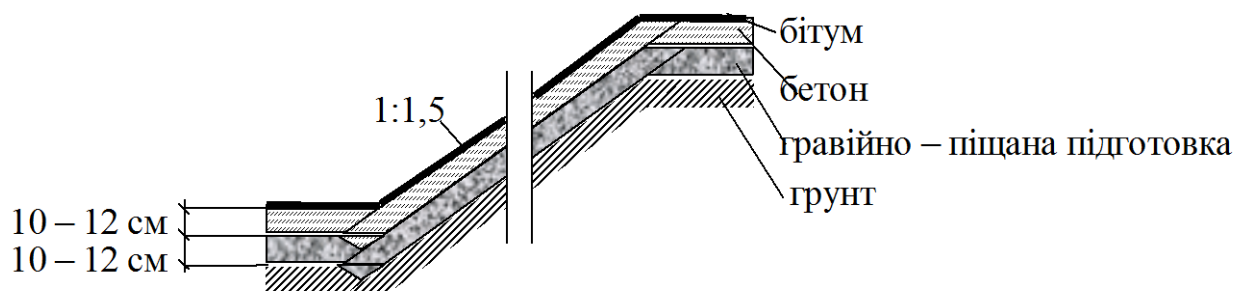


Рис. 2.32 – Бетонне облицювання

Висока міцність бетонного облицювання забезпечує значну довговічність її експлуатації – до декількох десятків років. Тому воно використовується при будівництві на будь-яких ґрунтах.

Кам'яне облицювання (рис. 2.33)

Порядок виконання:

- поверхню котловану зволожують розпорошеною водою та трамбують;
- готують гравійну підготовку;
- виконують кам'яну або цегляну кладку товщиною 20–30 см на цементному розчині, що мають вагомий склад частин (1:3) – цемент – пісок;
- поверхню кладки штукатурять цементним розчином;
- покривають шаром бітуму.

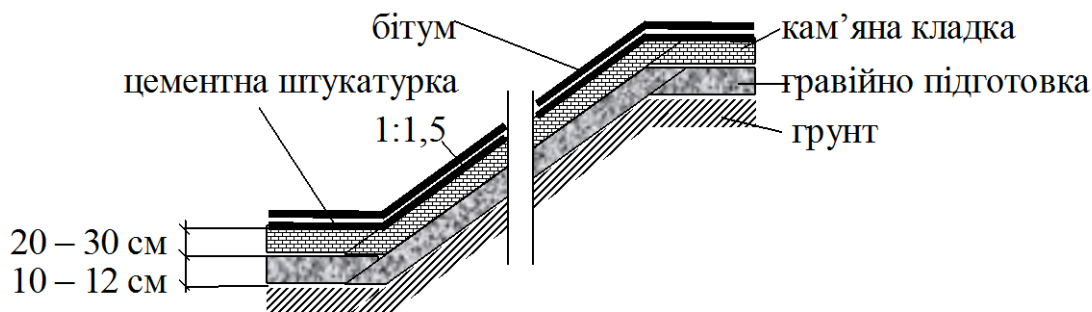


Рис. 2.33 – Кам'яне облицювання

Облицювання синтетичною плівкою (рис. 2.34)

Порядок виконання:

- готують полотнище на всю площу водоймища, для цього поліетиленову або поліхлорвінілову плівку товщиною 0,2; 0,4; 0,6 см, яка випускається у вигляді стрічки шириною 800 – 1400 мм, склеюють;
- поверхню котловану вирівнюють;
- виконують піщану підготовку товщиною 10 см;
- покривають полотнищем з плівки укуси та дно так, щоб утворилися складки;
- засипають захисним шаром з ґрунту або піску товщиною 25 – 30 см.

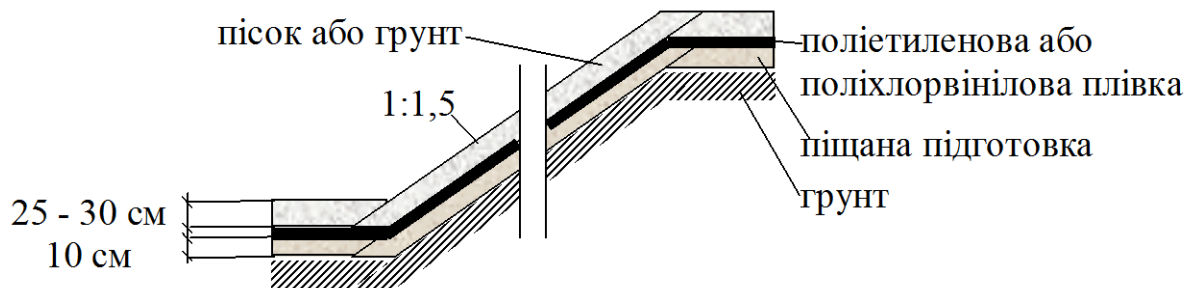


Рис. 2.34 – Облицювання синтетичною плівкою

Глиняна одяга – це шар твердого малопроникного глиняного ґрунту товщиною 20 – 30 см (рис. 2.35), який покривають зверху захисним шаром місцевого ґрунту. Влаштовують при спорудженні водоймищ у піщаних та су-піщаних ґрунтах.

Порядок виконання:

- готують глину (в травильних ямах або ящиках, де її перемішують, додаючи при необхідності дрібний пісок та зволожуючи до 20 – 25 %);
- поверхню котловану планують, зволожують та ущільнюють;
- глину укладають на дно;
- глину укладають на укуси горизонтальними смугами шириною 1 м в два або три шари, товщиною 10 см кожний;
- кожний шар трамбують;
- у верхній частині укладають шар гравію або щебеню шириною 0,5 – 0,7 м від верху укусу.

При такій гідроізоляції мають місце певні втрати води із водоймища за рахунок фільтрації.

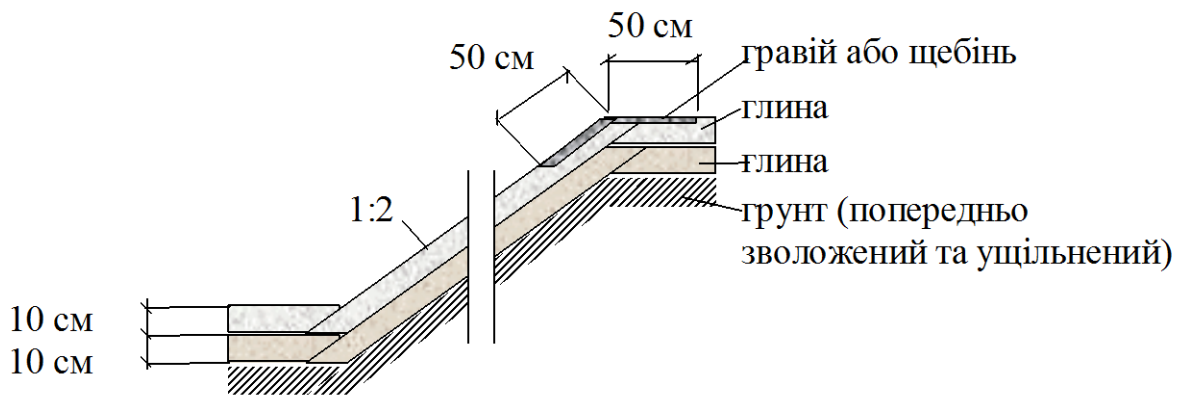


Рис. 2.35 – Глиняна одежа

Кольматаж ґрунту – це заповнення його порожнин частинками іншого, більш дрібного ґрунту, найчастіше глиною. Використовується при будівництві водоймищ в піщаних та супіщаних ґрунтах.

Порядок виконання:

- з глини готують пульпу (вода – глина);
- виливають пульпу в наповнений водою котлован:
 - для крупнозернистих пісків – 5 кг пульпи на 1 м³ води;
 - для дрібнозернистих пісків – 2 кг пульпи на 1 м³ води;
- знов готують пульпу;
- виливають пульпу в наповнений водою котлован в кількості на 15 – 30 % менше.

Солонцювання ґрунту

Порядок виконання:

- поверхню котловану спускають на глибину 10 см;
- декілька разів поливають поверхню котловану розпорошеним розчином повареної солі (на 1 м² – 2,5 кг солі) у вигляді 20 % розчину;
- поверхню котловану трамбують.

Термін служби – 4 – 6 років.

Вапнування ґрунту – це покриття укосів і дна водоймища шаром вапняного тіста (гашеного вапна). Застосовують його на супіщаних та піщаних ґрунтах.

Водоймища – ставки

При наявності біля об'єктів балок, по яких течуть поверхневі води, їх можна застосовувати для створення **водоймищ-ставків або водосховищ**. Основною спорудою таких водоймищ є **гребля**.

Конструкція гребель:

– **місце влаштування:**

- у найбільш вузькій частині балки;
- нижче з'єднання декількох балок;

– **тип греблі (в залежності від місцевих умов):**

- земляна (рис. 2.36 а);
- однорідна – при наявності нефільтруючих або слабофільтруючих ґрунтів;
- з екраном із глинистих матеріалів, який покривається шаром піску товщиною 1 м – при відсутності таких ґрунтів;
- з дерев'яних шпунтових паль (рис. 2.36 б).

Найбільш проста – **земляна гребля** (рис. 2.36 а).

Закріплення напірного укосу греблі здійснюється у вигляді вимощення або кам'яного насипу.

Для уникнення розмиву низового укосу влаштовують дренаж із кам'яної насипу.

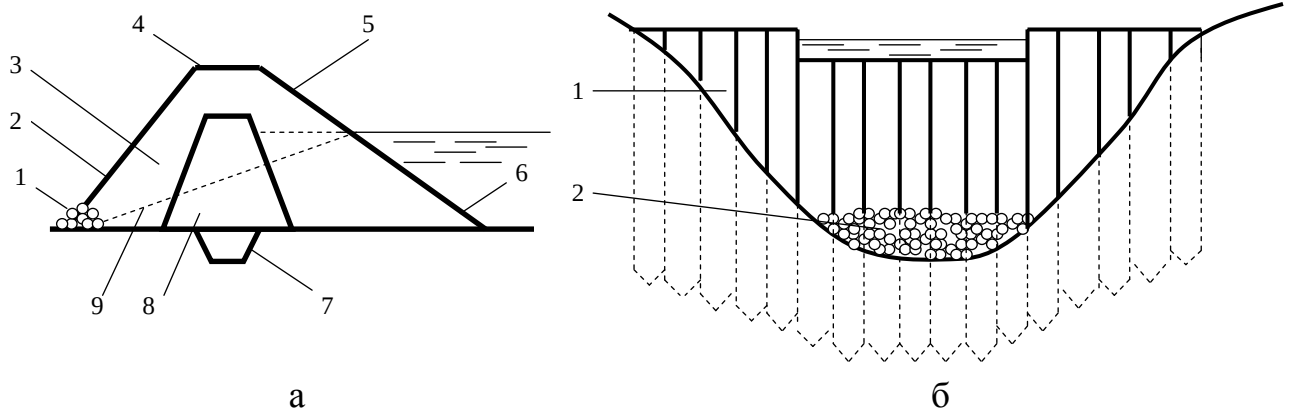


Рис. 2.36 – Греблі:

а) земляна (1 – дренаж; 2 – низовий укіс; 3 – одернування; 4 – гребінь балки; 5 – укріплення укосу; 6 – верховий укіс; 7 – замок; 8 – ядро балки; 9 – лінія депресії води);

б) з дерев'яних шпунтових паль (1 – палі; 2 – кам'яна насипка)

Дерев'яні водозливні греблі (рис. 2.36 б) – це конструкції із одною, двома або більше стінками, які розміщуються поперек потоку води. Вони заглиблюються у береги русла на 2 – 3 м для запобігання руйнування греблі.

Дерев'яні греблі споруджують із шпунтових паль, забитих у ґрунт у вигляді рядів.

У береговій частині русла шпунтові стінки повинні бути вище підпірного горизонту води на 0,5 м для запобігання розмиву берегових укосів русла.

Середня частина греблі є водозливом, тому відмітка стінки цієї частини повинна бути на рівні звичайного підпірного горизонту.

Кам'яний насип довжиною 5 – 7 м необхідний для запобігання підмиву греблі.

Контрольні питання та завдання

1. За якими умовами будується система безводопровідного водопостачання?

2. Опишіть способи забору води за допомогою пожежної техніки зі штучних та природних вододжерел.

3. Дайте порівняльну характеристику способів гідроізоляції водоймищ-копаней.

4. Опишіть спосіб спорудження водоймищ-ставків.

2.7. Спеціальний зовнішній протипожежний водопровід високого тиску

Водопровідні мережі, що використовуються для водопостачання **виробничих об'єктів**, можуть бути:

- низького тиску;
- високого тиску.

Вільний напір в мережі протипожежного водопроводу **низького тиску** при пожежогасінні на рівні поверхні землі повинен бути не менше 10 м. Тобто необхідний для гасіння пожежі тиск у пожежних стволах створюється пересувними пожежними насосами.

В системі протипожежного водопроводу **високого тиску** вода до місця пожежі подається по рукавах безпосередньо від гідрантів, при цьому необхідний напір для пожежогасіння створюється стаціонарними пожежними насосами, що встановлені в насосній станції.

Область застосування протипожежних водопроводів високого тиску визначається за двома параметрами:

- необхідністю одночасної подачі на гасіння пожежі великої кількості води з великим напором (тиском);
- вимогами нормативних документів.

Прикладом виробничих об'єктів, для гасіння яких потрібно подавати велику кількість води, можуть бути склади лісопиломатеріалів (ЛПМ), нафтобази, підприємства нафтохімічної та нафтопереробної промисловості.

2.7.1. Облаштування систем протипожежного водопостачання складів лісопиломатеріалів

Способи збереження лісних матеріалів

При розгляданні особливостей облаштування водопроводів високого тиску (ВВТ) на прикладі складів ЛПМ, необхідно відмітити, що в значній мірі ці особливості залежать від того, що зберігається на складах ЛПМ та в якій кількості. Тому, перед початком вивчення систем протипожежного водопостачання складів ЛПМ, доцільно розглянути види лісних матеріалів, які зберігаються на складах та способи їх збереження.

На складах лісних матеріалів, які влаштовуються при підприємствах обробки деревини, целюлозо-паперових комбінатах та інших, може зберігатися кругла, розпилена або балансова деревина, осмол, дрова, тирса, тріски та інше.

Кругла деревина

Способи збереження:

- штабелі на прокладках (при сухому збереженні);
- компактні штабелі (при вологому збереженні).

Розміри штабелів:

- ширина – дорівнює довжині колоди;
- довжина – 200 м (для сухого зберігання) або 400 м (для вологого зберігання);
- висота – до 12 м.

Об'єднання штабелів:

- у групи площею до 1,5 га (15000 м²) шириною до 70 м;
- відстань між штабелями у межах групи не нормується.

Об'єднання груп:

- у квартали площею до 4,5 га (45000 м²);
- відстань між групами у межах кварталу 20 м (по довжині групи) та 10 м (по ширині групи) з забезпеченням проїзду пожежних машин;
- відстань між кварталами 30 – 70 м (в залежності від висоти штабеля та сумарної площі всіх кварталів).

Розпиляна деревина

Способи збереження:

- штабелі, що укладені пакетним способом;
- штабелі, що укладені рядовим способом.

Розміри штабелів:

- 6 м × 6 м × 6 м;
- 12 м × 12 м × 12 м.

Об'єднання штабелів:

- у групи площею до 1200 м² (0,12 га) (для пакетних штабелів) або 900 м² для рядових штабелів;
- відстань між штабелями у межах групи не нормується.

Об'єднання груп:

- у квартали площею до 4,5 га (для пакетних штабелів) або до 3 га (для рядових);
- відстань між групами у межах кварталу по довжині повинна забезпечувати проїзд пожежних машин;
- відстань між кварталами 35 – 70 м (в залежності від висоти штабеля та способу його укладання).

Балансова деревина, осмол, дрова

Балансова деревина – деревина найбільш цінних порід дерев, яка використовується для виготовлення меблів та целюлози.

Осмол – пні та коріння дерев, які мають певну кількість смоли, що отримується при виготовленні фенолів.

Способи збереження:

- купи круглі;
- купи прямокутні.

Розміри куп:

- ширина (діаметр) – 50 м (90 м);
- висота – до 14 м.

Об'єднання куп:

- у квартали площею до 4,5 га;
- відстань між купами у межах кварталу приймається не менше 20 – 30 м (рис.2.37);
- відстань між кварталами 50 м (при сумарному об'ємі куп у межах кварталу до 500000 м^3) або 100 м (при сумарному об'ємі куп у межах кварталу понад 500000 м^3).

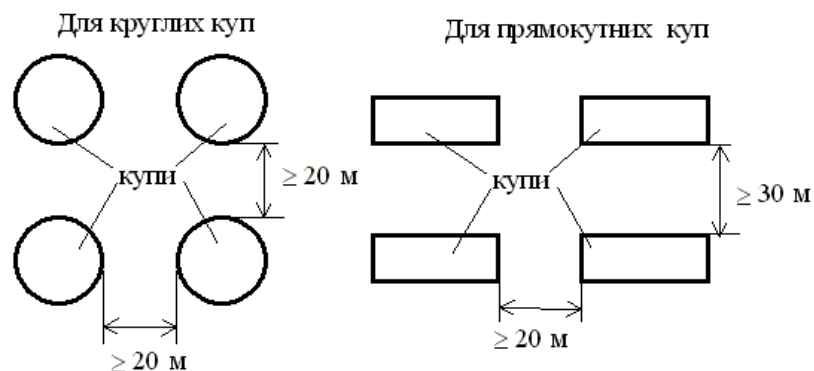


Рис.2.37 – Відстань між купами балансової деревини, осмолу, дров

Способи збереження:

- купи круглі або кільцеві;
- купи прямокутні.

Тріски, тирса

Розміри куп:

- ширина (діаметр) – до 90 м;
- висота – до 30 м.

Об'єднання куп:

- у квартали площею до 4,5 га;
- відстань між купами у межах кварталу приймається не менше 30 – 40 м (рис.2.38);

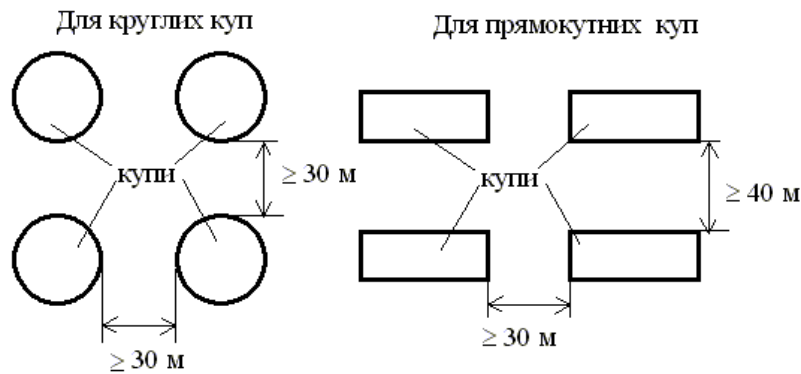


Рис. 2.38 – Відстань між купами трісок, тирси

– відстань між кварталами 50 м (при сумарному об'ємі куп у межах кварталу до 500000 м^3) або 70 м (при сумарному об'ємі куп у межах кварталу понад 500000 м^3).

Загальні вимоги нормативних документів щодо будування протипожежного водопостачання на складах ЛПМ

Подача вогнегасної речовини на складах ЛПМ здійснюється:

- на гасіння;
- на захист сусідніх штабелів, куп.

Вогнегасною речовиною може бути:

- вода;
- вода з домішками, які підвищують її ефективність (змочувачі, згущувачі);
- повітряно-механічна піна.

Обладнання для подачі вогнегасної речовини:

- РС-70 без насадок;
- лафетні стволи:
- переносні – СЛК-П (20; 40; 60);
- пересувні – СЛК-В (20; 40; 60);
- стаціонарні - СЛК-С (20; 40; 60).

Для забезпечення гасіння пожеж на складах ЛПМ ***система протипожежного водопостачання*** може бути:

- низького тиску – для відкритих складів ЛПМ об'ємом до 10000 м^3 ;
- високого тиску без тупикових відгалужень – для відкритих складів ЛПМ об'ємом понад 10000 м^3 .

Кількість одночасних пожеж (залежить від площі складу):

- одна пожежа – при площі складу до 50 га;
- дві пожежі – при площі складу понад 50 га.

Тривалість гасіння не менше 5-ти годин.

Витрати води на пожежогасіння (залежать від виду та способу зберігання ЛПМ та об'єму складу):

– 60 – 240 л/с – на одну пожежу (табл. 2.19).

Таблиця 2.19 – Витрати води на пожежогасіння відкритих складів ЛПМ

Вид і спосіб збереження ЛПМ	Витрати води на пожежогасіння, л/с, при ємності відкритого складу ЛПМ, м ³			
	до 10000	св. 10000 до 100000	св. 100000 до 500000	св. 500000
Пиломатеріали в штабелях:	За ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», але не менше 45 л/с при ємності складу понад 5000 щільних м ³			
паketні		90	120	150
рядкові		120	150	180
Круглі ЛПМ в штабелях		90	120	150
Балансова деревина, осмол і дрова в купах		150	180	240
Тріски та тирса в купах		90	120	150
Кора і деревні відходи в купах		60	90	120

Кількість компактних струменів з лафетних стволів на кожну точку штабеля або купи ЛПМ приймається за таблицею 2.20

Таблиця 2.20 – Кількість компактних струменів з лафетних стволів

Витрата води на пожежогасіння, л/с	Розрахункова кількість компактних струменів
до 150	2
понад 150 до 180	3
понад 180	4

Стаціонарні лафетні установки встановлюються при витраті води на пожежогасіння понад **90 л/с**. При цьому кількість та розташування стаціонарних лафетних стволів варто визначати за умови зрошення кожної точки штабеля чи купи ЛПМ не менше, ніж двома компактними струменями.

Складові систем протипожежного водопостачання складів ЛПМ

Загальна схема системи протипожежного водопостачання наведена на рис.2.39.

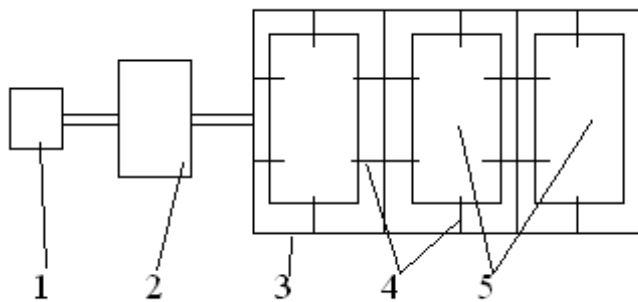


Рис.2.39 – Загальна схема протипожежного водопостачання складів ЛПМ:

1 – вододжерело; 2 – насосна станція з пожежними насосами; 3 – протипожежний водопровід складу ЛПМ; 4 – відгалуження до ЛС; 5 – групи, квартали складу ЛПМ

– штучне (спеціальні резервуари) – необхідно забезпечити постійне поповнення запасу води (за 24 години – для розпиленої деревини; за 36 годин – для іншої).

Незалежно від виду вододжерела, що використовується, на території складу необхідно передбачати **пожежні резервуари** або **водойми об'ємом не менш 500 м³**.

Насосна станція з пожежними насосами (першого або другого підйому) (рис. 2.39) повинна забезпечити подачу необхідної кількості води з урахуванням того, що:

- при витраті води на пожежогасіння від 150 л/с до 180 л/с протипожежний водопровід повинен забезпечити одночасну роботу трьох лафетних стволів;

- при витраті води понад 180 л/с – одночасну роботу чотирьох лафетних стволів.

Управління насосами необхідно передбачати:

- з диспетчерського пункту складу;
- з пожежної частини складу;
- з насосної станції;
- від стаціонарних лафетних стволів.

Насосна станція з пожежними насосами повинна розташовуватися **на відстані не менше 40 м** від основ штабелів та куп лісоматеріалів.

Перевага віддається **встановленню насосів-підвищувачів в НС-I**, тому що:

- таке встановлення дозволяє практично необмежено використовувати запас води для цілей пожежогасіння;
- забезпечується висока надійність подачі води до ЛС;
- система більш економічна.

Статичний напір в мережі при включенні пожежних насосів не повинен перебільшувати 120 – 150 м, тому **вибір діаметрів труб** необхідно здійсню-

Вододжерело (рис.2.39)

може бути:

- природне – необхідно враховувати сезонні коливання рівня води, можливість наносів, слідкувати за додатковими заходами щодо захисту водозабірних споруд від замерзання. При цьому кожні 200 м необхідно передбачати пожежні під'їзди до берегової лінії з влаштуванням майданчиків або пірсів, розмірами не менше 12×24 м.

вати з урахуванням технічних можливостей експлуатації протипожежних водопроводів.

Іноді при проектуванні НС із-за великої величини потрібних витрат і напорів води не вдається підібрати марку насосів. В таких випадках слід використовувати *послідовну схему включення насосів*, при цьому напір, що створюється насосами, визначається графічно, як сума напорів насосів при однакових витратах.

Мережа протипожежного водопроводу (рис.2.39) складу ЛПМ влаштовується з урахуванням наступного:

- *конфігурація* мережі – кільцева без тупикових відгалужень для мережі високого тиску;

- *матеріал* трубопроводів та арматури – сталь;

- *тиск* у мережі повинен бути не менше 0,2 МПа (20 м) – до пожежі, 0,6 МПа (60 м) – при пожежі;

- *розділення на ремонтні ділянки* – таким чином, щоб забезпечити при відключенні однієї з ділянок виключення не більше 2 ЛС (стаціонарних) або не більше 2 ПГ;

- *розташування ПГ* повинне забезпечити пожежогасіння кожного штабеля, купи, будівлі, споруди, складу, що обслуговується даною мережею, не менш ніж від 2 ПГ в радіусі не більше 100 м;

- до пожежних гідрантів повинен бути забезпечений *під'їзд, відстань* від основи штабелів та куп до пожежних гідрантів повинна бути не менше 8 м.

Відгалуження до ЛС (рис. 2.39):

- відгалуження від магістральної мережі обладнаються відповідно до рис. 2.40;

- діаметр відгалуження визначається розрахунковою витратою лафетного ствола, але повинен бути не менше 100 мм.

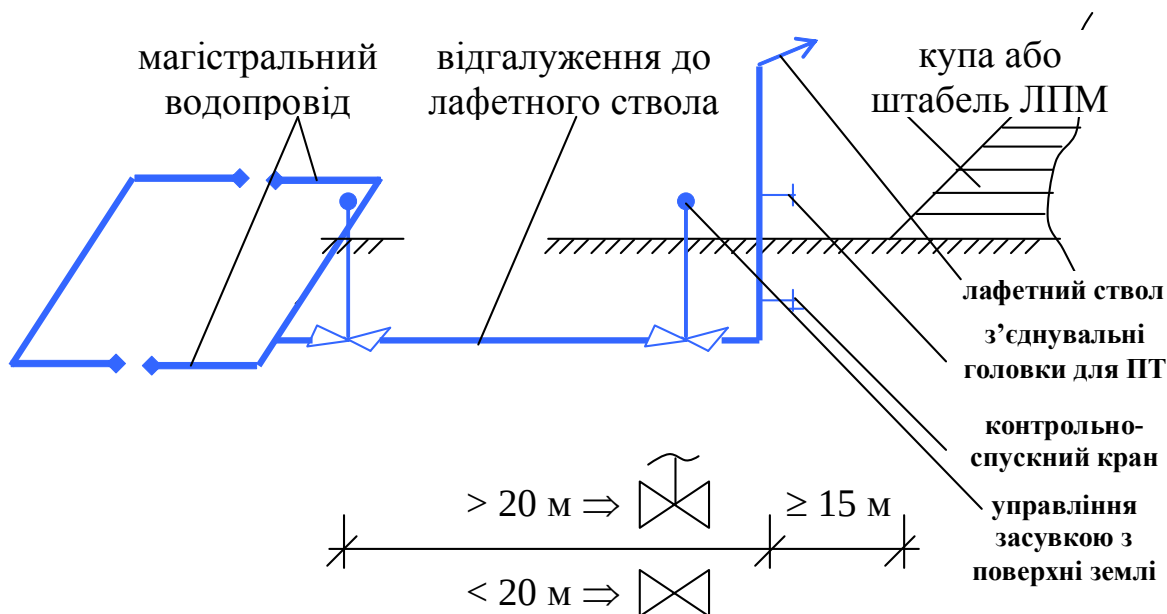


Рис. 2.40 – Встановлення арматури на відгалуженнях до лафетних стволів

На відгалуженні встановлюються **дві засувки**:

- на початку відгалуження;
- безпосередньо біля лафетного ствола.

Засувки повинні бути:

- з ручним приводом, якщо відстань до ЛС менше 20 м;
- з електроприводом, якщо відстань до ЛС більше 20 м;
- з управлінням з поверхні землі.

Стояки лафетних стволів повинні мати:

- з'єднувальні головки для приєднання пожежної техніки;
- контрольно-спускний кран діаметром не менше 50 мм.

Лафетні стволи встановлюються від основи купи або штабеля на відстані не менше 15 м та можуть бути встановлені:

- на вежах;
- на покрівлях будівель II ступеня вогнестійкості;
- на відкритій площадці.

Встановлення лафетних стволів на вежах дозволяє:

- захистити лафетні стволи від можливих ударів та руйнувань;
- зменшити потрібну довжину струменя зі ствола.

Зменшення потрібної довжини струменя дозволяє:

- значно знизити витрату та напір зі ствола;
- знизити потрібну потужність водопроводу і знизити його вартість.

Конструкції веж з лафетними стволами можуть бути:

- легкі (несуча конструкція – сталева труба, що подає воду до лафетного ствола);
- з огорожею зі збірного залізобетону;
- із залізобетону на пальовій основі.

Лафетні вежі необхідно будувати з негорючих матеріалів та обладнати сходами 3-го типу. Сходи з боку штабелів та куп повинні мати вогнезахисні екрани з негорючих матеріалів. Екрани повинні виступати за габарити сходів на 1 м з кожного боку.

Площини для встановлення лафетних стволів повинні бути в плані не менше 2,5×2,5 м або радіусом не менше 1,5 м, та мати огороження висотою 1,2 м.

Захист пожежних від теплового випромінювання може здійснюватися:

- установкою захисного щитка;
- використанням теплоізоляційних костюмів;
- облаштуванням водяної завіси.

Експлуатація **сталевих веж** на складах балансової деревини показала, що вежі в межах купи чи близько від неї піддаються руйнуванню деревиною, що падає при пожежі. Для зберігання веж установлюють додаткові огороження зі штабелів деревини, але це дуже трудомістка робота. Тому для складів балансової деревини розроблені **вежі з огороженням зі збірного залізобетону**.

Біля основи вежі влаштовується колодязь, в якому нижче глибини промерзання ґрунту встановлюється засувка, що керує подачею води до лафетного ствола, та кран для зливу води зі стояка. На рівень поверхні землі виводиться руль управління засувкою та контрольно-спускний кран діаметром 50 мм, що дозволяє перевірити роботу засувки та зливного крана (рис. 2.40).

Вежі із залізобетону на пальовій основі призначені для будівництва на болотистих ґрунтах.

Визначення місця встановлення ЛС

При визначенні **місця встановлення ЛС** необхідно враховувати, що можливі два варіанти вибору місця розташування лафетних стволів:

- якщо диктуюча точка знаходиться на гребені купи між вежами, то при цьому кожна точка буде зрошуватися одним струменем;
- якщо диктуюча точка знаходиться проти суміжного лафетного ствола, то при цьому кожна точка буде зрошуватися двома струменями.

При визначенні **відстані між ЛС**, необхідно знати **проекцію радіуса компактної частини струменя**, яка визначається за теоремою Піфагора:

$$R_{\text{пр}} = \sqrt{R_{\text{к}}^2 - (H_{\text{к}} - h_{\text{в}})^2}, \text{ м}, \quad (2.43)$$

де $R_{\text{к}}$ – радіус компактної частини струменя, м;
 $H_{\text{к}}$ – висота купи, м;
 $h_{\text{в}}$ – висота встановлення ствола (висота вежі), м.
Відстань між ЛС визначається:

$$L = k \sqrt{R_{\text{пр}}^2 - \left(\frac{B}{2} + b \right)^2}, \text{ м}, \quad (2.44)$$

де k – коефіцієнт, який визначається в залежності від кількості струменів на кожну точку ($k = 1$ – при двох струменях; $k = 2$ – при одному струмені);

B – ширина купи, м;

b – відстань від основи купи до ЛС, м.

При цьому необхідно уважно слідкувати за дотриманням наступного:

$$R_{\text{пр}} \geq \frac{B}{2} + b.$$

Якщо умова не виконується, це означає, що компактний струмінь не досягає гребеня купи, тобто:

- необхідно приймати обладнання, що забезпечить менші втрати напору;
- прийняти більш потужні насоси.

2.7.2. Будівництва систем протипожежного водопостачання на складах нафти та нафтопродуктів

Способи збереження нафти та нафтопродуктів

СНН (склади нафти та нафтопродуктів) – це самостійні підприємства або їх складові, які включають:

- резервуарний парк;
- комплекс будівель;
- комплекс споруд та комунікацій, що забезпечують оперативну діяльність СНН.

СНН *призначені* для:

- приймання;
- зберігання;
- реалізації нафти (нафтопродуктів).

Спосіб зберігання нафти та нафтопродуктів поділяється на два типи:

- наземний (з обвалуванням або огорожуючою стіною з негорючих матеріалів);
- підземний (для нафти та мазуту – з обвалуванням).

Резервуарний парк – група (групи) резервуарів, що призначені для:

- здійснення технологічних операцій приймання нафти (нафтопродуктів);
- зберігання нафти (нафтопродуктів);

- відкачування нафти (нафтопродуктів).

Резервуарний парк розташовується на території, що обмежена по периметру:

- обвалуванням або огорожувальною стінкою для наземних резервуарів (при наземному зберіганні);

- шляхами або протипожежними проїздами – для підземних резервуарів або прирівняних до них наземних, обгорнутих ґрунтом (при підземному зберіганні), а також резервуарів, що встановлені в котлованах або виїмках.

Резервуари для приймання, зберігання та відкачування нафти (нафтопродуктів) можуть бути:

- вертикальні (об'ємом 100 – 120000 м³):

- зі стаціонарною покрівлею (СПП – з понтоном та СП – без понтона);

- з плаваючою покрівлею (ПП);

- горизонтальні циліндричні (об'ємом 3 – 1000 м³).

Установки пожежогасіння складів нафти та нафтопродуктів

Засоби пожежогасіння:

- повітряно-механічна піна середньої кратності;

- порошкові сполуки;

- вода аерозольного розпилення;

- повітряно-механічна піна низької кратності за умовою її подачі в шар нафти або нафтопродукту.

Вибір установок пожежогасіння здійснюється в залежності від:

- місткості СНН;

- об'ємів одиничних резервуарів;

- розташування СНН;

- організації пожежної охорони на СНН або можливості скупчення необхідної кількості пожежної техніки із розташованих в радіусі 3 км відповідних підрозділів.

Гасіння пожежі на СНН може здійснюватися **установками пожежогасіння:**

- стаціонарні автоматичні (для наземних резервуарів об'ємом понад 5000 м³);

- стаціонарні неавтоматичні (для підземних резервуарів об'ємом понад 5000 м³);

- пересувні (для наземних та підземних резервуарів об'ємом до 5000 м³).

