



**МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
ТА У СПРАВАХ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД НАСЛІДКІВ  
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ**

**АКАДЕМІЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**І.А. Антіпов, М.М. Кулешов, О.А. Петухова**

**ПРОТИПОЖЕЖНЕ  
ВОДОПОСТАЧАННЯ**

**Підручник**

**Харків 2004**

УДК 614.8  
6С9.612 (075)  
А - 72

*Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник  
для студентів вищих навчальних закладів  
(лист від 20.01.2004 р. за №14/18.2 - 56)*

**Рецензенти:** В.А. Андронов - начальник кафедри "Пожежна профілактика технологічних процесів виробництв" АЦЗУ, кандидат технічних наук;

М.І. Адаменко - доцент кафедри "Будівлі та споруди" ВБФ при ХДТУБА, кандидат технічних наук, доцент.

Антіпов І.А., Кулешов М.М., Петухова О.А.

**Протипожежне водопостачання. Підручник/ Харків, 2004. – 255 с.**  
А – 72

У підручнику викладено основні закони гідравліки та наведено приклади їх використання в протипожежному водопостачанні. Розглянуто принципи проектування систем протипожежного водопостачання та його окремих елементів. Наведено методики проектування та розрахунку систем зовнішнього водопроводу низького та високого тиску, а також внутрішніх мереж. Надано основні вимоги щодо проведення пожежно–технічних обстежень, виконання експертиз проектної документації систем протипожежного водопроводу та порядок прийняття їх до експлуатації.

УДК 614.8  
6С9.612 (075)

© Антіпов І.А., Кулешов М.М., Петухова О.А., 2004  
© Академія цивільного захисту України, 2004

## ВСТУП

Протипожежне водопостачання – галузь науки і техніки, що обіймає теорію та практику подачі води для потреб пожежогасіння, принципи забезпечення надійності систем протипожежного водопостачання та технічних засобів, що входять до них.

Для боротьби з неконтрольованими процесами горіння, які, як правило, супроводжуються знищенням матеріальних цінностей, будівель та промислових споруд, створюють небезпеку для життя людей, людство протягом століть використовувало воду. Тому протипожежне водопостачання займало значне місце у вирішенні питань боротьби з вогнем.

Основними директивними документами з організації та функціонування державного пожежного нагляду на Україні є Конституція України, Закон України про пожежну безпеку, Правила пожежної безпеки України. Цими документами регламентується порядок забезпечення пожежної безпеки при проектуванні, будівництві та реконструкції об'єктів, експлуатації систем протипожежного водопостачання, участі органів Державного пожежного нагляду у прийнятті до експлуатації народногосподарчих будівель та споруд.

Сучасні системи водопостачання – це складні інженерні споруди та пристрої, які забезпечують постачання води споживачам. Разом із розвитком водопостачання населених пунктів та промислових підприємств одночасно набувають розвитку і системи протипожежного водопостачання.

У підручнику розглядаються схеми і системи протипожежного водопостачання, теоретичні знання та практичні навички щодо проектування та розрахунку різних систем подачі води на гасіння пожежі, питання, що пов'язані з експертизою проектів та обстеженням народногосподарчих об'єктів, економічною оцінкою запропонованих систем протипожежного водопостачання.

## ІСТОРІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Противопожежне водопостачання є однією із структур водопостачання у цілому, історія якого нараховує кілька тисячоліть.

Перші відомості про штучні споруди для видобутку води – колодязі - відносять до III тисячоліття до н.е. У стародавньому Єгипті існували прості механізми для підйому води на зразок “журавлів”. Водопроводи Єгипту, Китаю, Риму мали гончарні, свінгові, дерев’яні труби, які постачали воду на значну відстань. В античному Римі існували достатньо потужні самопливні централізовані системи водопостачання. До нашого часу збереглися акведуки – величезні споруди, які використовувалися для переходу самопливних водопровідних каналів через яри, долини.

Перші водопроводи на території України та Росії були споруджені у XI-XII століттях. Так, при розкопках у Новгороді був знайдений водопровід із дерев’яних труб, який відносять до кінця XI століття. У XV столітті був споруджений рудниковий водопровід у Московському Кремлі.

У першій половині XVIII століття були споруджені водопровідні канали та мережі у Петербурзі. У 1721 році за наказом Петра I побудовані славетні Петергофські фонтани у Царському Селі. У 1804 році закінчилося будівництво у Москві Митіщинського водопроводу довжиною 108 верст з витрачанням 1,5 мільйонів цебер на добу. У 1861 році збудований петербурзький водопровід, у 1902 році вступив до дії водопровід Москви із постачанням води від Москви – річки біля селища Рубльово. Понад 100 років налічують водопроводи у Києві, Харкові, Одесі.

У 1881 році побудовано Харківський водопровід для централізованого обслуговування міста. З 120-річної історії водопостачання міста Харкова більше шістдесяти років пов’язано із Кочетківським водопроводом. У 1933 році розпочалося будівництво основних об’єктів, та вже у березні 1938 року місто отримало перші 50000м<sup>3</sup> води на добу. Головні будівельні роботи проводилися у 50-60 роки: будівництво Кочетківської греблі, прокладка трубопроводів, Печенізького водосховища, введення до експлуатації насосних станцій I та II підйомів, очисних споруд. З лютого 1984 року дніпровська питна вода подається до Харкова та Лозової.

У Харкові велика увага приділяється постачанню води від підземних джерел. Перші артезіанські свердловини були

збудовані у 1889-1901 роках із загальними витратами води біля 10000 м<sup>3</sup> на добу. На сьогодні у системі водопостачання міста експлуатується 72 насосні станції першого та другого підйомів. Вода забирається зі свердловин глибиною 80-800 метрів. До 2015 року планується подальший розвиток артезіанського водопостачання з тим, щоб довести його до 25% загальних обсягів водоспоживання.

Одночасно з розвитком водопостачання населених пунктів та промислових підприємств відбувається покращення їх протипожежного водопостачання. За післявоєнні роки водопостачання перетворилося у значну галузь народного господарства. Цивільні та господарчі будівлі та споруди оснащують об'єднаними господарчо-протипожежними водопроводами, системами автоматичного пожежогасіння. У будівлях підвищеної поверховості та з масовим перебуванням людей (театрах, кінотеатрах, клубах тощо) влаштовують спеціальні протипожежні водопроводи. Особлива увага приділяється забезпеченню пожежної безпеки підприємств нафтохімічної, деревообробної, атомної галузей промисловості та інших об'єктів з високою пожежною небезпекою. Із кожним роком поліпшуються якісні характеристики водопровідної та протипожежної техніки.

Об'єднання Харківкомунпромвод вперше в СРСР здійснило у 1985 році автоматичне управління водопостачанням м. Харкова. Розроблена автоматична система управління (АСУ) постачання та розподілу води для населених пунктів із кількістю мешканців більше 10000 осіб. АСУ охоплює основні об'єкти водопостачання – насосні станції, резервуари чистої води, водопровідні мережі. Із провадженням АСУ економія електроенергії склала до 15%, води – до 5% за рахунок зменшення тиску води у системі та зменшення її аварійності. Значний вклад у розвиток протипожежного водопостачання, як науки зробили вчені Чижов Н.К., Зімін Н.П., Лобачев В.Г., Лобачев П.В., Кашкаров Н.А.

Таким чином, “основною метою протипожежного водопостачання та пожежної безпеки у цілому є забезпечення шляхом проведення організаційних, технічних та інших заходів, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей, зменшення можливих майнових втрат, негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для скорішого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж” (Правила пожежної безпеки України).

# ГЛАВА 1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ НАСОСІВ

## 1.1 Класифікація насосів, які використовуються при пожежогашінні

Пожежна охорона України має на озброєнні техніку різноманітного призначення. Для ефективності її застосування необхідно знати технічні можливості кожного виду.

Одним із основних елементів системи протипожежного водопостачання є насоси, які відрізняються різноманітними конструктивними та експлуатаційними параметрами.

Насоси належать до класу гідравлічних машин. Гідромашини (ГМ) призначені для перетворення механічної енергії двигуна на енергію переміщення рідини або гідравлічної енергії потоку води на механічну енергію (гідравлічні двигуни).

Гідромашини поділяються на (рис. 1.1):

- лопасні (відцентрові, осьові, гідравлічні турбіни);
- об'ємні, які діють за принципом витиснення рідини (роторні, поршневі та інш. насоси);
- спеціальні пристрої, які використовуються для переміщення рідини (гідравлічні тарани, ежектори, ерліфти).

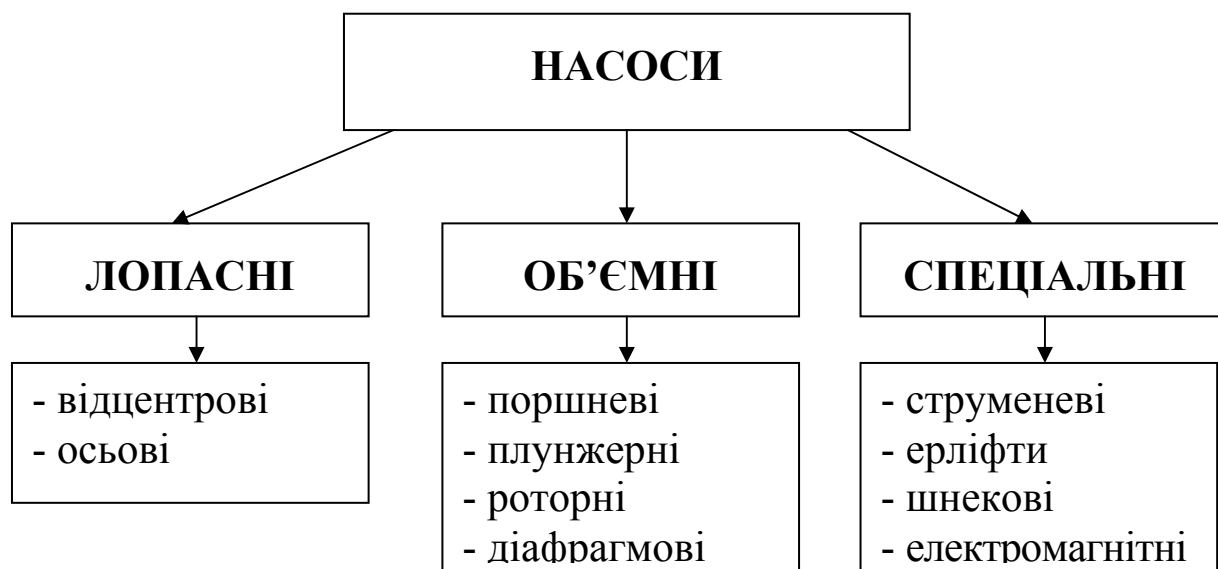


Рис. 1.1 – Класифікація насосів

Першим гідравлічним двигуном (більше 3000 років тому) було гідравлічне колесо (водяне колесо), за допомогою якого

використовувалася енергія текучої води, а першим насосом – поршневий насос, збудований в Олександрії приблизно 200 років до нової ери.

**Насоси зворотно-поступової дії** поділяються на **поршневі** та **мембранні** (рис. 1.2).

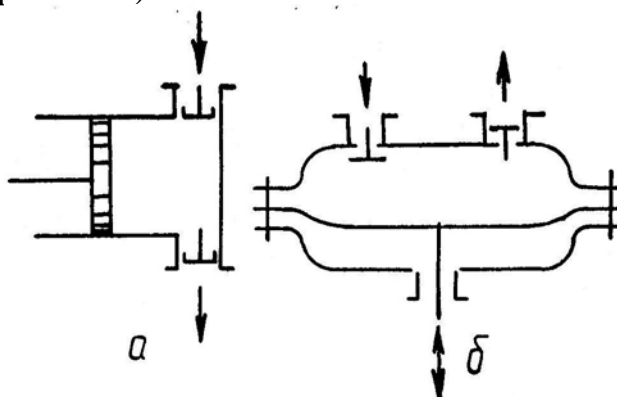


Рис. 1.2 - Насоси із зворотно - поступовим переміщенням поршня: а – поршневі, б – мембранні

Принцип дії їх заснований на витисненні рідини з робочого об'єму гідромашини.

Поршневі насоси використовуються для подання невеликої кількості рідини під значним тиском. Для пуску у роботу внутрішню порожнину насоса не треба заливати рідиною, як це необхідно у відцентрових насосах.

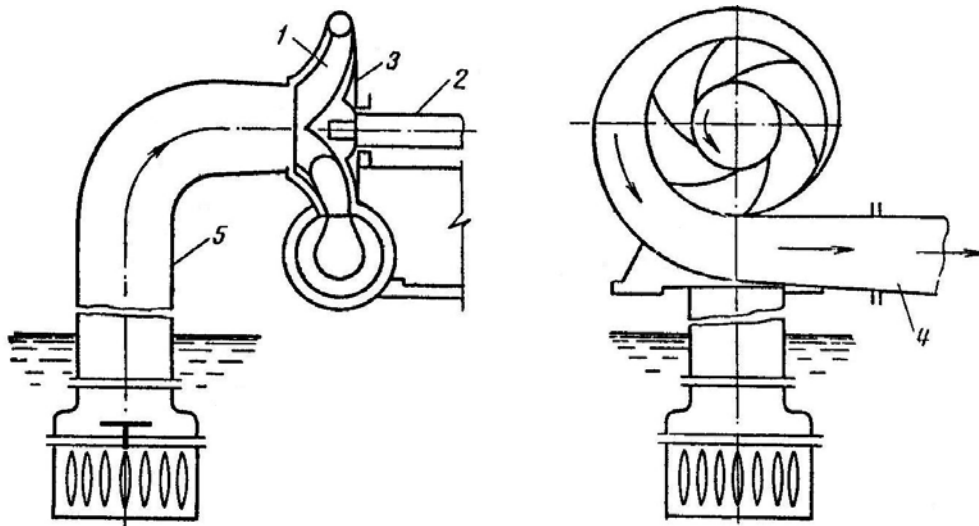
**Роторні насоси** поділяються на шестеренчасті, гвинтові, коловоротні, роликові, пластинчаті. Вони використовуються у схемах очищення води (гвинтові насоси) для дозування реагентів. Вони характеризуються рівномірним водопостачанням і спроможні створювати значний тиск на виході.

**Лопасні насоси** працюють за динамічним принципом: при роботі робочого колеса кінетична енергія від нього передається рідині, що перекачується, та на виході системи перетворюється на енергію тиску.

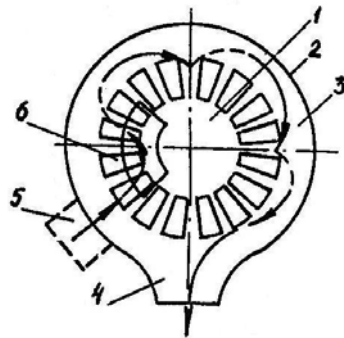
Лопасні насоси розподіляються на відцентрові, осьові та вихрові (рис. 1.3).

Основними елементами схеми є робоче колесо 1, його лопасті 2, корпус 3, вал 4, всмоктуючий трубопровід 5, нагнітаючий 6, патрубок 7 (рис. 1.3).





а)



б)

Рис. 1.3 - Лопасні насоси:

а – відцентровий: 1 – робоче колесо, 2 – вал, 3 – спіральна камера, 4 – напірний патрубок, 5 – всмоктуючий патрубок; б – вихровий: 1 – вал, 2 – корпус, 3 – кільцевий канал, 4 – напірний патрубок, 5 – всмоктуючий патрубок, 6 – ущільнювач

У протипожежному водопостачанні дуже розповсюджені відцентрові насоси (ВЦН). Основною перевагою ВЦН є простота конструкції, компактність та невеликий об'єм, зручність з'єднання з двигунами, спроможність перекачувати рідини з різними фізико-хімічними параметрами, висока потужність. Недоліком ВЦН є те, що для їх запуску необхідно використання пристроїв, які дозволяють заповнювати водою всмоктуючі лінії та корпус насоса, або використання вакуум-насосів. Розглянемо класифікацію відцентрових насосів.

**За тиском** відрізняють насоси:

- низького тиску (до 20 м);
- середнього тиску (від 20 до 60 м);
- високого тиску (більше 60 м).

**За кількістю робочих коліс** - на:

- одноступеневі (з одним робочим колесом);
- багатоступеневі (з декількома робочими колесами).

У багатоступеневих насосах відбувається поступове збільшення тиску рідини при її проходженні через послідовно з'єднані робочі колеса. Продуктивність багатоступеневих насосів дорівнює продуктивності одного робочого колеса. Це насоси значного тиску.

**За способами подачі рідини до робочого колеса** відрізняють насоси:

- з постачанням по одному вводу;
- з постачанням по двох вводах.

При однаковому тиску подача рідини насосами з двома постачальними вводами більше, ніж насосами з одним.

**За розміщенням вала робочого колеса** насоси бувають:

- горизонтальні;
- вертикальні.

Насоси із вертикальним валом використовують для забору води від глибинних колодязів та свердловин на насосних станціях першого підйому.

**За коефіцієнтом швидкохідності робочого колеса** насоси поділяються на:

- тихохідні;
- нормальні;
- швидкісні.

Коефіцієнт швидкохідності характеризує конструктивні особливості насосів і визначаються за формулою

$$n_s = 3.65 n \sqrt{\frac{Q}{H^{0.75}}}, \quad (1.1)$$

де  $Q$  – витрати води насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$H$  – тиск, що створюється насосом, м;

$n$  – оберти робочого колеса.

Для тихохідних насосів  $n_s = 40 \div 80$ , для звичайних (нормальних)  $n_s = 80 \div 140$ , швидкохідних  $n_s = 140 \div 300$ . Тому тихохідні насоси використовують для створення значного тиску при невеликих витратах води на виході, а швидкохідні – для великих витрат при невеликому тиску. У пожежній техніці застосовують тихохідні та звичайні (нормальні) відцентрові насоси.

Особу групу складають струменеві насоси (СН) (рис. 1.4), у яких всмоктування рідини відбувається за рахунок зниження тиску, що створюється струменем робочої рідини: рідина, що всмоктується переноситься робочим струменем до дифузора, де відбувається підвищення тиску. Недоліками СН є низький коефіцієнт корисної дії (ККД –  $0,15 \div 0,27$ ) та необхідність подачі великих об'ємів робочої рідини (об'єм робочої рідини в  $1,5 \div 3$  рази перевищує об'єм рідини, що відкачується).