Стаціонарна установка автоматичного пінного пожежогасіння складається (рис.2.41):

- насосна станція;

- пункт для приготування розчину піноутворювача;
- резервуар для води;
- резервуар для піноутворювача;
- генератори піни, що встановлені на резервуарах у верхній (для гасіння піною середньої кратності) або нижній частині (при подачі піни низької кратності в шар нафти або нафтопродукту);
- дозуюча апаратура;
- трубопроводи для подачі розчину піноутворювача до генераторів піни;
- засоби автоматизації.

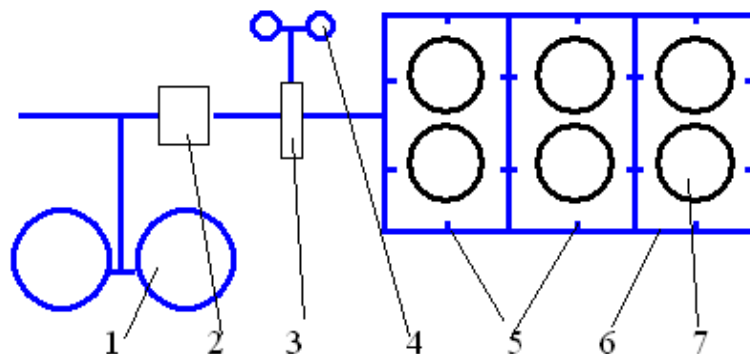


Рис. 2.41 – Загальна схема стаціонарної установки автоматичного пінного пожежогасіння:

1 – резервуари для води; 2 – насосна станція; 3 – пункт для приготування розчину піноутворювача; 4 – резервуари для піноутворювача; 5 – генератори піни; 6 – трубопроводи; 7 – резервуари

Резервуари для піноутворювача та води проектуються такими, щоб запас піноутворювача та води на приготування розчину піноутворювача забезпечував трикратну витрату на одну пожежу з урахуванням заповнення розчинопроводів. Крім того, повинен бути 100% резерв піноутворювача, який може використовуватися для пересувних установок. Зберігання резерву піноутворювача може передбачатись окремо від основного запасу.

Запас води аерозольного розпилу слід приймати за умови забезпечення двократної витрати на одну пожежу.

Для зберігання запасу піноутворювача (без урахування резерву) слід передбачати **не менше двох резервуарів**. Допускається передбачати один резервуар при:

- кількості піноутворювача до 10 м^3 включно;
- кількості піноутворювача понад 10 м^3 при умові розділення резервуара перегородками на відсіки, місткістю кожного не більше 10 м^3 .

Резервуари для води повинні поповнювати пожежний запас води за максимальний термін не більше 96 годин.

При розташуванні СНН на відстані до 200 м включно від природних водойм протипожежні резервуари та штучні водойми передбачати на СНН не слід.

При поповненні пожежного запасу води по одному водоводу не вимагається передбачати зберігання додаткового об'єму води на потреби пожежогасіння, за винятком сейсмічних районів будівництва.

Ємності для зберігання протипожежного запасу можуть використовуватися для інших цілей (як циркуляційні об'єми оборотних систем, приймання очищених стічних вод повторного використання допустимої якості) за умови, що цей запас є додатковим до максимального запасу на пожежогасіння.

Обладнання резервуарів та водойм, призначених для зберігання протипожежного запасу води, а також під'їзди до них слід передбачати у відповідності до ДБН В.2.5-74:2013.

Мережа розчинопроводів проектується кільцевою з тупиковими відгалуженнями (вводами) до резервуарів. Прокладається навколо резервуарного парку за межами зовнішнього обвалування парку на відстані не менше 10 м від залізничних колій.

На мережі встановлюються гідранти або стояки зі з'єднувальними головками для приєднання пожежних рукавів пересувних установок. Відстань між ПГ – не більше 130 м.

На мережі передбачаються заходи проти її замерзання або вона прокладається на глибині не менше 0,5 м нижче глибини промерзання ґрунту.

Мережа може бути сухотрубною.

Вільний тиск в мережі повинен забезпечувати роботу піногенераторів.

Тупикові відгалуження до наземних резервуарів об'ємом 10000 м³ та більше, що мають довжину понад 200 м, передбачають кількістю не менше двох з підключенням кожного до різних ділянок кільцевої мережі з подаванням кожним повної розрахункової витрати на пожежогасіння.

Піногенератори встановлюються:

- на відстані не більше 5 м на резервуарах з плаваючою покрівлею;
- рівномірно по периметру для інших резервуарів.

Необхідна **кількість піногенераторів** визначається в залежності від загальної витрати по їх середній продуктивності, але приймається не менше двох, при цьому запас засобів приймається по їх максимальній продуктивності.

Засоби автоматизації передбачаються такі, щоб інерційність стаціонарних УАПГ не перебільшувала 3 хв.

При застосуванні засувки з електроприводом в районах з можливим затопленням колодязів ґрунтовими водами, електропривід засувки повинен бути піднятий над рівнем землі і накритий захисним кожухом.

Систему керування установкою слід передбачати:

- у диспетчерському пункті (ДП) або в операторній (при відсутності ДП);
- в пожежному депо (при його наявності).

Стационарна установка неавтоматичного пінного пожежогасіння наземних резервуарів та приміщень виробничих будівель складається з тих же елементів, що і стаціонарна автоматична, за винятком засобів автоматизації, а для відкритих площадок, споруд (причали, естакади), підземних резервуарів, ще і за винятком стаціонарно встановлених піногенераторів.

Пересувна установка – пожежні автомобілі та (або) мотопомпи, а також засоби для подачі піни. Подача води передбачається з мережі зовнішнього водопроводу, протипожежних ємкостей або природних водойм.

Установки пінного пожежогасіння можуть влаштовуватися двох типів:

- з окремими розчинопроводом та протипожежним водопроводом;
- з об'єднаним протипожежним водопроводом з пунктами приготування розчину піноутворювача біля резервуарів.

Вибір типу установки здійснюється на підставі техніко-економічних розрахунків.

Установки охолодження СНН

Установки охолодження для резервуарних парків передбачаються:

- стаціонарні;
- пересувні.

В залежності від типу резервуарів (наземні чи підземні) та їх об'єму здійснюється вибір типу установки охолодження.

Установки охолодження стаціонарні облаштовуються для:

- наземних резервуарів з СПП та СП об'ємом понад 5000 м³;
- резервуарів з ПП об'ємом понад 50000 м³.

Установки охолодження пересувні облаштовуються для:

- наземних та підземних резервуарів з СПП та СП об'ємом до 5000 м³;
- підземних резервуарів об'ємом понад 400 м³.

Стационарна установка охолодження складається (рис. 2.42):

- горизонтальне секційне кільце зрошування (зрошувальний трубопровід з пристроєм для розпилу води та створення водяної завіси – перфорація, дренчерні голівки; діаметр отворів не менше 3 мм; отвори розташовуються по кільцю з направленням вниз під кутом 60° до зрошувальної поверхні і вгору – під кутом 75° (в бік покрівлі) для створення водяної завіси; висота водяної завіси повинна складати не менше 4 м; кільця зрошення повинні мати ухил не менше 0,0005 в бік постачальних трубопроводів; постачальні трубопроводи повинні мати ухил в бік спускних пристроїв), що розміщується у верхньому поясі резервуара;

- сухі стояки та горизонтальні трубопроводи, що з'єднують секційне кільце з мережею протипожежного водопроводу (на горизонтальному трубопроводі рекомендується встановлювати монтажні вузли з гайками для підключення пожежних рукавів);

– засувки з ручним приводом, що розміщені за обвалуванням та регулюють подачу води при пожежі і забезпечують охолодження всієї поверхні резервуара чи будь-якої його чверті або половини в залежності від розташування резервуарів у групі.

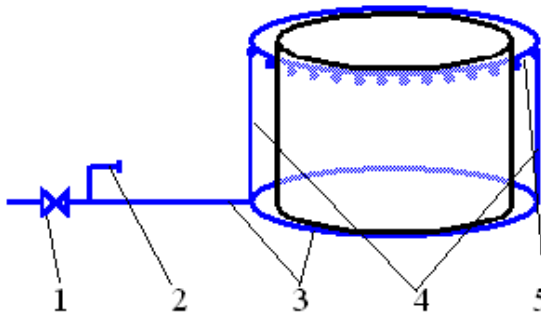


Рис. 2.42. Загальна схема стаціонарної установки охолодження:

1 – ручна засувка; 2- з'єднувальні головки для приєднання пожежних рукавів; 3 – трубопровід; 4 – сухі стояки; 5 – секційне кільце зрошування з пристроєм для розпилю води та створення водяної завіси

Пересувна установка охолодження резервуара – пожежні стволи, що приєднуються пожежними рукавами до:

- пожежних гідрантів;
- стояків зі з'єднувальними головками на мережі протипожежного водопроводу;
- пожежних машин та мотопомп.

Основні розрахункові параметри системи протипожежного водопостачання

Розрахункова кількість одночасних пожеж:

- одна – при площі СНН до 150 га;
- дві – при площі СНН понад 150 га.

Розрахункова тривалість гасіння:

- для стаціонарних установок – 10 хвилин;
- для пересувних – 15 хвилин.

Розрахункова тривалість охолодження:

- 3 години для:
 - наземних вертикальних резервуарів зі стаціонарною установкою гасіння;
 - наземних горизонтальних резервуарів;
 - підземних резервуарів;
- 6 годин – для наземних вертикальних резервуарів з гасінням пересувною технікою.

Витрати вогнегасних засобів визначають виходячи з нормативної інтенсивності їх подачі.

Тестове контрольне завдання

1. Вибір установок пожежогасіння на складах нафти та нафтопродуктів здійснюється в залежності:

- від наявності природних джерел водопостачання на відстані не більше 200 м від складів;
- від ємності та типу резервуарів, а також організації пожежної охорони складів (віддаленості частин та наявності необхідної кількості пожежної техніки);
- від нормативних витрат води на пожежогасіння резервуарів;
- від одночасної кількості пожеж на території складу;
- від загальної кількості резервуарів на території складу.

2. Загальна схема стаціонарної установки автоматичного пінного пожежогасіння складів нафти та нафтопродуктів складається з наступних елементів:

- насосна станція, пункт для приготування розчину піни, резервуари для води та піноутворювача, генератори піни, дозуюча апаратура, трубопроводи;
- насосна станція, пункт для приготування розчину піни, дозуюча апаратура, трубопроводи, засоби автоматизації;
- насосна станція, пункт для приготування розчину піни, резервуари для води та піноутворювача, генератори піни, дозуюча апаратура, трубопроводи, засоби автоматизації;
- резервуари для води та піноутворювача, генератори піни, дозуюча апаратура, трубопроводи, засоби автоматизації;
- насосна станція, трубопроводи, засоби автоматизації.

3. Розрахункова кількість одночасних пожеж для складів нафти та нафтопродуктів визначається:

- незалежно від площі підприємства – одна пожежа;
- незалежно від площі підприємства – дві пожежі;
- залежно від площі підприємства: одна пожежа – при площі СНН до 50 га, дві – при площі СНН понад 50 га;
- залежно від площі підприємства: одна пожежа - при площі СНН до 150 га, дві - при площі СНН понад 150 га;
- залежно від площі підприємства: дві пожежі – при площі СНН до 150 га, три – при площі СНН понад 150 га.

4. Розрахункова тривалість пінного пожежогасіння складів нафти та нафтопродуктів приймається:

- для стаціонарних установок пожежогасіння – протягом 10 хвилин, для пересувних – 15 хвилин;
- 3 години;
- 2 години;
- 5 годин;
- для стаціонарних установок пожежогасіння – 3 години, для пересувних – 10 хвилин.

5. Розрахункова тривалість охолодження резервуарів складів нафти та нафтопродуктів приймається:

- 3 години;
- 6 годин;
- 2 години – при використанні стаціонарної установки пожежогасіння, 3 години – при гасінні пересувною технікою;
- 3 години – при використанні стаціонарної установки пожежогасіння, 6 годин – при гасінні пересувною технікою;
- 10 хвилин – при використанні стаціонарної установки пожежогасіння, 15 хвилин – при гасінні пересувною технікою.

6. Вибір установки охолодження резервуарів складів нафти та нафтопродуктів здійснюється:

- залежно від типу резервуарів та їх об'єму;
- залежно від об'єму резервуарів;
- залежно від площі складу;
- залежно від нормативних витрат води на пожежогасіння складу;
- залежно від загального об'єму всіх резервуарів складу.

7. Кількість одночасних пожеж на складах лісопиломатеріалів приймається:

- одна пожежа – при площі складу до 50 га, дві пожежі – при площі складу понад 50 га;
- одна пожежа;
- дві пожежі;
- одна пожежа – при площі складу до 150 га, дві пожежі – при площі складу понад 150 га;
- дві пожежі – при площі складу до 50 га, три пожежі – при площі складу понад 50 га.

8. Тривалість гасіння пожежі на складах лісопиломатеріалів приймається:

- не менш 5 годин;
- 3 години;
- 6 годин;
- залежно від нормативних витрат води на пожежогасіння;
- залежно від площі складу.

9. Нормативні витрати води на пожежогасіння складів лісопиломатеріалів залежать від:

- виду лісопиломатеріалів та площі складу;
- виду лісопиломатеріалів, способу їх збереження та ємності складу;
- способу збереження лісопиломатеріалів та площі складу;
- виду лісопиломатеріалів та ємності складу;
- виду лісопиломатеріалів та способу їх збереження.

10. Кількість компактних струменів з лафетних стволів на кожну точку штабеля або купи лісопиломатеріалів приймається:

- два;

- два – при нормативній витраті води до 150 л/с, три – при витраті 150 – 180 л/с, чотири – при витраті понад 180 л/с;
- три;
- два – при нормативній витраті води до 150 л/с, три – при витраті понад 150 л/с;
- один – при нормативній витраті води до 150 л/с, два – при витраті 150 – 180 л/с, три – при витраті понад 180 л/с.

11. Лафетні установки пожежогасіння на складах лісопиломатеріалів установлюють стаціонарними, якщо:

- нормативні витрати води на пожежогасіння не більше 90 л/с;
- кількість струменів на кожную точку штабеля або купи лісопиломатеріалів не менше трьох;
- нормативні витрати води на пожежогасіння 20 – 90 л/с;
- кількість струменів на кожную точку штабеля або купи лісопиломатеріалів не менше двох;
- нормативні витрати води на пожежогасіння понад 90 л/с.

12. Загальна схема системи протипожежного водопостачання складів лісопиломатеріалів складається з наступних елементів:

- насосна станція першого підйому, резервуар чистої води, насосна станція другого підйому, водопровідна мережа;
- штучне вододжерело, водопровідна мережа, лафетні стволи;
- насосна станція, водопровідна мережа, пожежні гідранти;
- насосна станція першого та другого підйомів, водопровідна мережа, пожежні гідранти;
- вододжерело, насосна станція, магістральна кільцева водопровідна мережа, тупикові відгалуження до лафетних стволів, лафетні стволи.

2.8. Внутрішній протипожежний водопровід

2.8.1. Призначення, класифікація та основні елементи внутрішнього протипожежного водопроводу

Внутрішній протипожежний водопровід (ВПВ) – система інженерно-технічних споруд, які призначені для подачі води на пожежогасіння всередині будівель та споруд.

Внутрішні водопроводи класифікують:

– за призначенням:

- господарсько-питні (для подачі води до водорозбірних кранів, господарсько-побутових приладів);
- виробничі (призначені для подачі води на технологічні потреби);
- протипожежні (забезпечують подачу води для цілей внутрішнього пожежогасіння будівель);
- об'єднані (господарсько-протипожежні, господарсько-виробничо-протипожежні та інші);

– за місцем прокладання магістрального трубопроводу:

- з нижньою розводкою (магістральний трубопровід прокладається у підвалі або на першому поверсі) (рис. 2.43 а);
- з верхньою розводкою (магістральний трубопровід прокладається на верхньому технічному поверсі або на горищі) (рис. 2.43 б);
- **за способом забезпечення необхідного напору:**
 - без підвищувальних установок;
 - з підвищувальними установками (насосами-підвищувачами, водонапірним баком або гідропневмоустановкою, запасним резервуаром);
- **за кількістю зон** (в залежності від висоти будівлі):
 - беззонні системи;
 - з розділенням на зони:
 - паралельні;
 - послідовні;
 - змішані;
- **за конфігурацією магістрального трубопроводу:**
 - кільцеві;
 - тупикові.

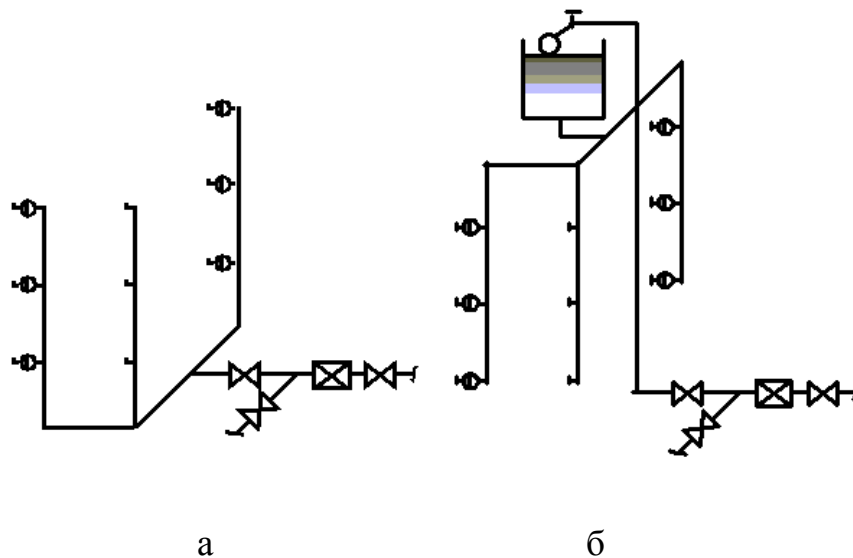


Рис. 2.43 – Схеми внутрішнього протипожежного водопроводу:

а) з нижньою розводкою, б) з верхньою розводкою

Загальна схема системи внутрішнього водопостачання житлової будівлі наведена на рис. 2.44.

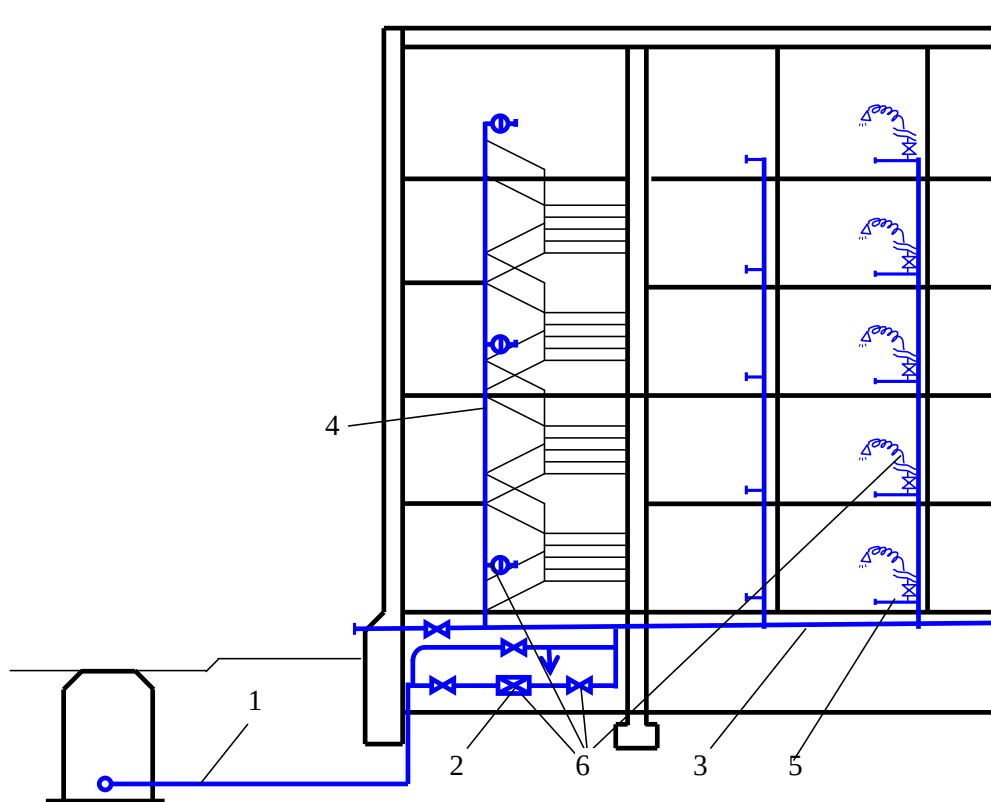


Рис. 2.44 – Елементи внутрішнього водопроводу:

1 – ввід; 2 – водомірний вузол; 3 – магістральний трубопровід; 4 – стояки; 5 – розподільча мережа поверхів; 6 – арматура

Внутрішній протипожежний водопровід складається з наступних елементів:



Рис. 2.45 – Водомірний вузол

– **ввід** – частина мережі, що приєднує внутрішню мережу до зовнішньої;

– **водомірний вузол** – вузол, що складається з лічильнику, засувки до і після лічильника, обвідної лінії з засувкою і контрольно-спускним краном (рис. 2.45);

– **магістральний трубопровід** – частина ВПВ, що прокладається в підвальному або на першому поверсі (при нижній розводці), чи на горищі або верхньому поверсі (при верхній розводці); забезпечує подачу води до розподільчої частини мережі; може бути кільцевої або тупикової конфігурації;

– **стояки** – частина розподільчої мережі, що з'єднує магістральну мережу з розподільчою мережею поверхів по вертикалі;

– **розподільча мережа поверхів** – труби кожного поверху, що забезпечують подачу води до водорозбірних приладів;

– **арматура** може бути трьох типів:

- водорозбірні прилади (арматура) – пристрої, за допомогою яких забирається вода з мережі (змішувачі, крани, пожежні кран-комплекти);
- запірно-регулююча арматура – прилади, за допомогою яких здійснюється відключення – включення будь-яких ділянок мережі та регулювання витрат води (засувки, вентилі, зворотні клапани);
- контролююча арматура – пристрої, що забезпечують контроль роботи елементів системи внутрішнього протипожежного водопроводу (лічильник, манометр, рівнемір).

Матеріал трубопроводів мереж внутрішнього водопроводу вибирають в залежності від вимог до матеріалу, якості та температури води, тиску та економічної доцільності. Труби для різних систем водопроводу приймають за таблицею 2.21.

Таблиця 2.21 – Види труб, що використовуються в системах водопостачання

Труби	Умовний прохід, мм	Галузь використання
1. Сталеві водогазопровідні за ГОСТ 3262–75 зі змінами:		
– звичайні оцинковані	10 – 50	системи водопроводу для подачі води питної якості при тиску до 1,6 МПа
– посилені оцинковані та чорні	10 – 50	всі системи водопостачання за необхідності забезпечення підвищеної надійності та при схованій прокладці в штробах
2. Електрозварні за ГОСТ 10704–76 зі змінами	65 – 500	системи господарсько-питного, виробничого та протипожежного водопроводу при тиску до 1,6 МПа
3. Чавунні напірні класів ЛА, А та Б за ГОСТ 9583–75	65 – 300	вводи водопроводу при тиску 2,5 – 3,5 МПа
4. Азбестоцементні напірні марок ВТ–6, ВТ–9 за ГОСТ 539–80	100 – 300	вводи водопроводу
5. Напірні із поліетилену за ГОСТ 18599–73 зі змінами	15 – 300	системи господарсько-питного, виробничого водопроводу при тиску до 1 МПа

Сталеві труби з корозійностійкої сталі, скляні і пластмасові (вініпластові та поліетиленові) для систем внутрішнього протипожежного водопостачання не використовуються.

Внутрішні магістральні та розподільчі мережі виробничих будівель прокладають відкритим способом по фермах (крім протипожежного водопроводу), колонах, стінах та під перекриттями. Якщо відкрите прокладання здійснити не можна, тоді допускається розміщення водопровідних мереж у спеціальних каналах разом з іншими трубопроводами, зокрема трубопроводами, що транспортують ЛЗР, ГР, горючі та отруйні гази.

В житлових та громадських будівлях магістральні мережі прокладають:

- в підвальних, технічних поверхах, технічних підпіллях, технічних горищах;
- в підпільних каналах першого поверху разом з трубопроводами опалення та гарячого водопостачання;
- під підлогою (для цього робиться зйомний фриз);
- по стінах.

Стояки розташовують відкрито по стінах та перегородках туалетів, умивальних, душових, кухонь та інших приміщень, або сховано у борознах та шахтах.

Водопровідна арматура. Запірну арматуру встановлюють:

- на кожному вводі;
- на кільцевому магістральному трубопроводі для можливості вимикання на ремонт окремих ділянок (не більше п'яти пожежних кран-комплектів на одному поверсі і не більше одного стояка в будинках висотою більше 50 м);
- в основі пожежних стояків за наявності п'яти та більше пожежних кранів; на відгалуженнях від магістральних ліній водопроводу.

На закільцьованих по вертикалі стояках запірну арматуру встановлюють в основі та на верхніх кінцях стояків.

На кільцевих ділянках мережі застосовують арматуру, що забезпечує пропуск води у двох напрямках.

На водопровідних стояках, що проходять через магазини, їдальні, ресторани та інші приміщення і недоступні для огляду у нічний час, запірну арматуру розміщують у підвалі або технічному підпіллі, що мають вільний доступ.



Рис. 2.46 – Вентиль запірний фланцевий

Вентилі (рис. 2.46) призначені для відключення окремих ділянок водопровідної мережі на час ремонту. Можуть бути двох типів: фланцеві та муфтові. Випускаються діаметром 15 – 50 мм – звичайні з ручним управлінням; 65 мм – з електроприводом; 80 мм – з ковкого чавуну.

Вентилі рекомендується використовувати при діаметрі трубопроводу до 50 мм (як найбільш дешеві); при тиску в мережі більше 1 МПа (вентилі з ковкого чавуну); за необхідності пропуску води в одному напрямку.

Засувки (рис. 2.47) призначені для відключення окремих ділянок водопровідної мережі на час ремонту та для переключення напрямку руху води. Можуть бути паралельні або клинові, за способом з'єднання з трубопроводом – фланцеві або муфтові.



Рис. 2.47 – Засувка латунна муфтова

цьованих вводами мережах з перемінним тиском та при частому включенні запірної арматури; за необхідності пропуску води в двох напрямках.

Рекомендується застосовувати паралельні засувки, тому що в них обробка та притирання кілець, що ущільнюють, простіше та легше, ніж у клинових засувках.

У засувках з висувним шпинделем можна легко робити очищення і змащення різьблення шпинделя, однак для їхнього розміщення потрібна велика висота.

Засувки, як правило, встановлюють в приміщеннях, які мають доступ для управління, огляду та ремонту (в насосних станціях, камерах, колодязях, прямках та на відкритих трубопроводах).



Рис. 2.48 – Зворотний клапан муфтовий

Випускаються діаметром від 50 мм до 400 мм.

Управління засувками:

- ручне маховиком (при діаметрі до 300 мм);
- від гідроприводу (при діаметрі 200 – 400 мм);
- від електроприводу (при діаметрі більше 300 мм).

Засувки рекомендується використовувати при діаметрі трубопроводу більше 50 мм; на кільцевих або закріплених

Зворотні клапани (рис. 2.48) призначені для запобігання зворотного руху води в трубопроводі. За способом приєднання до трубопроводу можуть бути муфтові та фланцеві. Випускаються діаметром від 15 мм до 600 мм.

Поділяються за класифікацією на:

- підйомні (фланцеві або муфтові);
- поворотні (однорічкові або з кінцями впритул).

Зворотні клапани встановлюються на вводах будівель, якщо внутрішня мережа має два вводи з лічильниками; при цьому вводи з'єднуються між собою всередині будівлі; на патрубках для приєднання пожежної техніки, які виводяться назовні із внутрішньої мережі



**Рис. 2.49 – Регулятор тиску
«після себе»**

Регулятори тиску. На ділянках водопровідної мережі з надлишковим тиском, для будівель з умовною висотою понад 47 м, а також на відгалуженнях у квартири при тиску води на поверсі вище 0,45 МПа для зниження тиску та зменшення втрат напору на вводах водопроводу або на відгалуженнях до водорозбірних приборів на кожному поверсі будівлі рекомендується встановлювати:

- при постійних витратах – дискові діафрагми з центральним отвором;
- при змінних витратах – регуля-

тори тиску прямої дії “після себе” (рис. 2.49).

Встановлення регуляторів тиску необхідно передбачати:

- на вводах господарсько-питних мереж, якщо тиск на ввіді перевищує 0,45 МПа;
- на вводах протипожежних мереж, якщо тиск на ввіді перевищує 0,9 МПа;
- на господарсько-питному трубопроводі, що підключений після пожежних насосів у будівлях, що мають окремі системи господарсько-питного та протипожежного водопостачання.

Регулятор тиску встановлюється на вводах систем водопостачання в будинках, спорудах після запірної арматури, що відключає лічильник якості води, або після насосів питного водопостачання, при цьому після регуляторів необхідно передбачати установку запірної арматури. Для контролю за роботою і наладкою регулятора тиску до і після нього повинні бути встановлені манометри.

Установку регуляторів тиску треба передбачати на ввіді в квартиру після запірної арматури з установкою манометра після нього для наладки регулятора та контролю його роботи. Далі облаштовується водомірний вузол без запірної арматури на ділянці між регулятором тиску та фільтром механічним або магнітомеханічним.

Вибір типу регулювання тиску можна здійснювати за допомогою табл. 2.22.

В будівлях висотою 20 – 40 м (до 47 м) для зниження надлишкового тиску у водорозбірних точках, забезпечення безперервної роботи внутрішнього водопроводу та пропуску розрахункових витрат води встановлюють тонкі діафрагми з центральним отвором.

Таблиця 2.22 – Рекомендації щодо регулювання тиску в мережі

Висота будівлі, м	Рекомендації
20	встановлення стабілізаторів тиску на вводах водопроводу діаметром 50 – 150 мм
40 (при змінах тиску протягом доби більше 10 м)	1) встановлення стабілізаторів тиску на вводах водопроводу діаметром 50 – 250 мм; 2) встановлення діафрагм у водорозбірній арматурі, пристроях, обладнанні пожежних кранів
більше 40	встановлення стабілізаторів тиску діаметром 15 – 20 мм на підведеннях до водорозбірної арматури

Пожежні кран-комплекти (ПКК) розміщують на мережах протипожежних водопроводів біля входів, на площадках опалювальних сходових кліток (крім незадимлюваних), в вестибюлях, коридорах, проходах та в інших найбільш доступних місцях на висоті 1,35 м над підлогою приміщення і розмішувати їх у вбудованих або навісних шафах, які мають отвори для провітрювання і пристосовані для опломбування та візуального огляду їх без розкриття.

Спарені пожежні кран-комплекти допускається встановлювати один над одним, при цьому другий кран-комплект встановлюється на висоті не менше 1 м від підлоги. Розміщення шаф, в яких розташовані пожежні-кран-комплекти, не повинно зменшувати нормативної ширини шляхів евакуації, а також повинно забезпечувати вільний доступ для пожежно-рятувальних підрозділів та їх обладнання до систем протипожежного водопроводу.



Зовнішнє оформлення дверей пожежних шаф повинно відповідати вимогам ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір», відповідно до таблиці 3.3 якого пожежний кран-комплект позначається квадратним або прямокутним знаком, виконаним на червоному фоні білим кольором.

У шафах пожежних кран-комплектів у будинках, будівлях, спорудах будь-якого призначення, окрім розміщення в них пожежного кран-комплекту діаметром 50 мм або 65 мм, виконаних відповідно до [7] (рис.2.50), в якості первинних засобів пожежогасіння слід передбачати ([5], п. 8.13):

- розташування пожежного кран-комплекту діаметром 25 мм, виконаного та укомплектованого відповідно до [6] (крім складських споруд);
- місце для розміщення двох ручних вогнегасників (крім житлових будинків).

Крім того, у шафах пожежних кран-комплектів повинна бути передбачена можливість встановлення кнопок дистанційного запускання пожежних насосів та відкриття запірної арматури на обвідній лінії водомірного вузла, кнопок відкриття поверхових клапанів димотепловидалення та включення вентиляторів димотепловидалення та підпору повітря, датчиків положення вхідної запірної арматури пожежних кран-комплектів та датчика відчинення шафи пожежного кран-комплекту.



а



б

Рис. 2.50 – Пожежні кран-комплекти:

а) із встановленням одного ПК; б) із встановленням спареного ПКК з приєднанням до одного водопровідного стояка.

Формування командного імпульсу автоматичного пуску насосів підвищувачів тиску та відкривання запірної арматури з електроприводом на обвідній лінії водомірного вузла необхідно здійснювати від датчика положення вхідної запірної арматури пожежного кран-комплекту в разі відкривання наполовину будь-якої з вхідної запірної арматури пожежних кран-комплектів.

У будинках, будівлях, спорудах або їх частинах, розділених на протипожежні відсіки протипожежними стінами 1-го типу, треба застосовувати насадки, стволи і пожежні-кран-комплекти однакового діаметра і пожежні рукава однієї довжини.

При визначенні *місць розміщення та кількості пожежних стояків* і пожежних кран-комплектів у будинках, будівлях, спорудах необхідно враховувати наступне:

- у житлових будинках з кількістю струменів два пожежні кран-комплекти слід розміщувати на окремих стояках;
- у виробничих, житлових і громадських будинках при розрахунковій кількості струменів не менше ніж три на стояках допускається встановлювати **спарені** пожежні кран-комплекти;
- радіус дії пожежних кран-комплектів доцільно приймати таким, що дорівнює довжині пожежного рукава з урахуванням довжини компактної частини струменя, укорочення прямолінійності довжини рукава на 30 % та розміщення технологічного обладнання.

Установку пожежних кран-комплектів на технічних поверхах, на горищах і в технічних підпіллях треба передбачати за наявності в них горючих матеріалів і огорожувальних конструкцій виконаних із застосуванням горючих матеріалів.

Кількість струменів, які подаються з кожного стояка, треба приймати **не більше двох** без врахування пожежного кран-комплекту, виконаного відповідно до [6] , обладнаного катушкою з напівжорстким рукавом діаметром не менше 25 мм. Для будинків, будівель, споруд, які мають розрахункову кількість струменів, яка дорівнює восьми, розрахунок мереж допускається виконувати за умови використання чотирьох струменів на поверсі і по два струменя над і під поверхом.

Встановлення пожежних кран-комплектів у технічних поверхах, на горищах і в техпідпіллях варто передбачати при наявності в них горючих матеріалів і конструкцій.



Рис. 2.51 – Датчик положення вхідної запірної арматури пожежного кран-комплекту

Датчик положення вхідної запірної арматури пожежних кран-комплектів (рис.2.51) встановлюється на штоку крана так, щоб не заважати його відкриттю/закриттю. У конструкцію входять наступні елементи (рис. 2.51):

- упорне кільце;
- корпус датчика;
- шестигранний кронштейн датчика;
- мікроперемикач.

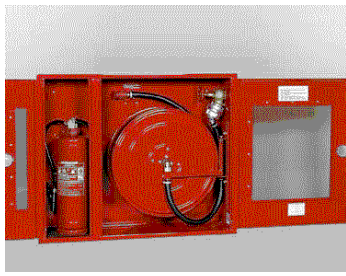
Для підключення датчика використовується трьохжильний кабель із параметрами, що не перевищують параметри мікроперемикача.

Встановлення датчика положення виконується тільки після монтажу пожежного кран-комплекту в систему протипожежного водопроводу.

Пожежний кран-комплект, виконаний відповідно до [6] (рис.2.52), складається з рукава, розпорошувача з перекривним пристроєм та встановлюється:

– в квартирах житлових будівель з умовною висотою понад 47 м, приєднується до мережі господарсько-питного водопроводу будівлі та складається з пожежного рукава довжиною 15 м, діаметром 19 мм (або 25, 33 мм) на катушці та розпорошувача, забезпечує можливість подачі води в будь-яку точку квартири з урахуванням отримання струменя води довжиною 3 м (ДБН В.2.5-64:2013 «Внутрішній водопровід та каналізація» п. 8.3, ДБН В.2.2-15:2005 «Житлові будівлі» п. 4.27, ДБН В.2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових та громадських будівель» п. 9.108);

– в шафах пожежних кран-комплектів разом з пожежним кран-комплексом діаметром 50 мм або 65 мм, складається з напівжорсткого рукава діаметром 25 мм на катушці, приєднується до пожежного стояка через вхідний запірний вентиль (ДБН В.2.2-24-2009 «Проектування висотних житлових та громадських будівель» п. 9.106, ДБН В.2.5-64:2013 «Внутрішній водопровід та каналізація» п. 8.13).



а

б

в

г

Рис. 2.52 –Способи зберігання пожежних кран-комплектів:

а) в шафі; б) на спеціальній касеті; в) в сумці; г) на катушці.

Вводи. Частину трубопроводу між внутрішньою та зовнішньою мережею прокладають з ухилом не менше 0,003 до зовнішньої мережі. При проходженні вводу під стіною (стрічкові фундаменти, велика глибина залягання вводу) стояк трубопроводу прокладають (для запобігання замерзанню) на відстані від внутрішньої поверхні стіни до зовнішнього борту розтруба трубопроводу не менше 0,2 м.

При перетинанні вводу зі стіною або фундаментом його необхідно оберегти від пошкодження. Для цього залишають зазор над трубою 0,2 м та заповнюють його водонепроникним еластичним матеріалом (м'ятою глиною).

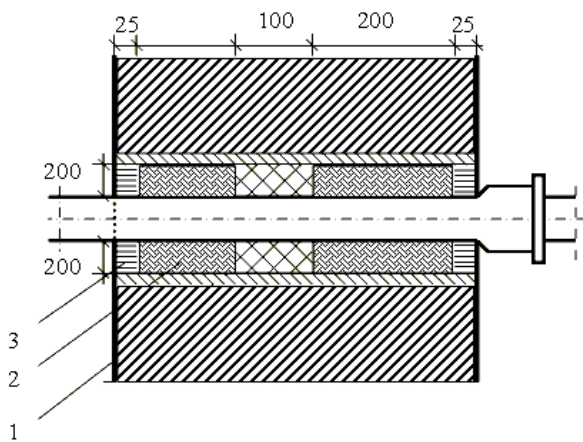


Рис. 2.53. Ввід водопроводу крізь стіну підвалу в сухих ґрунтах:

1 – футляр зі сталеві труби; 2 – м'ята глина;
3 – закладення цементним розчином

В сухих ґрунтах при перетинанні стін чи фундаментів вводи рекомендується прокладати у футлярах зі сталевих труб з наступним закладенням смоляною пасмою та м'ятою глиною, а зовні – цементним розчином (рис. 2.53).

Вводи у підвали при вологих та мокрих ґрунтах прокладають з використанням патрубків, а за наявності підземних вод використовують сальники (рис. 2.54). Розміри сальників наведені в табл. 2.23.

Відстань між вводами господарсько-питного водопроводу та випусками каналізації:

– в горизонтальній площині – не менше 1,5 м (діаметр вводу до 200 мм), не менше 3 м (діаметр вводу більше 200 мм);

– у вертикальній площині – не менше 0,4 м при прокладанні господарсько-питного вводу зверху, при прокладанні знизу використовується футляр.

Один ввід може обслуговувати дві допоміжні або невеликі виробничі будівлі, для чого встановлюють додаткове відгалуження після засувки.

За кількості вводів два та більше, їх необхідно приєднати до різних ділянок зовнішньої мережі; між вводами до однієї будівлі необхідно встановлювати засувку для забезпечення подачі води в будівлю при аварії на одній з ділянок зовнішньої мережі.

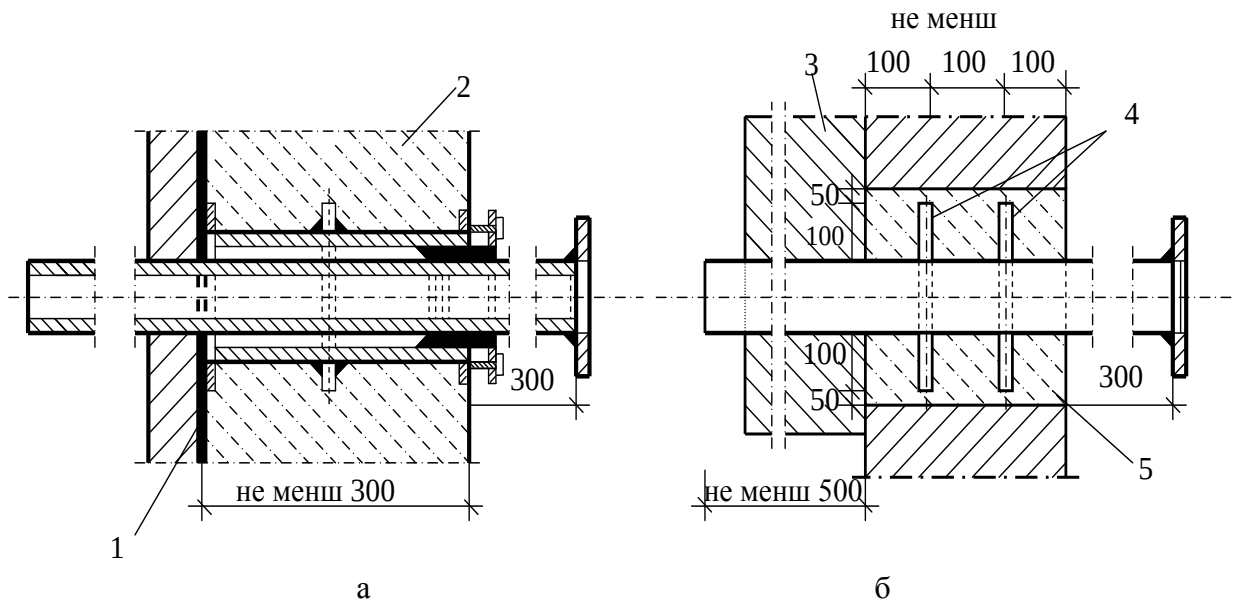


Рис. 2.54 – Ввід водопроводу:

- а) з використанням сальників (за наявності підземних вод);
 б) з використанням ребристого патрубку (для вологих та мокрих ґрунтів), 1 – гідроізоляція; 2 – монолітна стіна; 3 – замок з м'ятої глини; 4 – приварні ребра; 5 – закладення бетонним розчином.

Таблиця 2.23 – Діаметри футлярів та сальників для вводів

Матеріал труб вводу	Діаметр, що рекомендується, мм		
	ввід	футляр	сальник
Сталь	25	219	—
	40	245	—
	50	273	—
	75	299	—
	100	325	—
Чавун	65	299	114
	100	325	152
	150	377	194

При встановленні в будівлі насосів для підвищення тиску у внутрішній мережі:

- вводи об'єднують перед насосами; на з'єднувальному трубопроводі передбачають встановлення засувки для забезпечення водою кожного насоса від кожного вводу;
- вводи не об'єднують, якщо на кожному ввіді встановлені самостійні окремі насоси.

До зовнішньої мережі вводи приєднуються під прямим кутом; за діагоналлю (лінія стіни перетинається під кутом не менше 45 градусів, при цьому ввід не перетинається з будь-якими тунелями); або з двома поворотами (при приєднанні за діагоналлю створюється кут менше 45 градусів або є будь-які перешкоди для косого направлення вводу).

Лічильники.

Для будинків, будівель або споруд, які будуються, реконструюються, реставруються, технічно переоснащуються та капітально ремонтуються, з гарячим і/або холодним водопроводом треба передбачати вузли обліку витрат води з витратомірами (лічильниками) холодної і гарячої води, параметри яких повинні відповідати діючим стандартам, технічному регламенту щодо суттєвих вимог до вимірювальної техніки та бути обладнаними пристроями для знімання інформації, передачі її на диспетчерський пункт, диспетчеризації.

Лічильники води слід установлювати:

- на вводах трубопроводів холодного і гарячого водопроводу в кожний будинок, будівлю або споруду;
- на вводах трубопроводів холодного і гарячого водопроводу у кожную квартиру житлового будинку;
- на відгалуженнях трубопроводів у будь-які нежитлові приміщення, вбудовані або прибудовані до житлових, виробничих або громадських будівель;
- за завданням на проектування – на підвідних трубопроводах до окремих санітарно-технічних приладів і до технологічного обладнання.

Для лічильників води, які установлюються на вводах в квартири, дозволяється застосовувати захист від маніпулювання показаннями лічильників.

При встановленні на ввіді в квартиру «малого теплового пункту» (квартирного теплового пункту) треба перед ним передбачати встановлення теплового лічильника, який визначатиме спожиту те порву енергію, у тому числі й системою гарячого водопостачання, та лічильник холодної води, який визначатиме об'єм спожитої води і системою гарячого водопостачання, у тому числі пристроями для знімання інформації (витрат тепла, води, температур тощо).

Перед лічильниками (по ходу руху води) рекомендується відповідно до вимог, які викладені в інструкції з експлуатації, передбачати встановлення механічних або магнітомеханічних фільтрів. Втрати тиску у фільтрі не повинні перевищувати 50 % втрат тиску, вказаних у паспорті на лічильник.

У системах окремого протипожежного водопроводу установлення лічильників води не потрібне.

Лічильники на вводах холодної (гарячої) води в будинок, будівлю, споруду належить встановлювати після подавання води в будинок, будівлю, споруду або після перетину не більше ніж двох внутрішніх стін (приміщень) у приміщенні зі штучним або природним освітленням і температурою повітря не нижче ніж 5 °С.

Лічильники холодної і гарячої води рекомендується встановлювати в одному приміщенні (бажано суміжному з приміщенням для встановлення теплоточисельників в системі опалення будинку, будівлі, споруди).

Лічильники необхідно розміщувати так, щоб до них був доступ для зчитування показань, обслуговування, зняття для метрологічної перевірки. Для лічильників з масою понад 25 кг повинен бути передбачений достатній простір для підйомного механізму. Підлога приміщення для встановлення лічильників повинна бути рівною та твердою.

Лічильники води повинні бути захищені від вібрації (допустимі вібрації приймаються відповідно до даних паспортів приладів). Лічильники не повинні піддаватися механічним впливам від ваги трубопроводів і запірної арматури і повинні бути змонтовані на підставці або кронштейнах.

Установлення лічильників гарячої і холодної води на горизонтальних або вертикальних ділянках трубопроводів визначається виробником.

При конструюванні трубного обв'язування вузла (водомірного вузла) установлення лічильників холодної і гарячої води потрібно (рис. 5.45, 5.55):

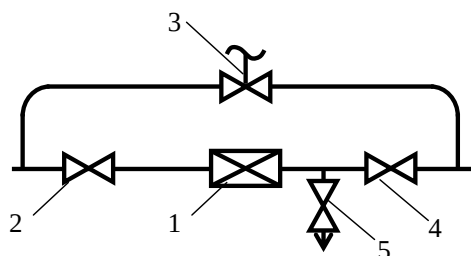


Рис. 2.55 – Схема розташування лічильника в межах водомірного вузла:

1 – лічильник; 2, 4 – засувки; 3 – електрозасувка на обвідній лінії; 5 – контрольний кран

– з кожної сторони лічильника передбачати запірну арматуру; для лічильників води на вводах водопроводів у квартири запірна арматура встановлюється тільки до лічильників (по ходу руху води);

– між лічильником (окрім лічильника на вводі в квартиру) і другою (по ходу руху води) запірною арматурою встановлювати контрольний кульовий кран з постійно встановленою заглушкою, який призначений для підключення пристроїв метрологічної перевірки лічильників; такий кран треба встановлювати на відстані не більше ніж 0,5 м після запірної арматури, для трубопроводів діаметром 50 мм діаметр контрольних кранів дорівнює 15 мм, діаметром більше 50 мм – 25 мм;

– з кожної сторони лічильників передбачати прямі ділянки трубопроводів, довжина яких встановлюється відповідно до вимог паспорта лічильника.

Обвідну лінію для лічильників холодної води треба влаштовувати, якщо:

– є один ввід питного або об'єднаного питного та протипожежного водопроводів у будинок, будівлю, споруду;

– лічильник води не розрахований на пропуск розрахункової максимальної секундної витрати води з урахуванням витрати води на пожежогасіння.

Вся запірна арматура вузлів лічильників повинна бути опломбована у відкритому стані, а запірна арматура на обвідній лінії – у закритому стані. При установленні лічильника без врахування можливості пропуску пожежних витрат води, запірну арматуру на обвідній лінії лічильників води необхідно обладнувати електроприводом із пуском від кнопок, встановлених у шафах

пожежних кран-комплектів, або від датчиків положення вхідної запірної арматури пожежних кран-комплектів.

При двох вводах водопроводу встановлюються лічильники води на кожному вводі без обвідної лінії.

Вибирати лічильники (витратоміри) холодної і гарячої води треба відповідно до вимог ДСТУ-Н «Настанова щодо вибору та улаштування лічильників води та тепла у багатоквартирних будинках».

Втрати тиску в лічильниках холодної та гарячої води потрібно визначати згідно з технічною документацією на лічильники.

Лічильники можуть бути (рис. 2.56):

- крильчасті (звичайно використовуються при витратах води до 4,17 л/с);
- турбінні (найчастіше використовуються при витратах води більше 4,17 л/с);
- комбіновані.

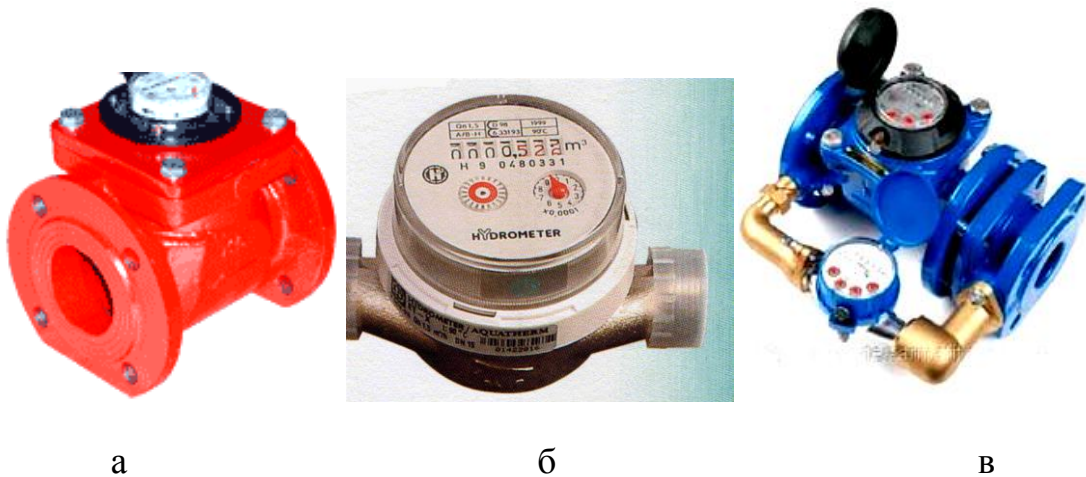


Рис. 2.56 – Лічильники:

а) турбінний; б) крильчастий; в) комбінований.

Крильчасті лічильники (рис. 2.56 а) приєднуються до трубопроводів на фланцях або муфтах (при цьому повинен передбачатися згін для швидкого зняття його без пошкодження трубопроводу); до та після лічильника повинні бути встановлені вентиля або засувки (між лічильником та другим за напрямком руху води вентилям (засувкою) встановлюється контрольний кран діаметром 15 мм). Крильчасті лічильники встановлюються тільки горизонтально.

Турбінні лічильники (рис. 2.56 б) приєднуються до трубопроводів на фланцях; встановлюються в горизонтальному, в нахиленому або у вертикальному положенні (якщо вода рухається знизу вгору); до та після лічильника повинні бути встановлені вентиля або засувки (між лічильником та другим за напрямком руху води вентилям (засувкою) встановлюється контрольний кран діаметром 20 мм); для діаметра лічильника більше 150 мм замість контрольних кранів необхідно встановлювати на відгалуженні трійники та вентиля.

Комбіновані лічильники (рис. 2.56 в) складаються з двох вимірювальних приладів (великий та малий) та встановлюються за умовами значних змін витрат води в мережі.

2.8.2. Схеми внутрішнього протипожежного водопроводу

Вибір схеми внутрішнього протипожежного водопроводу (ВПВ) залежить від співвідношення необхідного напору на ввіді в будівлю та гарантованого напору в зовнішній мережі.

Можливі наступні схеми внутрішніх водопроводів.

Схема без підвищувальних установок (рис. 2.43 а) влаштовується у тому випадку, коли гарантований напір зовнішнього водопроводу більший за напір, що необхідний для роботи господарсько-питних приладів та пожежних кран-комплектів:

$$H < H_{\text{гар}} > H^{\text{пож}},$$

де $H_{\text{гар}}$ – гарантований напір в зовнішній мережі, м;
 H – напір, необхідний для роботи господарсько-питних приладів, м;
 $H_{\text{пож}}$ – напір, необхідний для роботи пожежних кран-комплектів, м.

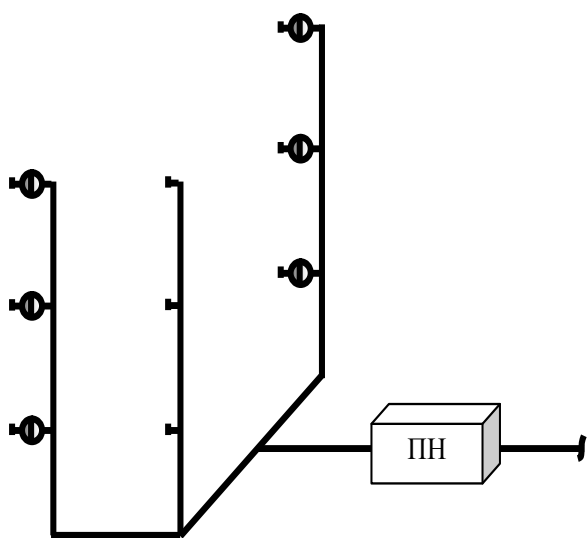


Рис. 2.57. Схема водопроводу з пожежними насосами-підвищувачами (ПН)

Схема з пожежними насосами-підвищувачами (рис. 2.57) використовується за умовою:

$$H < H_{\text{гар}} < H^{\text{пож}}.$$

У звичайний час роботи мережі вода подається від зовнішньої мережі до внутрішньої через лічильник, в обхід пожежного насоса, при цьому електрозасувка, яка встановлена на обвідній лінії вodomірного вузла, закрита.

При пожежі включається пожежний насос. Пуск насоса здійснюється дистанційно від кнопки, що встановлена в шафі кожного пожежного кран-комплекту або від датчика положення вхідної запірної арматури пожежного кран-комплекту (за його наявності). Одночасно з включенням електродвигуна насоса відкривається електрозасувка обвідної лінії. При пожежі працює лише пожежний насос (насоси). Він забезпечує подачу розрахункової витрати води, що дорівнює сумі максимальної господарчої та пожежної витрати.

Схема з водонапірним баком та насосами (рис. 2.58) або з гідропневмоустановкою використовується при постійному недостатньому тиску у зовнішній мережі:

$$H > H_{\text{гар}} < H^{\text{пож}}.$$

Водонапірний бак виконує роль напірно-регулюючої ємності та використовується для автоматичного пуску пожежних насосів.

У звичайний час роботи водопроводу при роботі господарчого насоса та подачі води за кількістю більшою, ніж водоспоживання, вода поступає у водонапірний бак. При збільшенні водоспоживання вода з водонапірного бака

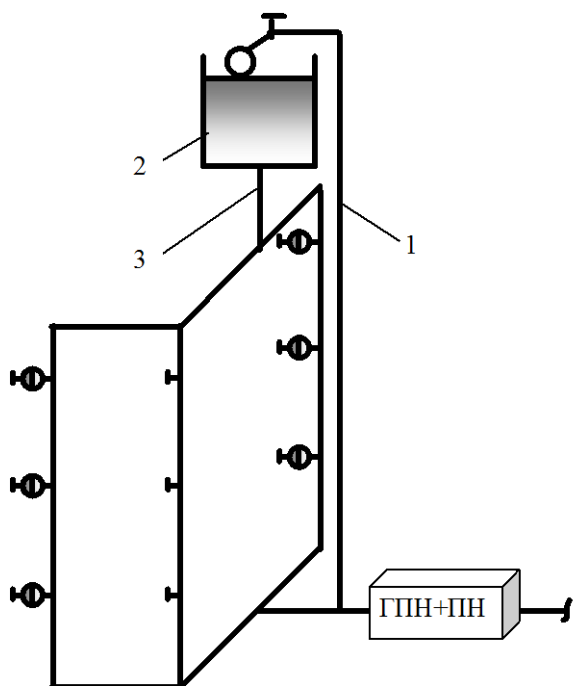


Рис. 2.58 – Схема водопроводу з водонапірним баком та господарсько-питними (ГПН) та пожежними (ПН) насосами:

1 – трубопровід подачі води до водонапірного бака; 2 – водонапірний бак; 3 – трубопровід подачі води до пожежних кран-комплектів або господарсько-питних приладів від водонапірного бака

– незручність в експлуатації (насоси встановлюються в підвальному приміщенні, а баки – на горіщі).

Якщо влаштування водонапірного бака неможливе або недоцільне, використовують схему з гідропневмобаком. Складовою частиною такої системи є:

поступає у мережу. При цьому вода в пожежних кран-комплектах постійно знаходиться під тиском, що створюється в водонапірному баку.

При пожежі за рахунок збільшення витрати води її рівень в баку знижується. Коли він стає нижчим за рівень недоторканного запасу, спрацьовує реле, що включає пожежний насос та одночасно відкриває електрозасувку. При цьому зворотний клапан автоматично відключає водонапірний бак. Пожежний насос забезпечує подачу розрахункової кількості води на гасіння пожежі та на господарсько-питні потреби. Зворотний клапан запобігає руху води від внутрішньої мережі до насосів при живленні її від водонапірного бака. Недоліками цієї схеми є:

– застій води;

– встановлення баків таким чином, що не завжди можна забезпечити достатній тиск на пожежних кран-комплектах, які знаходяться безпосередньо під баком;

– повітряно-водяний бак, який виконує роль напірно-регулюючої ємності;

– компресор, що призначений для подачі стиснутого повітря.

Включення пожежного насоса здійснюється від реле тиску, при зменшенні тиску у мережі до мінімального розрахункового значення.

Схема з запасним резервуаром (рис. 2.59) найчастіше використовується в театрах, виробничих цехах з підвищеною пожежною небезпекою, а також при виконанні умови:

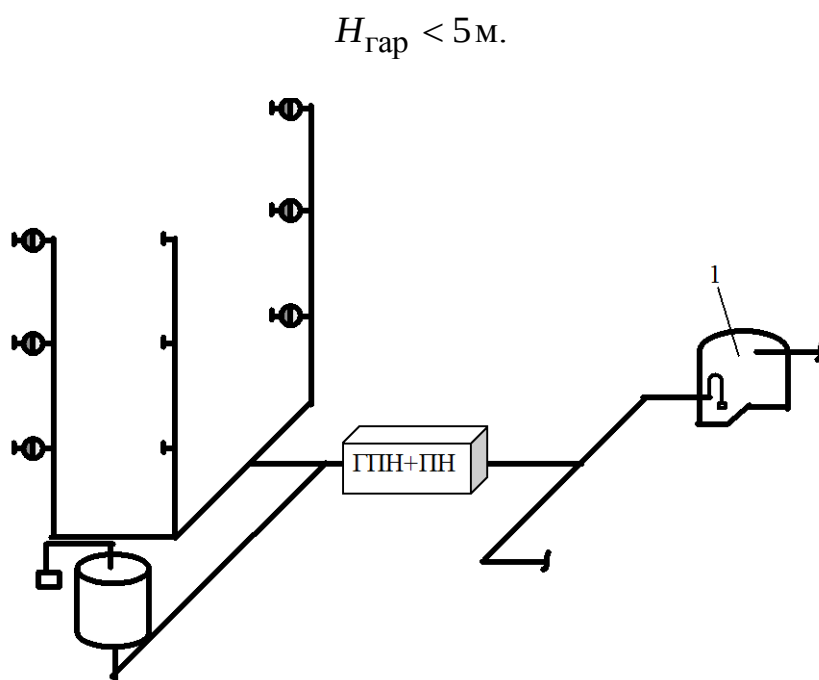


Рис. 2.59 – Схема водопроводу з насосами-підвищувачами (господарсько-питними – ГПН, пожежними – ПН) з гідропневмобаком та запасним резервуаром:

1 – запасний резервуар

2.8.3. Розрахунок внутрішнього протипожежного водопроводу

Перед початком розрахунку (проектування) системи внутрішнього протипожежного водопроводу (ВПП) потрібно визначити **необхідність його влаштування та мінімальну витрату води на пожежогасіння**.

В залежності від типу будівлі, необхідність проектування ВПП, а також мінімальні витрати води на пожежогасіння та кількість струменів на кожну точку приміщення визначається за допомогою п. 8.1 ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація» ([5]). Для будівлі житлового або громадського призначення кількість струменів на кожну точку приміщення (n) та витрату кожного струменя (q) визначають за допомогою таблиці 3. Для будівлі виробничого призначення кількість струменів на кожну точку приміщення (n) та витрату кожного струменя (q) визначають в залежності від категорії бу-

дівлі за пожежовибухонебезпекою, ступеня вогнестійкості та об'єму будівлі за допомогою таблиці 4 ([5], табл. 3 – додаток 16; [5], табл.4 – додаток 17).

Визначення **характеристик обладнання пожежних кран-комплектів** складається з визначення:

- діаметра пожежного кран-комплекту;
- діаметра пожежного рукава;
- довжини пожежного рукава;
- діаметра насадки ствола.

Визначення діаметра пожежного кран-комплекту виконується згідно з п. 8.7 прим.2 [5].

ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація» примітка 2 до п. 8.7: ... Для отримання пожежних струменів з витратою води не більше ніж 4 л/с застосовують пожежні кран-комплекти і рукави діаметром 50 мм, для отримання пожежних струменів більшої продуктивності - діаметром 65 мм. При техніко-економічному обґрунтуванні дозволяється застосовувати пожежні кран-комплекти діаметром 50 мм, продуктивністю більше ніж 4 л/с.

Діаметр рукава приймається рівним діаметру пожежного кран-комплекту.

Довжина пожежного рукава може бути 10, 15 або 20 м (п. 8.7 прим.1 [5]). Вибір довжини пожежного рукава для пожежного кран-комплекту здійснюється в залежності від конфігурації будівлі та особливостей приміщень, в яких проектується ВПВ.

Діаметр насадки ствола для ВПВ може бути 13 або 19 мм. Рекомендується приймати діаметр насадки у відповідності до діаметра пожежного кран-комплекту.

У шафах пожежних кран-комплектів у будинках, будівлях, спорудах будь-якого призначення, окрім розміщення в них пожежного кран-комплекту діаметром 50 мм або 65 мм, виконаного відповідно до [7], в якості первинного засобу пожежогасіння слід передбачити розташування пожежного кран-комплекту діаметром 25 мм, виконаного та укомплектованого відповідно до [6] (крім складських споруд) ([5], п. 8.13).

У квартирах житлових будинків умовною висотою понад 47 м в якості первинного пристрою пожежогасіння слід передбачати установку внутрішнього квартирної пожежного кран-комплекту відповідно до вимог ДБН В.2.2-15:2005 «Житлові будівлі» та ДБН В.2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових та громадських будівель» в комплектації згідно з [6], який забезпечує можливість подавання води у будь-яку точку квартири з урахуванням струменя води 3 м ([5], п. 8.3).

Мінімальний радіус компактної частини струменя визначається за допомогою п. 8.7 [5].

ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація» п. 8.7 ...

Найменшу довжину і радіус дії компактної частини пожежного струменя треба приймати однаковим висоті приміщення, а саме від підлоги до найвищої точки перекриття (покриття), але не менше ніж:

- 6 м у житлових, громадських, виробничих, адміністративно-побутових будинках, будівлях, спорудах промислових підприємств висотою (умовною висотою) не вище 47 м;
- 8 м у житлових будинках умовною висотою більше ніж 47 м;
- 16 м у громадських, виробничих і адміністративно-побутових будинках, будівлях, спорудах промислових підприємств висотою (умовною висотою) більше ніж 47 м.

За допомогою табл.5 [5] (додаток 20) **визначаються фактичні параметри розрахункових величин** (фактичний радіус компактної частини струменя, фактичні витрати води з пожежного кран-комплекту, напір на пожежному кран-комплекті) в залежності від прийнятого обладнання пожежних кран-комплектів.

Для забезпечення умов зрошення приміщення необхідною кількістю струменів **пожежні кран-комплекти (ПКК) повинні встановлюватися один від одного на відстані не більше:**

$$L_{\text{ПКК}} = k \sqrt{\left(R_{\text{к пр}} + l_{\text{р}}\right)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2}, \quad (2.45)$$

- де $k=1$ – при зрошенні кожної точки приміщення двома струменями;
 $k=2$ – при зрошенні кожної точки приміщення одним струменем;
 $l_{\text{р}}$ – довжина пожежного рукава, м;
 b – ширина будівлі, м;
 $R_{\text{к пр}}$ – проекція радіуса компактної частини струменя, м, що визначається за формулою:

$$R_{\text{к пр.}} = \sqrt{R_{\text{к факт}}^2 - (z - 1,35)^2}, \quad (2.46)$$

де $R_{\text{к факт}}$ – фактичний радіус компактної частини струменя (табл.5 [5] – додаток 20), м;

z – висота приміщення, м;

1,35 – висота встановлення ПКК над підлогою ([5], п.8.12), м.

Визначення кількості пожежних кран-комплектів виконується в два етапи:

- визначається кількість ПКК на одному поверсі (рекомендується виконувати графічно на плані будівлі);
- визначається загальна кількість ПКК в будівлі.

При розташуванні ПКК в плані будівлі необхідно враховувати наступне:

- відстань між ПКК повинна бути не більше $L_{\text{ПКК}}$, що визначалось за формулою (2.45);
- кількість ПКК повинна бути такою, щоб кожна точка приміщення зрошувалась кількістю струменів, не меншою за нормативну.

Загальна кількість ПКК в будівлі визначається:

$$N_{\text{ПКК}} = n_{\text{пов}} \cdot n_{\text{ПКК}},$$

де $n_{\text{пов}}$ – кількість поверхів у будівлі;

$n_{\text{ПКК}}$ – кількість пожежних кран-комплектів на одному поверсі будівлі.

У шафах пожежних кран-комплектів в якості первинного засобу пожежогасіння розташовуються **пожежні кран-комплекти діаметром 25 мм**, (крім складських споруд) ([5], п. 8.13):

$$n_{\text{ПКК (25)}} = n_{\text{ПКК}}.$$

Додаткові витрати води на роботу ПКК діаметром 25 мм не передбачаються ([5], п. 8.11).

У квартирах житлових будинків умовною висотою понад 47 м передбачається установка внутрішнього квартирної пожежного кран-комплекту в комплектації згідно з [6], який забезпечує можливість подавання води у будь-яку точку квартири з урахуванням струменя води 3 м ([5], п. 8.3):

$$n_{\text{ПКК (кв)}} = n_{\text{кв}},$$

де $n_{\text{ПКК (кв)}}$ – кількість внутрішніх квартирних пожежних кран-комплектів в житловому будинку умовною висотою понад 47 м;

$n_{\text{кв}}$ – кількість квартир.

Для роботи квартирних ПКК необхідно передбачати витрати води на пожежогасіння кількістю 0,5 л/с ([5], табл. 3 примітка).

Конфігурація магістрального трубопроводу та кількість вводів визначаються виходячи з наступного.

Згідно з п.10.1 [5] магістральна мережа, що забезпечує подачу води до ПКК, може бути кільцевої або тупикової конфігурації, а також приєднуватися до зовнішньої мережі одним або декількома вводами (при цьому кожний ввід розраховується на 100% пропуск води).

Для побудування аксонометричної схеми мережі та виконання її гідравлічного розрахунку необхідно визначити конфігурацію магістрального трубопроводу та кількість вводів в будівлю.

ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація» п.10.1.

Системи внутрішніх водопроводів холодної води треба приймати:

а) тупиковими, якщо допускається перерва в подачі води і при кількості пожежних кран-комплектів менше ніж 12;

б) кільцевими або з'єднаними двома вводами при двох тупикових трубопроводах із відгалуженнями до споживачів від кожного з них для забезпечення безперервної подачі води;

в) зонними, якщо створюється тиск на нижньому поверсі вище 0,45 МПа.

Кільцеві системи холодної води повинні бути приєднані до зовнішньої кільцевої мережі холодного водопроводу не менше ніж двома вводами.

Два вводи і більше треба передбачати для:

1) будинків, будівель, споруд, у яких встановлено 12 і більше пожежних кран-комплектів;

2) житлових будинків з числом квартир більше ніж 400, клубів і дозвілєво-розважальних закладів з естрадою, кінотеатрів із числом місць більше ніж 300;

3) готелів відповідно до вимог ДБН В.2.2-20;

4) театрів, клубів і дозвілєво-розважальних закладів зі сценою незалежно від числа місць;

5) житлових і громадських будинків умовною висотою від 73,5 м до 100 м включно;

б) лазень при числі місць 200 і більше;

7) пралень на дві і більше тонн білизни в зміну.

При цьому кожен водопровідний ввід розраховується на 100 % розрахункових витрат води.

У розрахунку беруть участь ПКК, що розташовані в диктуючій точці, в кількості, яка дорівнює кількості струменів на кожену точку приміщення п.

На аксонометричній схемі намічають розрахункові ділянки та напрямки руху води, які розраховуються так, щоб вода рухалась від точки живлення мережі до диктуючої точки найкоротшим шляхом (диктуюча точка – точка, найбільш високо та далеко розташована від вводу в будівлю).

Гідравлічний розрахунок мережі виконується згідно з [5], п. 11.1 – 11.7, з метою:

- визначення діаметрів труб для пропуску пожежних витрат води;
- визначення втрат напору в мережі.