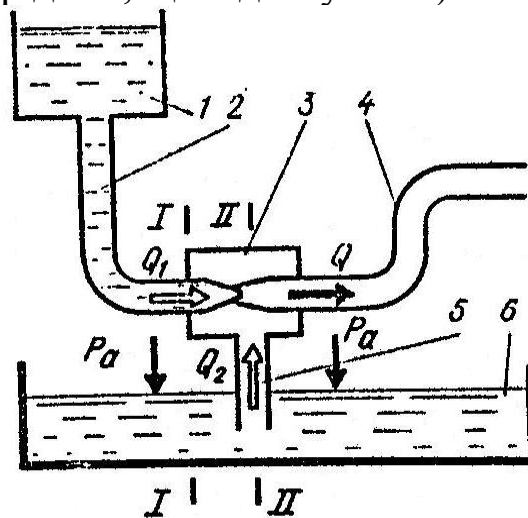


Рис. 1.4 - Принципова схема дії струменевого насоса:

1 – напірний резервуар, 2 – постачальна труба, 3 – робоча камера, 4 – напірна труба (дифузор), 5 – всмоктуюча труба, 6 – резервуар.

## 1.2 Принципова схема відцентрового насоса

Робоче колесо насаджене на вал, з'єднаний із електродвигуном або двигуном внутрішнього згорання. Воно складається із двох дисків, між якими розміщені профільовані лопасті. Робоче колесо розміщено у спіральній камері, яка призначена для повільного підводу рідини до напірного патрубка. Колеса мають 6-8

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

До пуску насос та всмоктуючий патрубок заповнюють водою, після чого вмикають двигун, зв'язаний із насосом (рис. 1.5). Під впливом відцентрових сил рідина у насосі починає переміщатися по каналах між лопастями робочого колеса у напрямку від центра до периферії. Унаслідок цього на вході до робочого колеса у центральній області насоса створюється вакуум. Під впливом зовнішнього (атмосферного) тиску рідина з резервуара подається у центральну зону робочого колеса. Таким чином, при безперервній роботі відцентрового насоса крізь нього подається безперервний потік рідини.

У процесі течії рідини у контакті із лопастями робочого колеса та внаслідок їх силової дії на потік механічна енергія перетворюється на кінетичну енергію переміщення рідини, при цьому на виході з робочого колеса за мірою розширення спіральної камери кінетична енергія перетворюється на енергію тиску.

Перетворення кінетичної енергії закінчується у напірному патрубку, який звичайно виконується у вигляді прямоосового дифузора.

### 1.3 Основні робочі параметри відцентрових насосів

**Технічні параметри насосів.** Насоси характеризуються наступними основними параметрами:

- об'єм рідини, що подається,  $Q$  (витрати води);
- тиск  $H$ ;
- потужність  $N$ ;
- коефіцієнт корисної дії  $\eta$ ;
- висота всмоктування  $H_{вс}$ .

**Подачею** (постачанням) насоса зветься об'єм рідини, який перекачується в одиницю часу. Подача насоса вимірюється у  $\text{м}^3/\text{год}$ ,  $\text{м}^3/\text{хв}$ , л/с.

**Тиском** насоса зветься різниця повних питомих енергій потоку на вході та виході від насоса, яка вимірюється у метрах водяного стовпа.

Розглянемо принципову схему роботи відцентрового насоса при перекачці рідини із одного резервуара до іншого (рис. 1.5).

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).

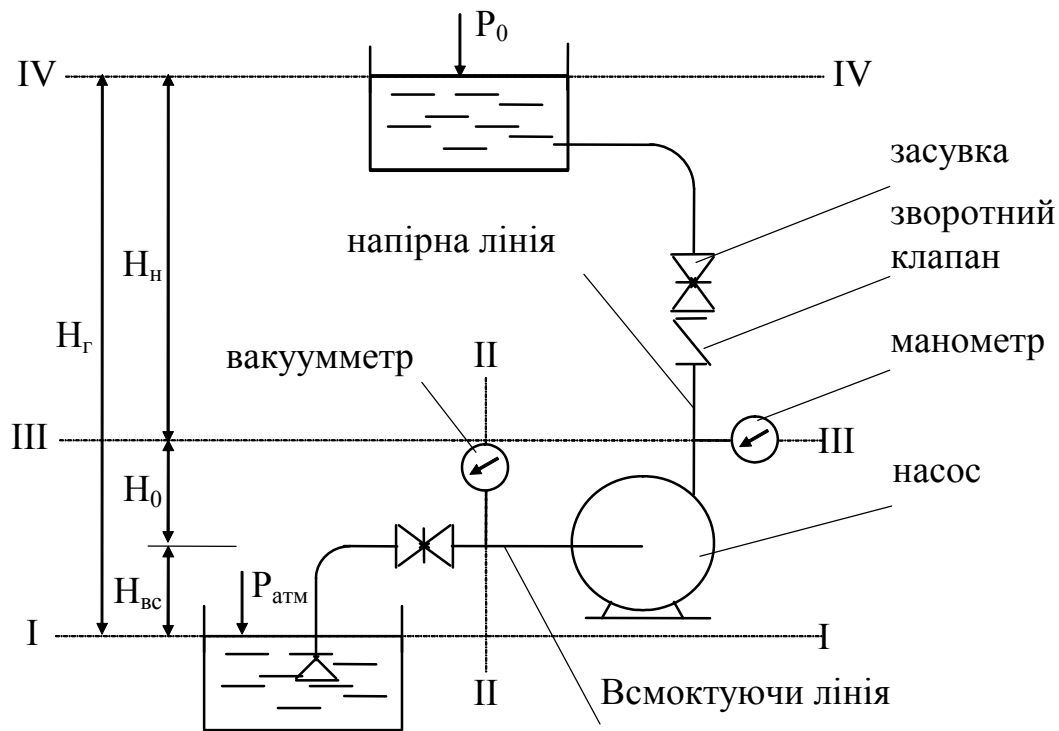


Рис. 1.5 - Принципова схема насосної установки:

Згідно визначення, напір насосу визначається (рис.1.5):

$$H_{\text{н}} = E_{\text{III}} - E_{\text{II}}, \quad (1.2)$$

де  $E_{\text{III}}$  – повна питома енергія на виході з насосу;  
 $E_{\text{II}}$  – повна питома енергія на вході насосу.

Для перерізу III – III одержуємо:

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

де  $z_{\text{III}} = H_{\text{вс}} + H_0$  ( $H_{\text{вс}}$  – висота всмоктування насосу;  $H_0$  – різниця відміток встановлення манометру та вакуумметра);

$p_{\text{III}} = p_{\text{н}}$  - тиск в напірному трубопроводі;

$v_{III} = v_H$  - швидкість руху води в напірному трубопроводі,  
тоді для перерізу III-III одержуємо:

$$E_{III} = H_{вс} + H_0 + \frac{p_H}{\rho g} + \frac{v_H^2}{2g}. \quad (1.3)$$

Так саме для перерізу II – II одержуємо:

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

де  $z_{II} = H_{вс}$ ;

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

$v_{II} = v_{вс}$  - швидкість руху води у всмоктуючому трубопроводі,

тоді для перерізу II-II одержуємо:

$$E_{II} = H_{вс} + \frac{p_{вс}}{\rho g} + \frac{v_{вс}^2}{2g}. \quad (1.4)$$

Підставляючи (1.4) та (1.3) в (1.2), визначаємо напір насосу:

$$H_H = H_0 + \frac{p_H - p_{вс}}{\rho g} + \frac{v_H^2 - v_{вс}^2}{2g}, \quad (1.5)$$

Для визначення складових (1.5), запишемо 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 одержуємо:

$$z_I + \frac{p_I}{\rho g} + \frac{v_I^2}{2g} = z_{II} + \frac{p_{II}}{\rho g} + \frac{v_{II}^2}{2g} + h_{вс};$$

де  $z_I = 0$ ;

$p_I = p_{атм}$  - атмосферний тиск;

$$v_I = 0,$$

$h_{bc}$ - втрати напору у всмоктуючому трубопроводі,  
тоді отримаємо:

$$\frac{p_{atm}}{\rho g} = H_{bc} + \frac{p_{bc}}{\rho g} + \frac{v_{bc}^2}{2g} + h_{bc};$$

знайдемо  $p_{bc}$ :

$$\frac{p_{bc}}{\rho g} = \frac{p_{atm}}{\rho g} - H_{bc} - \frac{v_{bc}^2}{2g} - h_{bc} . \quad (1.6)$$

Для напірного трубопроводу між перерізами III-III та IV-IV  
відносно перерізу I-I;

$$z_{III} + \frac{p_{III}}{\rho g} + \frac{v_{III}^2}{2g} = z_{IV} + \frac{p_{IV}}{\rho g} + \frac{v_{IV}^2}{2g} + h_H;$$

де  $z_{IV} = H_0 + H_{bc} + H_H$  ;

$$p_{IV} = p_0;$$

$$v_{IV} = 0,$$

$h_H$ - втрати напору в напірному трубопроводі,  
тоді отримаємо:

$$H_{bc} + H_0 + \frac{p_{bc}}{\rho g} = H_{bc} + H_0 + H_H + \frac{p_0}{\rho g} + h_{bc}.$$

Знайдемо  $p_H$ :

$$\frac{p_H}{\rho g} = H_H + \frac{p_0}{\rho g} - \frac{v_H^2}{2g} + h_H . \quad (1.7)$$

Підставляючи (1.6) та (1.7) в (1.5), одержуємо:

$$\begin{aligned} H_H &= H_0 + H_H + \frac{p_0}{\rho g} - \frac{v_H^2}{2g} + h_H - \left( \frac{p_{atm}}{\rho g} - H_{bc} - \frac{v_{bc}^2}{2g} - h_{bc} \right) + \\ &+ \frac{(v_H^2 - v_{bc}^2)}{2g} = H_0 + H_H + H_{bc} + \frac{p_0 - p_{atm}}{\rho g} + h_{bc} + h_H \end{aligned}$$

З рис.1.5 бачимо, що:

$$H_0 + H_H + H_{BC} = H_G ;$$

$$\frac{p_0 - p_{\text{атм}}}{\rho g} = H_{\text{вільне}},$$

тоді:

$$H_H = H_G + H_{\text{вільне}} + h_{BC} + h_H \quad (1.8)$$

Із формули (1.8) робимо висновок, що тиск на виході насоса витрачається на підйом рідини, подолання опору в всмоктуючому та напірному трубопроводах та на створення вільного тиску у кінці водопровідної мережі.

**Потужність** насоса – це обсяг роботи, що виконується насосом в одиницю часу. Потужність визначається таким чином. Насос перекачує в одиницю часу масу рідини  $\rho g Q$  та підіймає її на висоту  $H$ . Таким чином,  $\rho g Q H$  – це секундна робота, або потужність. У даному випадку, потужність витрачається тільки на корисну роботу, пов'язану із перекачкою рідини, тому вона зветься "корисною" ("ефективною") потужністю.

Потужність у кіловатах записується у вигляді:

$$N_K = \frac{\rho g Q H}{1000}.$$

Потужність насоса, що витрачається, або потужність на валу насоса більше корисної потужності, тому що у насосі також витрачається енергія.

Ефективність роботи насоса оцінюється його повним **коефіцієнтом корисної дії** (ККД) -  $\eta$ , який дорівнює відношенню корисної потужності  $N_K$  до витраченої  $N_B$ :

$$\eta = \frac{N_K}{N_B}.$$

Повний ККД  $\eta$  враховує втрати енергії на подолання гідравлічних, об'ємних та механічних втрат при передачі енергії



рідини і визначається трьома коефіцієнтами корисної дії:

$$\eta = \eta_r \eta_0 \eta_m.$$

**Гідравлічний** ККД  $\eta_r$  враховує втрати енергії на подолання гідравлічного опору при руху рідини від входу насоса до виходу із нього. Він дорівнює:  $\eta_r=0,8-0,95$ .

**Об'ємний** ККД  $\eta_0$  враховує втрати енергії при циркуляції рідини скрізь щілинні зазори між робочим колесом та корпусом насоса – від нагнітаючої частини до всмоктуючої:  $\eta_0=0,9-0,98$ .

**Механічний** ККД визначає втрати енергії унаслідок тертя у підшипниках, сальниках та між поверхнею робочого колеса та самої рідини.  $\eta_m=0,95-0,98$ .

Максимальний розмір повного ККД сучасних насосів досягає 0,9 та більше. Для відносно малих насосів ККД дорівнює 0,6-0,7.

При безпосередньому з'єднанні вала насоса із валом електродвигуна потужність електродвигуна  $N_{дв}$  (кВт) визначають за формулою:

$$N_{дв} = kN_B = \frac{k\rho gQH}{1000\eta}, \quad (1.9)$$

де  $k$  – коефіцієнт надійності, який враховує можливі перевантаження двигуна.

При потужності двигуна до 2 кВт пропонується приймати  $k=1,5$ ; при потужності від 2 до 5 кВт –  $k=1,5-1,25$ ; при потужності від 5 до 50 кВт –  $k=1,25-1,15$ , від 50 до 100 кВт –  $k=1,15-1,05$ , при потужності більше 100 кВт –  $k=1,05$ .

Якщо вал насоса з'єднаний з валом двигуна за допомогою редуктора, то потужність двигуна визначають за формулою;

$$N_{дв} = \frac{kN_B}{\eta_{пр}}, \quad (1.10)$$

де  $\eta_{пр}$  – ККД привода або редуктора.

**Висота всмоктування та явище кавітації.** Необхідно відрізнити вакуумну висоту всмоктування  $H_v$ , яка характеризує рівень вакууму на вході до насоса, та геометричну висоту всмо-

ктування  $H_{BC}$ , яка визначає висоту розміщення осі насоса над рівнем рідини у вододжерелі.

Всмоктування рідини насосом виконується за рахунок різниці між атмосферним тиском на вільній поверхні рідини у вододжерелі (ємності)  $\frac{p_a}{\rho g}$  та абсолютним тиском на вході до ро-

бочого колеса  $\frac{p_{BC}}{\rho g}$ . Ця різниця тисків дорівнює величині вакуу-

му або вакуумметричної висоти всмоктування  $H_{\text{вак}}$ , яка вимірюється вакуумметром:

$$H_{\text{вак}} = \frac{(p_a - p_{BC})}{\rho g}. \quad (1.11)$$

Вакуумметрична висота всмоктування залежить від атмосферного тиску, температури та щільності рідини, частоти обертання робочого колеса, конструктивних особливостей насоса і т.ін. Допустима  $H_{BC}$  не перевищує 6-8 метрів.

Зв'язок між вакуумметричною та геометричною висотами всмоктування можливо визначити за допомогою рівняння Д. Бернуллі для перерізів I-I та II-II відносно площини I-I (рис. 1.5). Маючи на увазі, що тиск на поверхні дорівнює атмосферному, а рівень водоймища незмінний ( $v_1=0$ ), маємо:

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

звідкіля

$$H_{BC} = \frac{(p_a - p_{BC})}{\rho g} - \frac{v_{BC}^2}{2g} - h_{BC}; \quad (1.12)$$

Оскільки  $\frac{(p_a - p_{BC})}{\rho g} = H_{\text{вак}}$ , геометричну висоту всмоктування можливо розрахувати за формулою:

$$H_{BC} = H_{\text{вак}} - \frac{v_{BC}^2}{2g} - h_{BC}. \quad (1.13)$$

Таким чином, геометрична висота всмоктування менша за вакуумметричну на розмір швидкісного тиску та втрат тиску у всмоктуючому трубопроводі. Із збільшенням подачі насоса  $H_{вс}$  буде зменшуватися. Для підвищення геометричної висоти всмоктування необхідно зменшити втрати тиску у всмоктуючому трубопроводі та швидкість рідини на вході до робочого колеса насоса. У зв'язку з цим всмоктуючу мережу насосів роблять короткою, значного діаметра із мінімумом місцевих опорів.

Якщо абсолютний тиск у всмоктуючій трубі  $p_{вс}$  знизиться до тиску пароутворення, то із рідини почнуть виділятися пари. Це явище зветься "кавітацією". Унаслідок кавітації, рідина починає кипіти, порушується цілість течії потоку і, як наслідок, припиняється подача. У місцях кавітацій руйнується метал, можлива значна вібрація та гідроудари. Треба мати на увазі, що чим вище температура рідини, тим менша геометрична висота всмоктування та при збільшенні  $p_{вс}$  настає кавітація. Так, при  $t=5^{\circ}\text{C}$  кавітація настає при  $p_{вс} = 1$  кПа, при  $t=90^{\circ}\text{C}$  – при  $p_{вс} = 170$  кПа. Практично, при  $t=70^{\circ}\text{C}$  забір води стає неможливим. Тому для забезпечення нормальної роботи насоса мінімальний тиск на вході до насоса  $p_{вс}$  мусить бути дещо більше, ніж тиск насичення парів, тобто

$$p_{вс} = p_s + \Delta p_{зап},$$

де  $p_s$  – тиск насичення парів,  $\Delta p_{зап}$  – запас тиску або кавітаційний запас.

У звичайних умовах висота всмоктування відцентрових насосів дорівнює 5-7 метрам і тільки для деяких типів насосів – 7,5-8 м.

#### **1.4 Статичні характеристики відцентрових насосів**

Виготовлені на заводі насоси проходять стендові випробування, метою яких є визначення залежності тиску, необхідної потужності та ККД від подачі насоса. Такі залежності мають назву "статичні характеристики відцентрового насоса" –  $Q=f(H)$ ,  $Q=f(N)$ ,  $Q=f(\eta)$ . Це робочі характеристики насосів.

Випробування насосів виконують таким чином. Випробування проводиться при постійній, фіксованій частоті обертання колеса відцентрового насоса, яка вимірюється за допомогою тахометра. Регулюючи ступінь відкриття засувки на напірному

трубопроводі, одержують різні витрати води на виході з приладу, які вимірюються за допомогою витратоміра. Для кожного значення  $Q$  розраховують тиск  $H$ , потужність  $N$ , ККД  $\eta$ . Тиск  $H$  вимірюється манометром. Статичні характеристики будують у прийнятому масштабі: по осі абсцис відкладають витрати води  $Q$ , по осі ординат – робочі параметри насоса.

Із графіка (рис. 1.6) видно, що максимальному значенню ККД відповідає подача  $Q_A$  та тиск  $H_A$ . Точка  $A$  на статичній характеристиці  $Q=f(\eta)$ , яка відповідає максимальному значенню ККД, зветься "оптимальною точкою" і відповідає оптимальному режиму роботи насоса. Головна мета вибору насосів – забезпечення оптимального режиму їх експлуатації. На практиці відцентрові насоси працюють у зоні оптимальної точки, що забезпечує максимальний ККД  $\eta=0,9$ .