При виконанні попереднього розподілу витрат води по ділянках магістральної мережі розрахунок ведеться від диктуючої точки до точки водоживлення мережі.

Для визначення витрати води розрахункової ділянки використовується **перший закон Кірхгофа**: сума витрат води для вузла повинна дорівнювати нулю, за умови, що витрати води, що входять до вузла, – умовно позитивні, а ті, що виходять з вузла, – умовно негативні.

Діаметр труб магістральної мережі повинен бути:

- однаковим по всій довжині;
- не менше діаметра ПКК;
- визначається за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4q_{\text{діл}}}{\pi v}}, \text{ м},$$

де v – швидкість руху води в мережі (до пожежі (1÷1,5) м/с, при пожежі до 3 м/с);

$q_{\text{діл}}$ – витрати води найбільше навантаженої ділянки, м³/с.

Діаметр труб вводу повинен бути не меншим за діаметр труб магістральної мережі та визначається за формулою:

$$d_{\text{вв}} = \sqrt{\frac{4q_{\text{вв}}}{\pi v}}, \text{ м},$$

де v – швидкість руху води в трубах вводу, м/с;

$q_{\text{вв}}$ – витрати води, які повинні пропустити труби вводу (для окремої системи ВПВ дорівнюють фактичним витратам води на пожежогасіння з урахуванням кількості струменів), м³/с.

Втрати напору в магістральному трубопроводі визначаються:

$$h_{\text{м}} = Alq_{\text{діл}}^2, \text{ м},$$

де A – питомий опір труб магістрального трубопроводу (додаток 19);

l – довжина магістрального трубопроводу, м;

$q_{\text{діл}}$ – витрати води найбільше навантаженої ділянки, м³/с.

Втрати напору в трубах вводу визначаються:

$$h_{\text{вв}} = Al_{\text{вв}}q_{\text{вв}}^2, \text{ м},$$

де A – питомий опір труб вводу (додаток 19);

$l_{\text{вв}}$ – довжина вводу, м;

$q_{\text{вв}}$ – витрати води, які повинні пропустити труби вводу, $\text{м}^3/\text{с}$.

Необхідний напір на вводі в будівлю до пожежі складається з наступних величин:

$$H = k(h_{\text{м}} + h_{\text{вв}}) + h_{\text{вод}} + H_{\text{в}} + z, \text{ м}, \quad (2.47)$$

де $h_{\text{м}}$ – втрати напору в частині мережі, що з'єднує точку водоживлення мережі та диктуючу, при роботі мережі до пожежі (визначається в залежності від конфігурації мережі: для тупикової – як сума втрат напору ділянок; для кільцевої – як півсума втрат напору в півкільцях, де втрати напору в півкільцях визначаються як сума втрат напору на розрахункових ділянках, що складають це півкільце, з урахуванням другого закону Кірхгофа), м;

k – коефіцієнт урахування місцевих опорів ([5], п.11.7);

$h_{\text{вв}}$ – втрати напору в трубах вводу (до пожежі), м;

$h_{\text{вод}}$ – втрати напору на водомірі, м;

$H_{\text{в}}$ – вільний напір біля водорозбірного приладу, що розташований в диктуючій точці, м;

z – висота розміщення цього приладу у відношенні до вводу в будівлю, м.

Значення k приймаються наступними ([5], п.11.7):

– 1,3 – у системах питних водопроводів житлових та громадських будинків;

– 1,2 – у системах об'єднаного питного та протипожежного водопроводів житлових та громадських будинків, а також в мережах виробничих водопроводів;

– 1,15 – у системах об'єднаних виробничих і протипожежних водопроводів;

– 1,1 – у системах протипожежних водопроводів.

Необхідний напір на вводі в будівлю при пожежі визначається:

$$H_{\text{пож}} = k(h_{\text{м}} + h_{\text{вв}}) + H_{\text{ПКК}} + z_{\text{ПКК}}, \text{ м}, \quad (2.48)$$

де $h_{\text{м}}$ – втрати напору в мережі при її роботі під час пожежі, м;

$h_{\text{вв}}$ – втрати напору в трубах вводу під час пожежі, м;

$H_{\text{ПКК}}$ – напір у ПКК, розташованому в диктуючій точці, м;

$z_{\text{ПКК}} = (n_{\text{пов}} - 1) \cdot z_{\text{пов}} + 1,35 + z_{\text{заг}}$ – висота розміщення найбільше віддаленого від вводу ПКК; $n_{\text{пов}}$ – кількість поверхів в будівлі; $z_{\text{пов}}$ – висота одного поверху, м; $z_{\text{заг}}$ – заглиблення вводу стосовно підлоги першого поверху, м; 1,35 – висота розташування ПКК над підлогою, м.

Вибір схеми ВПВ виконується згідно з [5], п.14.1, 15.1.

Якщо напір у зовнішній мережі менший від потрібного напору на вводі в будівлю, тоді необхідно запроектувати підвищення напору у внутрішній мережі за допомогою насосів-підвищувачів, водонапірного бака, гідропнеумоустановки або інших споруд.

2.8.4. Методика розв'язання основних типів задач

Задача 1. Визначити необхідну кількість пожежних кран-комплектів(ПКК) в заданій будівлі.

Розв'язання. Методика визначення кількості пожежних кран-комплектів в будівлі наведена в розділі 2.8.3.

Приклад. Визначити необхідну кількість пожежних кран-комплектів(ПКК) у виробничій п'ятиповерховій будівлі II ступеня вогнестійкості, категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою В. Висота кожного поверху – 4 м, ширина будівлі – 30 м, довжина – 70 м.

Розв'язання

1. Для визначення нормативних витрат води на внутрішнє пожежогашіння п'ятиповерхової будівлі II ступеня вогнестійкості, категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою В за допомогою додатка 17 ([5], табл. 4), визначаємо об'єм будівлі:

$$V_{\text{буд}} = 70 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 5 = 42000 \text{ м}^3,$$

тоді нормативні витрати складатимуть 2 струменя на кожну точку приміщення витратою 5 л/с кожний.

2. Визначаємо обладнання пожежних кран-комплектів:

- діаметр пожежного кран-комплекту $d_{\text{ПКК}} = 65$ мм, тому що витрати одного струменя перебільшують 4 л/с ([5], п.8.7 прим.2);
- довжина рукава $l_p = 20$ м, тому що розміри будівлі більші, ніж 20 м за довжиною та шириною, а про конструктивні особливості даних немає;
- діаметр насадки ствола $d_n = 19$ мм – приймається відповідно до діаметра пожежного кран-комплекту.

3. Визначаємо мінімальний радіус компактної частини струменя [5], п.8.7 – $R_{\text{к min}} = 6$ м – для виробничої будівлі висотою до 47 м та висотою поверху 4 м.

4. Визначаємо фактичні розрахункові величини (додаток 20 або [5], таблиця 5) – для пожежного кран-комплекту діаметром 65 мм, ствола з діаметром насадки 19 мм та мінімального радіуса компактної частини струменя 6 м за таблицею витрати пожежного струменя дорівнюють 3,4 л/с, але в п.1 визначалися нормативні витрати, які повинні бути не менш 5 л/с, тому необхідно збільшити радіус компактної частини струменя. Приймаємо фактичні витрати з пожежного кран-комплекту $q_{\text{факт}} = 5,2$ л/с при радіусі компактної частини струменя $R_{\text{к факт}} = 12$ м. Тоді для рукава довжиною 20 м напір біля пожежного кран-комплекту буде дорівнювати $H_{\text{ПКК}} = 0,199$ МПа.

5. Визначаємо проекцію радіуса компактної частини струменя $R_{\text{пр.к}}$ (2.46):

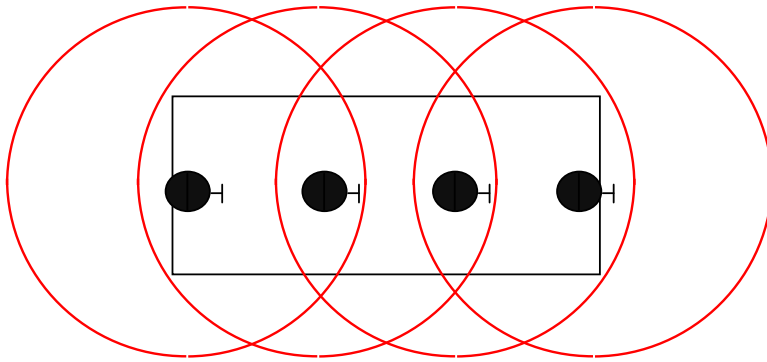
$$R_{\text{пр.к}} = \sqrt{12^2 - (4 - 1,35)^2} = 11,7 \text{ м.}$$

6. Визначаємо відстань між ПКК (2.45):

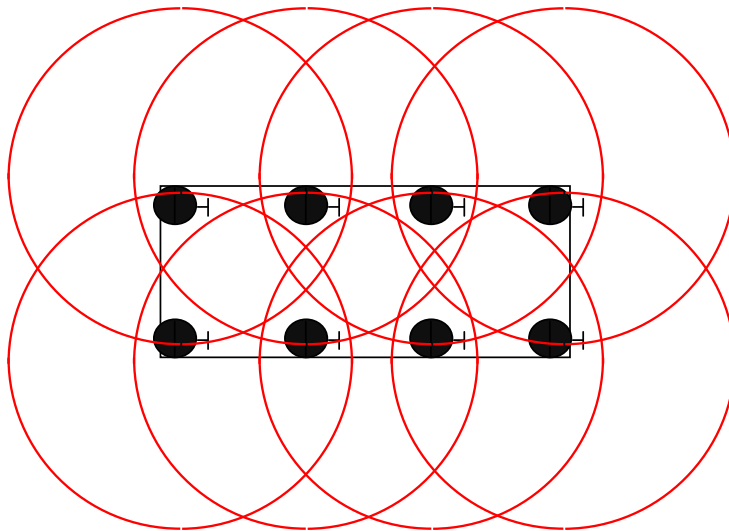
$$L_{\text{ПКК}} = \sqrt{(11,7 + 20)^2 - \left(\frac{30}{2}\right)^2} = 27,9 \text{ м.}$$

7. Графічно визначаємо кількість ПКК на одному поверсі:

– за умовою розташування ПКК в коридорах або на колонах, які розташовані на лінії, що розділяє будівлю на дві частини за шириною $n_{\text{ПКК}} = (a / L_{\text{ПКК}}) + 1 = (70 / 27,9) + 1 = 3,5 \approx 4$ ПКК (на схемі показаний радіус дії пожежного кран-комплекту, який складається з проекції радіуса компактної частини струменя та довжини пожежного рукава):



– за умовою розташування ПКК уздовж стін будівлі їх загальна кількість на одному поверсі збільшується вдвічі, тобто дорівнює 8 ПКК:



8. Визначаємо загальну кількість ПКК у будівлі:

– за першим варіантом розташування ПКК на одному поверсі $N_{\text{ПКК}} = 5 \cdot 4 = 20$ ПКК;

– за другим варіантом розташування ПКК на одному поверсі

$$N_{\text{ПКК}} = 5 \cdot 8 = 40 \text{ ПКК.}$$

Відповідно до п.8.13 [5] в кожній шафі ПКК встановлюється пожежний кран-комплект діаметром 25 мм виконаний відповідно до [6], тобто 20 або 40 ПКК₍₂₅₎.

Відповідь: в залежності від особливостей об'ємно-планувальних рішень в виробничій будівлі можна розташувати 20 або 40 пожежних кран-комплектів діаметром 65 мм та таку ж кількість ПКК₍₂₅₎.

Задача 2. Вибрати схему внутрішнього протипожежного водопроводу для заданої будівлі.

Розв'язання. Методика вибору схеми ВПВ в будівлі наведена в розділі 2.8.2 та 2.8.3.

Приклад. Вибрати схему внутрішнього протипожежного водопроводу для чотирьохповерхової виробничої будівлі категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою В, ступенем вогнестійкості II, довжиною 65 м, шириною 50 м, висотою поверху 6 м. Зовнішня мережа знаходиться від будівлі на відстані 11 м та заглиблена стосовно до поверхні землі на відстань 1,1 м. Гарантований напір в зовнішній мережі – 40 м.

Розв'язання

1. Необхідність влаштування ВПВ визначається в залежності від категорії будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпекою, ступеня вогнестійкості та об'єму будівлі – об'єм будівлі дорівнює 78000 м³, тому в цій будівлі необхідно влаштування ВПВ.

Нормативні витрати води (q) та кількість струменів на кожну точку приміщення (n) згідно [5], табл.4 (додаток 17) дорівнюють:

- витрати води – 5 л/с;
- кількість струменів – 2.

2. Визначається обладнання пожежних кран-комплектів:

- діаметр пожежного кран-комплекту приймається 65 мм;
- діаметр насадки ствола – 19 мм;
- діаметр пожежного рукава – 66 мм;
- довжина пожежного рукава – 20 м.

3. Мінімальний радіус компактної частини струменя приймається за 6 м ([5], п.8.7).

4. За допомогою табл.5 [5] (додаток 20) визначаються фактичні параметри розрахункових величин:

- фактичний радіус компактної частини струменя – 12 м;
- фактичні витрати води з пожежного крана – 5,2 л/с;
- напір на пожежному крані – 0,199 МПа.

5. Визначається проекція радіуса компактної частини струменя $R_{\text{пр.к}}$ (2.46):

$$R_{\text{пр.к}} = \sqrt{12^2 - (6 - 1,35)^2} = 11,06 \text{ м.}$$

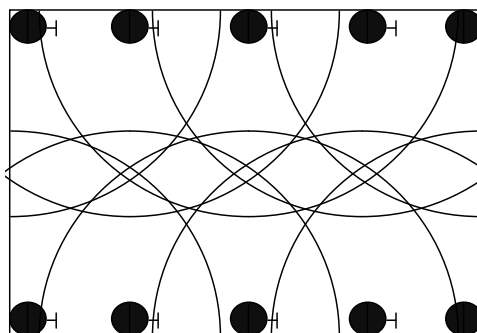
Відстань між ПКК визначається (2.45):

$$L_{\text{ПКК}} = \sqrt{(11,06 + 20)^2 - (25)^2} = 18,4 \text{ м.}$$

6. Кількість пожежних кран-комплектів на одному поверсі визначається графічно на плані будівлі з урахуванням наступного:

- відстань між ПКК повинна бути не більше $L_{\text{ПКК}} = 18,4 \text{ м}$;
- кількість ПКК повинна бути такою, щоб кожна точка приміщення зрошувалась не менш ніж двома струменями.

За умовою розташування ПКК вдовж стін – загальна кількість ПКК на одному поверсі дорівнює 10 (по 5 ПКК вдовж кожної стіни):



Загальна кількість ПКК в будівлі визначається:

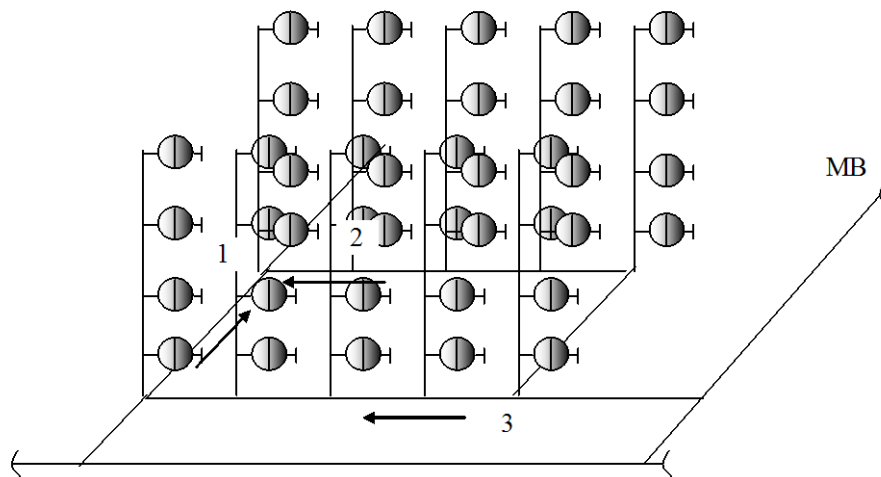
$$N_{\text{ПКК}} = 4 \cdot 10 = 40 \text{ ПКК.}$$

В шафі кожного пожежного кран-комплекту встановлюється пожежний кран-комплект діаметром 25 мм, виконаний за ДСТУ 4401-1:

$$n_{\text{ПКК}(25)} = n_{\text{ПКК}} = 40 \text{ ПКК}_{(25)}.$$

7. Кількість введів в будівлі дорівнює двом, тому що загальна кількість пожежних кран-комплектів 40, що більше 12-ти, а також магістральна мережа приймається кільцевою. Кожний ввід розраховується на 100% пропуск води.

У розрахунку беруть участь два ПКК, що розташовані в диктуючій точці, тому магістральна мережа розділяється на три розрахункові ділянки:



8. Визначення витрат води по ділянках мережі виконується з урахуванням першого закону Кірхгофа. Розрахунок починається з вузла 1, з якого на потреби ПКК забирається фактична витрата води в кількості 5,2 л/с. Припускається, що ці витрати в одноківій кількості подаються до вузла 1 по ділянках 1–2 та 1–3, тоді:

$$q_{1-2} = q_{1-3} = q_{\text{факт}} / 2 = 5,2 / 2 = 2,6 \text{ л/с};$$

$$q_{2-3} = q_{1-2} + q_{\text{факт}} = 2,6 + 5,2 = 7,8 \text{ л/с}.$$

Тобто найбільш навантаженою ділянкою являється ділянка 2–3, а $q_{\text{діл}} = 7,8 \text{ л/с}$, тоді діаметр труб магістральної мережі визначається:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,8}{3,14 \cdot 3 \cdot 1000}} = 58 \text{ мм}.$$

Діаметр трубопроводу, що підводить воду до ПКК, повинен бути не меншим від діаметра ПКК, тому приймаємо діаметр магістрального трубопроводу 70 мм.

Діаметр труб вводу визначається виходячи з того, що ввід повинен пропустити 10,4 л/с (дорівнюють фактичним витратам води на пожежогасіння – 5,2 л/с, з урахуванням двох струменів на кожную точку приміщення):

$$d_{\text{вв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10,4}{3,14 \cdot 3 \cdot 1000}} = 66 \text{ мм}.$$

Пропонується діаметр труб вводу не менше 70 мм.

9. Втрати напору в магістральному трубопроводі визначаються:

$$h_{\text{м}} = 2893 \cdot 230 \cdot 7,8^2 \cdot 10^{-6} = 40,48 \text{ м},$$

де 2893 – питомий опір труб магістрального трубопроводу (додаток 19);
230 м – довжина магістрального трубопроводу, м;
 $0,0078 \text{ м}^3/\text{с}$ – витрати води найбільше навантаженої ділянки.

Але це дуже великі втрати напору, тому пропонується збільшити діаметр труб магістрального трубопроводу до 100 мм, тоді $A = 267$, а втрати напору дорівнюватимуть:

$$h_m = 267 \cdot 230 \cdot 7,8^2 \cdot 10^{-6} = 3,74 \text{ м.}$$

Діаметр труб вводу повинен бути не меншим від діаметра труб магістральної мережі, тобто теж 100 мм, тоді втрати напору в трубах вводу визначаються:

$$h_{vv} = 267 \cdot 11 \cdot 10,4^2 \cdot 10^{-6} = 0,32 \text{ м,}$$

де 267 – питомий опір труб вводу (додаток 19);
11 м – довжина вводу (за вихідними даними), м;
 $10,4 \text{ л/с}$ – витрати води, які повинні пропустити труби вводу.

Необхідний напір на вводі в будівлю під час пропуску води на пожежогасіння визначається (2.48):

$$H_{\text{пож}} = 1,1(3,74 + 0,32) + 19,9 + 32,45 = 56,8 \text{ м,}$$

де 1,1 – коефіцієнт урахування місцевих опорів;
 $h_m = 3,74 \text{ м}$ – втрати напору в магістральному трубопроводі;
 $h_{vv} = 0,32 \text{ м}$ – втрати напору в трубах вводу;
 $H_{\text{ПКК}} = 19,9 \text{ м}$ – напір у ПКК;
 $z_{\text{ПК}} = z_{\text{пов}}(n_{\text{пов}} - 1) + z_{\text{заг}} + 1,35 = 6(4 - 1) + 1,35 + 1,1 = 32,45 \text{ м}$ – висота розміщення найбільше віддаленого від вводу ПКК.

10. Напір у зовнішній мережі (40 м) менший від потрібного напору на вводі в будівлю (56,8 м), тому необхідно запроектувати підвищення напору у внутрішній мережі за допомогою насосів-підвищувачів, водонапірного бака, гідропневмоустановки або інших споруд.

Відповідь: схема ВПВ для виробничої будівлі – з підвищувальними установками (насосами-підвищувачами, водонапірним баком, гідропневмоустановкою або іншою спорудою).

Контрольні питання та завдання

1. Класифікація систем внутрішнього водопостачання.
2. За якими умовами вибираються схеми внутрішнього протипожежного водопроводу?
3. Надайте характеристики основних елементів внутрішнього протипожежного водопроводу.
4. За якими умовами визначається необхідність встановлення датчиків

положення вхідної запірної арматури пожежних кран-комплектів в будівлях?

5. Яка мета розрахунку внутрішнього протипожежного водопроводу?

6. Від чого залежить та як визначається необхідна кількість пожежних кран-комплектів для одного поверху та для будівлі в цілому?

7. Визначити необхідну кількість пожежних кран-комплектів (ПКК) в житловій шістнадцятиповерховій будівлі. Висота кожного поверху – 3 м, ширина будівлі – 24 м, довжина – 30 м.

8. Визначити необхідну кількість пожежних кран-комплектів (ПКК) у громадській дев'ятиповерховій будівлі. Висота кожного поверху – 4 м, ширина будівлі – 18 м, довжина – 36 м.

2.9. Внутрішній протипожежний водопровід висотних будівель та будівель з масовим перебуванням людей

2.9.1. Будівництва внутрішнього протипожежного водопроводу в висотних будівлях

За висотою будівлі можна класифікувати наступним чином:

– малоповерхові – висотою до 9 м (як правило, до 3-х поверхів включно);

– багатоповерхові – висотою $9\text{ м} < H \leq 26,5\text{ м}$ (як правило, до 9-ти поверхів включно);

– підвищеної поверховості – висотою $26,5\text{ м} < H \leq 47\text{ м}$ (як правило, до 16-ти поверхів включно);

– висотні – висотою $H > 47\text{ м}$ (як правило, понад 16-ть поверхів).

Пожежі в будівлях висотою понад 26,5 м характеризуються швидким



розповсюдженням вогню та диму до вищерозташованих поверхів через коридори, вестибюлі, холи, а також через віконні отвори.

Основними шляхами розповсюдження вогню та диму є:

- сходові клітини;
- шахти ліфтів;
- канали та коробки, де прокладені інженерні комунікації;
- сміттепроводи;
- нещільності у перекриттях.

Аналіз пожеж, що сталися, а також проведені дослідження показують, що під час виникнення пожеж на перших поверхах будівлі (1–3 поверхи) вже через 5–6 хвилин задимлення розповсюджується всією сходовою клітиною та ліфтовим вузлом, а рівень за-

димлення такий, що перебувати там без використання засобів індивідуального захисту неможливо. Швидкість руху продуктів згоряння на сходових клітинах без включення систем протипожежного захисту під час початкового періоду розвитку пожежі складає 7 – 8 м/хв.

Одночасно зі сходовими клітинами відбувається задимлення приміщень поверхів над тими, що горять, особливо над розташованими з підвітряного боку. В цих умовах погіршення видимості, токсична дія продуктів згоряння, паніка, що виникає, можуть призвести до загибелі людей.

Для успішного гасіння пожежі на початковій стадії її виникнення необхідне застосування:

- внутрішнього протипожежного водопроводу;
- пожежних кран-комплектів, виконаних та укомплектованих відповідно до ДСТУ 4401-1.

В залежності від поверховості будівель та їх висоти приймають різні схеми внутрішніх протипожежних водопроводів. У будівлях висотою не більше 47 м розвинута пожежа гаситься пожежними від зовнішніх водопроводів. Внутрішній протипожежний водопровід в таких будівлях використовують найчастіше тільки на початковій стадії виникнення пожежі, до прибуття пожежних підрозділів. Тому в будівлях до 16-го поверху включно, незалежно від їх призначення, проектують об'єднані господарсько-питні та протипожежні водопроводи з мінімальною витратою води та з мінімальним тиском біля пожежних кран-комплектів (один – два струмені по 2,5 л/с кожний та тиском (напором) біля пожежних кран-комплектів близько 0,2 МПа). Насос ПН-40У, який встановлений на більшості пожежних автомобілів, може створювати тиск 80–90 м при витраті 20–40 л/с. Для одержання робочого компактного струменя (з радіусом компактної частини 17 м) необхідно підтримувати на стволі тиск близько 30 м, та з урахуванням того, що втрати напору в непрогутованих рукавах діаметром 66 мм складають близько 10 м на кожні 100 м рукавної лінії, тому зрозуміло, чому використання пожежних автомобілів не можливе.

Подача води до місця пожежі залежить не тільки від потужності пожежних автонасосів, а також від кількості та якості пожежних рукавів. Пожежні рукава, що були у використанні, витримують тиск 70–90 м. Як показав досвід та теоретичні розрахунки, вже при висоті будівлі 40–45 м важко забезпечити надійну подачу води від пожежних автонасосів. В таких будівлях будують протипожежний водопровід зі своєю насосною станцією та водонапірними або пневматичними баками. Він повинен забезпечити великий напір та велику витрату води, замінюючи цим зовнішній протипожежний водопровід та насоси, що встановлені на пожежних машинах. Пожежні стаціонарні насоси повинні створювати тиск, необхідний для одержання струменів, які необхідні для гасіння розвиненої пожежі.

При розрахунку внутрішнього протипожежного водопроводу напір, необхідний для гасіння, визначають по пожежних кран-комплектах, що розташовані на найбільш високому та віддаленому місці від насосної станції.

Загальні схеми внутрішніх протипожежних водопроводів

Для зменшення напору на елементах внутрішнього протипожежного водопроводу в нижній частині внутрішніх мереж будівель висотою 47 м і вище систему водопостачання розділяють по висоті на декілька зон. Водопроводи, що розташовані в зоні, мають назву – зонні. Подачу води для гасіння пожежі при зонному водопостачанні здійснюють за двома основними схемами.

За першою схемою (рис. 2.60 а) воду подають насосами, встановленими внизу будівлі. При цьому для кожної зони влаштовують баки та встановлюють пожежні насоси. За другою схемою (рис. 2.60 б) воду подають із зони в зону.

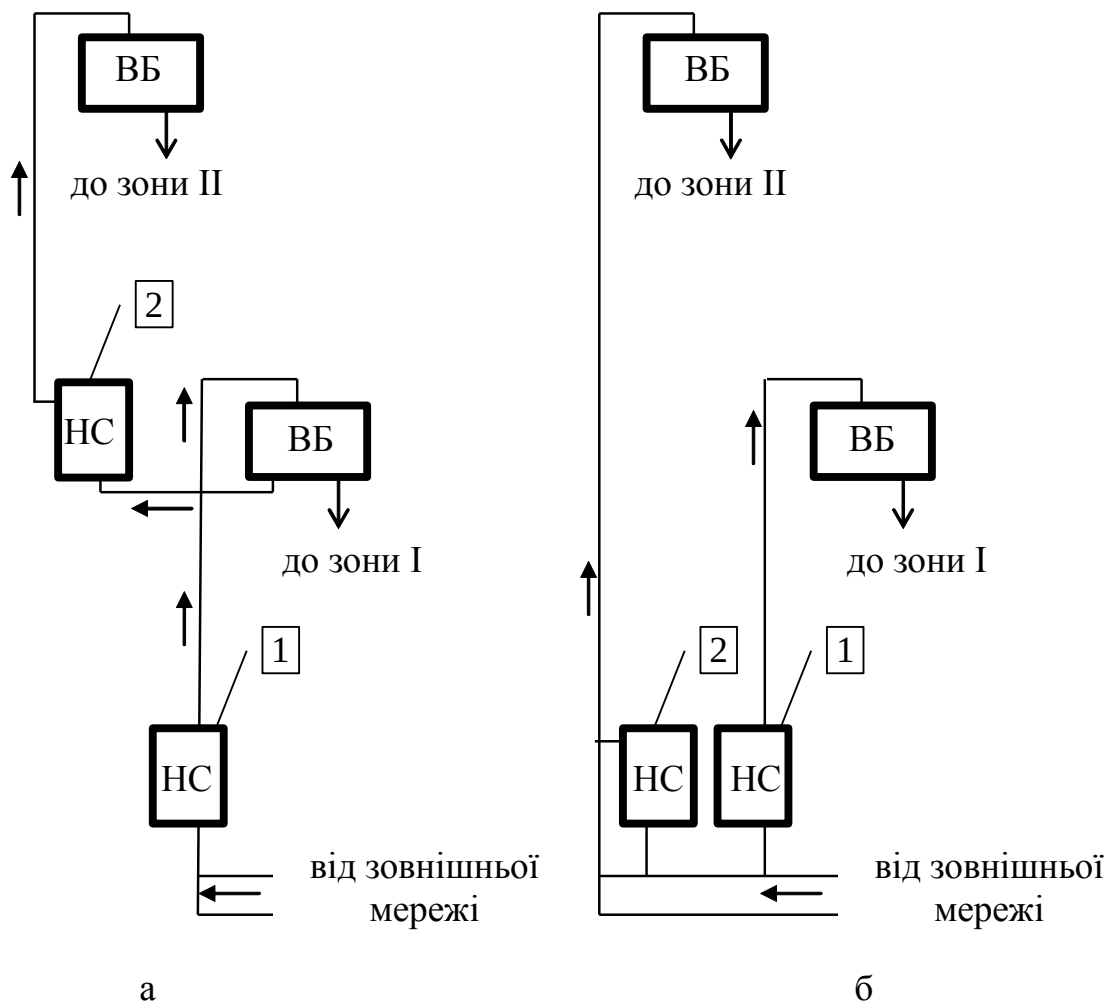


Рис. 2.60 – Зонні схеми подачі води:

а) послідовне зонування; б) паралельне зонування;

1 – насосна станція першої зони; 2 – насосна станція другої зони; ВБ – водонапірний бак; НС – насосна станція.

Послідовна схема

При послідовному зонуванні кожна насосна станція подає кількість води, яка необхідна всім верхнім зонам (насосна станція першої зони подає кількість води, що дорівнює сумі $Q_I + Q_{II}$, де Q_I – витрата води першої зони, Q_{II}

– витрата води другої зони). При цьому вода для верхніх зон подається насосами другої зони через мережу нижніх зон для господарсько-питних та пожежних потреб.

Паралельна схема

Особливість паралельної системи в тому, що всі насоси встановлені в одному місці – в підвальному приміщенні, зручному для обслуговування. Кожна зона працює незалежно одна від одної, що збільшує надійність подачі води до верхніх зон. Недоліком паралельного зонування є те, що система потребує більше труб, ніж послідовна. Як при послідовній, так само і при паралельній системах для кожної зони, крім господарсько-питних насосів, передбачаються пожежні насоси.

Змішана схема

Послідовна система менш надійна, ніж паралельна, тому що при аварії будь-якого елемента системи всі вищерозташовані поверхи залишаються без води. Тому послідовна система повинна бути обов'язково доповнена запасною (загальною) системою з насосом, який може подавати воду в бак будь-якої зони (рис. 2.61).

Кількість зон повинна бути такою, щоб гідростатичний напір в системі господарсько-питного або господарсько-протипожежного водопроводу на найнижче розташованому санітарно-технічному приладі не перевищував 45 м, а гідростатичний напір в системі роздільного протипожежного водопроводу на найнижче розташованому пожежному кранкомплекті – не перевищував 90 м.

Внутрішні мережі протипожежного водопроводу кожної зони у будинках, будівлях, спорудах умовною висотою 47 м і більше, а також підземних окремо розташованих та вбудованих в будинки, будівлі іншого призначення гаражах з двома повер-

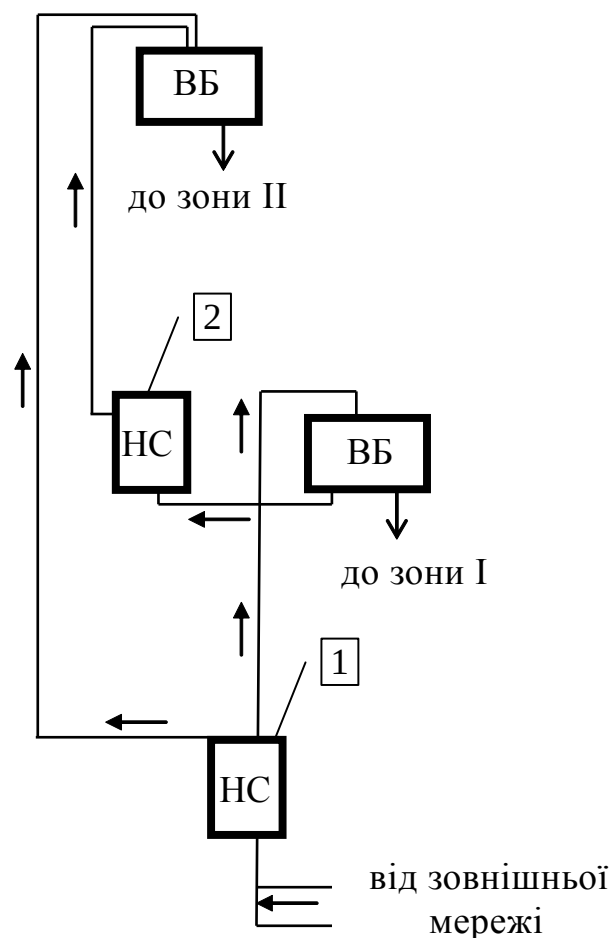


Рис. 2.61 – Змішана (об'єднана) схема подачі води:

1 – насосна станція першої зони; 2 – насосна станція другої зони

хами та більше повинні виконуватися **окремо** від інших систем внутрішнього водопроводу. Системи проти пожежного водопроводу повинні мати **два виведених назовні пожежних патрубків із з'єднувальними головками діаметром 80 мм** (рис. 2.62) для приєднання рукавів та подачі води від пересувної пожежної техніки з установкою в будинку, будівлі **зворотного клапана і за-**

пірної арматури, яка повинна мати можливість відкривання зовні. На зовнішній стіні в місці розміщення пожежних патрубків необхідно передбачати покажчики (об'ємні зі світильником або плоскі із застосуванням світло відбивного покриття).

Патрубки рекомендується виводити назовні поблизу місць розташування пожежних гідрантів так, щоб була забезпечена можливість під'їзду та підключення пожежної техніки.

Складові системи зонного водопостачання

До елементів внутрішнього протипожежного водопроводу будівель висотою 47 м і вище пред'являються такі самі вимоги, що й до звичайних протипожежних мереж, але є деякі особливості.

Кількість вводів в будівлю повинна бути не менше двох, а **конфігурація магістрального трубопроводу** приймається обов'язково кільцевою.

Водомірний вузол установлюється з обвідною лінією, яка має електрозасувку, що запломбована в звичайний час у закритому положенні та відкривається автоматично одночасно з пуском пожежних насосів.

Насоси, що забезпечують необхідний напір в мережі під час пожежогасіння, як правило, встановлюються паралельно, але можливе їх послідовне включення.

Кількість резервних насосів у насосній станції повинна бути не менше двох, в залежності від кількості робочих агрегатів та категорії надійності насосної станції. Управління насосами передбачається ручне, дистанційне та (або) автоматичне.

Автоматичне включення насосів повинно передбачати:

- автоматичний пуск робочого насоса;
- автоматичне вмикання резервного насоса при аварійному відключенні робочого насоса;
- відкриття електрозасувки на вводі;
- одночасну подачу сигналу (звукового та світлового) в приміщення пожежного поста або інше приміщення, де цілодобово перебуває обслуговуючий персонал.

Насосні установки повинні мати два незалежних джерела електропостачання. При одному джерелі електропостачання можливе встановлення резервних насосів із приводами від двигунів внутрішнього згорання.

За роботою насосних станцій повинен здійснюватися контроль:

- за технологічними параметрами (тиск, витрата);
- за електричними параметрами (струм, напруга, потужність).

Витрати води на трубопроводі пожежних насосів дозволяється не контролювати.

Приміщення насосних станцій повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння (ПКК, вогнегасниками). В насосних станціях із висковольтним обладнанням необхідно зберігати два вуглекислотних вогнегасники, бак з водою об'ємом 250 л, два азбестових полотна розмірами 2×2 м.

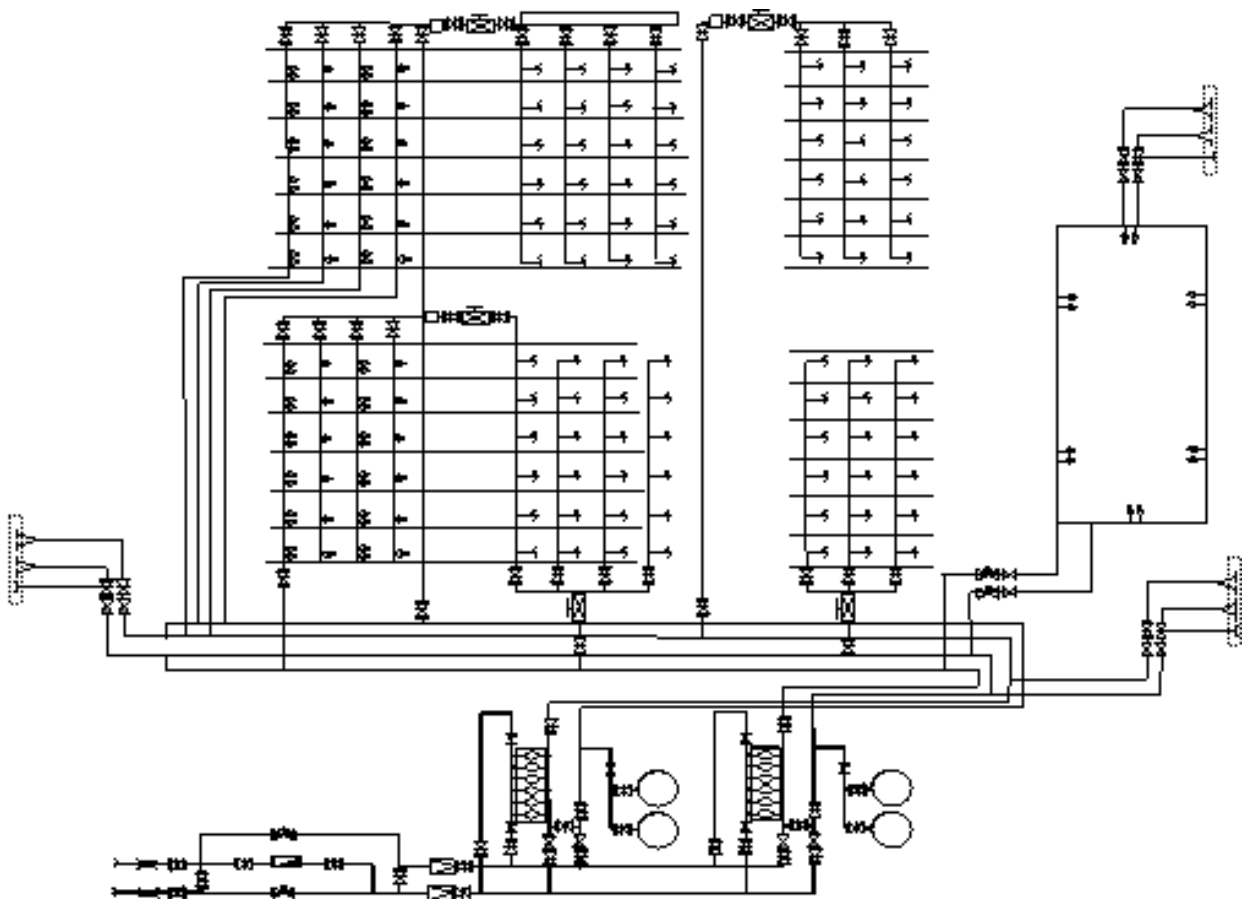


Рис. 2.62 – Приклад влаштування системи зонного (паралельного) водопостачання житлової будівлі

Заповнення мережі водою та створення напору для роботи пожежних кран-комплектів до пуску насосів забезпечується *водонапірними баками або гідроневмобакми*.

Об'єм води у водонапірних баках визначається як сума регулюючого об'єму та недоторканного протипожежного запасу (НПЗ) води. Для зберігання НПЗ в баку повинно бути встановлено реле рівня, що повинно подавати сигнал на пожежний пост та на включення господарчих насосів при зниженні рівня води в них до рівня НПЗ. НПЗ варто приймати з розрахунку 10-хвилинної тривалості гасіння пожежі від внутрішніх ПКК при одночасній найбільшій витраті води на господарсько-питні потреби.

Висота розташування та об'єм водонапірного бака (ВБ) повинні забезпечувати отримання в будь-який час доби компактних струменів висотою не менше 4 м на верхньому поверсі або поверсі, розташованому безпосередньо під ВБ, та не менше 6 м на інших поверхах.

На трубопроводах, що з'єднують ВБ із магістральною внутрішньою водопровідною мережею, для відключення ВБ при роботі пожежних насосів повинні бути встановлені зворотний клапан та електрозасувка.

В тих випадках, коли водонапірні баки не можна встановити на найбільш високому місці, наприклад, через архітектурні особливості, необхідно встановлювати пневмоустановки, прості за конструкцією, зручні та гігієнічні в експлуатації, такі, що не потребують великих капітальних затрат. Пневматичні установки розміщуються в підвалі або на першому поверсі разом з компресором та насосами. При влаштуванні пневматичних установок на горищі або на верхньому технічному поверсі тиск повітря приймається меншим від потрібного за розрахунком на величину геометричної висоти підйому, тобто тиск у водопровідній мережі H_m буде підтримуватися тиском повітря $H_{пов}$ та геометричною висотою розташування бака z : $H_m = H_{пов} + z$. Якщо розміри горищного приміщення не дозволяють розмістити в ньому ГПУ повністю, тоді в ньому розміщують водяний бак, а повітряний бак розташовують в підвальному або на першому поверхах разом з компресором та насосом.

В будівлях з зонними системами водопостачання найчастіше використовують пневмоустановку зі змінним тиском, тому що вона більш надійна в роботі. При тиску у водяному баку нижче $H_{min\ пов}$, автоматично вмикається компресор. Пожежні насоси повинні вмикатися автоматично при тиску в протипожежній внутрішній водопровідній мережі нижче розрахункового.

Об'єм водяного бака пневматичної установки $W_{ГПУ}$ розраховують так само, як і об'єм водонапірного бака: $W_{ГПУ} = W_{рег} + W_{н.з.}$, де $W_{рег}$ – регулюючий запас води; $W_{н.з.}$ – десятихвилинний недоторканий запас води.

При використанні пневматичних установок (які, як правило, встановлюються в приміщеннях насосної та знаходяться під постійним наглядом обслуговуючого персоналу) простіше вирішується питання автоматизації роботи пожежних насосів, тому за узгодженням з пожежною охороною, об'єм водяної частини пневмобака може бути зменшеним. В такому випадку пневматичний бак буде працювати, як “імпульсний бак”, тільки для вмикання пожежних насосів. На рис.2.63 наведена схема насосної станції з пневматичною установкою об'єднаного господарсько-питного та протипожежного водопроводу.

Господарські насоси поповнюють водою баки гідропневматичної установки. Для створення тиску в баках використовуються компресори. При виникненні пожежі вмикають пожежні насоси, що подають воду до внутрішньої протипожежної водопровідної мережі. Господарсько-питні насоси та пневмоустановка при цьому автоматично зворотним клапаном відключаються від водопровідної мережі.

У будівлях висотою 47 м і вище встановлюються при необхідності **спарені пожежні кран-комплекти**, при цьому необхідно передбачати у шафах пожежних кран-комплектів можливість розміщення двох ручних вогнегасників.

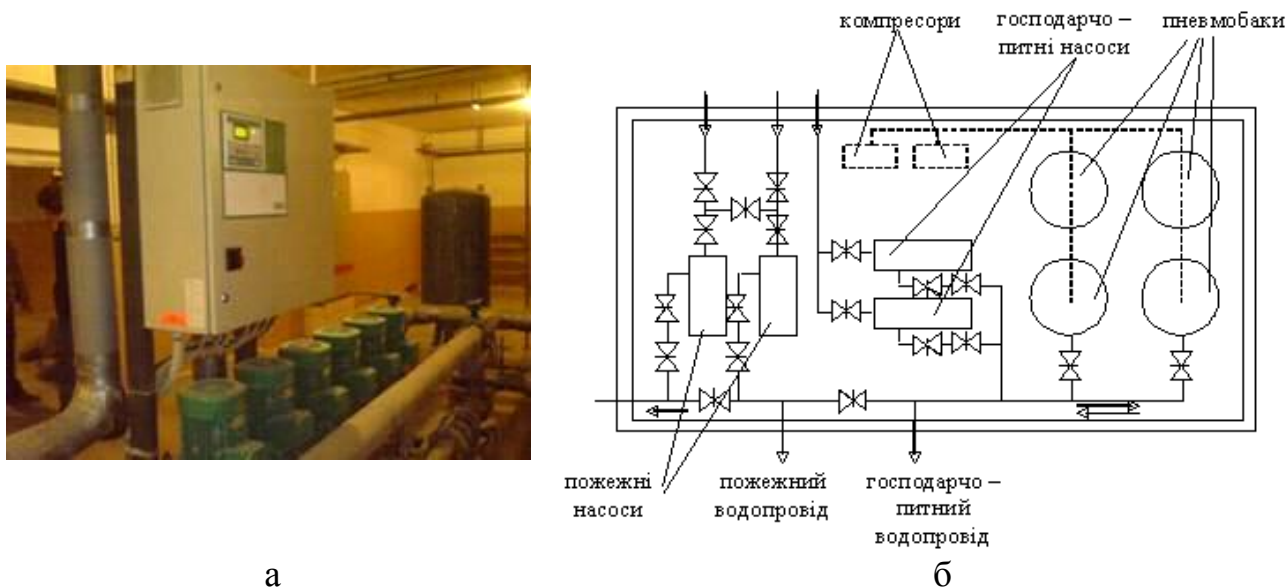


Рис.2.63 – Насосна станція з гідропневматичною установкою:

а) шість насосів та гідропневмобак; б) чотири насоси та чотири гідропневмобаки

При напорах у ПКК понад 40 м між ПКК і з'єднувальною головою необхідно передбачати *установку діафрагм*, що знижують надлишковий тиск.

Для житлових та громадських будівель висотою понад 73,5 м до 100 м відповідно до вимог ДБН В.2.2-24-2009 «Проектування висотних житлових та громадських будівель» необхідно проектувати:

- роздільні системи протипожежного, господарсько-питного водопроводу та систем автоматичного пожежогасіння;

- витрата води на внутрішнє пожежогасіння приймається:

- для громадських – 8×5 л/с;

- для житлових – $4 \times 2,5$ л/с;

- пожежні кран-комплекти комплектуються перекривними стволами з розпорашувачами;

- витрата на зовнішнє пожежогасіння приймається за розрахунком, але не менше 35 л/с;

- на балконах незадимлюваних сходових кліток передбачаються сухотруби діаметром 80 мм зі спареними пожежними кран-комплектами з пристроями для приєднання пожежної техніки;

- у житлових будівлях над входними дверима квартир ззовні встановлюють спринклерні зрошувачі, які живляться від мережі внутрішнього протипожежного водопроводу;

- конструкція шаф пожежних кран-комплектів повинна передбачати розміщення пожежного кран-комплекту діаметром 50 або 65 мм з обладнанням, а також розміщення пожежного кран-комплекту на катушці за ДСТУ 4401-1 та двох вогнегасників;

- у квартирах житлових будівель умовною висотою понад 47 м передбачається установка ПКК діаметром 19 мм, 25 мм або 33 мм (в комплектації згідно ДСТУ 4401-1), який забезпечує можливість подавання води у будь-яку

точку квартири у урахуванням струменя води довжиною 3 м.

Особливості влаштування пожежних кран-комплектів та встановлення в шафах пожежних кран-комплектів датчиків положення розглянуто в розділі 2.8.

2.9.2. Рекомендації для проектування пожежних кран-комплектів у висотних житлових будівлях

Рекомендації розроблені за результатами виконання науково-дослідної роботи за темою «Підвищення рівня пожежної безпеки у висотних житлових будівлях за рахунок використання пожежних кран-комплектів», яка виконувалась в Національному університеті цивільного захисту України викладачами кафедри пожежної профілактики в населених пунктах (номер державної реєстрації НДР – 0107U003086).

Вихідними даними для проектування є:

- фактичний напір у водопровідній мережі – H , м;
- відстань від стояків системи холодного водопостачання до найвіддаленішої точки квартири;
- пожежне навантаження квартири.

Порядок проектування рекомендується наступним:

1. **Визначаються необхідні витрати води** для успішного гасіння пожежі за допомогою ПКК, для цього:

1.1 визначаються за довідником:

- нижча теплота згоряння – Q_H , кДж/кг;
- наведена масова швидкість вигорання – v_M , кг/(с·м²);

1.2 розраховується параметр X за формулою:

$$X = \frac{Q_H v_M v_L^2 \pi}{4Q_{\text{вод}}},$$

де Q_H – нижча теплота згоряння, кДж/кг;

v_M – наведена масова швидкість вигорання, кг/(с·м²);

v_L – лінійна швидкість розповсюдження полум'я, $v_L \approx 0,01$ м/с;

$Q_{\text{вод}}$ – кількість теплоти, що відводиться водою, 2000 кДж/кг;

1.3 визначається час вільного розвитку пожежі τ_B – залежить від інерційності елементів виявлення та сповіщення про пожежу (при відсутності даних час вільного розвитку пожежі прийняти (120 ÷ 300) с);

1.4 приймається час гасіння пожежі $\tau_{\text{гас}}$ (рекомендується прийняти (180÷300) с);

1.5 розраховуються необхідні витрати води для гасіння пожежі за формулою:

$$q = \frac{X \tau_B^3}{\tau_{\text{гас}}}, \text{ л/с,}$$

де X – параметр, який визначений в п. 1.2 цих рекомендацій;
 $\tau_{\text{в}}$ – час вільного розвитку пожежі, с;
 $\tau_{\text{гас}}$ – час подачі вогнегасної речовини на гасіння пожежі, с.

2. **Фактичні витрати води з ПКК** прийняти рівними тим витратам, що необхідні для успішного гасіння пожежі q (визначені в п. 1.5 цих рекомендацій).

3. **Визначається фактичний напір** у водопровідній мережі H (за вихідними даними для проектування) та перераховується у кодову величину за формулою:

$$H_i = \frac{H - 31}{17}.$$

4. **Визначається необхідна довжина рукава** – в залежності від конфігурації будівлі, тобто довжина рукава дорівнює відстані від стояків системи холодного водопостачання (місцем встановлення ПКК) до найвіддаленішої точки квартири з урахуванням довжини струменя. Прийнята довжина рукава перераховується в кодову величину за формулою:

$$l_i = \frac{l - 14}{4}.$$

5. **Приймається діаметр рукава** таким, як рекомендує ДБН, або відповідно до діаметра стояка, до якого приєднується ПКК, тобто 19 мм, 25 мм або 33 мм.

6. **Розраховується необхідний діаметр** насадки розпорошувача, встановленого на ПКК:

6.1 для рукава діаметром 19 мм за формулою:

$$d_H = 127 / 14 + 1 / 14 \cdot \sqrt{-82655 + 4368H_i^2 - 3136l_i^2 - 26600H_i + 10920l_i + 3108H_i l_i + 28000q};$$

6.2 для рукава діаметром 25 мм за формулою:

$$d_H = 298 / 31 + 14 / 31H_i - 16 / 31l_i + 2 / 31 \cdot \sqrt{-104155 + 5567H_i^2 - 3811l_i^2 - 33440H_i + 12930l_i + 3763H_i l_i + 31000q};$$

6.3 для рукава діаметром 33 мм за формулою:

$$d_H = 178 / 17 + 10 / 17H_i - 27 / 34l_i + 1 / 34 \cdot \sqrt{-541024 + 28960H_i^2 - 18855l_i^2 - 172080H_i + 63464l_i + 18640H_i l_i + 136000q};$$

6.4 з трьох визначених величин вибирається одна, тобто приймається кінцеве рішення про діаметр рукава та діаметр насадки ствола, виходячи з економічних показників або наявності ПКК з визначеними характеристиками.

Порядок запропонованого розрахунку можна представити у вигляді *алгоритму* (рис. 2.64).

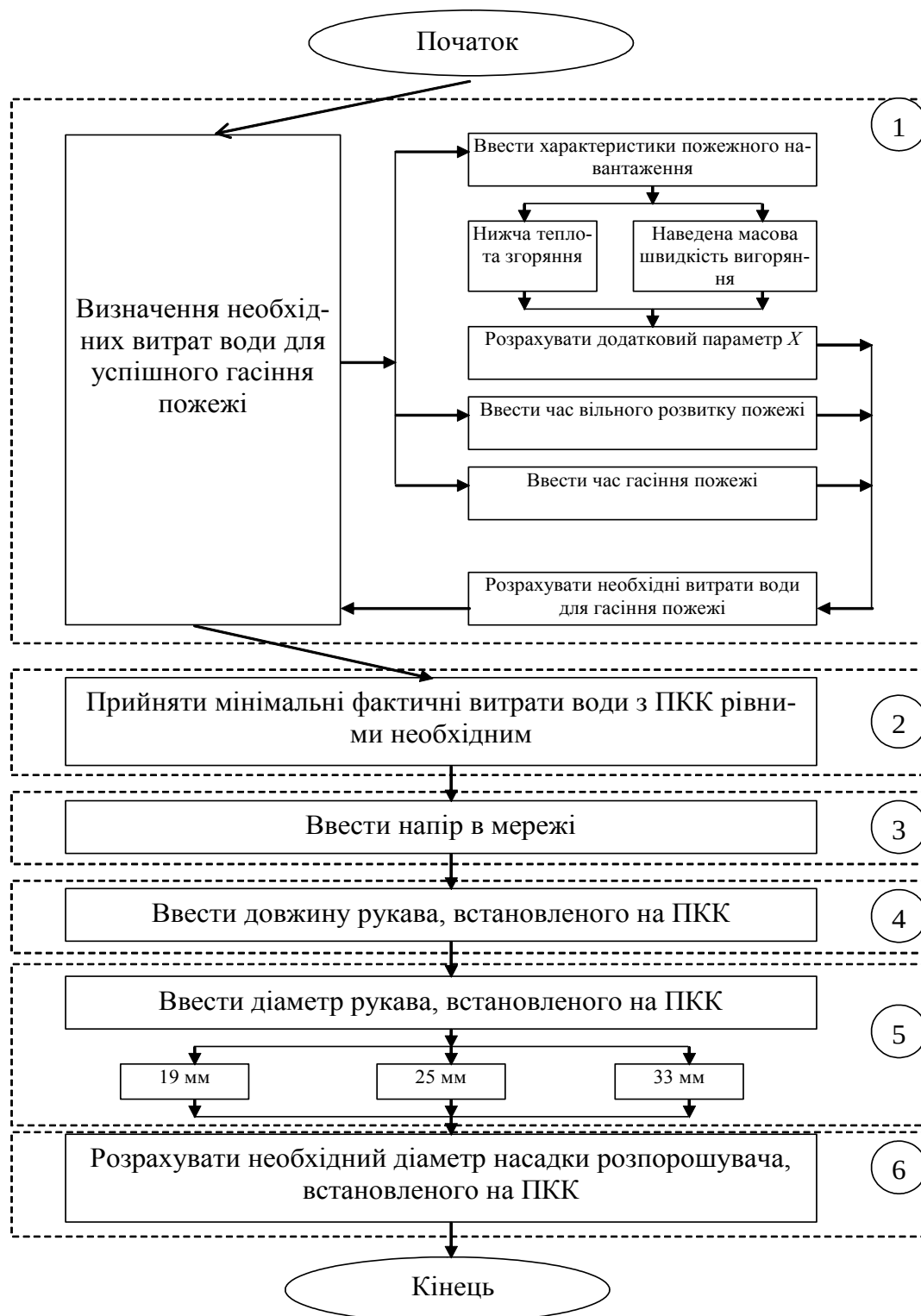


Рис.2.64 – Алгоритм вибору обладнання для ПКК

Результатами розрахунку (або реалізації алгоритму) є наступні параметри:

- довжина рукава ПКК;
- діаметр рукава ПКК;
- діаметр насадки ствола ПКК.

2.9.3. Будівництва протипожежних водопроводів у будівлях з масовим перебуванням людей

Найбільш поширеними будівлями з масовим перебуванням людей є культурно-видовищні та заклади дозвілля, які включають театри, палаци та будинки культури, клуби, кінотеатри, цирки та інші. До складу культурно-видовищних закладів входять:

- театральний-видовищний комплекс, який складається зі сценічної коробки, залу для глядачів та інших приміщень (склад декорацій, артистичні вбиральні, майстерні з виготовлення декорацій та бутафорії);
- додатковий комплекс – бібліотеки, лекційні зали, виставки, приміщення для проведення занять у різних гуртках, а в цирках – приміщення для тварин.

Зал для глядачів об'єднується зі сценічною коробкою порталом сцени, площа якого може доходити до 200 – 300 м².

Сценічна коробка досягає у висоту 25 – 35 м, складається з наступних частин (рис. 2.65):

- планшет сцени (являє собою настил з дощок або брусів, під яким прокладаються електричні мережі для підключення приладів освітлення сцени);
- трюм (облаштовується під планшетом сцени. Висоту поверху трюму до низу конструкцій, що виступають, слід приймати не менше 1,9 м. При облаштуванні барабанного круга, підйомно-опускних площадок та іншого сценічного обладнання кількість поверхів трюму визначається при проектуванні. В інших випадках трюм слід проектувати одноповерховим, як у випадку застосування накладного планшетного обладнання, врізаного поворотного круга, круга з кільцем (кільцями), так і за відсутності подібного обладнання);
- колосники (колосниковий настил розташовується перпендикулярно до порталу сцени із зазорами між колосниками 0,05 м);
- робочі галереї (розташовуються вздовж бічних і задньої стін сцени. Нижню галерею рекомендується розташовувати на 1 м вище будівельного порталу, але не нижче верху прорізу ар'єрсцени плюс 0,5 м. Відстань між ярусами робочих галерей від підлоги до підлоги слід приймати від 2,5 м до 3 м за всією висотою сцени. Ширину (у просвіті) робочих галерей, розташованих на бічних стінах, слід приймати: при встановленні електроприводів підйомів на галереях – 2,8 м; при встановленні електроприводів за межами сценічної коробки, при ручному приводі підйомів і на освітлювальних галереях – 1,5 – 1,8 м. Ширину робочих галерей (обхідних містків) на задній стіні сцени слід приймати не менше 0,8 м. Між бічними робочими галереями допускається передбачати перехідні містки завширшки не менше 0,6 м. Робочі галереї та

перехідні містки повинні мати суцільний настил, огорожу заввишки не менше 1,2 м і відбійний брус заввишки не менше 0,15 м).

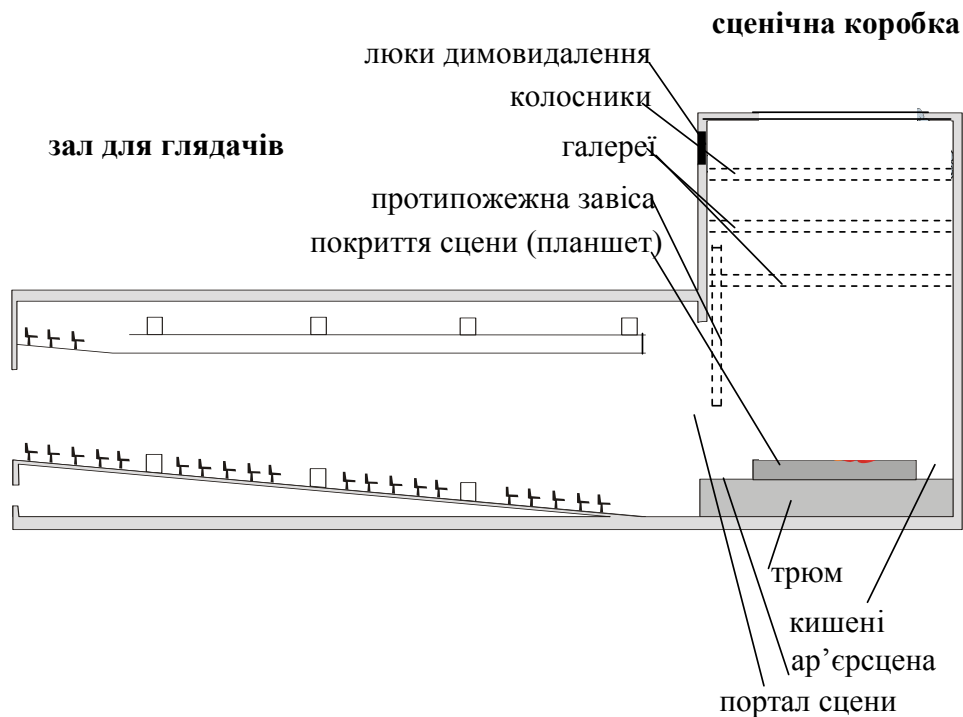


Рис. 2.65 – Складові театрального-видовищного комплексу

Культурно-видовищні та заклади дозвілля характеризуються наявністю великої кількості горючих речей та матеріалів:

- сцена і прилеглі до неї приміщення – у вигляді конструкції планшета сцени, трюму, колосників, декорацій і бутафорії (горюче навантаження в сценічному комплексі досягає $200 - 350 \text{ кг/м}^2$);
- зал для глядачів (горюче навантаження залу знаходиться в межах $30 - 50 \text{ кг/м}^2$);
- підвісні перекриття над залами – із важкогорючих матеріалів на металевих фермах;
- у горищних приміщеннях над глядацьким залом розташовують збірники і шахти вентиляційних систем;
- підлога – з ухилом до сцени, тому під підлогою є значні порожнечі;
- яруси балконів виготовлені з конструкцій з порожнечами.

Найбільш імовірним **джерелом запалення** у цих приміщеннях є замкнення електропроводки або необережне поводження з вогнем, особливо якщо застосування відкритого вогню є елементом вистави.

Розвиток пожежі характеризується великою швидкістю розповсюдження, перекиданням вогню з одного матеріалу на інший, різким збільшенням температури та значним задимленням.

Як показує статистика, 70% усіх пожеж, що виникають у культурно-видовищних закладах, відбувається у сценічній частині. Це обумовлено великим об'ємом сценічної коробки, що створює умови до швидкого розповсю-

дження пожежі. Продукти горіння миттєво заповнюють весь об'єм сценічної коробки, при цьому швидко зростає температура, що небезпечно для життя людей.

Для успішного гасіння пожеж в культурно-видовищних та закладах дозвілля передбачається будівництво:

- внутрішнього протипожежного водопроводу;
- установок автоматичного спринклерного та дренчерного пожежогасіння.

Внутрішні водопровідні мережі влаштовують:

- **об'єднаними** господарсько-питними – протипожежними – для кінотеатрів, відеокomплексів, клубів, центрів дозвілля з естрадами;
- **відокремленими**: господарсько-питні та протипожежні – для театрів, клубів, центрів культури та дозвілля зі сценами (об'єднання мереж можливе у тому разі, коли міський водопровід забезпечує подавання розрахункової витрати води з напором, необхідним для роботи протипожежних пристроїв).

Згідно з ДБН В.2.2-26-2005 «Культурно – видовищні та дозвіллі заклади» внутрішній протипожежний водопровід слід передбачати в будівлях:

- кінотеатрів та клубів, центрів дозвілля з естрадами за місткості залу для глядачів до 700 місць включно – пожежними кран-комплектами; більше 700 місць за наявності колосників – пожежними кран-комплектами та дренчерними установками;
- клубів, центрів дозвілля зі сценами розмірами: $12,5 \times 7,5$ м; $15 \times 7,5$ м; 18×9 м та 21×12 м за місткості залу для глядачів до 700 місць – пожежними кран-комплектами та дренчерними установками;
- клубів, центрів дозвілля зі сценами розмірами: 18×9 м, 21×12 м за місткості залу для глядачів більше 700 місць, зі сценами 18×12 м, 21×15 м незалежно від місткості, а також у театрах – пожежними кран-комплектами, дренчерними та спринклерними установками;
- демонстраційних комплексів театрів місткістю 600 місць та більше зі сценами панорамного, тристороннього та центрального типів – установками автоматичного пожежогасіння.

Витрати води для внутрішнього пожежогасіння з пожежних кран-комплектів слід передбачати в будівлях:

- кінотеатрів, клубів, центрів дозвілля з естрадами за місткості залу для глядачів до 300 місць включно – два струмені не менше 2,5 л/с, більше 300 місць – два струмені з витратою не менше 5 л/с кожна;
- клубів, центрів дозвілля зі сценами і театрів, незалежно від місткості – два струмені не менше 2,5 л/с та два струмені з витратою не менше 5 л/с кожний.

Пожежні кран-комплекти встановлюють біля входів до залу для глядачів і на сцену чи естраду, біля входів на сходові площадки.

У будівлях клубів, центрів культури та дозвілля зі сценами розмірами 18×12 м, 21×12 м, 21×15 м, а також у будівлях театрів додаткові пожежні кран-комплекти діаметром 65 мм зі стволами з діаметром насадки 19 мм та довжиною рукава 10 м встановлюють на планшетах сцени.

Пожежні кран-комплекти діаметром 50 мм зі стволом з діаметром насадки 16 мм та довжиною рукава 10 м встановлюють на колосниках та робочих галереях; те саме в решті приміщень театрів – з довжиною рукава 20 м.

На планшеті сцени за його площі до 500 м² встановлюють три, а за більшої площі – чотири пожежних кран-комплекти.

На кожній робочій галереї та колосниках розміщують не менше двох пожежних кран-комплектів, по одному з правого та лівого боку сцени.

Влаштування кран-комплектів допускається відкрито, без шаф.

Пожежні кран-комплекти слід розташовувати таким чином, щоб будь-яка точка приміщення зрошувалася двома струменями.

Внутрішні водопровідні мережі слід будувати:

– **з одним вводом** – у кінотеатрах, відеокомплексах, клубах, центрах дозвілля з естрадами за кількості встановлюваних пожежних кран-комплектів не більше 12-ти;

– **з двома вводами** – у цих же будівлях та спорудах за кількості встановлюваних пожежних кран-комплектів більше 12-ти, а також у театрах, клубах, центрах дозвілля зі сценами. При двох вводах приєднання до зовнішньої кільцевої водопровідної мережі повинно передбачатися з засувкою між вводами.

Для обліку води, що споживається, на вводах у будинки культурно-видовищних та дозвіллевих закладів необхідно встановлювати витратоміри (лічильники). Підбір та встановлення **лічильників** слід виконувати згідно з вимогами ДБН В.2.5-64:2012.

Кожний **ввід** слід розраховувати на:

а) пропуск максимальної розрахункової витрати води на господарсько-питні та протипожежні потреби в разі подачі її від зовнішньої мережі;

б) пропуск максимальної розрахункової витрати на господарсько-питні потреби або витрати на поновлення протипожежного запасу води в резервуарі протягом 24 годин у разі встановлення зовнішнього протипожежного резервуара.

Для забезпечення необхідної кількості води для театрів приймається **схема** внутрішнього протипожежного водопроводу з **підвищувальними установками та запасним резервуаром**.

Джерелом водопостачання можуть бути:

– міський водопровід, до якого система ВПВ приєднується одним або двома вводами;

– пожежний резервуар;

– водонапірний бак або гідропневмобак (на перші декілька хвилин гасіння пожежі);

– пожежна техніка (для приєднання пожежних рукавів пересувних пожежних насосів від напірної лінії між насосами та розподільчою гребінкою спринклерної та дренчерної установок повинні бути виведені назовні два патрубки діаметром 80 мм зі зворотними клапанами та стандартними з'єднувальними головками).

Внутрішня мережа пожежних кран-комплектів повинна бути кільцевою та приєднуватися двома вводами як до зовнішньої мережі, так і до розподільної гребінки спринклерної та дренчерної систем. Засувки на мережі встановлюють з розрахунку відключення ділянок, що мають не більше двох відгалужень. В основі стояків, що мають більше двох пожежних кран-комплектів, влаштовують вентилі або засувки.

Вільний напір у пожежних кран-комплектах слід передбачати таким, щоб отримуваний компактний струмінь зрошував найбільш високу частину розрахункового приміщення. Напір у пожежних кран-комплектах на планшетах сцени повинен забезпечувати отримання компактних струменів висотою, що на 2 м перевищує відстань від планшета до колосникового настилу.

Дренчерні зрошувачі встановлюють під колосниками сцени та ар'єрсцени, під нижнім ярусом робочих галерей та нижніми перехідними містками, в сейфі згорнутих декорацій та в усіх пройомах сцени, включаючи пройоми порталу, карманів та ар'єрсцени і виходів із них, а також частини трюму, що зайнята конструкціями вбудованого обладнання сцени та підйомно-опускних пристроїв.

Зрошення протипожежної завіси слід передбачати з боку сцени.

Спринклерними установками обладнуються: покриття сцени та ар'єрсцени, всі робочі галереї та перехідні містки, крім нижніх, трюм (крім вбудованого обладнання сцени), кармани сцени, ар'єрсцена, а також інші приміщення, за винятком приміщень фондосховищ (де слід застосовувати газові, порошкові або аерозольні системи), вентиляційних камер, трансформаторної підстанції, акумуляторних, сейфа згорнутих декорацій, приміщень лебідок протипожежної завіси, димових люків та насосної з пожежними насосами.

Розміщення дренчерних та спринклерних зрошувачів проводять, виходячи з таких умов:

- площа підлоги, що захищається одним зрошувачем, приймається не більше 9 м^2 за середньої інтенсивності зрошування не менше $0,1 \text{ л/с}$ на 1 м^2 площі підлоги;

- витрата води на зрошування пройомів сцени приймається $0,5 \text{ л/с}$ на 1 м^2 пройому; на зрошення порталу сцени – не менше $0,5 \text{ л/с}$ на 1 м ширини порталу за його висоти до $7,5 \text{ м}$ та $0,7 \text{ л/с}$ на 1 м^2 за висоти більше $7,5 \text{ м}$.