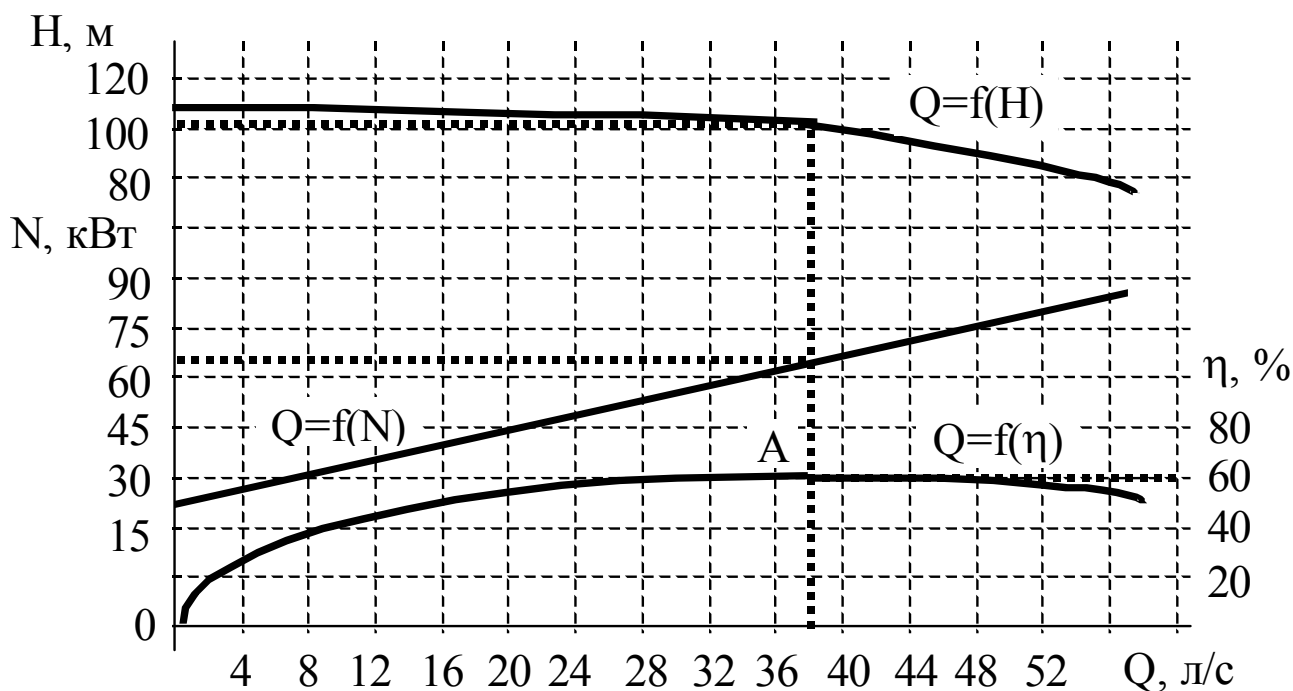


Рис. 1.6 - Статичні характеристики відцентрового пожежного насоса ПН-40

Статична характеристика  $Q=f(H)$  зветься "головною робочою характеристикою насоса". Початкова точка характеристики відповідає нульовій подачі, при цьому засувка на напірному трубопроводі зачинена (закрита). Тиск на виході насоса – максимальний. Потужність, що при цьому використовується, витрачається на механічні втрати енергії та підігрів води. Робота

насоса у такому режимі не дозволяється, тому що може привести до його пошкодження.

Для вибору робочого режиму насоса користуються універсальними характеристиками (рис. 1.7), які мають вигляд залежності тиску, потужності та ККД від подачі насоса при різних швидкостях робочого колеса за одиницю часу.

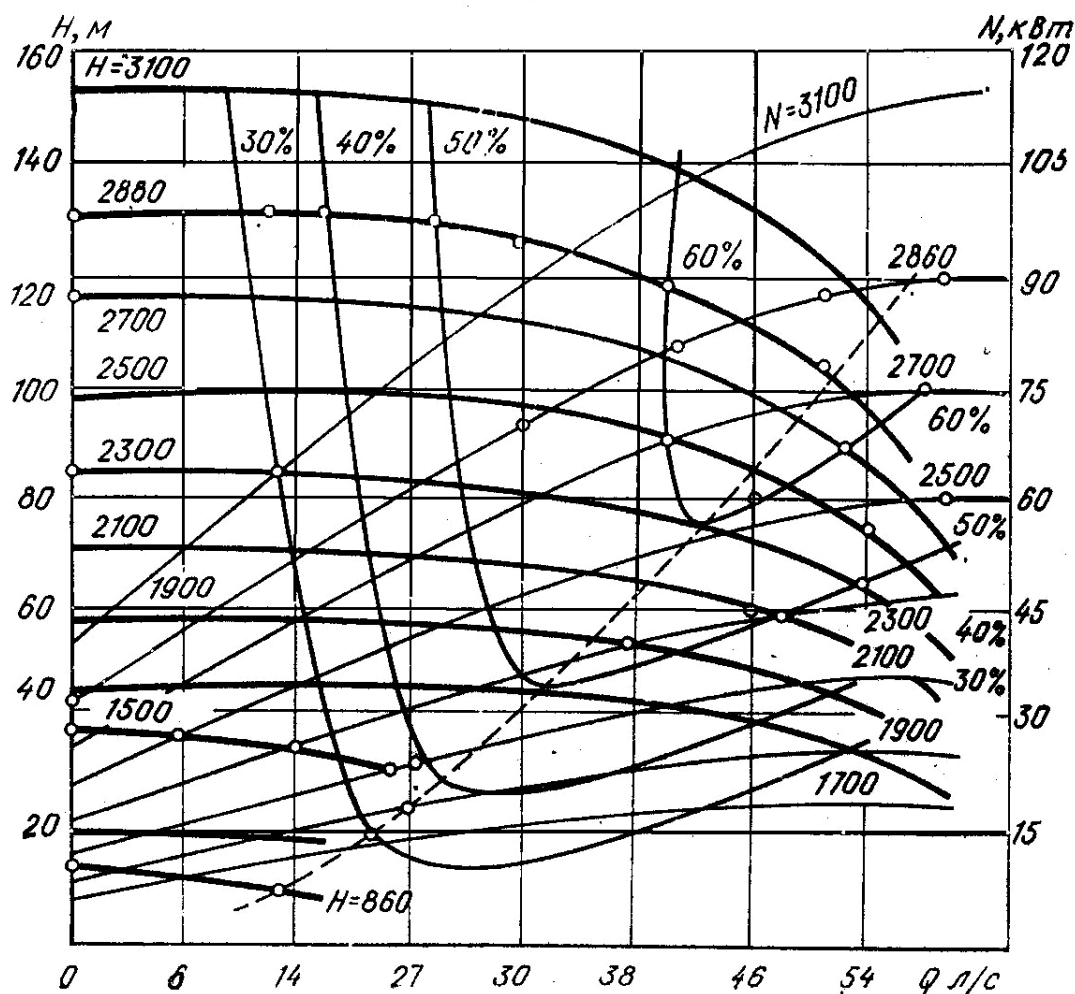


Рис. 1.7 – Універсальна характеристика насоса ПН-30 К

Вплив частоти обертання відцентрового насоса  $n$  на параметри  $Q$ ,  $H$ ,  $N$ .

**Подача**  $Q$  відцентрового насоса змінюється пропорційно  $n$ :

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

**Тиск** (напір) на виході насоса змінюється пропорційно

квадрату частоти обертання  $n$ :

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

**Потужність**, 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 статичних характеристик  $Q=f(H)$ ,  $Q=f(N)$ , що одержані при проведенні випробувань, побудувати значну кількість характеристик насоса у широкому діапазоні змін, як це показано на рис. 1.7.

Фіксуючи на отриманих характеристиках  $Q=f(H)$  точки з рівнозначними ККД та з'єднуючи їх кривими, отримують так звану універсальну характеристику. На рисунку 1.7 бачимо, що найбільше значення ККД забезпечує двигун із частотою обертання  $n=3100 \text{ хв}^{-1}$ .

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

### **1.5 Робота відцентрових насосів на зовнішню мережу. Визначення робочої точки насоса**

У практиці проектування та аналізу режимів роботи насосів використовують метод графоаналітичного розрахунку сумісної роботи системи “насос-мережа”. 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 можливо визначити, побудувавши сумісні статичні характеристики насоса та мережі на одному графіку.

Для вирішення поставленої задачі необхідно використати головну робочу характеристику відцентрового насоса у вигляді

$$H = a - bQ^2, \quad (1.14)$$

де  $H$  – тиск насоса, м;

$a$  – тиск насоса при нульовій подачі, м;

$b$  – коефіцієнт, який враховує конструктивні особливості насоса;

$Q$  – витрати води насоса, л/с.

Значення параметрів  $a$  та  $b$  для деяких типів насосів, встановлених на пожежних автомобілях, наведені у таблиці 1.1.

Використовуючи значення  $a$  та  $b$  для різних значень витрат води  $Q$  у відповідності до (1.14) будують характеристику  $Q=f(H)$  (рис. 1.8).

Таблиця 1.1 - Значення параметрів  $a$  та  $b$  характеристик пожежних насосів

Марка насоса (мотопомпи, автомобіля)	$a$	$b$
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

Для отримання формули, яка визначає характеристику трубопроводу, візьмемо

$$H = H_{\Gamma} + h_{\text{вс}} + h_{\text{н}} + H_{\text{в}},$$

де суму втрат тиску у всмоктуючому  $h_{\text{вс}}$  та напірному  $h_{\text{н}}$  трубопроводах запишемо у вигляді:

$$h = h_{\text{вс}} + h_{\text{н}} = SQ^2,$$

де  $S$  – опір трубопроводів.

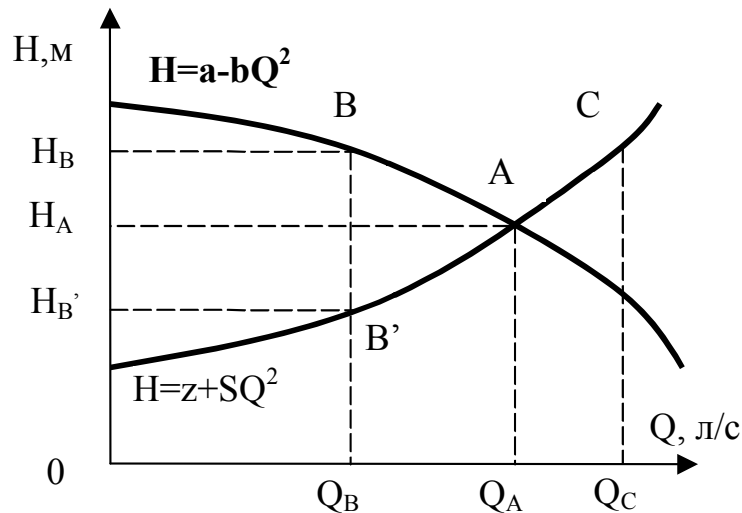


Рис. 1.8 - Визначення робочої точки насоса

Для розрахунків  $H_r$  та  $H_B$  відомі, тому сума цих величин записується у вигляді

$$z = H_r + H_B,$$

що дозволяє розрахувати тиск, тобто визначити характеристику трубопроводу

$$H = z + SQ^2. \quad (1.15)$$

При перехрещенні статичних характеристик відцентрового насоса та трубопроводу маємо точку А, яка є **робочою точкою насоса**. Ця точка визначає робочий режим насоса –  $Q$ ,  $H$ ,  $N$ , ККД. Якщо робоча точка відповідає оптимальному режиму роботи насоса, то він підібраний вірно.

Щоб зменшити подачу, треба перекрити частково засувку на напірному трубопроводі таким чином, щоб точка А перемістилася до нової точки В, яка відповідає витратам води  $Q_B$ . У цьому разі маємо додатковий опір від засувки  $S_3$ . При цьому тиск  $H_B$  для корисної роботи використовується тільки частково.

Збільшити подачу, наприклад до розміру  $Q_C$ , яка відповідає робочій точці С, можливо шляхом підвищення частоти обертань робочого колеса насоса або зменшення втрат тиску у трубопроводах або використання насоса із іншою характеристикою.



### *Контрольні питання та завдання*

1. Надати визначення та одиниці виміру подачі, напору та потужності насоса.
2. Як змінюються робочі параметри насоса при зміні частоти обертання робочого колеса?
3. Доведіть, що відцентрові насоси найдоцільніше використовувати у пожежній справі, ніж насоси інших типів.
4. Як визначити необхідний напір насоса при заданих характеристиках водопровідної мережі?

## ГЛАВА 2. ВТРАТИ НАПОРУ В ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖАХ

Рішення багатьох практичних задач гідравліки та проти-пожежного водопостачання зводиться до визначення втрат напору у водопровідній мережі.

Втрати напору потоку, що рухається, створюються опорами двох видів:

1. Опорами за довжиною, що обумовлені тертям рідини о стінки труби та шарів рідини один об одній.

2. Місцевими опорами, які обумовлені зміною швидкості потоку за величиною та за напрямком.

Загальна величина втрат напору  $h$  для ділянки трубопроводу між двома перерізами визначається з рівняння Д. Бернуллі у вигляді:

$$h = z_1 - z_2 + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}.$$

Так, для визначення  $h$  достатньо змінити різницю геометричних відміток  $z_1 - z_2$ , показання п'езометричних  $\frac{p_1 - p_2}{\rho g}$  та

швидкісних напорів  $\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$  у зазначених перерізах потоку.

Таким чином, при рівномірному руху у горизонтальній трубі ( $z=\text{const}$ ,  $v=\text{const}$ ) втрати напору визначають:

$$h = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{\Delta p}{\rho g},$$

тобто втрати напору знаходять за різницею показників п'езометрів у перерізах трубопроводу.

### 2.1 Втрати напору за довжиною трубопроводу

При руху рідини, що встановився, втрати напору залежать від фізичних властивостей рідини, швидкості течії, розмірів трубопроводу та шорсткості стінок трубопроводу. Ця залежність виражається формулою Дарсі-Вейсбаха, яка дозволяє ро-

зрахувати втрати напору за довжиною для двох режимів руху води – ламінарного та турбулентного:

$$h_L = \lambda \frac{L v^2}{d 2g}, \quad (2.1)$$

де  $h_L$  – втрати напору за довжиною трубопроводу;

$\lambda$  - коефіцієнт гідравлічного тертя; для ламінарного режиму

$\lambda = \frac{64}{Re}$ , для турбулентного - розраховується з емпіричних формул;

$L$  та  $d$  – довжина та внутрішні діаметри труби;

$g$  – прискорення вільного падіння.

Умови експлуатації водопровідних мереж при пропуску пожежних витрат у більшості випадків відповідають турбулентному режиму руху води в гідравлічно шорсткуватих трубах, при якому  $\lambda$  є постійною величиною та може бути визначена в залежності від матеріалу та стану труб. Це положення дозволяє значно спростити формулу Дарсі-Вейсбаха (2.1).

Запишемо середню швидкість через витрату рідини, виходячи з умов безперервності потоку  $v = \frac{Q}{\omega}$ .

Тоді втрати напору можна виразити рівнянням:

$$h_L = \lambda \frac{L}{d} \frac{Q^2}{\omega^2 2g} = \frac{8\lambda}{\pi^2 g d^5} L Q^2;$$

якщо прийняти  $A = \frac{8\lambda}{\pi^2 g d^5}$ , отримаємо

$$h_L = A l Q^2. \quad (2.2)$$

Величина  $A$  називається "питомим опором" – це втрати напору, що приходяться на 1 м трубопроводу при одиничній витраті; одиниці виміру  $c^2/m^6$ .

Опір за всією довжиною  $L$  трубопроводу складає

$$S = A L.$$

Тоді формула для визначення втрат напору за довжиною приймає вигляд:

$$h_L = SQ^2.$$

## 2.2 Втрати напору у пожежних рукавах

На сьогодні промисловість випускає напірні рукава з лляних та синтетичних ниток у вигляді тканого чохла з герметизацією його полімерними матеріалами або гумою.

В Україні нині використовуються рукава пожежні напірні за ДСТУ 3810-98 типу К (для внутрішніх пожежних кранів) - довжиною  $20 \pm 1$ м, а за СНиП 2.04.01-85\* - довжиною 10, 15 та 20м. На кінцях рукавів встановлюються з'єднувальні головки. На відміну від жорстких трубопроводів, подача води в м'які рукава приводить до зміни їх довжини та площі поперечного перерізу. Тонка гумова латексна прокладка під напором води вдавлюється у тканину рукава, в наслідок чого шорсткість внутрішньої поверхні збільшується. Крім того, пряма рукавна лінія, у зв'язку з подовженням рукавів, приймає хвилясту форму. При подачі води по рукавних лініях, з одного боку, зменшуються втрати напору, внаслідок збільшення діаметра, а з іншого боку, вони збільшуються через подовження рукавної лінії, збільшення шорсткості та наявності місцевих опорів. Ці зміни у втратах напору врівноважуються між собою, тому практично їх можна не враховувати.

Втрати напору у рукавних з'єднаннях у відношенні до втрат на всій лінії невеликі, тому їх окремо не враховують, а відносять до загальних втрат.

Для спрощення розрахунків рукавних систем, експериментально встановлюють величину опору одного пожежного рукава довжиною 20 м при робочих напорах, що використовуються у практиці пожежогасіння.

Втрати напору в пожежному рукаві визначають  $h = S_p Q^2$ . Знаючи опір пожежного рукава (таблиця 2.1), втрати напору в рукавній лінії, що складається з послідовно з'єднаних однакових рукавів, визначаються:

$$h = nS_p Q^2, \quad (2.3)$$

де  $h$  – втрати напору, м;  
 $n$  – число рукавів у лінії;  
 $S_p$  – опір одного рукава довжиною 20 м,  
 $Q$  – витрата рідини, л/с.

Порівнюючи (2.2) та (2.3), можна зробити висновок, що

$$nS_p = A_p L.$$

Таким чином, можна записати формулу втрат напору в пожежних рукавах:

$$h = A_p L Q^2, \quad (2.4)$$

де:  $A_p$  – питомий опір пожежних рукавів (табл.2.1).

Таблиця 2.1 - Значення опорів пожежних рукавів

d, мм	Рукава прогумовані		Рукава непрогумовані	
	$S_p$	$A_p$	$S_p$	$A_p$
51	0,13	0,0065	0,24	0,012
66	0,034	0,0017	0,077	0,00385
77	0,015	0,00075	0,3	0,0015
89	0,007	0,00035	-	-
110	0,0022	0,00011	-	-
150	0,0004	0,00002	-	-

### 2.3 Втрати напору у місцевих опорах

Місцеві опори залежать від швидкості руху води, геометричних розмірів та форми місцевих опорів та визначаються за формулою Вейсбаха:

$$h_m = \frac{\zeta v^2}{2g}, \quad (2.5)$$

де  $\zeta$  - коефіцієнт місцевого опору, віднесений до швидкісного напору за місцевим опором.

Іноді  $\zeta$  виражають через еквівалентну довжину трубопроводу даного діаметра  $L_e$ , в якому при пропуску постійної за об'ємом втрати дорівнюють втратам від місцевих опорів.

Порівнюючи (2.1) та (2.5), можна одержати:

$$\lambda \frac{L_e}{d} \frac{v^2}{2g} = \zeta \frac{v^2}{2g},$$

тобто  $\zeta = \frac{L_e \lambda}{d}$ .

У водопровідних трубах втрати напору в місцевих опорах (повороти, засувки, крани, розгалуження) складають 5-30% втрат напору на тертя за всією довжиною трубопроводу. При турбулентному режимі руху рідини величина коефіцієнта місцевого опору  $\zeta$  постійна. При ламінарному режимі руху на місцеві втрати напору впливають не тільки характер опору, але і в'язкість рідини. А. Д. Альтшуль запропонував визначати коефіцієнт місцевого опору для турбулентного та ламінарного режимів таким чином:

$$\zeta = \frac{A}{Re} + \zeta_T,$$

де  $A$  – коефіцієнт, який залежить від виду місцевого опору;  
 $\zeta_T$  – коефіцієнт місцевого опору при турбулентному режимі.

Значення  $A$  та  $\zeta_T$  для деяких видів місцевих опорів наведені в таблиці 2.2.

В деяких випадках втрати напору в місцевих опорах  $h_M$  (у пожежних гідрантах, колонках, водомірах та інших) визначають за формулою  $h_M = SQ^2$ , аналогічно (2.5), у якій середня швидкість виражена через витрату  $Q$ , а постійна величина  $\frac{\zeta}{2g\omega^2}$  - через опір  $S$ . Значення опору  $S$  водопровідної арматури та приладів наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 - Значення коефіцієнтів місцевого опору

Вид місцевого опору	A	$\zeta_T$
Прямий вхід з резервуара в трубу	30	0,5
Плавний вхід з резервуара в трубу	-	0,25
Вихід з труби в резервуар	30	1
Раптове розширення, $\frac{\omega_2}{\omega_1} = 1,1 \div 2$	30	0,01 - 1
Раптове звуження, $\frac{\omega_2}{\omega_1} = 0,1 \div 0,9$	-	0,45 – 0,05
Поворот трубопроводу від 30 до 90 градусів	130	0,2 – 1,1
Косинець:		
90 градусів	400	1,4
135 градусів	600	0,4
Звичайний вентиль	3000	6
Кутовий вентиль	4000	0,8
Кульовий клапан	5000	45
Засувка:		
повністю відкрита, n = 1	75	0,15
n = 0,75	350	0,2
n = 0,5	1300	2,0
n = 0,25	3000	20
Діафрагма: n = 0,64	70	1
n = 0,4	120	7
n = 0,16	500	70
Зворотні клапани	-	5,5 – 6,5
Кран прохідний	-	2 - 4

Таблиця 2.3 - Значення опорів водопровідної арматури

Місцевий опір	S (при Q, л/с)
Пожежний гідрант:	
- лєнінградського типу;	0,0036
- московського типу:	
- підземний;	0,016
- наземний (разом з колонкою);	0,0063
- підземний за ГОСТ 8220-62* висотою:	
- до 1,5 м;	0,0015
- понад 1,5 м.	0,02
Водоміри:	
- крильчасті, діаметром:	
- 10 мм;	36
- 15 мм;	14,4
- 20 мм;	5,18
- 25 мм;	2,64
- 30 мм;	1,3
- 40 мм.	0,32
- турбінні, діаметром:	
- 50 мм;	265
- 80 мм;	20,7
- 100 мм;	6,75
- 150 мм;	1,3
- 200 мм.	0,45
- 250 мм	0,2

## 2.4 Компактні водяні струмені

**Струменем** називають потік рідини, який рухається в масі такої самої або іншої рідини та не обмежений стінками. В залежності від умов, водяний струмінь може бути затопленим, якщо він рухається в рідині, та незатопленим, якщо він рухається в газовому середовищі. У практиці пожежогасіння використовують незатоплені водяні струмені, які поділяються на:

- **компактні**, які утворюються від ручних та лафетних пожежних стволів, з конічними насадками та характеризуються компактністю, великою дальністю польоту та сильним динамічним впливом;

- **роздрібнені**, які утворюються від спеціальних насадків – розпорошувачів.

Теоретична максимальна дальність польоту струменя  $L_T$  визначається:



$$L_T = \frac{2H \sin 2\theta}{1 + \frac{KH}{d}}, \quad (2.6)$$

де  $K$  – коефіцієнт опору тертю в повітрі;  
 $H$  – напір біля насадка;  
 $d$  – діаметр насадка.

Аналіз (2.6) показує, що максимальну теоретичну дальність польоту струменя можна одержати при куті нахилу ствола  $\theta = 45$  градусів, тобто

$$L_{\max} = \frac{2H}{1 + \frac{KH}{d}}. \quad (2.7)$$

Але формулою (2.7) можна користуватися при напорі  $H$  до 7 м, тому що при напорах перед стволом 10 м, як показує практика, найбільша дальність польоту досягається при куті нахилу ствола  $\theta = 35 - 40$  градусів, при напорі 35 м та більше – при  $\theta = 30 - 40$  градусів.

### Вертикальні струмені

Компактний водяний струмінь при течії з вертикально встановленого ствола теоретично повинен піднятися на висоту

$H = \frac{v^2}{2g}$ , тому що в насадку вся потенційна енергія перетворюється на кінетичну. Однак, частина енергії витрачається на подолання опору струменя об повітря, тому струмінь підіймається на меншу висоту  $H_B$ . Різниця величин  $H - H_B = h$  називається "втратою висоти" та визначається:

$$h = K \frac{H_B}{d} \frac{v^2}{2g}.$$

Теоретично висоту струменя можна визначити з рівняння:

$$H = H_B + h = H_B \left( 1 + \frac{K}{d} \frac{v^2}{2g} \right),$$

або після підстановки з формули

$$H = H_B \left( 1 + \frac{KH}{d} \right),$$

звідки визначимо висоту вертикального струменя

$$H_B = \frac{H}{\left( 1 + \frac{KH}{d} \right)}.$$

Ця залежність аналогічна емпіричній формулі, яка запропонована Люгером (1895 р.) для розрахунку вертикальних струменів:

$$H_B = \frac{H}{1 + \varphi H}, \quad (2.8)$$

де  $\varphi = \frac{0.25}{d + (0.1d)^3}$  - коефіцієнт, що визначається за допомогою таблиці 2.4;  $d$  – діаметр насадка, мм.

Таблиця 2.4 - Значення коефіцієнта  $\varphi$  для насадків

d, мм	$\varphi$	d, мм	$\varphi$	d, мм	$\varphi$
13	0,0165	22	0,0077	32	0,0039
16	0,0129	25	0,0061	38	0,0028
19	0,0097	28	0,005	50	0,0014

Фріман для розрахунку вертикальних струменів, отриманих при напорі від 7 до 70 м, запропонував формулу:

$$H_B = H \left( 1 - \frac{0.0001H}{d} \right), \quad (2.9)$$

де  $d$  – діаметр насадка, м.

Для практичних розрахунків формули Люгера (2.8) та Фрімана (2.9) рівноцінні.

### *Контрольні питання та завдання*

1. Охарактеризуйте основні типи опорів та їх вплив на втрати напору.
2. Як визначити втрати напору у пожежних рукавах?
3. Як визначити величину компактного та роздробленого струменю?

## ГЛАВА 3. НАСОСНО-РУКАВНІ СИСТЕМИ

### 3.1 Схеми насосно-рукавних систем

Вода до місця пожежі подається від вододжерела по рукавних системах 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.

Коли для гасіння пожежі необхідна невелика кількість води, то прокладають одну лінію з послідовно з'єднаних рукавів з встановленням одного ствола. За необхідності подачі значної кількості води від насоса до місця пожежі прокладають магістральну рукавну лінію великого діаметра. До неї через рукавне розгалуження приєднують паралельні робочі лінії. Така схема з'єднання рукавів називається "змішаною". При гасінні великих пожеж з подачею потужних струменів використовуються лафетні стволи, до яких вода, як правило, подається по декількох лініях. Паралельна прокладка ліній використовується також для подачі води до осередку пожежі від віддаленого вододжерела або при роботі автонасосів по схемі – в перекачку.

Для подачі води до місця пожежі використовують наступні схеми насосно-рукавних систем:

- з послідовним з'єднанням рукавів одного або різного діаметра (рис. 3.1);

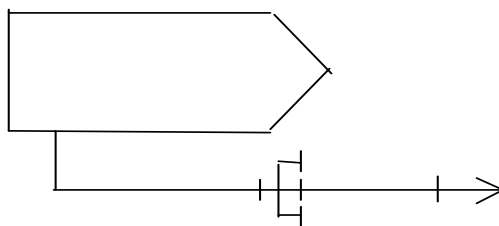


Рис. 3.1 – Схема насосно – рукавної системи з послідовним з'єднанням рукавів

- з паралельним з'єднанням рукавів або з паралельним прокладанням рукавних ліній (мал. 3.2);

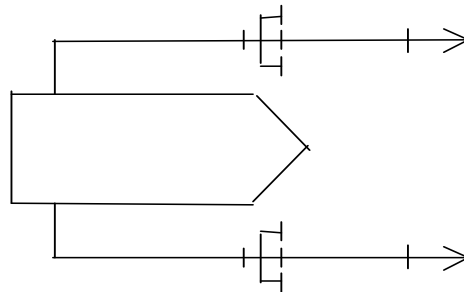


Рис. 3.2 – Схема насосно – рукавної системи з паралельним прокладанням рукавних ліній

- зі змішаним з'єднанням рукавів (рис. 3.3).

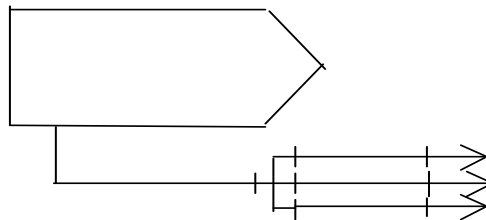


Рис. 3.3 – Схема насосно – рукавної системи зі змішаним з'єднанням рукавів

### 3.2 Гідравлічний розрахунок насосно-рукавних систем

Подача води через рукавні системи з ручними стволами в більшості випадків виконується за схемою зі змішаним з'єднанням рукавів. При цьому вирішуються наступні задачі:

- при заданій схемі подачі води та відомій характеристиці насоса визначають максимальну витрату, яку можна отримати через рукавну систему;

- при заданій схемі та відомій витраті визначають необхідний напір насоса;

- визначають максимальну довжину рукавної лінії, за якої можна отримати необхідну витрату та напір.

Розглянемо послідовно способи розв'язання поставлених задач.

При практичних розрахунках насосно-рукавних систем визначають напір, що фіксується манометром, встановленим на напірному патрубку. Величина цього напору  $H$  (рис. 3.4) використовується на подолання опору в рукавній системі, підйом рідини на висоту та створення вільного напору  $H_B$  для подачі струменя

$$H = S_c Q^2 + H_B + z \quad (3.1)$$

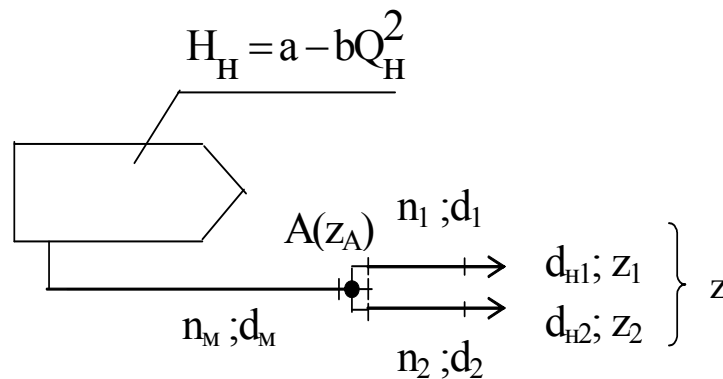


Рис. 3.4 – Розрахункова схема насосно–рукавної системи

Величина втрат напору в рукавних лініях залежить від схеми з'єднання.

При послідовному з'єднанні рукавів (рис.3.5) втрати напору за окремими ділянками визначаються:

$$\begin{aligned} h_1 &= A_1 l_1 Q_1^2 = S_1 Q_1^2; \\ h_2 &= A_2 l_2 Q_2^2 = S_2 Q_2^2; \\ h_n &= A_n l_n Q_n^2 = S_n Q_n^2. \end{aligned}$$

Втрати напору по всій системі складають суму витрат за окремими ділянками (лініями)

$$h_c = h_1 + h_2 + \dots + h_n = (S_1 + S_2 + \dots + S_n) Q^2.$$

Вираз у дужках представляє собою опір всієї системи послідовно з'єднаних рукавів  $S_c$ , який дорівнює сумі опорів всіх ділянок:

$$S_c = S_1 + S_2 + \dots + S_n = n \cdot S_n.$$

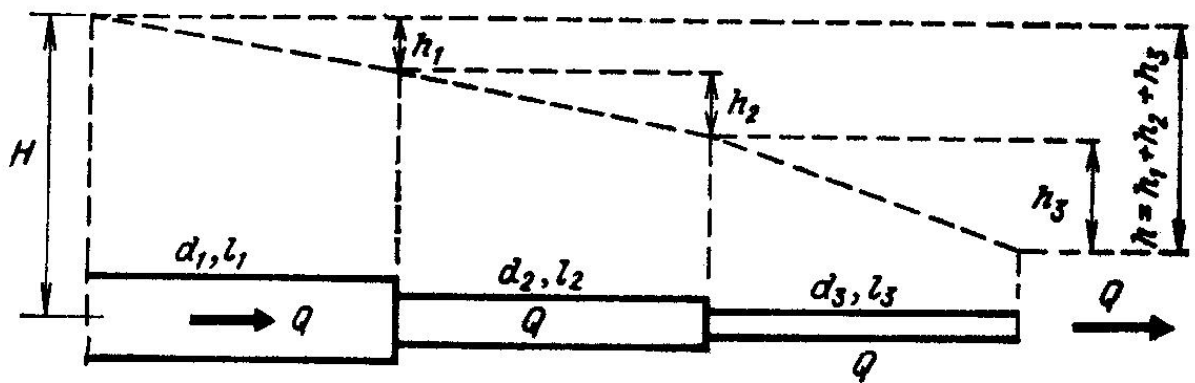


Рис.3.5 - Схема послідовного з'єднання рукавів

При паралельному з'єднанні рукавних ліній (рис.3.6) загальна витрата води, яка перекачується через систему, розподіляється по паралельних лініях, в залежності від їх характеристик (довжини, діаметра, гідравлічного опору).

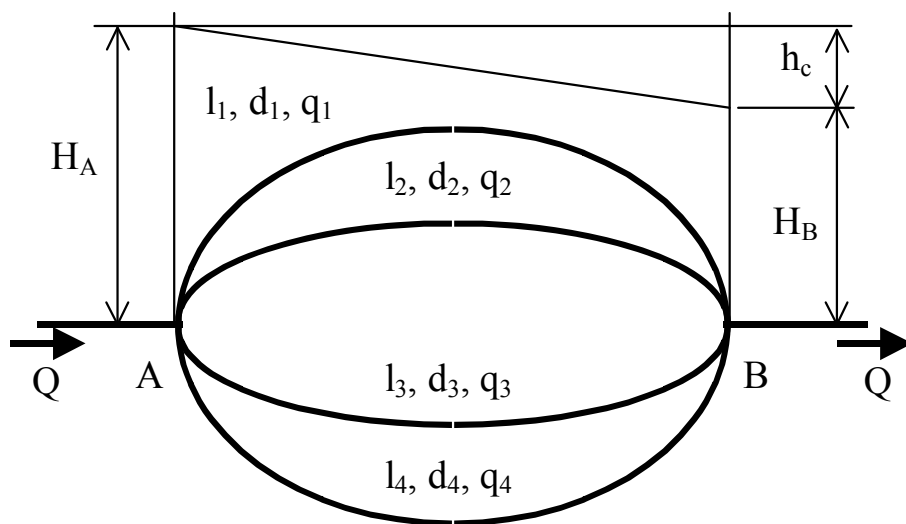


Рис. 3.6 – Розрахункова схема паралельного з'єднання рукавів

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n.$$

Втрати напору по всіх паралельних лініях ( $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ ) будуть рівними між собою, тому що вони визначаються як різниця п'єзометричних напорів на початку розгалуженої зони, тобто дорівнюють втратам напору системи, що розглядається:

$$h_c = h_1 = h_2 = \dots = h_n = H_A - H_B, \quad (3.2)$$

де  $h_c$  – втрати напору всієї системи.

Для кожної з паралельних ліній справедлива залежність:

$$h_1 = S_1 Q_1^2, h_2 = S_2 Q_2^2, h_n = S_n Q_n^2,$$

звідки, з урахуванням формули (3.2), отримаємо формули для визначення витрат води:

$$Q_1 = \sqrt{\frac{h_c}{S_1}}; Q_2 = \sqrt{\frac{h_c}{S_2}}; Q_n = \sqrt{\frac{h_c}{S_n}}.$$

Загальну витрату води розраховують як суму витрат по лініях:

$$Q = \left( \frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}} \right) \sqrt{h_c}.$$

Звідки втрати напору в системі складають:

$$h_c = \frac{1}{\left( \frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}} \right)^2} Q^2.$$

Частина цього виразу перед  $Q^2$  являє собою опір системи  $S_C$  для  $n$  паралельно з'єднаних ділянок:

$$S_C = \frac{1}{\left( \frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}} \right)^2}. \quad (3.3)$$

В результаті для визначення втрат напору  $h_c$  отримаємо формулу  $h_c = S_C Q^2$ , яка за своїм виглядом аналогічна формулі для послідовного з'єднання, але відрізняється визначенням опору системи.

Таким чином паралельне з'єднання ліній значно знижує загальний опір системи, в порівнянні з однією лінією (при 2-х однакових лініях – в 4 рази, при 3-х – в 9 разів).