Вільний напір у найбільш віддаленому і високорозташованому зрошувачі повинен бути не менше 500 гПа (5 м вод. ст.).

В одній будівлі діаметр вихідних отворів в усіх зрошувачах повинен бути однаковим.

Управління дренчерними установками слід передбачати (рис. 2.66):

- електричне або гідравлічне з двох місць на планшеті сцени та з приміщення пожежного поста – для секцій захисту сцени, ар'єрсцени та сценічних пройомів;

- дистанційне електричне або гідравлічне зі вказаних вище місць та автоматичне від датчиків на вузлі управління спринклерами сцени – для дренчерної завіси сценічного порталу;

– дистанційне з приміщення пожежного поста та установки розподільчої гребінки – для секції захисту сейфа згорнутих декорацій.



Рис. 2.66 – Вузол управління установкою автоматичного пожежогасіння палацу культури

Дренчери колосників сцени та ар'єрсцени, нижнього ярусу робочих галерей та перехідних містків, що з'єднують їх, об'єднують в одну або декілька секцій.

Дренчери над дверними пройомами сцени та пройомом ар'єрсцени об'єднують в одну секцію. Дренчери порталу сцени та сейфа згорнутих декорацій виділяють у дві окремі секції.

Спринклери, що встановлюють на сцені, ар'єрсцені, в бічних карманах, трюмі сцени, слід об'єднувати в одну секцію з окремим управлінням. Допускається приєднання пожежних кран-комплектів на сценічних робочих галереях до стояків спринклерної системи сцени.

Сумарна розрахункова витрата води приймається більшою з двох випадків роботи засобів внутрішнього пожежогасіння:

- спринклерів сцени (покриття сцени, всі робочі галереї та перехідні містки), одночасної дії двох пожежних кран-комплектів на планшеті сцени з загальною витратою не менше 10 л/с та двох кран-комплектів на верхніх робочих галереях із загальною витратою 5 л/с, а також роботи секції дренчерів порталу сцени;

- усіх дренчерів під колосниками сцени та ар'єрсцени, нижнім ярусом робочих галерей та перехідними містками, що їх з'єднують, одночасної дії двох пожежних кран-комплектів на планшеті сцени з загальною витратою не менше 10 л/с та двох кран-комплектів на верхніх робочих галереях з витратою 5 л/с, а також роботи секції дренчерів порталу сцени.

У тих випадках, коли напору в зовнішній мережі недостатньо для забезпечення розрахункової роботи протипожежних пристроїв, слід передбачати встановлення насосів, пуск яких слід проектувати:

– дистанційним від кнопок біля пожежних кран-комплектів – за відсутності спринклерних та дренчерних пристроїв;

– автоматичним – за наявності спринклерних та дренчерних пристроїв з дистанційним дублюванням (для пуску та зупинки) із приміщень пожежного поста та насосної.

Пожежні насосні агрегати повинні мати стовідсотковий резерв і встановлюватися в окремих опалюваних приміщеннях, що мають виходи безпосередньо назовні або до сходової клітки. У будівлях кінотеатрів та клубів, центрів дозвілля, обладнаних тільки пожежними кранами, допускається встановлення насосів у котельній.

Для приєднання рукавів пересувних пожежних насосів від напірної лінії між насосами та розподільною гребінкою спринклерної та дренчерної установок повинні бути виведені назовні **два патрубки діаметром 80 мм із зворотними клапанами, керованою засувкою**, що відкривається ззовні будинку, та стандартними з'єднувальними пожежними головками.

У разі, якщо потужність зовнішніх водопровідних мереж недостатня для подавання розрахункової витрати води на пожежогасіння або при приєднанні вводів до тупикових ділянок мережі, необхідно передбачати влаштування підземних резервуарів, ємкість яких повинна забезпечувати:

– роботу розрахункової кількості внутрішніх пожежних кран-комплектів з розрахунковою витратою протягом трьох годин;

– роботу спринклерних або дренчерних установок із розрахунковою витратою води протягом однієї години;

– витрату води на зовнішнє пожежогасіння протягом трьох годин.

Тестове контрольне завдання

1. Висотні будівлі – це будівлі з умовною висотою:

- більше 26,5 м;
- від 26,5 до 47 м включно;
- більше 47 м;
- більше 73,5 м;
- від 73,5 до 100 м.

2. Перевагами паралельного зонування системи внутрішнього протипожежного водопроводу в будівлях висотою понад 47 м є:

– необхідність встановлення більш потужних насосів для забезпечення подачі води до ПКК верхніх зон;

– необхідність влаштування технічних поверхів для розміщення насосних станцій;

– необхідність використання більшої кількості трубопроводів;

– відсутністю необхідності влаштування насосних станцій;

– більш надійна подача води в порівнянні з послідовним зонуванням.

3. Перевагами послідовного зонування системи внутрішнього протипожежного водопостачання будівель висотою понад 47 м є:

- найнадійніша подача води до пожежних кран-комплектів кожної зони;
- зручність експлуатації насосних станцій кожної зони;
- можливість влаштування системи без насосних станцій;
- можливість використання лише одного водонапірного бака;
- економічність – найменша матеріалоемність та енергоемність.

4. Недоліками змішаного зонування систем внутрішнього протипожежного водопостачання будівель висотою понад 47 м є:

- забезпечення найнадійнішої подачі води до пожежних кран-комплектів всіх зон;
- неекономічність – найбільша енергоемність та матеріалоемність системи;
- неможливість створення нормативного компактного струменя з кожного ПКК;
- необхідність обов'язкового влаштування запасних резервуарів;
- можливість забезпечення подачі лише двох струменів на кожну точку приміщення.

5. На планшетах сцени театрів кількість пожежних кран-комплектів визначається:

- залежно від висоти будівлі;
- залежно від довжини та ширини приміщення;
- залежно від площі сцени (до 500 квадратних метрів – 3 пожежних кран-комплекти, більше 500 квадратних метрів – 4 пожежних кран-комплекти);
- залежно від наявності протипожежної завіси;
- залежно від кількості місць в глядацькому залі.

6. У будівлях висотою понад 47 м найчастіше використовуються схеми внутрішнього водопроводу:

- прямоточні, оборотні або з послідовним використанням води;
- централізовані, місцеві або групові;
- зонні – паралельні, послідовні або змішані;
- з запасним резервуаром;
- без підвищувальних установок.

7. Кількість зон системи водопостачання у будівлях висотою понад 47 м повинна бути такою, щоб:

- у кожній зоні було не менш двох пожежних кран-комплектів;
- забезпечувалась подача води для господарсько-питних потреб водоспоживачів;
- гідростатичний напір на найгірше розташованому в зоні пожежному кран-комплекті не перевищував 90 м;
- гідростатичний напір на найгірше розташованому в зоні пожежному кран-комплекті не перевищував 60 м;
- гідростатичний напір на найгірше розташованому в зоні пожежному кран-комплекті не перевищував розрахункових величин.

8. В будівлях культурно-видовищних та дозвілєвих закладів необхідно передбачати пожежні кран-комплекти та (або) установки автоматичного пожежогасіння залежно від:

- площі та об'єму сценічної коробки;
- нормативних витрат води на пожежогасіння;
- типу культурно-видовищного підприємства, наявності колосників, наявності та розмірів сцени, ємності глядацького залу;
- наявності спеціалізованої пожежної техніки;
- працездатності насосної станції.

9. Патрубки для приєднання пожежної техніки обов'язково виводяться назовні від внутрішнього водопроводу в будівлях:

- при об'єднаному водопроводі, який забезпечує подачу води на господарсько-питні та пожежні потреби;
- які мають зонну систему внутрішнього водопостачання;
- в яких відсутні підвищуючі установки в системі внутрішнього протипожежного водопостачання;
- висотою до 26,5 м;
- в громадських будівлях.

3. ПЕРЕВІРКА ПРОЕКТІВ ТА ПРОТИПОЖЕЖНОГО СТАНУ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1. Перевірка проектів та прийняття до експлуатації системи протипожежного водопостачання

3.1.1. Порядок перевірки проектів протипожежного водопостачання

При виконанні планових або позапланових перевірок проектних організацій проводиться перевірка проектно-кошторисної документації організації на відповідність проектних рішень в проектах вимогам нормативних документів з питань пожежної безпеки.

Перевірці можуть підлягати типові проекти, робочі проекти (на нове будівництво, реконструкцію, розширення, технічне переоснащення будівель і споруд) незалежно від форм власності і джерел фінансування.

Метою перевірки проектів систем протипожежного водопостачання об'єктів є визначення відповідності проектних рішень вимогам чинного законодавства щодо забезпечення пожежної безпеки цих об'єктів.

Основними завданнями перевірки проектів систем протипожежного водопостачання є виявлення відхилень від вимог діючих нормативних актів з пожежної безпеки та визначення достатності і якості проектних рішень з цих питань.

Нормативна база, яка регламентує питання щодо проведення перевірки проектів, поділяється на два типи:

- нормативні документи щодо організації проведення перевірки проектів (настанови, положення, інструкції та ін.);

– нормативні документи, що містять вимоги до проектування систем протипожежного водопостачання (будівельні норми та правила).

При перевірці проектів у частині протипожежного водопостачання використовуються будівельні норми, що містять загальні вимоги до влаштування систем водопостачання – ДБН В.2.5-64:2012 "Внутрішній водопровід та каналізація", ДБН В.2.5-74:2013 "Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування", а також будівельні норми, що містять специфічні вимоги щодо особливостей протипожежного водопостачання окремих будівель та споруд, наприклад:

– ДБН В.2.2-24:2009 "Проектування висотних житлових та громадських будинків";

– ДБН В.2.2-9:2009 "Громадські будинки та споруди";

– ДБН В.2.2-15:2005 "Житлові будинки";

– ДБН В.2.2-16:2005 "Культурно-видовищні та дозвіллеві заклади" та ін.

Перевірка проектів проводиться в **три етапи**:

– перший – підготовка до перевірки;

– другий – проведення перевірки;

– третій – оформлення результатів перевірки.

На першому етапі необхідно ознайомитися з проектними матеріалами та нормативною документацією щодо об'єкта проектування та визначити:

– правильність вибору системи водопостачання в залежності від пожежної небезпеки об'єкта та відповідність цього вибору вимогам будівельних норм;

– відповідність вимогам норм прийнятих у проекті витрат та напорів води для цілей пожежогасіння;

– необхідність будування протипожежного водопроводу та пожежних водоймищ.

В ході **другого етапу** проводиться безпосередня перевірка проектних рішень щодо будування протипожежного водопостачання на об'єкті та окремих його елементів.

При виконанні перевірки проектів (внутрішнього або зовнішнього протипожежного водопостачання) для зручності доцільно заповнювати таблицю (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Перевірка проекту зовнішнього (внутрішнього) протипожежного водопостачання об'єкта

№	Що перевіряється	Прийнято у проекті	Посилання на проект	Вимоги нормативних документів	Посилання на нормативні документи	Висновок
1	2	3	4	5	6	7

На третьому етапі оформлюються результати перевірки.

За результатами перевірки проекту складається припис, який підписується безпосереднім виконавцем перевірки та начальником наглядового органу з питань пожежної безпеки. Протипожежні заходи в приписах повинні викладатися чітко з посиланням на відповідні нормативні документи. До припису можуть включатися рекомендації щодо посилення пожежної безпеки об'єкта, розроблені з урахуванням аналізу пожеж та проведених науково-дослідних робіт.

3.1.2. Прийняття до експлуатації системи протипожежного водопостачання

Прийняття до експлуатації об'єктів здійснюється державною приймальною комісією після закінчення роботи робочої комісії (для об'єктів державної власності) або роботи державної технічної комісії (для об'єктів недержавної власності).

При прийнятті до експлуатації водопровідних мереж та споруд проводиться контрольна перевірка їх дії – гідравлічні випробування.

Перед початком роботи комісії необхідно:

- вивчити відповідні нормативні документи;
- перевірити наявність позитивного висновку експертизи проектної документації щодо питань пожежної безпеки;
- ознайомитися з матеріалами наглядової справи на новобудову;
- скласти перелік питань, які необхідно з'ясувати при прийнятті об'єкта.

Під час роботи комісій необхідно перевірити надану генеральним підрядником документацію:

- акт про випробування змонтованого обладнання;
- акт про випробування технологічних трубопроводів;
- акт про герметизацію вводів;
- акт про випробування мереж зовнішніх господарсько-протипожежних або протипожежних водопроводів на міцність та щільність, а також водовіддачу;
- акт про випробування на щільність протипожежних водоймищ і резервуарів, у яких зберігаються запаси води для протипожежних потреб, а також визначення дебету свердловин;
- акт випробування систем внутрішнього господарсько-протипожежного або протипожежного водопроводу на водовіддачу.

Держпожнагляд на об'єктах незалежно від форм власності та в населених пунктах здійснюється шляхом проведення **перевірок щодо дотримання** суб'єктами господарювання та громадянами встановлених чинним законодавством **вимог пожежної безпеки**.

Перевірки поділяються на:

- планові;
- позапланові.

Планові перевірки проводяться з метою здійснення обстеження щодо відповідності об'єктів вимогам нормативно-правових актів та контролю за виконанням встановлених чинним законодавством вимог пожежної безпеки.

Позапланові перевірки проводяться з метою здійснення контролю за виконанням приписів.

Позапланові перевірки органами держпожнадзора проводяться також у разі:

- надходження доручень Президента України, Верховної Ради України, Кабінету Міністрів України та рішень місцевих органів виконавчої влади стосовно посилення протипожежного захисту об'єктів та населених пунктів;

- отримання від юридичних та фізичних осіб, центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування інформації про виникнення аварійних ситуацій, зміни або порушення технологічних процесів, а також виходу із ладу обладнання, які можуть спричинити безпосередню загрозу життю та здоров'ю людей, шкоду довкіллю і майну громадян та власників об'єктів;

- звернення фізичних та юридичних осіб зі скаргами на порушення їх прав і законних інтересів (бездіяльність) іншими юридичними чи фізичними особами, пов'язаними з невиконанням ними обов'язкових вимог пожежної безпеки, а також отриманням іншої інформації, яка підтверджується відповідними документами та доказами про наявність таких порушень (звернення, які не дозволяють установити особу, яка звернулася в орган держпожнадзора, не можуть бути підставою для проведення позапланової перевірки).

Під час прийняття до експлуатації та проведення перевірок виконуються **випробування водопровідних мереж на водовіддачу**, тобто визначення максимальної кількості води, яку можна забрати з мережі на пожежогасіння.

3.1.3. Методика розв'язання основних типів задач

Задача 1. Сформулюйте пункт припису та обґрунтуйте його вимогами нормативних документів щодо наступного проектного рішення: біля заданої будівлі запроектовано пожежний резервуар заданого об'єму.

Розв'язання

Для визначення необхідності в формулюванні пункту припису необхідно визначити потрібний об'єм резервуара, порівняти його з запроектованим та при невідповідності запропонувати запроектувати резервуар об'ємом не меншим, ніж потрібний. Методика визначення необхідного об'єму пожежного резервуара наведена в розділі 2.5.1.

Приклад. Сформулюйте пункт припису та обґрунтуйте його вимогами нормативних документів щодо наступного проектного рішення: у п'ятиповерховій громадській будівлі запроектовано пожежний резервуар об'ємом 50 м^3 , об'єм будівлі – 45000 м^3 , максимальні добові витрати води становлять $18 \text{ м}^3/\text{доб}$, максимальні годинні витрати на господарсько-питні потреби – $0,5 \text{ м}^3/\text{год}$, витрати води на роботу установки автоматичного пожежогасіння – 30 л/с .

Дано: п'ятиповерхова громадська будівля; об'єм будівлі – 45000 м³; $Q_{\text{max доб}} =$ $= 18 \text{ м}^3/\text{доб}$; $Q_{\text{Г-П}} = 0,5 \text{ м}^3/\text{год}$; $Q_{\text{АУПГ}} = 30 \text{ л/с}$;	Розв'язання: 1) Визначаємо нормативні витрати води на внутрішнє пожежогасіння (додаток 16 або ДБН В.2.5-64:2012, табл. 3) $Q_{\text{вн.пож}} = 2 \cdot 2,5 \text{ л/с.}$ 2) Визначаємо нормативні витрати води на зовнішнє пожежогасіння (додаток 13 або ДБН В.2.5-74:2013, табл. 4) $Q_{\text{зов.пож}} = 25 \text{ л/с.}$ 3) Визначаємо пожежні витрати води:
$W_{\text{ПР}} - ?$	$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{вн.пож}} + Q_{\text{зов.пож}} = 2 \cdot 2,5 + 25 = 30 \text{ л/с.}$ 4) Визначаємо об'єм регулюючого запасу води, який приймаємо як 20% від максимальних добових витрат води: $W_{\text{рег}} = \frac{20 Q_{\text{max доб}}}{100} = \frac{20 \cdot 18}{100} = 3,6 \text{ м}^3.$ 5) Визначаємо об'єм недоторканного запасу води: $W_{\text{НЗ Г-П}} = \tau \cdot Q_{\text{Г-П}} = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ м}^3,$ $W_{\text{НПЗ}} = \tau \cdot Q_{\text{пож}} = 3 \cdot 30 \cdot 3600 / 1000 = 324 \text{ м}^3,$ $W_{\text{АУПГ}} = \tau_{\text{АУПГ}} \cdot Q_{\text{АУПГ}} = 1 \cdot 30 \cdot 3600 / 1000 = 108 \text{ м}^3,$ $W_{\text{НЗ}} = W_{\text{НПЗ}} + W_{\text{НЗ Г-П}} + W_{\text{АУПГ}} = 324 + 1,5 + 108 = 433,5 \text{ м}^3,$ де $\tau = 3$ години; $\tau_{\text{АУПГ}} = 1$ година. 6) Визначаємо об'єм ПР: $W_{\text{ПР}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{НЗ}} = 3,6 + 433,5 = 437,1 \text{ м}^3.$ 7) Порівнюємо розрахований об'єм пожежного резервуара із заданим за умовами задачі: – необхідний об'єм пожежного резервуара більший, ніж запроєктований для заданої будівлі, тому пропонується до припису включити пропозиції запроєктувати пожежний резервуар об'ємом не меншим 437,1 м³, як вимагається за ДБН В.2.5-74:2013 п. 13.1.1 – 13.1.4.

Відповідь: включити до припису пропозиції запроєктувати пожежний резервуар об'ємом не меншим 437,1 м³, як вимагається за ДБН В.2.5-74:2013 п. 13.1.1 – 13.1.4.

№	Що перевіряється	Прийнято у проекті	Посилання на проект	Вимагається за нормами	Посилання на НД	Висновок
1	Нормативні витрати на зовнішнє пожежогасіння	немає даних	Л1	25 л/с	[1] таблиця 4	?
2	Кількість пожежних гідрантів	1 (ПГ-38)	Л1	не менше двох	[1] п. 12.16	н
3	Діаметр зовнішньої мережі	200 мм	Л1	не менше 100 мм	[1] п. 12.45	в
4	Ввід					
4.1	кількість	два	Л1, Л2	два (при кількості ПКК понад 12)	[2] п. 10.1	в
4.2	приєднання до різних ділянок зовнішньої мережі	не запроектовано	Л1	при кількості вводів два – їх приєднують до різних ділянок зовнішньої мережі з встановленням засувки між вводами на зовнішній мережі	[2] п. 10.2	н

Відповідь: включити до припису пропозиції:

– надати дані щодо прийнятих в проекті нормативних витрат води на зовнішнє пожежогасіння (ДБН В.2.5-74:2013, табл. 4);

– запроектувати не менше двох пожежних гідрантів (ДБН В.2.5-74:2013 п. 12.16);

– запроектувати приєднання вводів до різних ділянок зовнішньої мережі з встановленням засувки між вводами на зовнішній мережі (ДБН В.2.5-64:2012 п. 10.2).

Контрольні питання та завдання

11. Який порядок проведення перевірки проектної документації?

12. Яка є нормативна база для проведення перевірки проектної документації в частині протипожежного водопостачання?

13. Сформулюйте пункт припису про правильність запроектованого рішення: в одноповерховій виробничій будівлі III ступеня вогнестійкості, категорії за пожежовибухонебезпекою Г, розміром 60 × 18 × 6 м запроектовано три пожежних кран-комплекти діаметром 50 мм з рукавами довжиною 15 м та стволами з діаметром насадки 13 мм.

14. Сформулюйте пункт припису та обґрунтуйте його вимогами нормативних документів щодо наступного проектного рішення: біля десятиповерхової громадської будівлі запроектовано водонапірну башту об'ємом 50 м³, висотою 24 м. Об'єм будівлі – 15000 м³, максимальні добові витрати води

становлять 15 м³/доб, максимальні годинні витрати на господарсько-питні потреби – 1,2 м³/год. Водонапірну башту передбачається розташувати на відмітці 190 м, а будівля розташована на відмітці 189 м. Втрати напору в мережі становлять 5 м.

3.2. Випробування водопровідних мереж на водовіддачу

Випробування водопровідних мереж та споруд здійснюється при проведенні перевірки об'єкта та при прийнятті до експлуатації об'єктів (побудованих, після реконструкції або капітального ремонту).

Випробування можуть бути **двох типів**:

- на водовіддачу;
- на працездатність (якість з'єднань, герметизації, пропускна спроможність та інші).

Водовіддача – максимальна кількість води, яку можна забрати з мережі на пожежогасіння. Мета випробування водопровідних мереж на водовіддачу полягає в тому, щоб визначити фактичний тиск і витрати води в мережі, порівняти з нормативними вимогами та зробити висновок про можливість мережі забезпечити подачу необхідної кількості води на пожежогасіння конкретного об'єкта.

3.2.1. Прилади для проведення випробувань на водовіддачу

Основні **прилади**, що використовуються для проведення випробувань водопровідних мереж на водовіддачу (визначення витрат води у водопровідних мережах):

- ствол-водомір;
- трубка Піто;
- тарована пожежна колонка;
- манометр (встановлений на пожежному автонасосі);
- бак визначеного об'єму;
- пристрій "СВ".

Ствол-водомір

Ствол-водомір призначений для вимірювання кількості води, що подається через нього.

Ствол-водомір – це звичайний пожежний ствол для одержання компактного струменя, додатково обладнаний манометром і змінними насадками з отворами різних діаметрів.

Складемо рівняння Д. Бернуллі для перерізу I–I (рис.3.1), при цьому втрати тиску на ділянці між перерізами не враховуємо через їх незначну величину:

$$\frac{P_I}{\rho g} + \frac{v_I^2}{2g} = \frac{P_{II}}{\rho g} + \frac{v_{II}^2}{2g}, \quad (3.1)$$

де $\frac{P_I}{\rho g}, \frac{P_{II}}{\rho g}$ – питома потенційна енергія тиску у відповідних перерізах;
 $\frac{v_I^2}{2g}, \frac{v_{II}^2}{2g}$ – питома кінетична енергія тиску у відповідних перерізах.

Проаналізуємо (3.1):

– $\frac{P_I}{\rho g} = H_M$ – показання манометра;

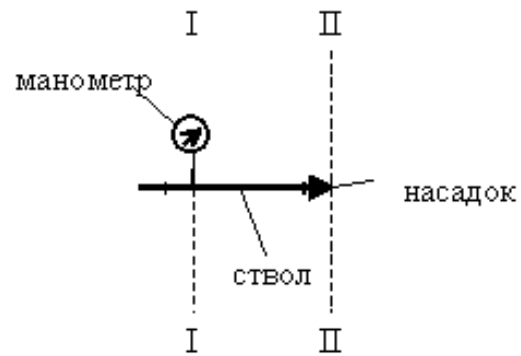
– надлишковий тиск при виході струменя до атмосфери, він дорівнює нулю $\frac{P_{II}}{\rho g} = 0$, тому що здійснюється повне перетворення потенційної енергії на кінетичну;

– $\frac{v_I^2}{2g} = 0$ – швидкісний тиск у першому перерізі, його можна прийняти

рівним нулю, тому що він складає дуже малу величину, у порівнянні зі значеннями інших параметрів.



а



б

Рис. 3.1 – Ствол-водомір:

а) звичайний вигляд; б) розрахункова схема

Тоді (3.1) приймає вигляд:

$$H_M = \frac{v_{II}^2}{2g}. \quad (3.2)$$

З урахуванням умови нерозривності потоку ($Q = \omega_{II} v_{II}$), визначаємо з (3.2) витрату води зі ствола-водоміра:

$$Q = \omega_{II} \sqrt{2gH_M}, \quad (3.3)$$

де ω_{II} – площа поперечного перерізу насадки ствола, m^2 ;

H_M – тиск перед насадкою ствола, м.

Визначати водовіддачу водопровідної мережі за допомогою ствола-вodomіра можна через провідність – p , яка, виходячи з (3.3), визначається як

$p = \omega\sqrt{2g} = \frac{\pi d_H^2}{4} \sqrt{2g}$, тобто для визначеного діаметра насадки ствола є постійною величиною, тоді:

$$Q = p\sqrt{H_M}, \text{ л/с}, \quad (3.4)$$

де H_M – показання манометра, встановленого на стволі-вodomірі, м;

p – провідність насадки пожежного ствола, величина якої залежить від діаметра насадки ствола (додаток 3).

Витрати води можуть бути визначені згідно з графіками (рис.3.2).

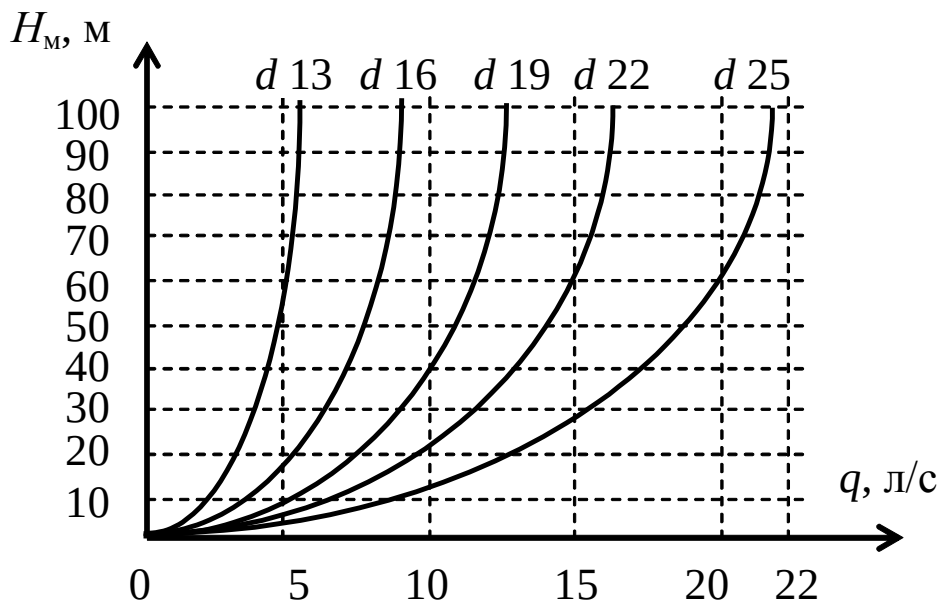


Рис.3.2 – Графіки для визначення витрати води за показаннями манометра ствола-вodomіра

Трубка Піто

Трубка Піто призначена для вимірювання витрат води з пожежних стволів.

Для визначення швидкісного напору за допомогою трубки Піто її необхідно ввести у струмінь на відстань від насадки ствола, що дорівнює половині його діаметра, так, щоб зріз кінця трубки був перпендикулярний до струменя (рис.3.3). Надлишковий тиск у струмені на виході зі ствола дорівнює нулю.

Витрати води розраховуються так само, як при розрахунку водовіддачі при проведенні випробувань за допомогою ствола-вodomіра, тобто за формулою (3.4).

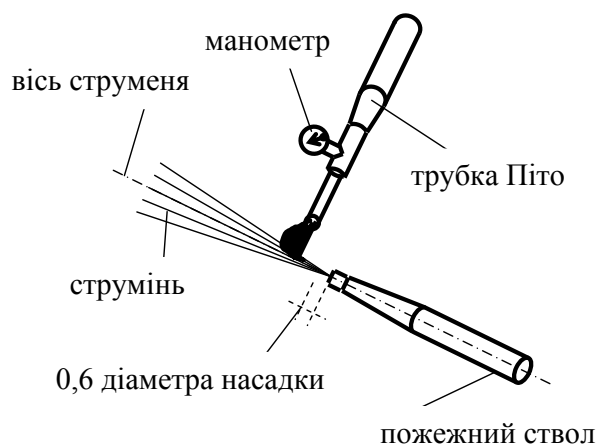


Рис.3.3 – Визначення швидкісного тиску за допомогою трубки Піто

Тарована колонка

Тарована пожежна колонка – звичайна пожежна колонка, яка додатково обладнана манометром, за показниками якого визначають тиск в мережі та перераховують його у витрати води.

Тарування колонки – це визначення зв'язку між показаннями манометра та витратами. Є два способи тарування.

Перший спосіб тарування (рис.3.4) – тарування колонки виконується об'ємним способом за допомогою мірного бака. Залежність між витратами води, об'ємом бака та часом його заповнення описується формулою:

$$Q = \frac{W}{t}, \quad (3.5)$$

де W – об'єм бака, л;
 t – час заповнення бака, с.

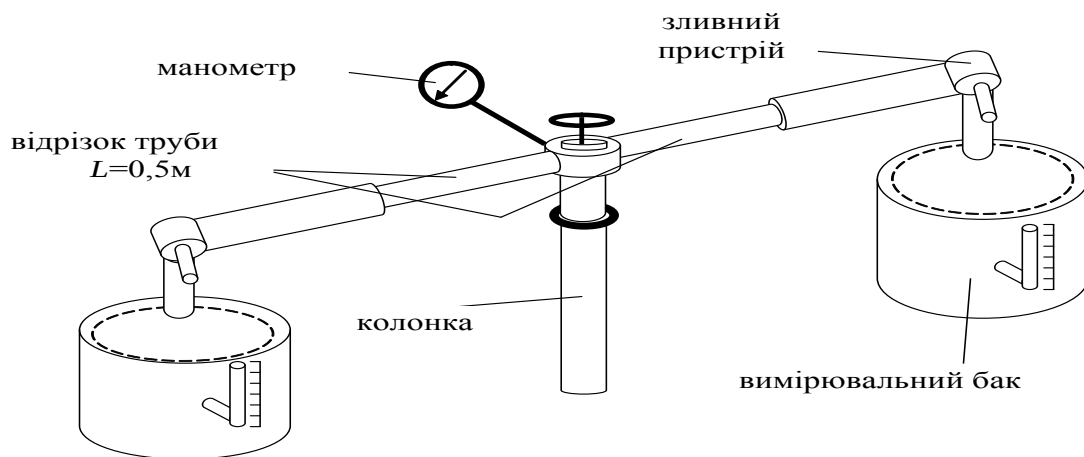


Рис.3.4 – Тарування пожежної колонки (перший спосіб)

Тарування виконують наступним чином: при різних фіксованих положеннях відкритої засувки вимірюють витрати за допомогою вимірювальних баків та секундоміра, реєструючи тиск на манометрі колонки. Результати тарування заносять до протоколу та потім будують графічну або табличну характеристику колонки. Таким чином, визначаючи витрати води та відповідні їм показання манометра, визначають залежність між ними, тобто виконують тарування колонки та визначають провідність колонки.

Другий спосіб тарування колонки виконується на спеціальному стенді, який складається з водопровідної труби діаметром не менше 100 мм, довжиною приблизно шістдесят її діаметрів, на якій встановлюється засувка, крильчастий лічильник та підставка під гідрант. Труба приєднується до насоса або водопровідної мережі (рис. 3.5). При різних фіксованих положеннях відкритої засувки вимірюють витрати за допомогою лічильника та реєструють тиск на манометрі колонки. Результати тарування заносяться до протоколу та будується графічна або таблична характеристика колонки.

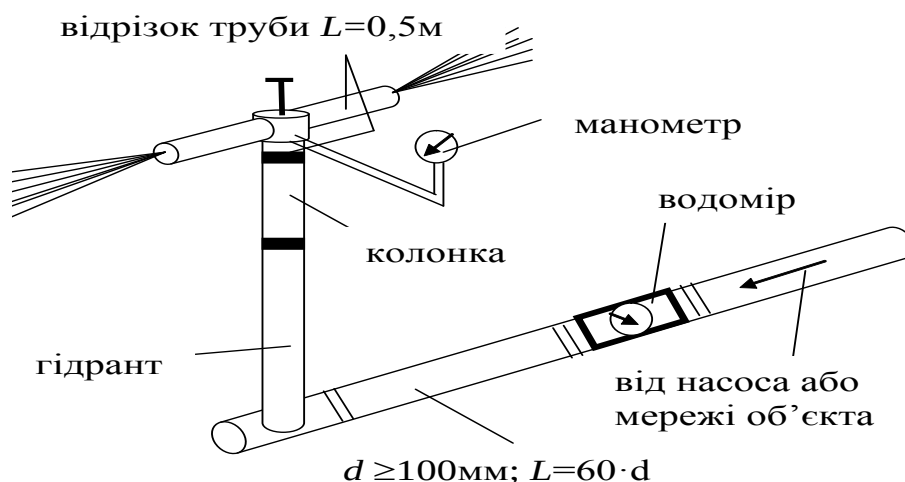


Рис. 3.5 – Тарування пожежної колонки (другий спосіб)

Манометр насоса пожежного автомобіля

Витрати води можуть бути визначені за допомогою манометра насоса пожежного автомобіля при проведенні випробувань за схемами, наведеними на рис. 3.6.

За показаннями манометра насоса вимірюється тиск, який перераховується у водовіддачу мережі за формулами:

– для схем 1 – 3 (рис. 3.6):

$$Q = 2 \sqrt{\frac{H_M}{nS_p + S_H}}, \quad (3.6)$$

де H_M – показання манометра, встановленого на насосі пожежного автомобіля, м;

n – кількість рукавів однієї рукавної лінії (рекомендується прокласти в кожній рукавній лінії один рукав, тобто у формулі (3.6) можна прийняти $n=1$;
 S_H – опір насадка ствола;
 S_p – опір одного пожежного рукава.

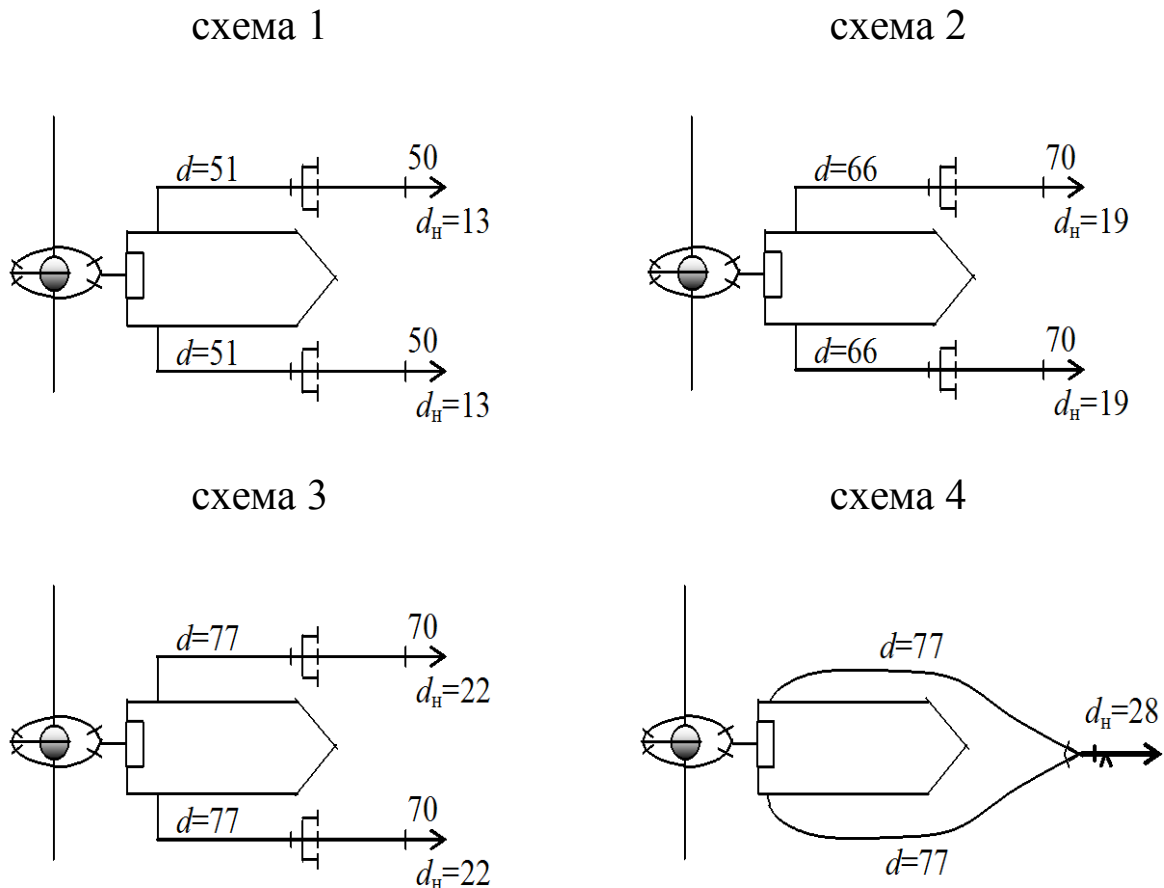


Рис.3.6 – Схеми НРС для проведення випробувань на водовіддачу зовнішніх мереж

– для схеми 4 (рис. 3.6):

$$Q = \sqrt{\frac{H_M}{\frac{nS_p}{4} + S_H}}. \quad (3.7)$$

При випробуваннях водопроводу на водовіддачу від кожного пожежно-го автомобіля прокладають рукавні лінії однакових діаметрів. Витрати води при цьому можуть бути визначені за таблицею 3.2, що складена для схем 1, 2, 3, за формулою (3.6) (рис.3.6), а для схеми 4 – за формулою (3.7)

Таблиця 3.2 – Визначення водовіддачі за показаннями манометра насоса

Показання манометра насоса, м	Витрати, л/с			
	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
20	5,14	10,96	14,71	12,07
25	5,75	12,25	16,45	13,5
30	6,30	13,42	18,02	14,79
35	6,80	16,50	19,46	16,0
40	7,27	15,50	20,81	17,08
45	7,71	16,45	22,07	18,11
50	8,13	17,32	23,26	19,09
55	8,53	18,17	24,40	20,02
60	8,91	18,96	25,48	20,91
65	9,27	19,75	26,52	21,77
70	9,62	20,50	27,53	22,59
75	9,96	21,22	28,49	23,38
80	10,28	21,91	29,43	24,15
85	10,60	22,59	30,33	24,89
90	10,91	23,24	31,21	25,61
95	11,21	23,88	32,07	26,32
100	11,50	24,50	32,90	27,00
105	11,78	25,10	33,71	27,67
110	12,06	25,70	34,50	28,32
115	12,33	26,27	35,28	28,95
120	12,60	26,84	36,04	29,58

Бак визначеного об'єму

Найбільш простий та точний спосіб визначення водовіддачі водопровідних мереж – **за часом заповнення бака** або іншої ємності визначеного об'єму. Об'єм бака повинен бути не менше 500–1000 л. Для цих цілей можна використати ємність пожежного автомобіля.

Пристрій "СВ"

Основними пристроями для проведення випробувань на водовіддачу водопровідних мереж є ствол-водомір та трубка Піто, що містять манометр, встановлений на корпусі та призначений для визначення тиску води, що проходить через корпуси цих пристроїв. Недоліками цих пристроїв є значні габарити, незручність при гасінні пожежі, збереженні та транспортуванні.

В Національному університеті цивільного захисту України викладачами кафедри пожежної профілактики в населених пунктах запропонований пристрій для визначення водовіддачі водопровідних мереж, що містить корпус з манометром та з'єднувальними головками типу “Богдан”. Корпус виконаний у вигляді прямого кругового циліндра, на боковій поверхні якого встановлений манометр, а в торцях розташовані з'єднувальні головки типу “Богдан” (рис. 3.7).

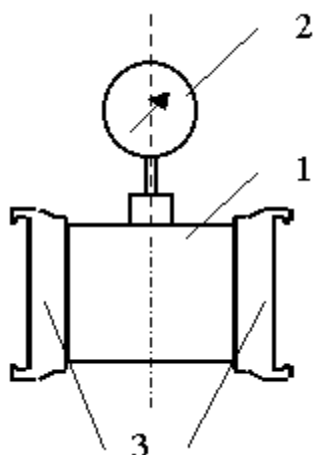


Рис. 3.7 – Пристрій для визначення водовіддачі водопровідних мереж:

1 – корпус, 2 – манометр, 3 – з'єднувальні головки типу "Богдан"

Пристрій для визначення водовіддачі водопровідних мереж працює наступним чином. При проведенні випробувань на водовіддачу зовнішньої або внутрішньої водопровідної мережі пристрій для визначення водовіддачі водопровідних мереж за допомогою з'єднувальних головок 3 встановлюється між пожежним рукавом та пожежним стволом. При подачі води на пристрій для визначення водовіддачі водопровідних мереж манометр 2 вимірює її тиск, який перераховується у витрати за формулою:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gH}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.8)$$

де d – діаметр насадки ствола, який приєднується до пристрою, м;
 g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$;
 H – показання манометра пристрою, м.



Рис. 3.8 – Деклараційний патент на пристрій "СВ"

В стволі-вodomірі манометр стаціонарно встановлений на пожежному стволі, що збільшує його вагу та розміри. Перевагами пристрою для визначення водовіддачі водопровідних мереж є те, що довжина корпусу пристрою для визначення водовіддачі водопровідних мереж приймається достатньою для встановлення на ньому манометру.

Винахід запатентований (рис.3.8) – деклараційний патент 9520 U Україна, 7G 08B 17/06 (№ 20040907327, замовлено 07.09.2004; опубл. 17.10.2005, Бюл. № 10).

Для зручності проведення випробувань на водовіддачу в Національному університеті цивільного захисту України викладачами кафедри пожежної профілактики в населених пунктах була запропоно-

вана "Валіза для перевірки мереж протипожежного зовнішнього та внутрішнього водопостачання на водовіддачу" (рис.3.9).



Рис. 3.9 – Валіза для перевірки мереж протипожежного зовнішнього та внутрішнього водопостачання на водовіддачу

До складу "Валізи" входять:

- стволи-водоміри;
- трубка Піто;
- пристрої "СВ";
- перехідні головки;
- важель;
- крюки;
- перекривні стволи;
- експонометр;
- інструкція з проведення ви-

пробувань на водовіддачу (з необхідними довідковими даними).

3.2.2.Порядок проведення випробувань на водовіддачу

Випробування водопровідних мереж на водовіддачу проводяться в три етапи.

Перший етап випробувань – підготовчий. Перед початком випробування необхідно:

- вивчити відповідні документи;
- визначити нормативні витрати води на пожежогасіння та напори, ознайомитися з проектними матеріалами;
- визначити тип водопровідної мережі та схему подачі води;
- ознайомитися з раніше запропонованими заходами ДПН щодо системи протипожежного водопостачання та рівнем їх виконання на час проведення випробувань.

Другий етап випробувань – визначається фактична водовіддача водопровідної мережі:

- проводиться саме випробування елементів водопроводу на водовіддачу одним з відомих способів;
- робиться розрахунок за тими даними, що визначені у ході випробувань;
- порівнюються нормативні витрати води та тиску на пожежогасіння з тими, що одержані;
- робиться висновок про відповідність водовіддачі водопровідної мережі вимогам нормативних документів (тобто можливість водопровідної мережі забезпечити подачу необхідної кількості води з необхідним напором для цілей пожежогасіння).

Випробуванням повинні підлягати у першу чергу ділянки, на яких спостерігається зниження тиску, тупикові відгалуження, ділянки з малим діамет-

ром труб, окремі ділянки великої довжини, найбільш віддалені від насосних станцій, з великим водоспоживанням на господарсько-питні, виробничі або протипожежні потреби, а також старі ділянки.

Випробування повинні здійснюватися в години максимального відбору води на господарсько-питні, виробничі потреби, тобто у період максимального навантаження на водопровідну мережу.

Третій етап випробувань – оформлення результатів. За підсумками випробувань складається акт про водовіддачу об'єкта та карта протипожежного водопостачання для даного району (об'єкта) з зазначенням кількості води, яку можна одержати від мережі.

3.2.3. Випробування на водовіддачу зовнішніх мереж низького тиску

Перед початком проведення випробувань на водовіддачу водопроводу низького тиску вибирають ділянку мережі, яка знаходиться в найгірших умовах за водозабезпеченням.

Для одержання в ході випробування більш вірних значень водовіддачі, необхідно створити такі умови випробувань, які будуть відповідати найгіршим. Для цього рекомендується випробування проводити в наступній послідовності.

1. Встановлюють два пожежних автонасоси на гідранти тієї ділянки водопровідної мережі, що підлягає випробуванням. При цьому автонасоси повинні з'єднуватися з гідрантами м'якими всмоктуючими рукавами (для запобігання створення вакууму при відкачці води).

2. Від кожного автонасоса прокладають рукавні лінії за схемами, показаними на рис.3.6. При цьому до кожної рукавної лінії приєднують стволи-вodomіри, а за їх відсутності – звичайні стволи.

3. У протоколі випробувань за показаннями мановакуумметрів фіксується значення початкового тиску водопровідної мережі.

4. Включають у роботу один з насосів. Створюють максимальний режим його роботи та підтримують такий режим дві хвилини.

5. У протоколі фіксується час початку випробувань, по закінченні двох хвилин роботи насосів в максимальному режимі – показання мановакуумметра на всмоктувальній лінії та показання манометрів стволів-вodomірів.

6. Випробування закінчуються, якщо тиск на мановакуумметрі дорівнює 3 м, тому що при меншому тиску відбувається зрив роботи насоса та відбір води з мережі неможливий.

7. При надлишковому напорі у всмоктуючій порожнині насоса більше 3 м включається до роботи другий насос, при цьому знижують до мінімуму частоту обертів вала першого насоса (для того, щоб не відбувся зрив роботи насосів).

8. Після вмикання до роботи обох насосів поступово збільшують їхні обороти, поки надлишковий тиск у всмоктуючій лінії насосів не досягне величини 3 м.

Після закінчення двох хвилин одночасної роботи насосів вносять до протоколу випробувань показання мановакуумметрів і манометрів обох насосів.

9. У випадку, якщо при максимальному режимі роботи двох насосів величина надлишкового тиску у всмоктуючій лінії обох насосів виявиться більше 3 м, необхідно включити до роботи третій насос, попередньо знизивши до мінімуму частоту обертання вала першого і другого насосів. Надалі випробування проводять за одночасної роботи трьох насосів у тій же послідовності. Необхідна кількість одночасно працюючих насосів під час випробувань водопровідної мережі на водовіддачу визначаються за умови, що у всмоктуючій лінії кожного насоса при відборі води надлишковий тиск був приблизно 3 м.

10. Для визначення кількості води, яку можна відібрати від кожного з гідрантів, по черзі вимикають з роботи пожежні насоси, починаючи з першого, та вимірюють витрату води після двохвилинного максимального режиму роботи інших насосів. Результати вимірювань заносять до протоколу випробувань.

Після проведення випробувань, на підставі протоколу, складається акт випробувань.

3.2.4. Випробування на водовіддачу водопроводів високого тиску

Випробування на водовіддачу водопровідних мереж високого тиску можуть проводитися *двома способами*:

1 спосіб: рукавні лінії зі стволами подаються до найвищої точки найвищої будівлі;

2 спосіб: рукавні лінії зі стволами прокладаються по поверхні землі.

Місце та час проведення випробувань визначаються з урахуванням стандартних вимог.

Перший спосіб (рис.3.10)

Згідно з нормами визначають величину витрати води на пожежогасіння (пожежні витрати складаються з нормативних витрат води на зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння).

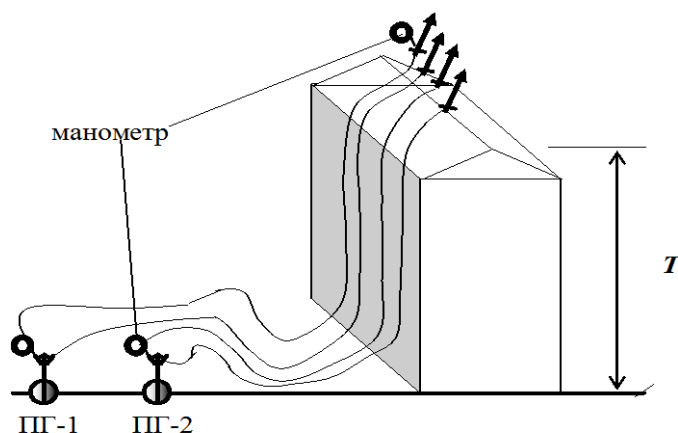


Рис. 3.10 – Схема проведення випробувань на водовіддачу зовнішніх мереж високого тиску за першим способом

Визначають кількість рукавних ліній, що потрібно подати від гідрантів:

$$n_{\text{р.л.}} = Q_{\text{пож}} / q_1,$$

де $n_{\text{р.л.}}$ – необхідна кількість рукавних ліній;

$Q_{\text{пож}}$ – нормативна витрата води для цілей пожежогасіння (сумарні на внутрішнє та зовнішнє пожежогасіння), л/с;

$q_1 = 5$ л/с – продуктивність одного пожежного струменя, л/с.

Визначають кількість гідрантів, що необхідно використати для проведення випробувань, за умови, що від кожного з них прокладається по дві рукавні лінії:

$$n_{\text{гг}} = n_{\text{р.л.}} / 2,$$

де $n_{\text{гг}}$ – кількість гідрантів, що необхідно задіяти для проведення випробувань.

На гідранти встановлюють пожежні колонки і від них прокладають рукавні лінії **довжиною 120 м зі стволами з діаметром насадки 19 мм**. Стволи встановлюють у найвищій точці будівлі.

Вмикають до роботи стаціонарні насоси, що підвищують тиск у водопровідній мережі під час пожежі.

Вмикають до роботи розрахункову кількість гідрантів та вимірюють витрати води зі стволів одним з відомих способів.

Витрати води можуть бути розраховані при визначенні показань манометрів, розміщених на колонці за формулою:

$$Q_{\text{факт}} = n_{\text{р.л.}} \cdot \sqrt{\frac{H_{\text{м}} - T}{n_{\text{р}} S_{\text{р}} + S_{\text{н}}}}, \text{ л/с}, \quad (3.9)$$

де $Q_{\text{факт}}$ – фактична водовіддача мережі (повні витрати води від всіх гідрантів, що задіяні у випробуваннях), л/с;

$H_{\text{м}}$ – показання манометра колонки, м;

T – висота встановлення ствола (для першого способу проведення випробувань дорівнює висоті будівлі – z , а для другого – дорівнює нулю), м.

Другий спосіб

Підготовка, проведення випробувань та перерахунок виміряних величин здійснюється у тій же послідовності, що і для першого способу, з тією лише різницею, що рукавні лінії прокладають по поверхні землі.

Результати вимірювань заносять до протоколу випробувань та роблять висновки про водовіддачу водопроводу. При цьому треба зазначити, що **водопровід високого тиску зможе забезпечити подачу необхідної кількості води** на пожежогасіння, якщо при випробуваннях:

- кількість води з кожного ствола – не менш 5 л/с;
- сумарні витрати – не менше $Q_{\text{норм}}$ ($Q_{\text{пож}}$);
- довжина компактної частини струменя від кожного ствола – не менше 10 м.

3.2.5. Випробування на водовіддачу внутрішніх водопровідних мереж

Послідовність випробувань систем внутрішнього протипожежного водопроводу пропонується наступною:

- визначаються нормативні витрати води на пожежогасіння (мінімальні витрати та кількість струменів на кожну точку приміщення);
- вибирають пожежні кран-комплекти, що повинні брати участь у випробуваннях; кількість пожежних кран-комплектів для випробувань дорівнює кількості струменів на кожну точку приміщення (вони повинні бути найбільш віддалені від вводу в будівлю, тобто знаходитись у найгірших умовах з водо-забезпечення);
- випробування проводять у години мінімального тиску у зовнішній мережі та максимальних витрат на господарсько-питні або виробничі потреби;
- від пожежних кран-комплектів прокладають рукава зі стволами та вимірюють витрати води, при цьому злив води проводять назовні через віконні отвори або прокладають рукавні лінії до першого поверху;
- порівнюються витрати води, визначені при випробуванні, з нормативними та робиться висновок про можливість мережі забезпечити подачу необхідної кількості води на пожежогасіння будівлі.

Водопровід **зможє забезпечити подачу необхідної кількості води** на пожежогасіння, якщо витрати води, що одержані з внутрішньої мережі при випробуваннях, не менші за нормативні для цієї споруди.

3.2.6. Методика розв'язання основних типів задач

Задача 1. Визначити фактичну водовіддачу зовнішньої водопровідної мережі низького тиску, порівняти її з нормативною та зробити висновок про можливість цієї мережі забезпечити подачу води на пожежогасіння. Необхідно визначити водовіддачу мережі при проведенні випробувань за допомогою трубки Піто.

Розв'язання.

Методика розв'язання задачі наведена в розділі 3.2.1 та 3.2.3.

Приклад. Визначити фактичну водовіддачу зовнішньої водопровідної мережі низького тиску, порівняти її з нормативною та зробити висновок про можливість цієї мережі забезпечити подачу води на пожежогасіння п'ятиповерхової громадської будівлі об'ємом 13000 м³ (висота одного поверху 4 м). Необхідно визначити водовіддачу мережі при проведенні випробувань за допомогою трубки Піто; при цьому був використаний один пожежний гідрант, від якого було прокладено дві рукавні лінії зі стволами з діаметром

насадок 19 мм. Показання манометрів кожної трубки Піто – 2 атм.

Дано:

ЗПВНТ;
п'ятиповерхова
громадська бу-
дівля об'ємом
 13000 м^3 ;
 $z_{\text{пов}} = 4 \text{ м}$;
 $n_{\text{ПГ}} = 1$;
 $n_{\text{р.л.}} = 2$;
трубка Піто;
 $d_{\text{н}} = 19 \text{ мм}$;
 $H_{\text{м}} = 20 \text{ м}$
 $Q_{\text{факт}} - ?$

Розв'язання:

- 1) Визначаємо пожежні витрати води, які складаються з витрат води на зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння (додаток 13 та 16):

$$Q_{\text{пож}} = 20 + 1 \cdot 2,5 = 22,5 \text{ л/с}.$$

- 2) Визначаємо кількість рукавних ліній:

$$n_{\text{р.л.}} = \frac{22,5}{5} = 4,5 = 5.$$

- 3) Визначаємо кількість пожежних гідрантів:

$$n_{\text{ПГ}} = \frac{5}{2} = 2,5 = 3,$$

порівнюємо необхідну кількість ПГ з кількістю, що задіяні при випробуваннях, та робимо висновок, що випробування організовані невірно.

- 4) Визначаємо фактичні витрати води:

$$Q_{\text{факт}} = n_{\text{р.л.}} \cdot \frac{\pi d_{\text{н}}^2}{4} \sqrt{2gH_{\text{м}}} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,019^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 20} = 11,2 \text{ л/с}$$

- 5) Мережа не зможе забезпечити пропуск води на пожежогасіння, тому що фактична водовіддача менша за нормативні витрати води:

$$Q_{\text{факт}} < Q_{\text{пож}}, \\ 11,2 \text{ л/с} < 22,5 \text{ л/с}.$$

Відповідь: $Q_{\text{факт}} = 11,2 \text{ л/с}$, мережа не зможе забезпечити подачу нормативних витрат води. Випробування організовано невірно – необхідно задіяти не менше трьох ПГ.

Задача 2. При виконанні випробувань на водовіддачу зовнішнього протипожежного водопроводу високого тиску, що забезпечує пожежогасіння заданої будівлі, було використано задану кількість пожежних гідрантів, на які було встановлено колонки з манометрами. Задано спосіб проведення випробувань та показання манометра кожної колонки. Перевірте вірність організації випробувань та визначте водовіддачу мережі.

Розв'язання

Методика розв'язання задачі наведена в розділі 3.2.4.

Приклад. При виконанні випробувань на водовіддачу зовнішнього протипожежного водопроводу високого тиску, що забезпечує пожежогасіння виробничого об'єкта з будівлями I ступеня вогнестійкості, категорії Б за пожежовибухонебезпекою, об'ємом 12000 м^3 , було використано один пожежний гідрант, на який було встановлено колонку з манометром. Випробування виконувались другим способом (рукавні лінії довжиною 120 м, діаметром рукавів 77 мм(н) зі стволами А прокладались по поверхні землі). Показання манометра колонки – 5,5 атм. Перевірте правильність організації випробувань та визначте водовіддачу мережі за наданими результатами випробувань.

Дано:

ЗПВВТ;

виробнича будівля

об'ємом 12000 м^3 ;

ступінь вогнестійкості – I;

категорія за пожежовибухонебезпекою – Б;

$n_{\text{ПГ}} = 1$;

другий спосіб проведення випробування;

$d_p = 77 \text{ мм (н)}$;

$H_m = 55 \text{ м}$

вірність організації випробувань – ?

$Q_{\text{факт}} - ?$

Розв'язання:

1) Визначаємо пожежні витрати води, які складаються з витрат води на зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння (додаток 14 та 17):

$$Q_{\text{пож}} = 15 + 2 \cdot 5 = 25 \text{ л/с.}$$

2) Визначаємо кількість рукавних ліній:

$$n_{\text{р.л.}} = \frac{25}{5} = 5.$$

3) Визначаємо кількість пожежних гідрантів:

$$n_{\text{ПГ}} = \frac{5}{2} = 2,5 = 3;$$

порівнюємо необхідну кількість ПГ з кількістю, що задіяні при випробуваннях, та робимо висновок, що випробування організовані невірно.

4) Визначаємо фактичні витрати води (опори рукавів та стволів визначаємо за додатками 2 та 3):

$$Q_{\text{факт}} = 2 \sqrt{\frac{55 - 0}{6 \cdot 0,03 + 0,634}} = 16,44 \text{ л/с.}$$

5) Мережа не зможе забезпечити пропуск води на пожежогасіння, тому що фактична водовіддача менша за нормативні витрати води:

$$Q_{\text{факт}} < Q_{\text{пож}},$$

$$16,44 \text{ л/с} < 25 \text{ л/с.}$$

Відповідь: $Q_{\text{факт}} = 16,44 \text{ л/с}$, мережа не зможе забезпечити подачу нормативних витрат води. Випробування організовано невірно – необхідно задіяти не менше трьох ПГ.

Задача 3. Визначити фактичну водовіддачу внутрішньої водопровідної мережі, порівняти її з нормативною та зробити висновок про можливість цієї

мережі забезпечити подачу води на пожежогасіння. Необхідно визначити водовіддачу мережі при проведенні випробувань за допомогою ствола-водоміра.

Розв'язання

Методика розв'язання задачі наведена в розділі 3.2.1 та 3.2.5.

Приклад. Визначити фактичну водовіддачу внутрішньої водопровідної мережі, порівняти її з нормативною та зробити висновок про можливість цієї мережі забезпечити подачу води на пожежогасіння виробничої будівлі II ступеня вогнестійкості, категорії В за пожежовибухонебезпекою, об'ємом 24000 м³. Необхідно визначити водовіддачу мережі при проведенні випробувань за допомогою ствола-водоміра, якщо було використано два пожежних кран-комплекти, від яких прокладалися рукавні лінії зі стволами діаметром насадки 19 мм. Показання манометрів кожного ствола-водоміра – 18 м.

Дано: ВПВ; виробнича будівля об'ємом 24000 м³; ступінь вогнестійкості – II; категорія за пожежовибухонебезпекою – В; ствол-водомір; $n_{\text{ПКК}} = 2$; $d_n = 19$ мм; $H_m = 18$ м	Розв'язання: 1) Визначаємо нормативні витрати води на внутрішнє пожежогасіння q та кількість струменів на кожну точку приміщення $n_{\text{стр}}$ (додаток 17): $Q_{\text{пож}} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ л/с.}$ 2) Визначаємо кількість пожежних кран-комплектів, яка дорівнює кількості струменів на кожну точку приміщення: $n_{\text{ПКК}} = n_{\text{стр}} = 2,$ кількість ПКК необхідна та кількість ПКК, що задіяні при випробуваннях, однакові, тобто випробування організовані вірно.
$Q_{\text{факт}} = ?$	3) Визначаємо фактичні витрати води: $Q_{\text{факт}} = n_{\text{ПКК}} \cdot \frac{\pi d_1^2}{4} \sqrt{2gH_1} =$ $= 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,019^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 18} = 10,7 \text{ л/с.}$ 4) Мережа зможе забезпечити подачу води на пожежогасіння, тому що фактична водовіддача більша за нормативні витрати води: $Q_{\text{факт}} > Q_{\text{пож}},$ $10,7 \text{ л/с} > 2 \cdot 5 \text{ л/с.}$

Відповідь: $Q_{\text{факт}} = 10,7$ л/с, мережа зможе забезпечити подачу нормативних витрат води. Випробування організовано вірно.

Контрольні питання та завдання

1. Яка мета проведення випробувань на водовіддачу?
2. Як вибрати місце та час проведення випробувань на водовіддачу?
3. Накресліть схематично основні прилади визначення водовіддачі водопровідних мереж та напишіть формули для перерахунку вимірюваних величин в витрати води (водовіддачу).
4. Визначити фактичну водовіддачу внутрішньої водопровідної мережі, порівняти її з нормативною та зробити висновок про можливість цієї мережі забезпечити подачу води на пожежогасіння виробничої будівлі III ступеня вогнестійкості, категорії В за пожежовибухонебезпекою, об'ємом 16000 м^3 . Необхідно визначити водовіддачу мережі при проведенні випробувань об'ємним способом; при цьому використовувався бак об'ємом 2 м^3 , час його заповнення від двох пожежних кран-комплектів, розташованих у найвищій точці будівлі, дорівнює 260 с.
5. Визначити фактичну водовіддачу зовнішньої водопровідної мережі низького тиску, порівняти її з нормативною та зробити висновок про можливість цієї мережі забезпечити подачу води на пожежогасіння дев'ятиповерхової житлової будівлі об'ємом 16000 м^3 (висота одного поверху 3,5 м). Необхідно визначити водовіддачу мережі при проведенні випробувань за допомогою трубки Піто, при цьому використовувалися два пожежних гідранти, від кожного з яких було прокладено по дві рукавні лінії зі стволами з діаметром насадок 19 мм. Показання манометрів кожної трубки Піто – 24 м.
6. Визначити фактичну водовіддачу внутрішньої водопровідної мережі, порівняти її з нормативною та зробити висновок про можливість цієї мережі забезпечити подачу води на пожежогасіння виробничої будівлі III ступеня вогнестійкості, категорії Г за пожежовибухонебезпекою, об'ємом 6000 м^3 . Необхідно визначити водовіддачу мережі при проведенні випробувань за допомогою ствола-водоміра, якщо було використано один пожежний кран-комплект, від якого було прокладено рукавну лінію зі стволом діаметром 19 мм. Показання манометра ствола-водоміра – 2 атм.
7. Визначити фактичну водовіддачу водопровідної мережі, порівняти її з нормативною та зробити висновок про можливість цієї мережі забезпечити подачу води на пожежогасіння виробничої будівлі I ступеня вогнестійкості, категорії Б за пожежовибухонебезпекою, об'ємом 55000 м^3 , висотою 36 м. Необхідно визначити водовіддачу зовнішньої мережі високого тиску при проведенні випробувань першим способом – стволи встановлюються на найвищій точці будівлі. Використовувалися чотири пожежних гідранти, від кожного з яких було прокладено по дві рукавні лінії з діаметром рукавів 77 мм. Показання манометрів кожної колонки 4 атм.

3.3. Гідравлічні випробування бетонних і залізобетонних резервуарів

Гідравлічні випробування бетонних і залізобетонних резервуарів та інших ємкісних споруд виконуються для перевірки міцності конструкцій та

визначення щільності стін та днища. Такі перевірки треба проводити після закінчення усіх будівельно-монтажних робіт та при досягненні бетоном проектної міцності.

Ґрунтове **обсипання** ємкісних споруд повинно здійснюватися тільки після закінчення їх випробування.

Гідравлічні випробування виконують тільки при **наявності акта про готовність резервуара** (споруди), підписаного представниками замовника та будівельної організації.

Технологічні засувки перед початком випробувань резервуара необхідно старанно закрити та переконатися у відсутності просочування води крізь них.

Вода до резервуара **заливається у два етапи**.

1-й залив – на висоту 1 м з видержуванням протягом доби для перевірки герметичності днища;

2-й залив – до проектної відмітки.

Випробування дозволяється починати **не раніше трьох діб після їх наповнення водою**. До початку контрольного визначення фільтраційних втрат із резервуара необхідно переконатися, що величина щодобового зниження рівня води в ньому не зростає.

Якщо спад води за добу не перевищує 3 л на 1 м² змочуваної поверхні стін та днища, то їх визначають такими, що витримали випробування. При цьому через стінки не спостерігаються виходи струменів води; шви не виявляють ознак течії, а також не встановлено зволоження ґрунту основи.

При випробуванні залитого водою резервуара на зовнішніх поверхнях допускається тільки потемнення та слабке запотівання окремих місць.

При наявності струминних витоків та підтікань води на стінах або зволоження ґрунту основи резервуара визначається, що він не витримав випробування.

При усуненні виявлених дефектів проводиться **повторне випробування**.

Перевірка водонепроникливості резервуарів в умовах просідаючих ґрунтів проводиться до закінчення п'яти діб після їх заповнення водою, при цьому спад води за добу не повинен перевищувати 2 л на 1 м² змочуваної поверхні стін та днища. При виявленні течії води проводиться ремонт та повторне випробування.

Постійний нагляд за водоймищами вміщує наступні пункти:

- перевірка використання водоймища за прямим призначенням;
- регулярна перевірка рівня води у водоймищі і при його зниженні відносно норми на 30 см – поповнення запасу;
- утримання у належному стані шляхів під'їзду до водоймища;
- дезінфекція влітку води хлорним вапном (100 г на 1 м³ води) для запобігання її зіпсування;

- забезпечення справного стану водозабірних споруд, укосів, гідроізоляції;
- огороження водоймища простою огорожею;
- утеплення водоймищ взимку для запобігання замерзання води у ополонці відкритих водоймищ, резервуарах;
- у підземних резервуарах взимку ***простір між кришками люка заповнюють соломю, сіном, тирсою та іншими матеріалами***, що утеплюють; навесні їх прибирають;
- для забору води із відкритих водоймищ, що промерзають, коли товщина льоду досягає 10 см та більше, ***влаштовують ополонки розмірами*** не менше $0,6 \times 0,6$ м;
- щоб ополонка не замерзла, в неї вморожують бочку або трубу; бочка заповнюється втеплюючим матеріалом, який викидається перед забором води; замерзанню ополонки можна запобігти за допомогою кришки-щита;
- найбільш простим засобом утеплювання відкритих водоймищ є створення на поверхні льоду шару снігу товщиною 70 – 80 см.

Контрольні питання та завдання

1. Опишіть порядок проведення випробувань на герметичність водоймищ-резервуарів.
2. Які дії необхідно виконувати та контролювати під час нагляду за водоймищами?
3. Особливості проведення перевірок резервуарів в просідаючих ґрунтах.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Значення параметрів a та b характеристик пожежних насосів

Марка насоса	a	b
МП-600	88,2	0,242
МП-800Б	59,0	0,048
МП-1600	102,6	0,016
ПН-30К	110,6	0,0104
ПН-40У	110,6	0,0098
ПН-60Б	120	0,004
ПНС-110	111,7	0,0014

Додаток 2

Значення опорів пожежних рукавів S_p (Sm)

d , мм	для прогумованих рукавів	для непрогумованих рукавів
51	0,13	0,24
66	0,034	0,077
77	0,015	0,03
89	0,007	-

Додаток 3

Значення опорів та провідності пожежних стволів

d , мм	S_n	p	d , мм	S_n	P
13	2,89	0,588	28	0,134	2,73
16	1,26	0,891	32	0,079	3,56
19	0,634	1,26	38	0,040	5,02
22	0,353	1,68	50	0,0132	8,7
25	0,212	2,17	65	0,0053	13,74

Додаток 4

Таблиця напорів, витрат води та довжин компактих струменів для насадок діаметром до 25 мм

Радіус (довжина) дії компактної частини струменя, R_k , м	Діаметри насадок стволів d_n , мм							
	13		16		19		22	
	H , м	Q , л/с	H , м	Q , л/с	H , м	Q , л/с	H , м	Q , л/с
10	14,9	2,3	14,1	3,3	13,6	4,6	13,2	6,1
13	21,4	2,7	19,7	4	18,7	5,4	18	7,2
15	26,7	3	24	4,4	22,6	6	21,6	7,8
17	33,2	3,4	29,2	4,8	27,1	6,5	25,7	8,5
18	37,1	3,6	32,2	5,1	29,6	6,8	28	8,9
19	41,7	3,8	35,6	5,3	32,5	7,1	30,5	9,3
20	46,8	4	39,4	5,6	35,6	7,5	33,2	9,7

21	53,3	4,3	43,7	5,9	39,1	7,8	36,3	10,1
22	60,9	4,6	48,7	6,2	43,1	8,2	39,6	10,6
23	70,3	4,9	54,6	6,6	47,6	8,7	43,4	11,1
24	82,2	5,3	61,5	7	52,7	9,1	47,7	11,7
25	98,2	5,8	70,2	7,5	58,9	9,6	52,7	12,2
26	-	-	80,6	8	66,2	10,2	58,5	12,9
27	-	-	94,2	8,6	75,1	10,9	65,3	13,7

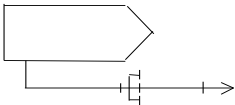
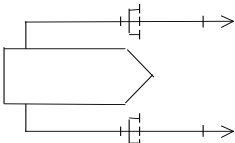
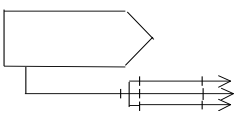
H – напір перед стволом (вільний напір), м;

Q – витрати води зі ствола, л/с;

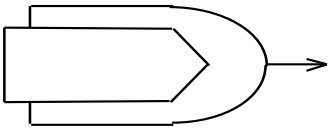
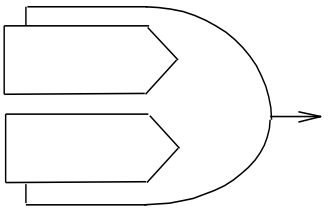
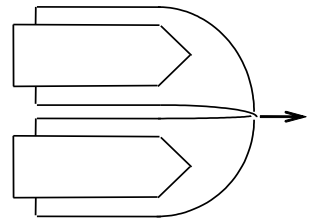
R_k – радіус (довжина) дії компактної частини струменя, м;

d_n – діаметр насадки ствола, мм.