Розглянемо змішану систему (рис. 3.3) з трьома пожежними стволами, вода до яких подається від насоса по магістральній лінії, що з'єднана через розгалуження з трьома паралельними робочими лініями.

Опір окремої робочої лінії  $S'_p$  з приєднаним стволом визначається:

$$S'_p = nS + S_{ст},$$

де  $n$  – кількість рукавів в робочій лінії;

$S$  – опір одного рукава;

$S_{ст}$  – опір стволу.

Загальний опір робочих ліній визначають за правилом паралельних з'єднань

$$S_p = \frac{1}{\left( \frac{1}{\sqrt{n_1 S_1 + S_{ст1}}} + \frac{1}{\sqrt{n_2 S_2 + S_{ст2}}} + \frac{1}{\sqrt{n_3 S_3 + S_{ст3}}} \right)^2}. \quad (3.4)$$

Якщо робочі лінії та стволи мають однакові параметри, загальний опір визначається:

$$S_p = \frac{(n_1 S_1 + S_{ст1})}{N^2},$$

де  $N$  – кількість паралельних рукавних ліній.

Опір магістральної лінії  $S_M$ , що складається з однакових рукавів визначається:

$$S_M = n_M S.$$

Опір всієї системи  $S_C$ , яку можна розглядати як послідовне з'єднання магістральних ліній з паралельними робочими лініями, дорівнює сумі їх опорів:

$$S_C = S_M + S_p.$$

Необхідний напір насоса розраховується за формулою

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

де  $Q$  – загальна подача насоса;

$z$  – різниця геометричних відміток розташування стволів та автонасоса.

Таким чином, при визначенні необхідного напору  $H$  насоса, в першу чергу, розраховується опір системи.

При визначенні витрат води за заданим напором розрахунок виконується з урахуванням характеристик насоса та рукавної системи. Ця задача може бути вирішена графічно або аналітично.

При графічному методі будують характеристики насоса (1.14) та рукавної системи (3.1). Точка перетину двох отриманих кривих відповідає граничним можливостям насоса в даних умовах.

При аналітичному методі разом вирішують рівняння, які описують характеристику насоса та рукавної системи, наприклад, складеної з послідовно з'єднаних рукавів (рис. 3.1).

Урівнюючи праві частини цих рівнянь, одержуємо:

$$a - bQ^2 = S_c Q^2 + H_B + z,$$

після перетворення знайдемо величину витрати:

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

Звісно, для іншої схеми з'єднання рукавів необхідно використовувати відповідний спосіб визначення опору рукавної лінії.

Визначення максимальної довжини магістральних ліній (робочі лінії довгими не встановлюють) виконується шляхом рішення рівнянь, які характеризують напір насоса  $H = a - bQ^2$  та рукавної системи  $H = (S_M + S_P)Q^2 + z$  (рис.3.3), тобто

$$a - bQ^2 = (S_M + S_P)Q^2 + z.$$

З опору магістральної лінії через опір  $n$  рукавів  $S_M = n_M S$  отримаємо:

$$n = \frac{a - bQ^2 - S_P Q^2 - z}{S Q^2}.$$

Слід відмітити, що через нерівності місцевості прямі рукавні лінії прокласти не вдається. Тому кількість рукавів (при довжині кожного рукава 20 м) на відрізку L визначають з 20% запасом, тобто  $n=1,2 \cdot L/20$ .

### Розрахунок насосно – рукавних систем за допомогою таблиць

Для прискорення розрахунку НРС можливо використання таблиць (табл.3.1 – 3.4), що розроблені за результатами аналітичних рішень різноманітних задач. Розглянемо використання таблиць при визначенні необхідного напору біля насоса, в залежності від схем прокладання пожежних рукавів. При цьому керуємося загальним правилом, що радіус компактної частини робочого струменя для ручних стволів дорівнює 17 метрам. Крім того, при прокладанні декількох паралельних робочих ліній, напір біля розгалуження приймається за лінією з максимальним гідравлічним опором. При розміщенні пожежних стволів на поверхах будівель висота їх підйому визначається з розрахунку 4 метри на кожний поверх.

Таблиця 3.1 - Визначення напору та витрат води зі ствола при  $R_k = 17 \text{ м}$

Діаметр насадка, d, мм	13	16	19	22	25
Напір біля ствола, $H_{ст}$ , м	33	29	27	26	25
Витрати зі ствола, Q, л/с	3,3	5	6,7	8,3	10

Таблиця 3.2 - Визначення втрат напору h, м у магістральній мережі

Витрати води, Q, л/с	Прогумовані рукава d = 66 мм, довжина лінії, м						
	60	100	160	200	260	300	380
3,3	1	2	3	4	5	6	7
5	2	4	6	8	10	13	16
6,7	3	7	11	14	18	22	29
8,3	5	11	17	22	28	33	44
10	8	17	27	34	44	51	65

Таблиця 3.3 - Визначення витрат води Q, л/с, для робочої лінії

Напір у розгалуженні, Н <sub>р</sub> , м	Діаметр насадка, мм				
	13	16	19	22	25
	Витрата води Q, л/с				
35	3,3	5	6,7	8,3	10,8
40	3,3	5	7,5	9,2	11,7
50	4,2	5,8	8,3	10	13,3
60	4,2	6,7	8,3	10,8	14,2

Таблиця 3.4 - Визначення напору у розгалуження для горизонтально прокладених мереж

Н <sub>р</sub> , м	Мережі із непрогумованих рукавів		Н <sub>р</sub> , м	Мережа із прогумованих рукавів		
	L = 40 м	L = 60 м		L = 40 м	L = 60 м	L=40 – 60м
	d = 51 мм	d = 51 мм		d = 51 мм	d = 51 мм	d=66-77 мм
	Діаметр насадка, мм			Діаметр насадка, мм		
40	13 – 16	-	35	13 - 16	-	13 – 25
50	19	13 - 16	40	19	13 - 16	-
60	22	19	45	22	19	-
			55	-	22	-

Розглянемо кілька прикладів розрахунку НРС табличним способом.

**Приклад 1.** Визначити напір біля пожежного насоса при подачі води по лінії довжиною 300 м, з прогумованих рукавів діаметром 66 мм зі стволом діаметром насадка  $d_c = 16$  мм.

Рішення.

Згідно таблиці 3.1 напір біля ствола  $H_{СТ}$  та витрати води з нього  $Q_{СТ}$  дорівнюють, відповідно, 29 м та 5 л/с. За таблицею 3.2 визначаємо втрати напору в магістральній лінії  $h=13$  м. Висота підйому ствола з урахуванням розміщення його на 4 поверсі  $z=16$  м. Тоді необхідний напір насоса складає:

$$H = h + H_{СТ} + z = 13 + 29 + 16 = 58 \text{ м.}$$

**Приклад 2.** Визначити напір біля насоса при подачі води за схемою, що наведена на рисунку 3.7. Стволи  $d=22$  мм розміщені на шостому поверсі.

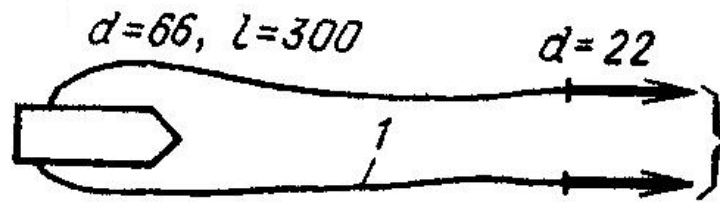


Рис. 3.7 – Розрахункова схема НРС для прикладу 2

За таблицю 3.1 напір біля ствола  $d=22$  мм складає  $H_{CT}=26$  м, витрата води з одного ствола  $Q_{CT} = 8,3$  л/с. Втрати напору у рукавній мережі (табл.3.2) для довжини лінії 300 м –  $h = 33$  м. Висота підйому ствола  $z = 4 \cdot 6 = 24$  м.

Таким чином, необхідний напір насоса складає:

$$H = h_p + H_{CT} + z = 33 + 26 + 24 = 83 \text{ м.}$$

Подача насоса по двох паралельних лініях складе  $Q = 16,6$  л/с.

**Приклад 3.** Визначити напір біля насоса при постачанні води по трьох рукавних лініях із змішаним з'єднанням (рис.3.8), якщо стволи розміщені на четвертому поверсі.

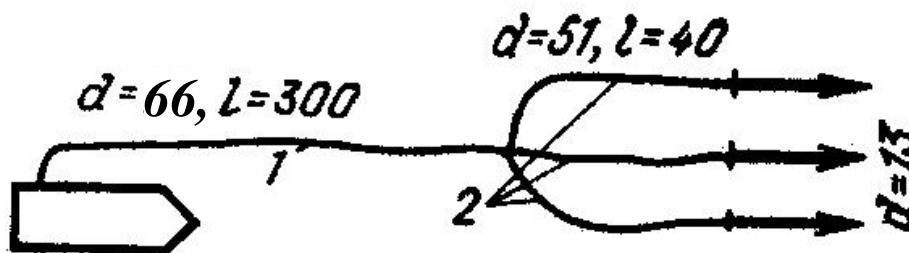


Рис. 3.8 – Розрахункова схема НРС для прикладу 3

Для вирішення задачі використовуємо таблиці 3.1 та 3.4.

Умови подачі води по всіх робочих лініях однакові, тому величина напору на розгалуженні визначається за будь-якою лінією та складає  $H_p = 40$  м (табл. 3.4). Витрата води з 3-х стволів

з насадками 13 мм, яка дорівнює подачі насоса, складає –  $Q = 3 \cdot 3,3 = 9,9$  л/с (табл. 3.1). При цих витратах втрати напору у магістральній лінії приблизно дорівнюють (табл. 3.2)  $h_M = 51$  м, висота підйому стволів дорівнює 16 м.

Таким чином, необхідний напір насоса складає:

$$H = h_M + H_P + z = 51 + 40 + 16 = 107 \text{ м.}$$

Знаючи, що максимальний напір, що може створити насос ПН-40У, дорівнює близько 100 м, можна зробити висновок, що він не в змозі вирішити цю задачу.

### 3.3 Визначення витрат води за довжиною польоту компактної частини струменя

Зазначені методи визначення витрат води потребують використання витратомірів, які характеризуються високою похибкою та не завжди зручні для проведення експерименту.

У АПБУ (м.Харків) розроблений принципово новий спосіб визначення об'ємних витрат води за довжиною польоту компактного струменя (рис.3.9).

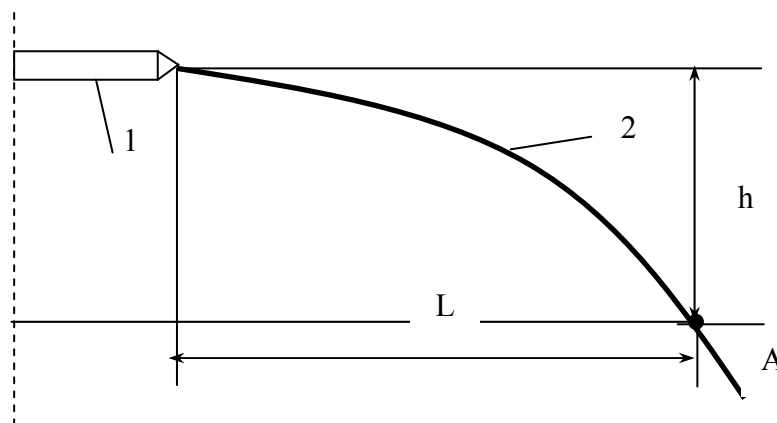


Рис. 3.9 - Принципова схема визначення об'ємних витрат води від насадки (пожежного ствола) за довжиною польоту контрольної точки у компактному струмені:

1 – насадок (ствол), 2 – струмінь, А – контрольна точка у струмені.

Його принцип полягає у тому, що при постійному значенні вертикальної координати контрольної точки струменя є однозначна залежність довжини польоту струменя від витрат води. Спосіб простий, його похибка не перевищує 1% у робочому діапазоні витрат. Це дає змогу при відповідному оснащенні контролювати витрати води від пожежних колонок, пожежних стволів. Спосіб не має аналогів у світовій практиці та захищений патентом на винахід.

Проаналізуємо рух елементарної точки у струмені рідини, що витікає в атмосферу з горизонтально розташованого насадка (рис. 3.9).

При заданій швидкості виходу рідини з насадка, контрольна точка у струмені за час  $t$  зсунеться за горизонталлю на відстань  $l$ , яка дорівнює  $l = v \cdot t$ . Одночасно за цей час точка у струмені зміститься у вертикальній площині на відстань  $h = \frac{gt^2}{2}$ .

Звідкіля

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Таким чином, при заданій швидкості виходу рідини  $v$  та відомій  $h$  горизонтальна проекція траєкторії струменя (довжина польоту струменя) за час  $t$  дорівнює:

$$l = v \sqrt{\frac{2h}{g}} = Av\sqrt{h},$$

де  $A$  – коефіцієнт:

$$A = \sqrt{\frac{2}{g}} = 0,45$$

З іншого боку, на підставі рівняння нерозривності потоку витрати рідини  $G$  з насадка при заданій швидкості записуються у вигляді:

$$G = v \frac{\pi d^2}{4} = Bv,$$

де:  $B = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$  – коефіцієнт,

$d$  – внутрішній діаметр насадка.

Таким чином, можна казати, що при заданій швидкості виходу та відомій величині переміщення струменя за вертикаллю, довжина польоту струменя однозначно пов'язана із об'ємними витратами рідини співвідношенням:

$$\frac{l}{A\sqrt{h}} = \frac{G}{B},$$

звідкіля

$$G = \frac{Bl}{A\sqrt{h}} = Kl,$$

де  $K$  – коефіцієнт, який визначається конструктивними параметрами насадка та величиною переміщення за вертикаллю:

$$K = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{g}{2h}}.$$

Формула підходить для визначення об'ємних витрат рідини у діапазоні малих витрат при горизонтально розташованому стволі з насадком.

### 3.4 Подача води на лафетні стволи

При гасінні значних пожеж використовують потужні водяні струмені від лафетних стволів. Подача води до лафетних стволів забезпечується кількома пожежними автонасосами за схемами, наведеними на рис.3.10.

Розглянемо особливості кожної схеми. Домовимося, що з кожного ствола необхідно отримати струмінь із витратами  $Q_{ст}$ . Тоді вільний тиск біля ствола дорівнює  $H_B = S_{ст} Q_{ст}^2$ . Подача насоса (рис.3.10 а) мусить відповідати витратам із ствола  $Q_H = Q_{ст}$ . Необхідний тиск насоса  $H_H$  складається з втрат напору у паралельних лініях (кожна зі яких пропускає половину від загальних витрат, тобто  $\frac{Q_{ст}}{2}$ ), вільного тиску біля ствола  $H_B$  та



необхідної висоти підйому ствола –  $z$ :

$$H_H = \frac{nSQ_{CT}^2}{4} + H_B + z,$$

де  $S$  – опір одного рукава довжиною 20 м.

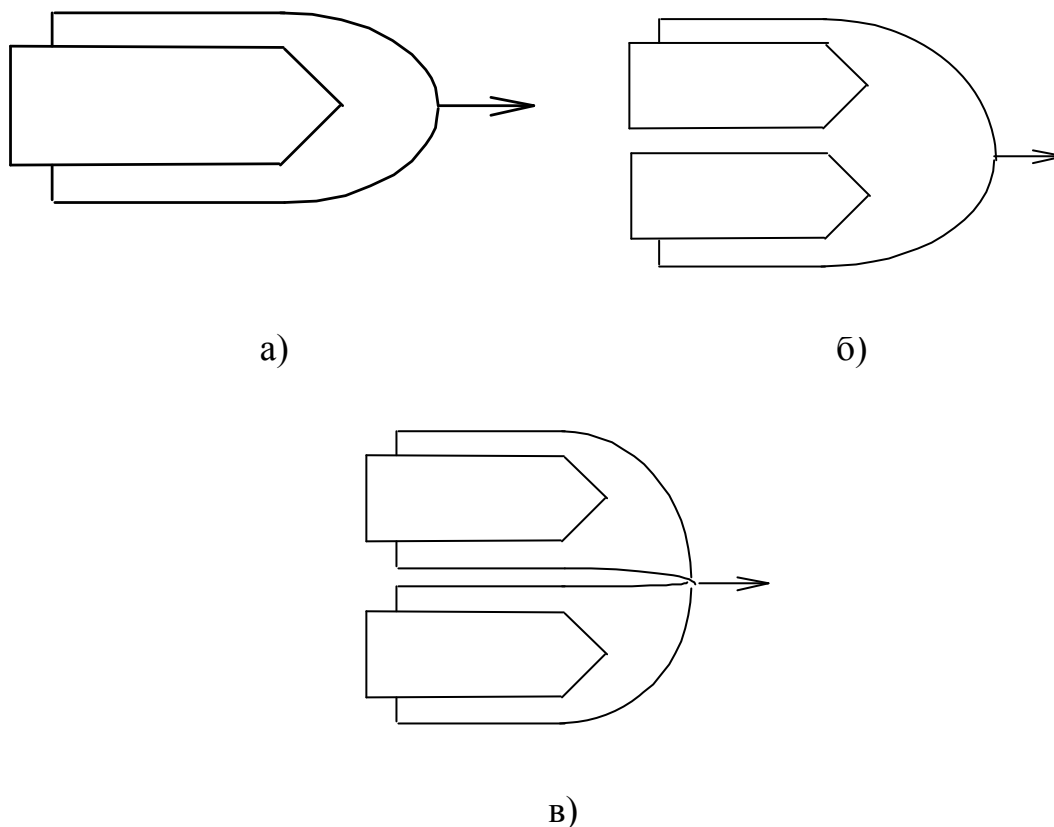


Рис. 3.10 – Схеми подачі води до лафетного ствола:

а) від одного насоса по двох лініях; б) від двох насосів по двох лініях; в) від двох насосів з прокладанням двох ліній від кожного насоса.

При подачі води за другою схемою (рис. 3.10 б) кожний насос перекачує тільки половину від загальних витрат води із ствола, тобто  $Q_H = \frac{Q_{CT}}{2}$ . Тиск, необхідний для подачі цієї кількості води, буде таким, як і для першої схеми (рис. 3.10 а).

Якщо від кожного насоса прокласти по дві лінії (рис. 3.10 в), в рукавних лініях втрати напору зменшуються за рахунок того, що кількість води, яку необхідно одержати зі ствола,

подається по чотирьох рукавних лініях, тому необхідний напір насосів буде значно меншим і його можна визначити за формулою:

$$H_H = \frac{nSQ_{CT}^2}{16} + H_{CB} + z.$$

Таким чином, із збільшенням кількості насосів та паралельних рукавних ліній знижується навантаження, що припадає на кожну із них.

При подачі води до лафетних стволів необхідно визначити необхідну кількість пожежних автонасосів, в залежності від схеми насосно-рукавної системи (НРС). Для розрахунку запишемо рівняння статичних характеристик насоса та рукавної системи:

$$a - bQ_H^2 = S_C Q_{CT}^2 + z. \quad (3.5)$$

Визначимо опір рукавних систем, розглядаючи різноманітні схеми НРС.

У випадку, коли від кожного насоса прокладають одну лінію (рис. 3.10 а), опір знаходять за формулою:

$$S_C = \frac{nS}{K^2} + S_{CT},$$

де  $K$  – кількість автонасосів, що відповідає кількості рукавних ліній;

$S_{CT}$  – опір ствола.

У другому випадку (рис. 3.10 б), коли від кожного насоса прокладають дві лінії, опір  $S_C$  дорівнює:

$$S_C = \frac{nS}{4K^2} + S_{CT}.$$

Витрати із ствола представимо у вигляді суми витрат води від кожного насоса:  $Q_{CT} = KQ_H$ .

При заміні відповідних значень опору систем у рівнянні (3.5), після незначних перетворень отримуємо розрахункові

формули для визначення подачі одного насоса та необхідної кількості пожежних автонасосів.

Визначимо їх для схеми б: (рис.3.10)

$$Q_H = \sqrt{\frac{a - z}{nS + S_{CT}K^2 + b}};$$

$$K = Q_{CT} \sqrt{\frac{nS + b}{a - z - S_{CT}Q_{CT}^2}}.$$

Для схеми в (рис.3.10):

$$Q_H = \sqrt{\frac{a - z}{0.25nS + S_{CT}K^2 + b}}; \quad K = Q_{CT} \sqrt{\frac{0.25nS + b}{a - z - S_{CT}Q_{CT}^2}}.$$

В усіх формулах  $n$  – кількість рукавів в одній рукавній лінії,  $S$  – опір одного рукава.

Розрахункові формули для вирішення різних параметрів насосно – рукавної системи, що подає воду до лафетного ствола, можна надати у вигляді таблиці 3.5.

У таблиці 3.5 прийняті наступні умовні позначення:

$a$  та  $b$  - коефіцієнти, що залежать від конструктивних особливостей насоса (табл. 1.1)

$H_H$  – напір насоса, м;

$H_B$  – напір біля ствола,  $H_B = S_{CT} \cdot Q_{CT}^2$ , м;

$Q_{CT}$  – витрати води зі ствола, л/с;

$Q_H$  – витрати насоса, л/с;

$N_1$ - кількість паралельних рукавних ліній від одного насоса;

$N$ - загальна кількість паралельних рукавних ліній;

$K$  – кількість насосів;

$S_{CT}$  - опір ствола;

$S_p$  – опір одного рукава;

$S_{сист}$  – опір рукавної системи (визначається для кожної схеми окремо)

$n_p$  – кількість рукавів в одній рукавній лінії;

$L$  – довжина рукавних ліній, м;

$z$  – висота підйому ствола, м.

Таблиця 3.5 – Формули для розрахунку насосно – рукавних систем , що подають воду до лафетного ствола

СХЕМА НРС	Визначення необхідного напору насоса по заданій витраті зі ствола	Визначення витрати води зі ствола при заданому напорі на насосі	Визначення максимальної довжини рукавних ліній	Визначення кількості насосів
	$H_H = \frac{n_p S_p Q_{ст}^2}{N^2} + H_B + Z$	а) якщо рукавні лінії мають однакові характеристики: $Q_{ст} = \sqrt{\frac{H_H - Z}{\frac{n_p S_p}{N^2} + S_H}}$	$L = \frac{H_H - H_B - Z}{S_p \left(\frac{Q_{ст}}{N}\right)^2} 20$	Знаючи напір насоса : $K = \frac{Q_{ст}}{N_1} \sqrt{\frac{n_p S_p}{H_H - H_B - Z}}$ Знаючи характеристику насоса: $K = Q_{ст} \sqrt{\frac{\frac{n_p S_p}{N_1^2} + b}{a - H_B - Z}}$
	$H_H = \frac{n_p S_p Q_{ст}^2}{K^2} + H_B + Z$	б) якщо рукавні лінії мають різні характеристики, т.е. $Q_{ст} = \sqrt{\frac{H_H - Z}{S_{сис\ т}}}$ $Q_H = \sqrt{\frac{a - z}{S_{сис\ т} K^2 + b}}$		
	$H_H = \frac{n_p S_p Q_{ст}^2}{(N_1 K)^2} + H_B + Z$			

### *Контрольні питання та завдання*

1. Назвіть основні схеми насосно – рукавних систем та умови їх використання.
2. Які задачі вирішуються при гідравлічному розрахунку основних насосно - рукавних систем та систем, що подають воду до лафетного ствола?
3. Як визначити необхідний напір насосу при відомій подачі води зі ствола?
4. Як визначити подачу насоса для визначеній характеристиці рукавної системи та відомому напорі насоса?

## **ГЛАВА 4. ВИТРАТИ ВОДИ ТА НАПОРИ У ПРОТИПОЖЕЖНИХ ВОДОПРОВОДАХ. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВОДОПРОВІДНИХМЕ- РЕЖ ТА ГОЛОВНИХ СПОРУД**

При проектуванні систем водопостачання визначають кількість води, яку необхідно подати на конкретний об'єкт. Вода споживається на різні потреби, які можливо поділити за призначенням на декілька груп.

**Витрати води на господарчо-питні потреби.** До них належать витрати води на господарчі, гігієнічні цілі, поливку зелених насаджень, влаштування фонтанів та інше. Крім цього, необхідно враховувати витрати води на господарчо-питні потреби працівників підприємств.

**Витрати води на виробничі цілі** на промислових підприємствах, транспортні потреби, потреби енергетики, сільського господарства та інші.

**Витрати води на власні потреби водопроводів** - це промивка фільтрів водоприймальних пристроїв, мереж та інше.

**Витрати води на пожежогасіння.** Витрачаються для гасіння пожеж у населених пунктах, громадських та промислових будівлях від пожежних кранів та гідрантів, запасних та водонапірних споруд, систем автоматичного пожежогасіння, лафетних стволів. При гасінні пожежі водопровідні споруди повинні пропускати одночасно об'єми води, необхідні на пожежогасіння та господарчо-питні потреби під час пожежі.

### **4.1 Норми господарчо-питного водоспоживання**

Загальні витрати води на господарчо-питні потреби населення пропорційні кількості мешканців у населеному пункті. Питомі витрати води, тобто витрати на одну особу, залежать від характеру санітарно-технічного обладнання будівель, благоустрою населеного пункту та кліматичних умов (таблиця 4.1)

Таблиця 4.1 - Норми господарчо-питного водоспоживання у населених пунктах

Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Питоме середньодобове (за рік) водоспоживання на господарчо – питні потреби в населених пунктах на одного мешканця, л/доб
Забудова будівлями, обладнаними внутрішнім водопроводом та каналізацією: без ванн	125 – 160
з ваннами та місцевими водонагрівачами	160 – 230
з центральним гарячим водопостачанням	230 – 350

Середньодобові витрати води на господарчо-питні потреби у населеному пункті визначають так:

$$Q_{\text{доб.сер.}} = \frac{q_M N}{1000}, \frac{\text{м}^3}{\text{доб}}, \quad (4.1)$$

де  $q_M$  – норма водоспоживання на одного мешканця (табл. 4.1);

$N$  – розрахункова кількість мешканців.

Добові витрати води при найбільшому водоспоживанні розраховують:

$$Q_{\text{доб.макс.}} = K_{\text{доб.макс.}} Q_{\text{доб.сер.}}, \frac{\text{м}^3}{\text{доб}}, \quad (4.2)$$

де  $K_{\text{доб. макс.}} = 1.1 \div 1.3$  – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання, який враховує уклад життя населення, режим роботи підприємств, рівень благоустрою будівель, зміни водоспоживання за сезонами року.

Максимальні погодинні витрати води визначають так:

$$q_{\text{Г.макс.}} = \frac{K_{\text{Г.макс.}} Q_{\text{доб.макс.}}}{24}, \frac{\text{м}^3}{\text{год}}. \quad (4.3)$$

де  $K_{\text{Г.макс.}} = \alpha_{\text{макс.}} \beta_{\text{макс.}}$  - коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання;

$\alpha_{\text{макс.}} = 1,2 \div 1,4$  - коефіцієнт, який враховує ступінь благоустрою будівель, режим роботи підприємств та інші місцеві умови;

$\beta_{\text{макс}}$  - коефіцієнт, який враховує кількість мешканців у населеному пункті, приймається за таблицею 4.2.

Таблиця 4.2 - Значення коефіцієнта  $\beta_{\text{макс}}$ .

Кількість мешканців, тис. чол.	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 і більше
$\beta_{\text{макс}}$	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1

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 у свою чергу, розраховують за кількістю мешканців та відповідною нормою водоспоживання.

Витрати води на господарчо-питні потреби на промисловому підприємстві визначаються у залежності від розміру тепловиділення (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 - Норми господарчо-питного водоспоживання на промислових підприємствах

Види цехів	Норма на одного робочого $q$ , л/зм	Коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання $K_{\Gamma}$
З тепловиділенням більше $20 \text{ кал/м}^3 \text{ год}$	45	2,5
У інших цехах	25	3

Середні витрати води за зміну:

$$Q_{\text{зм.сер.}} = \frac{q \cdot N}{1000} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{зм}}, \quad (4.4)$$

де  $N$  – кількість робочих в зміні;



q – норма води на одного робочого, л/зм.

Середньогодинні витрати води:

$$Q_{Г.сер.} = \frac{Q_{зм.сер.}}{\tau_{зм.}} \cdot \frac{М^3}{ГОД}, \quad (4.5)$$

де  $\tau_{зм.}$  – час роботи однієї зміни.

Максимальні годинні витрати води визначають з урахуванням коефіцієнта годинної нерівномірності водоспоживання  $K_{Г.}$ :

$$Q_{Г.макс.} = K_{Г.} Q_{Г.сер.} \quad (4.6)$$

На підприємствах, де працівники приймають душ після зміни, додатково враховують витрати води у душових із розрахунку 500 л/год на 1 душову кабінку протягом 45 хв. після закінчення зміни. Кількість душових кабін розраховують у залежності від кількості робочих у максимальну за кількістю осіб зміну та санітарної характеристики виробництва (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 - Розрахункова кількість робочих, що приймають душ на 1 душову кабінку в залежності від санітарних характеристик виробничого процесу

Група виробничих процесів	Санітарні характеристики	Розрахункова кількість робочих на 1 душову кабінку
1	Не викликають забруднення одягу та рук	15
	Викликають забруднення одягу та рук	7
2	Із виділенням великої кількості пилу або особливо забруднюючих речовин	3
	Із застосуванням води	5

Загальні витрати води на полив території можливо визначити в залежності від кількості мешканців у населеному пункті, умовно вважаючи, що витрати на одного мешканця складають 50-90 л/доб, або визначають з урахуванням типу покриття території, виду насаджень, кліматичних умов.

## **4.2 Норми витрат води на виробничі потреби промислових підприємств та сільськогосподарських об'єктів**

Витрати води на виробничі потреби залежать від характеру технологічного процесу, характеристик обладнання та часу його експлуатації, якості самої води.

При цьому витрати води визначаються на одиницю продукції. Наприклад, загальні витрати води сучасного металургійного заводу або комбінату на 1 тону виплавного чавуну із переробкою його на сталь та прокат досягають 200-250 м<sup>3</sup>, на виготовлення 1 тони газетного паперу – 500м<sup>3</sup> та інше. На аналогічних виробництвах витрати води на одиницю продукції, як правило, різні, та залежать від ефективності виробництва та оптимізації використання води у технологічному процесі.

При зворотному водопостачанні “основна” вода застосовується у зворотному циклі після очищення та охолодження. Витрати води, унаслідок її втрати при непродуктивних явищах процесу, поповнюють за рахунок “свіжої” води із зовнішнього джерела.

Так, на нафтопереробних заводах, де на 1 тону нафти, що переробляється, витрачається до 120 м<sup>3</sup> води (для конденсації, охолодження та відмивки нафтопродуктів), застосовують зворотні системи водопостачання. При цьому у виробництво повертається біля 94% води, втрати – 6 %, які необхідно поповнювати.

Витрати води на сільськогосподарські потреби також визначаються за технологією виробництва. Витрати води на фермах та сільськогосподарських комплексах залежать від виду споживачів з урахуванням годинного коефіцієнта нерівномірності водоспоживання.

## **4.3 Загальні витрати води на пожежогасіння. Методика розрахунку витрат води на зовнішнє пожежогасіння населених пунктів та промислових підприємств**

Загальні розрахункові витрати води на пожежогасіння  $Q_{\text{ПОЖ}}$  складаються з суми зовнішніх витрат води від гідрантів  $Q_{\text{ЗОВ}}$  та внутрішніх – від пожежних кранів  $Q_{\text{ВН}}$ , а також від стаціонарних спринклерних та дренчерних установок автоматичного пожежогасіння:

$$Q_{\text{ПОЖ}} = Q_{\text{ЗОВ}} + Q_{\text{ВН}} + Q_{\text{АУПГ}}$$

При об'єднаному водопроводі ці витрати повинні бути забезпечені з урахуванням найбільшого водоспоживання на всі потреби населеного пункту або промислового підприємства, за винятком витрат на полив території, прийняття душу, мийку технологічного обладнання, обробку підлоги.

Витрати води на зовнішнє пожежогасіння  $Q_{\text{ЗОВ}}$  населених пунктів та кількості розрахункових одночасних пожеж згідно СНиП 2.04.02-84\* визначають у залежності від чисельності населення та поверховості забудови (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 - Норми водоспоживання на зовнішнє пожежогасіння у населених пунктах

Кількість мешканців, тис. чол., не більше	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрати води на 1 пожежу на зовнішнє пожежогасіння, л/с	
		будівлі до 2 поверхів включно	будівлі на 3 поверхи та більше
5	1	10	10
10	1	10	15
25	2	10	15
50	2	20	25
100	2	25	35
200	3	-	40
300	3	-	55
400	3	-	70
500	3	-	80
600	3	-	85
700	3	-	90
800	3	-	95
1000	3	-	100
2000	4	-	100

Витрати води на пожежогасіння у районах з одно - та двоповерховою забудовою, які входять до населених пунктів із більшою поверховістю будівель, визначають окремо – з урахуванням чисельності мешканців цих районів. Загальні витрати води встановлюють за чисельністю всього населення, сумуючи дані для змішаної забудови.

При зонному водопостачанні розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння визначають для кожної зони окремо, у залежності від кількості мешканців у ній.

Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння від

гідрантів на промисловому підприємстві або сільськогосподарському промисловому комплексі залежать від категорії пожежної небезпеки виробництва, ступеня вогнестійкості будівель, їх об'єму та конструктивних особливостей.

Для виробничих будівель шириною до 60 м (з ліхтарями та без них) нормативні витрати наведені у таблиці 4.6.

Трохи більші витрати води встановлюють для будівель без ліхтарів шириною більше 60 м (таблиця 4.7). У цьому випадку враховують складність гасіння пожежі, внаслідок значного задимлення та підвищення температури в приміщеннях значних об'ємів.

Таблиця 4.6 - Витрати води на зовнішнє пожежогасіння промислових підприємств

Ступінь вогнестійкості будівель	Категорія будівель за пожежною небезпекою	Витрати води на зовнішнє пожежогасіння для промислових будівель з ліхтарями, а також без ліхтарів шириною до 60 м на 1 пожежу, л/с, при об'ємах будівель, тис. м <sup>3</sup>						
		до 3	більше 3 до 5	більше 5 до 20	більше 20 до 50	більше 50 до 200	більше 200 до 400	більше 400
I та II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
I та II	А, Б, В	10	10	15	15	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	15	-	-	-
III	В	10	15	20	20	-	-	-
IV та V	Г, Д	10	15	20	20	-	-	-
IV та V	В	15	20	25	25	-	-	-

Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння і пожежі на сільськогосподарському підприємстві приймають за табл. 4.8.

Для пожежогасіння будівель, що поділені на окремі частини протипожежними стінами та мають різну категорію пожежної небезпеки, розрахункові витрати води належить визначати за тією частиною будівлі, де вони найбільші.

Для допоміжних будівель промислових підприємств пожежні витрати води слід визначати за таблицею 4.6, вважаючи їх будівлями категорії В.

Таблиця 4.7 - Витрати води на зовнішнє пожежогасіння промислових підприємств

Ступінь вогнестійкості будівель	Категорія будівель за пожежною небезпечкою	Витрати води на зовнішнє пожежогасіння для промислових будівель без ліхтарів шириною понад 60 м на 1 пожежу, л/с, при об'ємах будівель, тис. м <sup>3</sup>								
		до 50	більш 50 до 100	більше 100 до 200	більше 200 до 300	більше 300 до 400	більше 400 до 500	більше 500 до 600	більше 600 до 700	більше 700 до 800
I та II	A, Б, В	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I та II	Г, Д	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Таблиця 4.8 - Витрати води на зовнішнє пожежогасіння сільськогосподарських підприємств

Ступінь вогнестійкості будівель	Категорія будівель за пожежною небезпечкою	Витрати води на зовнішнє пожежогасіння сільськогосподарських підприємств, будівель та споруд на 1 пожежу, л/с, при об'ємах будівель, тис. м <sup>3</sup>				
		до 3	більше 3 до 5	більше 5 до 20	більше 20 до 50	більше 50 до 200
I та II	Г, Д	5	5	10	10	15
I та II	A, Б, В	10	10	15	20	30
III	Г, Д	10	10	15	25	-
III	В	10	15	20	30	-
IV та V	Г, Д	15	15	20	30	-
IV та V	В	15	20	25	40	-

Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння складів грубих кормів об'ємом більше 1000 м<sup>3</sup>, які розташовані на території сільськогосподарських промислових комплексів та тваринницьких ферм на промисловій основі, слід визначати за таблицею 4.8 категорії В, ступеня вогнестійкості V.

Вказані у таблицях 4.6, 4.7, 4.8 норми витрат води подані у розрахунку на 1 пожежу, при цьому кількість одночасних пожеж приймається у залежності від площі території підприємства: 1 пожежа – при площі до 150 га, при більшій – дві пожежі.