Формули для розрахунку основних схем насосно-рукавних систем

Схема НРС	Визначення необхідного напору насоса	Визначення подачі насоса і витрат зі стволів	Визначення максимально можливої довжини рукавних ліній
 а) = б) ≠	а) $H_H = n_p S_p q_p^2 + H_B + z$; б) $H_H = n_M S_M Q_M^2 + n_p S_p q_p^2 + H_B + z$	а) $Q_H = Q_M = \sqrt{\frac{H_H - z}{n_p S_p + S_H}}$; б) $Q_H = Q_M = \sqrt{\frac{H_H - z}{n_M S_M + n_p S_p + S_H}}$	а) $n_M = \frac{H_H - H_B - z}{S_p q_p^2}$; б) $n_M = \frac{H_H - H_{розг}}{S_M Q_M^2}$
 а) = б) ≠	а) $H_H = n_p S_p q_p^2 + S_H q_p^2 + z$; б) напір на насосі визначається для кожної лінії окремо, порівнюється і приймається рівним більшому	$Q_H = \sum q_p$, $q_p = \sqrt{\frac{H_H - z}{n_p S_p + S_H}}$	$n_p = \frac{H_H - H_B - z}{S_p q_p^2}$
 а) = б) ≠	а) $H_H = n_M S_M Q_M^2 + n_p S_p q_p^2 + H_B + z$; б) $H_H = n_M S_M Q_M^2 + H_{розг}$ $H_{розг} = n_p S_p q_p^2 + H_B + z$ $Q_M = \sum q_p$	а) $Q_H = Q_M = \sum q_p = \sqrt{\frac{H_H - z}{n_M S_M + \frac{n_p S_p + S_H}{N^2}}}$; б) $Q_H = Q_M = \sum q_p$; $q_p = \sqrt{\frac{H_{розг} - z}{n_p S_p + S_H}}$; $H_{розг} = n_p S_p q_p^2 + H_B + z$	$n_M = \frac{H_H - H_{розг}}{S_M Q_M^2}$

Формули для розрахунку схем насосно-рукавних систем з подачею води до лафетного ствола

Схема насосно-рукавної системи	Визначення необхідного напору насоса	Визначення подачі насоса і витрати зі ствола	Визначення максимально можливої довжини рукавних ліній	Визначення кількості насосів
	$H_H = \frac{n_p S_p Q_{ст}^2}{N^2} + H_B + z$	а) за однакових характеристик рукавних ліній: $Q_{ст} = \sqrt{\frac{H_H - z}{\frac{n_p S_p}{N^2} + S_H}}$	$n_M = \frac{H_H - H_B - z}{S_p \frac{Q_{ст}^2}{N^2}}$	При відомому напорі насоса : $K = \frac{Q_{ст}}{N_1} = \sqrt{\frac{n_p S_p}{H_H - H_B - z}}$ За відомої характеристики насоса: $K = Q_{ст} = \sqrt{\frac{\frac{n_p S_p}{N_1^2} + b}{a - H_B - z}}$
	$H_H = \frac{n_p S_p Q_{ст}^2}{K^2} + H_B + z$	$Q_H = \sqrt{\frac{a - z}{\frac{n_p S_p}{N_1^2} + S_H K^2 + b}}$		
	$H_H = \frac{n_p S_p Q_{ст}^2}{(N_1 K)^2} + H_B + z$	б) за різних характеристик рукавних ліній: $Q_{ст} = \sqrt{\frac{H_H - z}{S_c}}$ $Q_H = \sqrt{\frac{a - z}{S_c K^2 + b}}$		

**Таблиця напорів, витрат води та довжин компактних струменів
для лафетних стволів**

Напір біля ствола, <i>H</i> , м	Діаметри насадок стволів <i>d_н</i> , мм							
	28		32		38		50	
	<i>R_к</i> , м	<i>Q</i> , л/с	<i>R_к</i> , м	<i>Q</i> , л/с	<i>R_к</i> , м	<i>Q</i> , л/с	<i>R_к</i> , м	<i>Q</i> , л/с
20	20,2	12,2	20	15,9	20,5	22,4	21	38,9
25	23	13,6	23,5	17,8	24	25,1	25	43,5
30	26	14,9	26,5	19,4	27	27,4	28	47,5
35	28	16,2	28,5	21	29,5	29,7	31	51,5
40	30	17,2	30,5	22,5	32	31,7	33	55
45	31,5	18,3	32,5	23,8	34	33,6	35,5	58,3
50	33	19,3	34	25,1	35,5	35,4	37,5	61,4
55	34	20,2	36	26	37	37,2	39	64,4
60	35,5	21,1	37	27,6	38	38,2	40,5	67,3
65	36,5	22	37,5	28,6	39	40,4	41,5	70
70	37	22,8	37,5	29,7	39,5	41,9	42,5	72,6
75	-	-	-	-	40	43,4	43,5	75,3
80	-	-	-	-	40,5	44,8	44,5	77,8
85	-	-	-	-	-	-	45,5	80,1
90	-	-	-	-	-	-	46	82,5
95	-	-	-	-	-	-	46,5	84,8
100	-	-	-	-	-	-	47	87

Напір біля ствола, <i>H</i> , м	Діаметри насадок, мм					
	63		76		89	
	<i>R_к</i> , м	<i>Q</i> , л/с	<i>R_к</i> , м	<i>Q</i> , л/с	<i>R_к</i> , м	<i>Q</i> , л/с
20	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-
30	29	76,5	30,5	111	32,5	150
35	32	82,5	34	119	36,5	163
40	35	87,3	38	127	41	174
45	38	92,5	41	135	45	184
50	42	97,5	45	142	49	194
55	44	102	49	149	53	203
60	46	106	52	155	56	212
65	49	111	55	162	60	221
70	52	115	58	168	63	230
75	54	119	60,5	174	66	238
80	56	123	63	179	69	245
85	57	127	65	185	72	253
90	59	131	67	191	74	260
95	60	134	69	196	74,5	268
100	62	138	70	201	75,5	274

Додаток 8**Норми господарсько-питного водоспоживання****Додаток 8а**

ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», таблиця 1
– Питома середньодобова (за рік) норма питного водоспоживання для житлової забудови

Ступінь благоустрою житлової забудови	Питома середньодобова (за рік) норма питного водоспоживання, л/добу на одного мешканця
Житлова забудова, обладнана внутрішнім водопроводом та каналізацією:	
без ванн	100 – 135
з ваннами та місцевими водонагрівачами	150 – 230
з центральним гарячим водопостачанням	230 – 285

Додаток 8б

Норми господарсько-питного водоспоживання на виробничих об'єктах

Види цехів	Норма на одного працівника q , л/зм	Коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання $K_{\text{год}}$
З тепловиділенням більше 20 кал/м ³ год	45	2,5
У інших цехах	25	3

Додаток 9

Значення коефіцієнту β_{max} , що враховує кількість мешканців у населеному пункті

ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», таблиця 2

Кількість мешканців, тис. осіб	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
β_{max}	1,35	1,3	1,28	1,26	1,24	1,22	1,2	1,2	1,2	1,2

Додаток 10

Витрати води на поливання-миття міських територій у розрахунку на одного мешканця

ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», таблиця А.2

Міста	Потреба у воді на поливання-миття міських територій на одного мешканця, л/доб			
	Архітектурно-будівельний кліматичний район, підрайон			
	I (Полісся); ІІА; ІІБ; V	I (Лісостеп)	II (Східний степ)	II (Південний степ); IV
Найзначніші	65	75	95	105
Значні	60	70	85	100
Великі	55	65	80	90
Середні	45	50	60	65
Малі	40	45	50	55

Додаток 11

Розподіл добових витрат води по годинах для коефіцієнта годинної нерівномірності водоспоживання – $K_{\max \text{ год}}$

Додаток 11 а

Розподіл добових витрат води по годинах для населеного пункту в залежності від коефіцієнта годинної нерівномірності водоспоживання – $K_{\max \text{ год}}$

Години доби	Витрати води по годинах доби в залежності від коефіцієнта годинної нерівномірності водоспоживання – $K_{\max \text{ год}}$											
	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,5
0-1	3,5	3,35	3,2	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,9	0,85	0,75	0,6
1-2	3,45	3,25	3,2	3,2	2,65	2,1	1,5	1,0	0,9	0,85	0,75	0,6
2-3	3,45	3,3	2,9	2,5	2,2	1,85	1,5	1,0	0,9	0,85	1,0	1,2
3-4	3,4	3,2	2,9	2,6	2,25	1,9	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0
4-5	3,4	3,25	3,3	3,5	3,2	2,85	2,5	2,0	1,35	2,7	3,0	3,5
5-6	3,55	3,4	3,7	4,1	3,9	3,7	3,5	3,0	3,85	4,7	5,5	3,5
6-7	4,0	3,85	4,1	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,2	5,35	5,5	4,5
7-8	4,4	4,45	4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	6,5	6,2	5,85	5,5	10,2
8-9	5,0	5,2	5,0	4,9	5,35	5,8	6,25	6,5	5,5	4,5	3,5	8,8
9-10	4,8	5,05	5,4	5,0	5,85	6,05	6,25	5,5	5,85	4,2	3,5	6,5
10-11	4,7	4,85	5,8	4,9	5,35	5,8	6,25	4,5	5,0	5,5	6,0	4,1
11-12	4,55	4,6	4,6	4,7	5,25	5,7	6,25	5,5	6,5	7,5	8,5	4,1
12-13	4,55	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5,0	7,0	7,5	7,9	8,5	3,5
13-14	4,45	4,55	4,3	4,1	4,4	4,7	5,0	7,0	6,7	6,35	6,0	3,5
14-15	4,6	4,75	4,3	4,1	4,6	5,05	5,5	5,5	5,35	5,2	5,0	4,7
15-16	4,6	4,7	4,3	4,4	4,6	5,3	6,0	4,5	4,65	4,8	5,0	6,2
16-17	4,6	4,5	4,3	4,9	4,9	5,45	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	10,4
17-18	4,3	4,5	4,2	4,1	4,6	5,05	5,5	6,5	5,5	4,5	3,5	9,4
18-19	4,35	4,4	4,4	4,5	4,7	4,85	5,0	6,5	6,3	6,2	6,0	7,3
19-20	4,25	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,35	5,7	6,0	1,6
20-21	4,25	4,3	4,4	4,5	4,4	4,2	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	1,6
21-22	4,15	4,2	4,5	4,8	4,2	3,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0
22-23	3,9	3,75	4,2	4,6	3,7	2,85	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,6
23-24	3,8	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6
Всього	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Додаток 11 б

Розподіл витрат води на господарсько-питні потреби працівників по годинах зміни в залежності від коефіцієнта годинної нерівномірності водоспоживання – $K_{\text{год}}$

Години зміни	Витрати води по годинах зміни в залежності від коефіцієнта годинної нерівномірності – $K_{\text{год}}$	
	3 („холодні” цехи)	2,5 („гарячі” цехи)
0-1	12,5	30
1-2	6,25	10
2-3	6,25	10
3-4	6,25	10
4-5	18,75	10
5-6	37,5	10
6-7	6,25	10
7-8	6,25	10
Всього	100	100

Додаток 12

Витрати води з водопровідної мережі на зовнішнє пожежогасіння в населених пунктах

ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», таблиця 3

Кількість населення в населеному пункті, тис. мешканців	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрата води на зовнішнє пожежогасіння в населеному пункті на одну пожежу, л/с	
		забудова будівлями висотою до двох поверхів включно незалежно від ступеня їх вогнестійкості	забудова будівлями висотою три поверхи і вище незалежно від їх ступеня вогнестійкості
До 1 включ.	1	5	10
Від 1 до 5 включ.	1	10	10
Те саме 5 – 10 включ.	1	10	15
10 – 25 включ.	2	10	15
25 – 50 включ.	2	20	25
50 – 100 включ.	2	25	35
100 – 200 включ.	3	не нормується	40
200 – 300 включ.	3	«	55
300 – 400 включ.	3	«	70
400 – 500 включ.	3	«	80
500 – 600 включ.	3	«	85
600 – 700 включ.	3	«	90
700 – 800 включ.	3	«	95
800 – 1000 включ.	3	«	100

Примітка: витрата води на зовнішнє пожежогасіння в населеному пункті повинна бути не меншою за витрати води на пожежогасіння житлових і громадських будівель, зазначених у табл. 4 (додаток 13).

Витрати води на зовнішнє пожежогасіння житлових та громадських будівель

ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», таблиця 4

Призначення будівель	Витрати води на одну пожежу, л/с, на зовнішнє пожежогасіння житлових і громадських будівель незалежно від їх ступенів вогнестійкості при об'ємах будівель, тис.м ³				
	до 1 включ.	від 1 до 5 включ.	від 5 до 25 включ.	від 25 до 50 включ.	від 50 до 150 включ.
Житлові будинки одnoseкційні та багатосекційні за кількості поверхів:					
до 2 включ.	10	10	—	—	—
від 3 до 12 включ.	10	15	15	20	—
те саме 13 – 16 включ.	—	—	20	25	—
17 – 25 включ.	—	—	—	25	30
Громадські будинки за кількості поверхів:					
до 2 включ.	10	10	15	—	—
від 3 до 6 включ.	10	15	20	25	30
те саме 7 – 12 включ.	—	—	25	30	35
13 – 16 включ.	—	—	—	30	35

Витрати води на зовнішнє пожежогасіння будівель виробничого або складського призначення шириною не більше ніж 60 метрів

ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», таблиця 5

Ступінь вогнестійкості будівель	Категорія будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпечкою	Витрата води на зовнішнє пожежогасіння будівель виробничого або складського призначення з ліхтарями, а також без ліхтарів шириною не більше ніж 60 м на одну пожежу, л/с, при об'ємах будівель, тис. м ³						
		до 3 включ.	від 3 до 5 включ.	від 5 до 20 включ.	від 20 до 50 включ.	від 50 до 200 включ.	від 200 до 400 включ.	від 400 до 600 включ.
I, II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
I, II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	35	—	—
III	В	10	15	20	30	40	—	—
IIIa	Г, Д	10	10	15	15	20	—	—
IIIa	А, Б, В	15	15	20	25	35	—	—
IIIб	Г, Д	15	20	25	35	—	—	—
IIIб	В	20	25	30	45	—	—	—
IV	Г, Д	10	15	20	30	—	—	—
IV, V	В, Д	15	20	25	40	—	—	—
IVa	Г, Д	20	25	30	40	—	—	—
IVa	В	25	30	35	50	—	—	—

Витрати води на зовнішнє пожежогасіння будівель виробничого або складського призначення шириною 60 метрів і більше

ДБН В.2.5-74:2013 «Зовнішні мережі та споруди», таблиця 6

Ступінь вогнестійко- сті будівель	Категорія будівлі за вибухопо- жежною та пожежною небезпе- кою	Витрата води на зовнішнє пожежогасіння будівель виробничого або складського призначення без ліхтарів шириною 60 м і більше на одну пожежу, л/с, при об'ємах будівель, тис. м ³						
		до 50 включ.	від 50 до 100 включ.	від 100 до 200 включ.	від 200 до 300 включ.	від 300 до 400 включ.	від 400 до 500 включ.	від 500 до 600 включ.
I, II	A, B, B	20	30	40	50	60	70	80
I, II	Г, Д	10	15	20	25	30	35	40

Примітки до табл. 5 та 6:

1. При двох розрахункових пожежах на підприємстві розрахункову витрату води на пожежогасіння варто приймати для двох будівель, що вимагають найбільшої витрати води, визначеної за таблицями 5 або 6.

2. Витрату води на зовнішнє пожежогасіння окремих допоміжних будівель виробничих об'єктів слід визначати за табл. 4, як для громадських будівель, а вбудованих у виробничі будівлі – за загальним об'ємом будівлі за табл. 5.

3. Витрата води на зовнішнє пожежогасіння будівель сільськогосподарських підприємств I і II ступенів вогнестійкості об'ємом не більше 5 тис. м³ з виробництвами категорій Г і Д приймається 5 л/с.

5. Витрата води на зовнішнє пожежогасіння будівель об'ємом, більшим від зазначених у табл. 5 і 6, слід приймати за технічними умовами органів державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки.

6. Ступінь вогнестійкості будівель або споруд слід визначати відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2002. Категорію будівель та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою слід визначати відповідно до вимог НАПБ Б.03.002.

Норми витрат води на пожежогасіння та кількість струменів для житлових та громадських будівель

ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація», таблиця 3

Тип будинку, будівлі, споруди	Кількість струменів	Мінімальна витрата води на внутрішнє пожежогасіння, л/с, на один струмінь
1. Житлові будинки		
підвищеної поверховості умовною висотою $26,5 \text{ м} < H \leq 47 \text{ м}$	1	2,5
висотні умовною висотою $47 \text{ м} < H \leq 73,5 \text{ м}$	2	2,5
висотні умовною висотою $73,5 \text{ м} < H \leq 100 \text{ м}$	Відповідно до ДБН В.2.2-24:2009	
2. Гуртожитки, громадські будівлі і споруди, крім перелічених в 3, 5, 6, 7, 8		
умовною висотою $H \leq 26,5 \text{ м}$, об'ємом від 5000 м^3 до 25000 м^3	1	2,5
те саме об'ємом більше 25000 м^3	2	2,5
підвищеної поверховості умовною висотою $26,5 \text{ м} < H \leq 47 \text{ м}$	2	2,5
те саме об'ємом більше 25000 м^3	3	2,5
висотні умовною висотою $47 \text{ м} < H \leq 73,5 \text{ м}$	4	5
те саме і об'ємом більше 50000 м^3	8	5
висотні умовною висотою $73,5 \text{ м} < H \leq 100 \text{ м}$	Відповідно до ДБН В.2.2-24:2009	
3. Культурно-видовищні та дозвіллєві заклади, актові та конференц-зали з кіноапаратурою	Відповідно до ДБН В.2.2-16:2005	
4. Адміністративно-побутові будівлі виробничих підприємств		
об'ємом від 5000 м^3 до 25000 м^3	1	2,5
об'ємом більше 25000 м^3	2	2,5
висотні умовною висотою $H > 47 \text{ м}$ і об'ємом до 50000 м^3	4	2,5
те саме і об'ємом більше 50000 м^3	8	2,5
5. Багатофункціональні будівлі		
багатоповерхові умовною висотою до $26,5 \text{ м}$, об'ємом від 5000 м^3 до 25000 м^3	2	2,5
те саме об'ємом більше 25000 м^3	3	2,5
підвищеної поверховості умовною висотою $26,5 \text{ м} < H \leq 47 \text{ м}$, об'ємом до 25000 м^3	3	2,5
те саме об'ємом більше 25000 м^3	4	2,5
висотні умовною висотою $47 \text{ м} < H \leq 73,5 \text{ м}$	4	5

те саме і об'ємом більше 50000 м ³	8	5
6. Культові будівлі та споруди різних конфесій	Відповідно до посібника з проектування культових будинків та споруд різних конфесій та ДБН В.2.2-9:2009	
7. Підприємства торгівлі		
об'ємом від 5000 м ³ до 25000 м ³	2	2,5
об'ємом від 25000 м ³ до 50000 м ³	3	2,5
об'ємом більше 50000 м ³	4	2,5
8. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди	Відповідно до ДБН В.2.2-13:2003	
Примітка. За наявності установки у квартирі пожежного кран-комплекту, відгалуження до окремого крана мінімальна витрата води на пожежогасіння квартири приймається 0,5 л/с.		

Додаток 17

Норми витрат води на внутрішнє пожежогасіння виробничих будівель

ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація», таблиця 4

Ступінь вогнестійкості виробничих та складських будівель	Категорія будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпечкою	Кількість струменів і мінімальна витрата води, л/с, на один струмінь, на внутрішнє пожежогасіння у виробничих та складських будівлях висотою до 47 м і об'ємом, тис. м ³							
		0,5–5	від 5–10	від 10–50	від 50–100	від 100–200	від 200–300	від 300–400	від 400–500
I, II, IIIa	A, B, B	2×2,5	2×5	2×5	2×5	2×5	3×5	3×5	4×5
III	B	2×2,5	2×5	2×5	2×5	2×5			
III	Г, Д		2×2,5	2×2,5	2×2,5	2×2,5			
IIIб, IV, IVa, V	B	2×2,5	2×5						
IIIб, IV, IVa, V	Г, Д		2×2,5	2×2,5					

Кількість одночасних пожеж в населеному пункті та на виробничому об'єкті

ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», п. 6.2.12: При об'єднаному протипожежному водопроводі населеного пункту та виробничого підприємства розрахункову кількість одночасних пожеж необхідно приймати:

Площа території виробничого об'єкта	Кількість мешканців у населеному пункті		
	до 10 тис.	понад 10 тис. до 25 тис.	понад 25 тис.
до 150 га	одна пожежа (на виробничому об'єкті або в населеному пункті за найбільшою витратою води)	дві пожежі (одна в населеному пункті та одна на виробничому об'єкті)	За ДБН В.2.5-74:2013 п.6.2.11 та табл.3 при цьому витрата води визначається як сума необхідного більшого (на виробничому об'єкті або в населеному пункті) та 50% необхідного меншого (на виробничому об'єкті або в населеному пункті)
більше 150 га	дві пожежі (дві в населеному пункті або дві на виробничому об'єкті по найбільшій витраті води)		

ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди», п. 6.2.11: Розрахункова кількість одночасних пожеж на виробничому об'єкті приймається залежно від його площі:

- одна пожежа – при площі до 150 га;
- дві пожежі – при площі більше 150 га.

Таблиця опорів сталевих та чавунних труб залежно від їх діаметра

d , мм	Сталеві труби A (для Q , м ³ /с)	Чавунні труби A (для Q , м ³ /с)
20	1643000	—
25	436700	—
32	93860	—
40	44530	—
50	11080	13360
70	2893	—
80	1168	1044
100	267	339,1
125	86,2	103,5
150	33,9	39,54
175	20,79	—
200	6,959	8,608
250	2,187	2,638
300	0,8466	0,9863
350	0,3731	0,4368
400	0,1859	0,2191
450	0,09928	0,1187
500	0,05784	0,06782
600	0,02262	0,02596
700	0,01098	0,01154

**Фактичні витрати води, радіус компактної частини та тиск
на пожежному кран-комплекті в залежності від його обладнання**

ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація», таблиця 5

Висота компактно́ї частини струме- ня , м	Продуктивність струменя із пожежного кран- комплекту, л/с	Тиск, МПа, на пожежному кран-комплекті з рукавом завдовжки, м			Продуктивність струменя із пожежного кран- комплекту, л/с	Тиск, МПа, на пожежному кран-комплекті з рукавом завдовжки, м			Продуктивність струменя із пожежного кран- комплекту, л/с	Тиск, МПа, на пожежному кран-комплекті з рукавом завдовжки, м		
		10	15	20		10	15	20		10	15	20
	Діаметр насадки пожежного ствола, мм											
	13				16				19			
Пожежні кран-комплекти $d = 50$ мм												
6	—	—	—	—	2,6	0,092	0,096	0,10	3,4	0,088	0,096	0,104
8	—	—	—	—	2,9	0,12	0,125	0,13	4,1	0,129	0,138	0,148
10	—	—	—	—	3,3	0,151	0,157	0,164	4,6	0,16	0,173	0,185
12	2,6	0,202	0,206	0,21	3,7	0,192	0,196	0,21	5,2	0,206	0,223	0,24
14	2,8	0,236	0,241	0,245	4,2	0,248	0,255	0,263	—	—	—	—
16	3,2	0,316	0,322	0,328	4,6	0,293	0,30	0,318	—	—	—	—
18	3,6	0,39	0,398	0,406	5,1	0,36	0,38	0,40	—	—	—	—
Пожежні кран-комплекти $d = 65$ мм												
6	—	—	—	—	2,6	0,088	0,089	0,09	3,4	0,078	0,08	0,083
8	—	—	—	—	2,9	0,11	0,112	0,114	4,1	0,114	0,117	0,121
10	—	—	—	—	3,3	0,14	0,143	0,146	4,6	0,143	0,147	0,151
12	2,6	0,198	0,199	0,201	3,7	0,18	0,183	0,186	5,2	0,182	0,19	0,199
14	2,8	0,23	0,231	0,233	4,2	0,23	0,233	0,235	5,7	0,218	0,224	0,23
16	3,2	0,31	0,313	0,315	4,6	0,276	0,28	0,284	6,3	0,266	0,273	0,28
18	3,6	0,38	0,383	0,385	5,1	0,338	0,342	0,346	7	0,329	0,338	0,348
20	4	0,464	0,467	0,47	5,6	0,412	0,418	0,424	7,5	0,372	0,385	0,397

ЛІТЕРАТУРА

1. Антіпов І.А. Протипожежне водопостачання: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Антіпов І.А., Кулешов М.М., Петухова О.А. – Х.: НУЦЗУ, 2004. – 255 с.
2. Петухова О.А. Спеціальне водопостачання: практикум [для студ. вищ. навч. закл.] / Петухова О.А., Горносталь С.А., Уваров Ю.В. – Х.: НУЦЗУ, 2014. – 107 с.
3. Петухова О.А. Спеціальне водопостачання: електронний підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Петухова О.А., Антіпов І.А., Кулешов М.М., Чернуха А.М. – Х.: УЦЗУ, 2007.
4. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5-74:2013. – [Чинний від 01-01-14]. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 172 с. (Державні будівельні норми України).
5. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. ДБН В.2.5-64:2012. – [Чинний від 01-03-13]. – К.: Держбуд України, 2013. – 135 с. (Державні будівельні норми України).
6. Пожежна техніка. Кран-комплекти пожежні. Частина 1. Кран-комплекти пожежні з напівжорсткими рукавами. Загальні вимоги (EN 671-1:2001, MOD): ДСТУ 4401-1:2005. [Чинний від 25-05-05]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 22 с. (Національний стандарт України).
7. Пожежна техніка. Кран-комплекти пожежні. Частина 2. Кран-комплекти пожежні з плоскоскладаними рукавами. Загальні вимоги (EN 671-2:2001, MOD): ДСТУ 4401-2:2005. [Чинний від 01-01-06]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 20 с. (Національний стандарт України).

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

аксонометрична схема, 189
арматура, 64, 165
 вентиль, 166
 водорозбірна, 64, 165
 водорозбірна колонка, 66
 гідрант, 67
 запірна, 64, 165
 запобіжна, 64
 засувка, 65, 166
 зворотній клапан, 167
 контролююча, 165
 регулятор тиску, 168

Б

береговий колодязь, 138

В

ввід, 164, 172, 182
вентиль, 166
випробування на водовіддачу
 внутрішнього водопроводу, 231
 за показаннями манометра
 насоса, 223
 зовнішніх мереж
 високого тиску, 229
 низького тиску, 228
 об'ємним способом, 225
 порядок проведення, 227
 пристроєм "СВ", 226
 стволом-водоміром, 219
 тарованою колонкою, 222
 трубкою Піто, 221
висота всмоктування насоса
 вакуумметрична, 17
 геометрична, 17
витрата (подача) насоса, 13
витрати води
 на виробничі потреби, 71
 на господарсько-питні потреби,
 69, 243

 працівників та службовців, 72
на душ, 72
на пожежогасіння, 75, 76
 внутрішнє, 76, 179
 виробничих будівель, 249
 висотних будівель, 200
 житлових та громадських
 будівель, 248
 театрально-видовищних
 будівель, 206
 зовнішнє, 75
 в населеному пункті, 245
 виробничих будівель, 246,
 247
 житлових та громадських
 будівель, 246
 складів лісопиломатеріалів,
 149
на поливку вулиць та зелених
 насаджень, 71, 244
 розрахункові, 77
відстань між пожежними кран-
 комплектами, 181
відцентровий насос, 11, 12
вільний тиск, 36
 у внутрішньому водопроводі, 79
 у зовнішньому водопроводі, 78
внутрішній протипожежний
 водопровід, 162
 елементи, 164
 класифікація, 162
 розрахунок, 179
 схеми, 177
 висотних будівель, 194
водовід, 61
водовіддача, 219
водоймища-копані, 140
водоймища-ставки, 144
водомірний вузол, 164, 175
водонапірна башта, 111
 висота, 114
 типова, 115

водопровідна мережа, 59
водорозбірна колонка, 66
втрати напору
 в кільцевій мережі, 103
 в тупиковій мережі, 96
вузол, 87

Г

гідравлічні випробування
 резервуарів, 236
гідрант, 67
гідроізоляція, 140
 асфальтобетонне облицювання,
 141
 бетонне облицювання, 141
 вапнування, 144
 глиняна одежа, 143
 кам'яне облицювання, 142
 кольматаж, 143
 облицювання синтетичною
 плівкою, 142
 солонцювання, 144
головна робоча характеристика
 насоса, 19, 20, 28
графік нерівномірності
 водоспоживання, 74
графік роботи насосної станції, 125
гребля, 144

Д

датчик положення, 171
диктуюча точка, 87
діаметр насадки ствола, 180
діаметр рукава, 180
діаметр труб, 62, 88, 184
 перевірка, 103
ділянка мережі, 87
довжина рукава, 180

З

задачі розрахунку насосно-
 рукавних систем
 на лафетний ствол, 36
 основних схем, 23

закон Кірхгофа
 другий, 92
 перший, 87, 184
засувка, 65, 166
зворотний клапан, 167
зонування систем водопостачання,
 56
 вимоги до складових, 196
 змішане, 196
 кількість зон, 196
 паралельне, 57, 195
 послідовне, 57, 195

К

кількість одночасних пожеж, 250
кількість пожежних автонасосів, 37
класифікація будівель
 за висотою, 192
класифікація внутрішнього
 протипожежного водопроводу,
 162
класифікація водопровідних мереж
 за конфігурацією, 59
 за призначенням, 61
класифікація насосних станцій, 116
 за призначенням, 116
 за тиском, 117, 127
класифікація систем
 водопостачання, 52
 за видом вододжерела, 54
 за кількістю об'єктів
 обслуговування, 53
 за призначенням, 52
 за способом подачі води, 54
 за ступенем забезпечення подачі
 води, 53
 за тиском, 54
коефіцієнт корисної дії насоса, 17

Л

лафетний ствол, 35
лічильник, 174, 176

М

магістральний трубопровід, 62, 164, 166, 182
матеріал труб, 62, 165
мета гідравлічного розрахунку мережі, 86, 183
мета гідравлічного розрахунку споруд, 105

Н

напір (тиск) насоса, 13, 16
напір на вводі, 185
напір на розгалуженні, 27
насос, 10
насосна станція, 116
 розрахунок, 122, 124, 133
насосно-рукавна система, 22
 розрахунок, 23, 36

О

опір
 насадки ствола, 23, 238
 рукава, 23, 238
 труб, 250
опір рукавної системи, 23
 змішаної, 27
 магістральної частини, 29
 паралельної, 24
 послідовної, 23

П

пірс, 138
пожежний кран-комплект, 169, 171
 характеристики обладнання, 180
 для театрального-видовищних будівель, 206
потужність насоса, 16
приймальний колодязь, 139
пристрій "СВ", 225
протипожежне водопостачання, 52
 безводопровідне, 137

Р

регулятор тиску, 168
резервні насоси
 кількість, 119
резервуар чистої води, 105
 недоторканий запас, 108
 збереження, 109
регулюючий об'єм, 106
способи забору води, 110
типовий, 108
резервуарний парк, 154
результуюча характеристика роботи двох насосів
 паралельна робота, 43
 послідовна робота, 47
робоча точка насоса, 22
розподільча мережа, 62, 164, 165

С

система водопостачання, 52
склад нафти та нафтопродуктів, 154
статичні характеристики насоса, 18
ствол-воломір, 219
схема відцентрового насоса, 12
схеми внутрішнього
 протипожежного водопроводу, 177, 185
 зонні, 194
 змішана, 196
 паралельна, 195
 послідовна, 195
схеми водопостачання населених пунктів
 з використанням поверхневих вододжерел, 54
 з використанням підземних вододжерел, 55
 з декількома вододжерелами, 55
 зонні, 55
схеми водопостачання промислових підприємств, 57
 з послідовним використанням води, 58

зворотні, 58
комбіновані, 58
прямоточні, 58
складів лісопиломатеріалів, 150
складів нафти та нафтопродуктів,
156
схеми насосно-рукавних систем, 22
змішана, 23
на лафетний ствол, 35
паралельна, 23
послідовна, 22

Т

тарована колонка, 222
способи тарування, 222
другий, 222
перший, 222
точка живлення мережі, 87
трасування мережі, 59
трубка Піто, 221

У

ув'язка мережі, 92, 96
установки охолодження, 158

пересувна, 158, 159
стаціонарна, 158
установки пожежогасіння складів
нафти та нафтопродуктів, 155
пересувна, 158
стаціонарна автоматична пінна,
155
стаціонарна неавтоматична
пінна, 158
утеплення ополонки, 139

Х

характеристика мережі, 21
характеристика рукавної системи,
28
характеристики насоса, 13, 118, 238

Ш

швидкість руху води, 88, 95
в насосній станції, 122
у внутрішній мережі, 184
штучні вододжерела
водоймища-копані, 140
водоймища-ставки, 144

Навчальне видання

**Петухова Олена Анатоліївна
Горносталь Стелла Анатоліївна
Уваров Юрій Володимирович**

СПЕЦІАЛЬНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Підручник

Підписано до друку 02.04.15. Формат 60х84/16.

Ум.друк. арк. 15,5.

Вид. № 43/15. Обл.вид арк. 10,2.

Відділення редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

КП "Міська друкарня", 61002, Харків, вул. Артема, 44
Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення та радіомовлення
України про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції,
№ 3613 серія ДК від 29.10.2009



Ліцензія АД № 034969 от 05.06.2012 р

Рік заснування 1928

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

***Запрошує на навчання
за спеціальностями:***

Пожежна безпека

*Управління пожежною
безпекою*

Цивільний захист

*Управління у сфері цивільного
захисту*

Охорона праці

Хімічна технологія

*Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване
природокористування*

Психологія



*Навчальний заклад готує фахівців для підрозділів
МНС України та підприємств усіх форм власності.*

*Студенти мають можливість навчатись
на військовій кафедрі підготовки офіцерів запасу*

*Поштова адреса:
61023. м. Харків,
вул. Чернишевська, 94*

Телефони:

*(057) 707-34-06 — центральна приймальня комісія
(057) 370-06-85 — приймальня комісія (бюджетна форма навчання)
(057) 704-14-31 — приймальня комісія (заочна форма навчання)
(057) 707-34-37 — приймальня комісія (контрактна форма навчання)
(057) 707-34-69 — ад'юнктура та докторантура*

www.nuczu.edu.ua