Розрахункова кількість одночасно можливих пожеж для об'єднаного протипожежного водопроводу населеного пункту та промислового підприємства або сільськогосподарського промислового комплексу наведена у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Визначення кількості одночасних пожеж при об'єднаному водопроводі населеного пункту і промислового підприємства

Площа території підприємства, га	Кількість мешканців в населеному пункті, тис. чол.	Розрахункова кількість одночасних пожеж
До 150	До 10	1 пожежа (на підприємстві або в населеному пункті – за найбільшою витратою)
До 150	Від 10 до 25	2 пожежі (по одній на підприємстві та в населеному пункті)
Більше 150	До 25	2 пожежі (дві на підприємстві чи дві в населеному пункті – за найбільшою витратою)

Якщо у населеному пункті кількість мешканців досягає 25 тис. та більше, розрахункова кількість пожеж визначається за таблицею 4.9, при цьому пожежні витрати води знаходять як суму більших витрат (на підприємстві або у населеному пункті) та половини потрібних менших витрат (на підприємстві або у населеному пункті). При декількох промислових підприємствах та одному населеному пункті вирішення цього питання потребує узгодження із органами державного пожежного нагляду.

Час гасіння пожежі при постачанні води від гідрантів, що розташовані на зовнішній водопровідній мережі, складає три години; тільки для будинків I та II ступеня вогнестійкості з будівлями категорії Г та Д – дві години.

Якщо у будівлях розташовані внутрішні пожежні крани та стаціонарні установки для гасіння пожежі, необхідно враховувати додаткові витрати води. При об'єднаному водопроводі для внутрішніх пожежних кранів, спринклерних та дренчерних установок та зовнішніх гідрантів витрати води на гасіння пожежі протягом однієї години слід розраховувати як суму найбільших витрат, визначених за відповідними нормативами. Після

вимикання спринклерних та дренчерних установок постачання води забезпечують гідранти та внутрішні пожежні крани.

Витрати води на внутрішнє пожежогасіння (СНиП 2.04.01-85\*) та кількість струменів, що одночасно подається від пожежних кранів, визначаються у залежності від призначення, поверховості та об'єму будівель.

Витрати води при гасінні пожежі пінними установками, а також установками з лафетними стволами, або шляхом подачі розпорошеного струменя води визначають відповідно до вимог пожежної небезпеки підприємств відповідної галузі промисловості з урахуванням додаткових витрат води у розмірі 25 % від гідрантів (таблиці 4.6 – 4.8). При цьому сумарні витрати води повинні бути не менше, ніж ті, які встановлені СНиП 2.04.02-84\*.

#### **4.4 Вільні напори у системах протипожежного водопостачання**

Гідростатичний тиск у зовнішній водопровідній мережі встановлюють із урахуванням висоти будівель. Мінімальний вільний тиск (напір) у мережі водопроводу населеного пункту при господарчо-питному водоспоживанні на ввіді до будівлі над поверхнею землі повинен прийматися при одноповерховій забудові не менше 10 метрів водного стовпа, при більшій поверховості на кожний поверх слід прибавити додатково 4 м. У часи мінімального водоспоживання тиск на кожний поверх дозволяється приймати рівним 3 метрам.

Для окремих будівель підвищеної поверховості, що розташовані на високих відмітках поверхні землі, доцільно використовувати схеми зонних систем водопостачання.

У протипожежних водопроводах низького тиску вільний напір при пожежогасінні повинен бути достатнім для забору води від гідрантів пожежними насосами. Згідно СНиП 2.04.02-84\* мінімальний вільний тиск на відмітці поверхні землі приймається рівним 10 метрам.

Цей тиск повинен перевищувати втрати напору у пожежному гідранті  $h_{\Gamma}$ , пожежній колонці  $h_{\text{К}}$  та у пожежних рукавах, що з'єднують колонку із насосом  $h_{\text{р}}$ :

$$h = h_{\Gamma} + h_{\text{К}} + h_{\text{Р}} = (S_{\Gamma} + S_{\text{К}} + S_{\text{Р}}) \cdot Q^2,$$

де  $S_{\Gamma}$  – опір гідранта – 0,0016;

$S_{\text{К}}$  – опір пожежної колонки – 0,0035;

$S_{\text{Р}}$  – опір рукавів при діаметрі 77 мм – 0,0033.

Таким чином, можливо визначити витрати води, які забезпечує пожежний гідрант при гасінні пожежі при вільному напорі у мережі 10 м.

$$Q = \sqrt{\frac{h}{\sum S}} = \sqrt{\frac{10}{0.0084}} = 34.5 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Як бачимо, витрати у даному разі не перевищують подачі сучасних пересувних пожежних насосів, тобто вони є мінімально допустимими.

У протипожежних водопроводах високого тиску вільний напір у мережі повинен забезпечити висоту компактної частини струменя не менше 10 метрів при повних пожежних витратах води, при розташуванні ствола на рівні найвищої точки самої високої будівлі та постачанні води по непрогумованих рукавах діаметром 66 мм довжиною 120 м, з насадкою пожежного ствола діаметром 19 мм, при витратах води з одного ствола – 5 л/с.

Виходячи з цього визначимо напір у водопровідній мережі біля гідранта, у відношенні до поверхні землі:

$$H = h_{\Gamma} + h_{\text{К}} + h_{\text{Р}} + H_{\text{СТ}} + T,$$

де:  $h_{\Gamma}$ ,  $h_{\text{К}}$ ,  $h_{\text{Р}}$ , – втрати тиску у гідранті, пожежній колонці, рукавній лінії;

$H_{\text{СТ}}$  – тиск біля стволу;

$T$  – висота розташування ствола на рівні найвищої точки самої високої будівлі.

Підставляючи значення опорів для гідранта  $S_{\Gamma} = 0,0016$ , колонки  $S_{\text{К}} = 0,0035$ , шести рукавів  $S_{\text{Р}} = 0,462$  та ствола  $S_{\text{СТ}} = 0,634$  при витратах через гідрант та колонку – 10 л/с (на зовнішнє пожежогасіння об'єкта), із стволів – 5 л/с, отримуємо формулу для визначення необхідного напору:

$$H = 28 + T.$$



Гідростатичний напір у мережах зовнішнього та внутрішнього господарчо-питного або господарчо-протипожежного водопроводів повинен не перевищувати 60 м. Такий максимальний напір забезпечує надійність експлуатації пристроїв водоспоживання та трубопроводів, а також відповідає кількості необхідних витрат води. При зонному водоспоживанні будівель підвищеної поверховості тиск біля найбільш низько розташованих пожежних кранів у зоні повинен бути не більше 90 м.

Максимальна величина гідростатичного напору у зовнішніх протипожежних водопровідних мережах високого тиску із лафетними стволами на об'єктах підвищеної пожежної небезпеки (підприємства нафтопереробної та хімічної промисловості, лісобіржах та складах для зберігання паливно-мастильних матеріалів) може досягати 150 м.

Вільний напір у зовнішніх протипожежних водопроводах залежить від характеристик технологічного процесу та обладнання.

#### **4.5 Режим водоспоживання**

Споживання води населенням протягом року нерівномірне. Улітку її витрачають більше, ніж зимою. Також нерівномірне водоспоживання протягом доби та тижня.

Режим водопостачання повинен відповідати фактичним витратам води споживачами. Тому прогнозування режиму водоспоживання є важливим моментом проектування водопровідних мереж.

При проектуванні водопроводів промислових підприємств режим витрат води на промислові та господарчі потреби залежить від технології виробництва та його структури.

Режим водоспоживання населених пунктів визначається у залежності від різноманітних факторів, пов'язаних із умовами життя та праці мешканців.

Ця проблема вирішується шляхом аналізу статистичних даних щодо фактичних режимів водоспоживання у населеному пункті, виявленні основних факторів, що впливають на характер режиму водоспоживання (кількість населення, кліматичні умови, рівень індустріалізації населеного пункту та інше).

Розглянемо стандартний графік водоспоживання (рис.4.1)

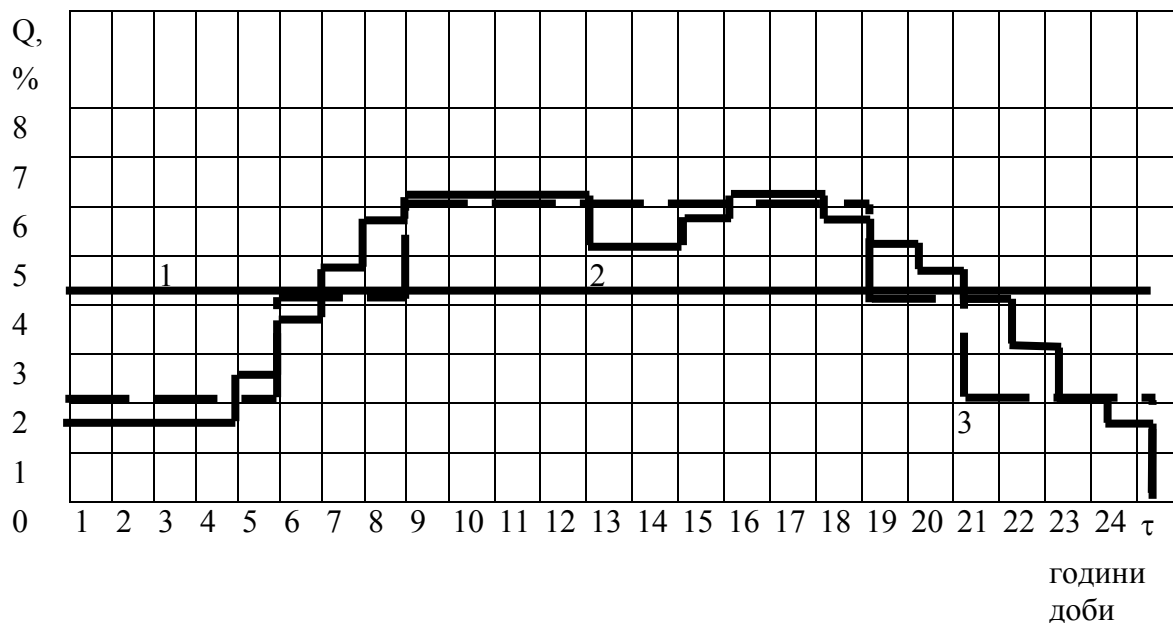


Рис. 4.1 - Графік водоспоживання:

- 1 – режим роботи НС-I; 2 – режим водоспоживання;
- 3 – режим роботи НС-II.

Протягом доби вода споживається нерівномірно: вдень витрати більше, ніж уночі. Коливання споживання води за годинами залежить від кількості населення. Чим менше населений пункт, тим значніше ця нерівномірність. Споживання води також змінюється протягом години. Однак при розрахунках дозволяється приймати споживання води у годину постійним.

Відношення витрат води у годину максимального водоспоживання  $Q_{г.макс.}$  до середніх витрат води на годину  $Q_{г.сер.}$  звать коефіцієнтом максимальної годинної нерівномірності водоспоживання:

$$K_{г.макс.} = \frac{Q_{г.макс.}}{Q_{г.сер.}}$$

Аналіз режиму водоспоживання населених пунктів різного типу дозволяє побудувати графіки характерних коливань витрат води протягом доби (рис.4.1). Годинні витрати води визначені у відсотках від добових витрат. Відношення найбільшої ординати до середньої (4,17%) дає коефіцієнт максимальної годинної нерівномірності  $K_{г.макс.}$ . Погодинні графіки водоспоживання за добу можливо дати у вигляді таблиці. У табл. 4.10 показано витрати води в окремі часи доби (у відсотках від добових витрат) при

$K_{Г.макс.} = 1,25$  – для великих,  $K_{Г.макс.}$  – середніх,  $K_{Г.макс.} = 1,5$  – невеликих міст.

Використання графіка водоспоживання дозволяє визначити найбільш економічний режим роботи насосної станції НС-ІІ, розрахувати об'єм запасних резервуарів та бака водонапірної башти.

У якості прикладу візьмемо невеликий населений пункт із водоспоживанням  $2000 \text{ м}^3/\text{доб}$  при  $K_{Г.макс.} = 1,5$ .

Розрахункові дані представимо у вигляді табл. 4.11, де у графі 1 вказані часи доби, графі 2 – водоспоживання у відсотках за годинами доби. До графі 3 заносять розрахункові дані годинних витрат води, наприклад, максимальні годинні витрати з 8 до 9 години дорівнюють:

$$Q = \frac{2000 * 6.25}{100} = 125 \text{ м}^3.$$

У графі 4 вказана подача води (у відсотках) НС-І. Так як НС-І подає воду до очисних споруд, які працюють у рівномірному режимі, тому НС-І також має працювати рівномірно. Таким чином, постачання води на одну годину складає  $100/24$  добового водоспоживання.

У графі 5 наведена подача води НС-ІІ (у відсотках), режим роботи якої планується із максимальним приближенням до режиму водоспоживання (рис. 4.1). Із нашого прикладу маємо, що у НС-ІІ розміщено три групи робочих насосів з постачанням 2% на годину. Перша група працює цілодобово і забезпечує подачу  $24*2=48\%$  води, друга з 5 до 21 години –  $16*2=32\%$ , і третя з 8 по 18 годину –  $10*2=20\%$  (у сумі 100%). Таким чином, при включенні другої групи насосів подача складає 4% на годину, а при вмиканні третьої групи насосів – 6%.

Графі 6 та 7 заповнюються з урахуванням режимів роботи НС-І та НС-ІІ (графі 4, 5), нерівномірність роботи яких компенсується влаштуванням запасного резервуара. Величина регулюючого запасу води у резервуарі, який складає  $367,6 \text{ м}^3$  (18,38% від  $Q_{\text{доб}}$ ), визначений за допомогою граф 8 та 9.

Графі 10 та 11 складені з урахуванням режиму роботи НС-ІІ та водоспоживання (графі 2 та 6). Ємність регулюючого об'єму бака водонапірної башти дорівнює  $60 \text{ м}^3$  (3% від  $Q_{\text{доб}}$ ). Слід зазначити, що повний об'єм резервуара та водонапірного бака вміщує додатково недоторканий запас води на пожежогасіння.

Графік споживання води від міського водопроводу на виробничі потреби залежить від способу водоспоживання, часу роботи підприємства протягом доби, особливостей технологічного процесу. Багато підприємств мають власні регулюючі ємності, тому для них постачання від міського водопроводу може бути рівномірним.

Таким чином, при проектуванні водопроводу необхідно мати графік сумарного водоспоживання на господарчо-питні, виробничі, протипожежні та інші потреби.

Таблиця 4.10 - Водоспоживання у містах за годинами доби

Години доби	Часткові витрати води, % від добових при $K_{г.макс.}$		
	1,5	1,35	1,25
0-1	1,5	3	3,35
1-2	1,5	3,2	3,25
2-3	1,5	2,5	3,3
3-4	1,5	2,6	3,2
4-5	2,5	3,5	3,25
5-6	3,5	4,1	3,4
6-7	4,5	4,5	3,85
7-8	5,5	4,9	4,45
8-9	6,25	4,9	5,2
9-10	6,25	5,6	5,05
10-11	6,25	4,9	4,85
11-12	6,25	4,7	4,6
12-13	5	4,4	4,6
13-14	5	4,1	4,55
14-15	5,5	4,1	4,75
15-16	6	4,4	4,7
16-17	6	4,3	4,65
17-18	5,5	4,1	4,35
18-19	5	4,5	4,4
19-20	4,5	4,5	4,3
20-21	4	4,5	4,3
21-22	3	4,8	4,2
22-23	2	4,6	3,75
23-24	1,5	3,3	3,7
Усього	100	100	100

89 Таблиця 6.11 - Водоспоживання міста і режим роботи водопровідних споруд

Години доби	Водоспоживання за годинами		Режим роботи насосів, %		Подача до резервуара, %	Забір із резервуара, %	Залишок у резервуарі,		Приток до башти, %	Витрати з башти, %	Залишок у башті,	
	%	м <sup>3</sup>	НС-I	НС-II			%	м <sup>3</sup>			%	м <sup>3</sup>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
0-1	1,5	30	4,17	2	2,17	-	9,19	183,8	0,5	-	1,5	30
1-2	1,5	30	4,17	2	2,17	-	11,36	227,2	0,5	-	2	40
2-3	1,5	30	4,17	2	2,17	-	13,53	270,6	0,5	-	2,5	50
3-4	1,5	30	4,17	2	2,17	-	15,7	314	0,5	-	3	60
4-5	2,5	50	4,17	2	2,17	-	17,87	357,4	-	0,5	2,5	50
5-6	3,5	70	4,17	4	0,17	-	18,04	360,8	0,5	-	3	60
6-7	4,5	90	4,17	4	0,17	-	18,21	364,2	-	0,5	2,5	50
7-8	5,5	110	4,17	4	0,17	-	18,38	367,6	-	1,5	1	20
8-9	6,25	125	4,17	6	-	1,83	16,55	331	-	0,25	0,75	15
9-10	6,25	125	4,17	6	-	1,83	14,72	294,4	-	0,25	0,5	10
10-11	6,25	125	4,17	6	-	1,83	12,89	257,8	-	0,25	0,25	5
11-12	6,25	125	4,17	6	-	1,83	11,06	221,2	-	0,25	0	0

12-13	5	100	4,17	6	-	1,83	9,23	184,6	1	-	1	20
13-14	5	100	4,17	6	-	1,83	7,4	148	1	-	2	40
14-15	5,5	110	4,17	6	-	1,83	5,53	111,4	0,5	-	2,5	50
15-16	6	120	4,17	6	-	1,83	3,74	74,8	-	1	2,5	50
16-17	6	120	4,17	6	-	1,83	1,91	38,2	-	0,5	2,5	50
17-18	5,5	110	4,17	6	-	1,83	0	0	0,5	-	3,0	60
18-19	5	100	4,17	4	0,17	-	0,17	3,4	-	1	2	40
19-20	4,5	90	4,17	4	0,17	-	0,34	6,8	-	0,5	1,5	30
20-21	4	80	4,17	4	0,17	-	0,51	10,2	-	-	1,5	30
21-22	3	60	4,17	2	2,17	-	2,68	53,6	-	1	0,5	10
22-23	2	40	4,17	2	2,17	-	4,85	97	-	-	0,5	10
23-24	1,5	30	4,17	2	2,17	-	7,02	140,4	0,5	-	1	20

## 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 підприємствах?
4. Чому дорівнюють мінімальні та максимальні вільні напори в зовнішніх мережах низького та високого тиску?

## ГЛАВА 5. ПРОЕКТУВАННЯ РЕГУЛЮЮЧИХ, ЗАПАСНИХ ТА НАПРНИХ СПОРУД

### 5.1 Проектування резервуарів чистої води

Резервуари чистої води (РЧВ) необхідні для регулювання нерівномірності роботи насосних станцій I та II підйомів та збереження води на протипожежні, господарчо-питні та виробничі потреби на термін гасіння пожежі.

Об'єм РЧВ відповідно до їх призначення може бути визначений за формулою:

$$W_{\text{РЧВ}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{НПЗ}},$$

де  $W_{\text{РЧВ}}$  – об'єм РЧВ,

$W_{\text{рег}}$  – регулюючий об'єм, призначений для регулювання нерівномірності роботи насосних станцій;

$W_{\text{НПЗ}}$  – недоторканий протипожежний запас води.

Крім того, у резервуарах чистої води зберігається аварійний запас води  $W_{\text{ав}}$  на час ліквідації аварії у випадку прокладання в схемі водопостачання одного водоводу та запас води на промивку фільтрів  $W_{\text{ф}}$  на водоочисних спорудах.

Таким чином, загальний об'єм РЧВ визначають:

$$W_{\text{РЧВ}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{НПЗ}} + W_{\text{ав}} + W_{\text{ф}}.$$

Регулюючий об'єм води може бути визначений графоаналітичним та табличним шляхами на основі аналізу роботи НС-I та НС-II, оскільки НС-I подає воду до резервуарів, а НС-II відкачує її з них.

Наприклад, НС-I працює у рівномірному режимі. Тоді її годинна подача буде дорівнювати  $\frac{100}{24} = 4,17\%$  від добового водоспоживання. Частіше, НС-II працює у нерівномірному режимі. Припустимо, що НС-II працює за ступеневим графіком і має продуктивність: від 20 до 6 годин – 2,84%, а з 6 до 20 години – 5,12% добового водоспоживання. Тоді спільна робота насосних станцій може бути зображена у вигляді графіка (рис.5.1)



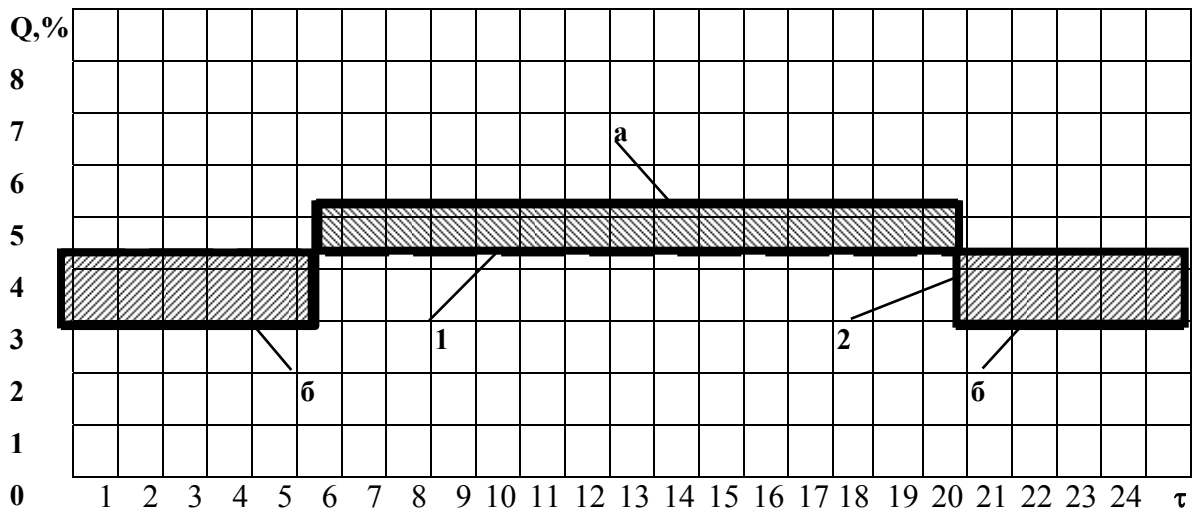


Рис.5.1 - Графіки роботи насосних станцій НС-I та НС-II:

а, б – регулюючі об'єми резервуарів чистої води; 1 – графік НС-I, 2 – графік НС-II.

Відповідно до графіка подачі води насосними станціями регулюючий об'єм зазначається площею “а” або сумарною площею “б” рівною попередній.

Для конкретних умов прикладу регулюючий об'єм РЧВ дорівнює

$$W_{\text{рег}} = (5.12 - 4.17) * 14 = 13,4\%,$$

або

$$W_{\text{рег}} = (4.17 - 2.84) * 10 = 13.3\%$$

Регулюючий об'єм РЧВ може бути також визначений за таблицею 5.1.

Таблиця 5.1 - Визначення регулюючого об'єму РЧВ

Період доби, г.	Подача НС-I до РЧВ, %	Відбір НС-II із РЧВ, %	Подача до РЧВ, %	Відбір із РЧВ, %	Залишок у РЧВ, %
0-6	25	17	8	-	+8,0
6-20	58,3	71,6	-	13,3	-5,3
20-24	16,7	11,4	5,3	-	0

Таким чином необхідний об'єм  $W_{\text{рег}}$  складає  $W_{\text{рег}} = 8.0 + 5.3 = 13.3\%$  від добового водоспоживання.

При проектуванні РЧВ дозволяється приймати  $W_{\text{рег}} \approx 20\%$  від добового водоспоживання.

Недоторканий протипожежний запас води можливо розрахувати як суму об'ємів на пожежогасіння  $W_{\text{пож}}$  та на господарчо-питні потреби  $W_{\text{госп.}}$  на термін гасіння пожежі:

$$W_{\text{НПЗ}} = W_{\text{пож}} + W_{\text{госп.}}$$

При цьому,  $W_{\text{пож}}$  визначається:

$$W_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}} \tau_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}} \frac{3 \cdot 3600}{1000} = 10,8 Q_{\text{пож}},$$

де  $Q_{\text{пож}}$  – розрахункові пожежні витрати води, л/с;

$\tau_{\text{пож}}$  – термін гасіння пожежі, який згідно СНиП 2.04.02-84\* – дорівнює трьом годинам.

Об'єм води на господарчо-питні потреби визначається у залежності від умов максимальних господарчо-питних та виробничих потреб на час гасіння пожежі протягом трьох годин ( $\tau_{\text{пож}} = 3$  години), за винятком душових витрат, витрат на поливання території, на миття технологічного обладнання:

$$W_{\text{госп}} = 10,8 Q_{\text{госп}}, \text{ м}^3,$$

де  $Q_{\text{госп}}$  – витрати води на господарчо-питні та виробничі потреби на час гасіння пожеж, л/с.

Об'єм води  $W_{\text{ав}}$ , необхідний на час ліквідації аварії водопроводу, визначається:

$$W_{\text{ав}} = \frac{Q_{\text{ав}} \tau_{\text{ав}}}{1000} + \frac{Q_{\text{пож.ав}} \tau_{\text{пож.ав}}}{1000}, \text{ м}^3,$$

де  $Q_{\text{ав}}$  – витрати води при аварії водопроводу, л/с;

$Q_{\text{пож.ав}}$  – витрати води на пожежогасіння, л/с;

$\tau_{\text{ав}}$  – термін ліквідації аварії, год;

$\tau_{\text{пож}}$  – час гасіння пожежі, год.

$$Q_{ав} = Q_{вир.ав.} + 0,7Q_{г.пит.}, \text{ л/с,}$$

де  $Q_{вир.ав.}$  – витрати води на виробничі потреби при роботі підприємства за аварійним графіком, л/с;

$Q_{г.пит.}$  – розрахункові витрати води на господарчо-питні потреби, л/с.

Час гасіння пожежі  $\tau_{пож}$  згідно СНиП 2.04.02-84\* дорівнює:

при  $Q_{пож} \leq 25$  л/с,  $\tau_{пож} = 2 - 3$  години,

при  $Q_{пож} > 25$  л/с,  $\tau_{пож} = 4 - 6$  годин;

0,7 – коефіцієнт, який враховує зменшення господарчо-питних витрат при пожежі.

Об'єм води на промивку фільтрів очисних споруд  $W_{ф}$ :

$$W_{ф} = \frac{2Fq\tau}{1000}, \text{ м}^3,$$

де  $F$  – площа однієї секції фільтра,  $\text{м}^2$ ;

$q$  – інтенсивність промивки фільтрів ( $q = 12 - 18 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ );

$\tau$  - тривалість промивки фільтрів ( $\tau = 300 - 400$  с.).

Після розрахунку об'єму резервуару за таблицею 5.2 визначають типову конструкцію РЧВ.

Загальна кількість РЧВ в одному вузлі складає не менше 2-х за наявності розрахункового протипожежного запасу води. РЧВ виконують із залізобетону круглої (до  $2000 \text{ м}^3$ ) або прямокутної форми. Вони обладнуються всмоктуючими та подаючими трубами, переливними та грязьовими трубами.

Для збереження недоторканого запасу (НПЗ) води РЧВ обладнуються автоматичними пристроями безперервного автоматичного контролю рівня НПЗ, які при досягненні верхнього рівня НПЗ вимикають господарчі насоси та подають сигнал до НС-І на вмикання резервних насосів. Такий спосіб збереження НПЗ є звичайним для НС низького тиску, які не мають спеціальних пожежних насосів (рис.5.2).

Таблиця 5.2 - Основні дані типових резервуарів чистої води

Типовий проект	Місткість, м <sup>3</sup>	Розміри, м	Матеріал конструкцій
901-4-10	100	3,7x6,5	Залізобетонний монолітний циліндричний
901-4-11	250	3,7x10	Те ж
901-4-15	400-500	5,1x12	Те ж
901-4-16	1000	5,1x18	Те ж
901-4-17	2000	5,1x24	Те ж
901-4-18	150	3,82x8	Те ж
901-4-21	100	3,6x6	Циліндричний зі збірних залізобетонних конструкцій
901-4-22	250	3,6x10	Те ж
901-4-23	500	4,8x12	Те ж
4-18-840	100	3,5x6x6	Залізобетонний прямокутний зі збірних уніфікованих конструкцій заводського виготовлення
4-18-841	250	3,5x12x6	Те ж
4-18-842	500	3,6x12x12	Те ж
4-18-850	1000	4,8x18x12	Те ж
4-18-851	2000	4,8x24x12	Те ж
4-18-852	3000	4,8x24x30	Те ж
4-18-858	6000	4,8x36x36	Те ж
4-18-854	10000	4,8x48x48	Те ж
4-18-855	20000	4,8x64x64	Те ж
901-4-8с	100	2,5x7,6	Відкритий пожежний резервуар із бутобетону
	150	2,5x9,3	Те ж із цегли
901-4-13	100	3,8x5,8	Цегляний циліндричний
901-4-13	150	2,8x8,2	Те ж
Примітка. Для циліндричних резервуарів вказані висота та діаметр, для прямокутних – висота та сторони резервуара			

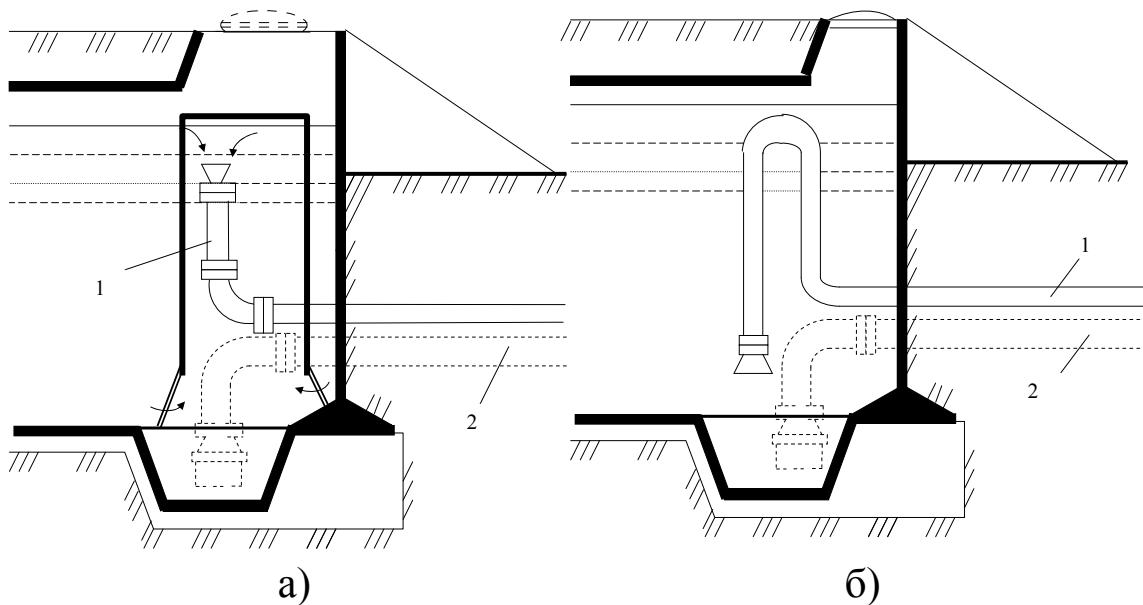


Рис. 5.2 - Способи зберігання недоторканого протипожежного запасу води:

- а) розташування всмоктуючих ліній на різній висоті з влаштуванням кожуха; б) влаштування повітряно-водяного затвору; 1 – всмоктуючий трубопровід господарчо-питних насосів; 2 – всмоктуючий трубопровід пожежних насосів.

Коли у насосних станціях розташовані пожежні насоси, НПЗ зберігається за рахунок розміщення всмоктуючих ліній господарчих та пожежних насосів на різних відмітках із влаштуванням кожухів та інших конструктивних елементів. У деяких конструкціях РЧВ рівень НПЗ зберігається за допомогою повітряно-водяного затвору.

Системи автоматичного регулювання рівня води НПЗ, роботи насосних агрегатів, автоматичного контролю якості води у резервуарі, її температури можуть бути введені до загальної структури АСУ системи зовнішнього водопостачання населених пунктів та промислових підприємств з використанням мікропроцесорної техніки.

Окрім РЧВ, у системах протипожежного водопостачання використовуються різноманітні запасні споруди. Регулюючі ємності дозволяють забезпечити рівномірну роботу насосних станцій для забезпечення розрахункових витрат води у час найбільшого водоспоживання. Це дає можливість використання во-

допроводів меншого діаметра, що значно зменшує витрати на придбання та експлуатацію труб.

Запасні ємності підвищують надійність водопостачання. Запасні пожежні резервуари за місцем розташування можуть бути наземними, підземними або напівпідземними. Вибір типу та розміру резервуарів проводиться у залежності від режиму їх роботи та техніко-економічних вимог.

## **5.2 Проектування водонапірних башт, гідроколон та гідропневмоустановок**

### **5.2.1 Проектування водонапірних башт**

Водонапірні башти призначені для регулювання нерівномірності водоспоживання, збереження недоторканого запасу води та створювання необхідного тиску у водопровідній мережі.

Ємність бака водонапірної башти дорівнює:

$$W_{\text{б}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{НПЗ}},$$

де  $W_{\text{рег}}$  – регулюючий об'єм бака;

$W_{\text{НПЗ}}$  – протипожежний об'єм води, розрахований на десять хвилин гасіння пожежі (СНиП 2.04.02-84\*) на промислових підприємствах внутрішніми пожежними кранами, а також спринклерними та дренчерними установками при найбільших витратах води на інші потреби, або на десять хвилин гасіння однієї внутрішньої та однієї зовнішньої пожежі при одночасних найбільших витратах води на інші потреби.

Об'єм води недоторканого пожежного запасу дорівнює:

$$W_{\text{НПЗ}} = W_{\text{госп.}} + W_{\text{пож.}}$$

Об'єм води на господарчо-питні та протипожежні потреби, з урахуванням того, що  $\tau = 10$  хв. та витрати приймаються у л/с, визначають таким чином:

$$W_{\text{госп.}} = \frac{Q_{\text{госп.макс.}} \cdot \tau}{1000} = \frac{10 \cdot 60}{1000} Q_{\text{госп.макс.}} = 0,6 Q_{\text{госп.макс.}}, \text{ м}^3,$$

$$W_{\text{пож}} = \frac{Q_{\text{пож}} \tau}{1000} = \frac{10 \cdot 60}{1000} Q_{\text{пож}} = 0.6 Q_{\text{пож}}, \text{ м}^3.$$

При розрахунку НПЗ витрати води на душеві потреби та на миття підлоги не враховують.

У тому випадку, коли забір води на зовнішнє пожежога-сіння здійснюється від водоймищ, а у будівлі є необхідність у влаштуванні об'єднаного протипожежного водопроводу, об'єм води для НПЗ визначається із умови роботи одного пожежного крана протягом однієї години за звичайних витрат води на господарчо-питні та виробничі потреби.

У населених пунктах сільської місцевості у баках водонапірних башт зберігається запас води на три години гасіння пожежі (СНиП 2.04.02-84\*).

При загальній водонапірній башті для водопостачання підприємства та населеного пункту при ньому протипожежний запас води слід приймати за найбільшими витратами її тільки на підприємстві або тільки у населеному пункті.

Регулюючий об'єм бака башти визначається на основі аналізу водоспоживання та подачі насосної станції. На рис. 5.1 показані сумісні графіки водоспоживання та режиму роботи насосної станції. Для рівномірності та нерівномірності роботи складаємо таблицю 5.3.

У графу 1 внесені години доби; 2 – витрати води у місті; 3 та 7 – кількість води, що подається насосами; 4 та 8 – постачання води до бака, 5 та 9 – витрати води із бака, 6 та 10 – залишок води у баці. Дані у графах 6 та 10 одержують шляхом знаходження суми між кількістю води у баці та кількістю води, що подається до нього за поточну годину, або за виключенням із його об'єму тієї кількості води, що забирається за поточну годину.

Регулюючий об'єм бака визначається як сума абсолютних значень найбільших “+” та “-” цифр графі 6 та 10, у залежності від режиму роботи насосної станції НС-II.

Таблиця 5.3 - Визначення регулюючого об'єму бака водонапірної башти

Години доби	Витрати води у місті, % від добового	Рівномірна робота насосів				Нерівномірна (ступенева) робота насосів			
		Подача насосами, % від добового	Надходження у бак, %	Витрати води з бака, %	Залишок у баці, %	Подача насосами, % від добового	Надходження у бак, %	Витрати води з бака, %	Залишок у баці, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-1	1,57	4,17	2,6	-	2,6	3	1,43	-	1,43
1-2	1,57	4,17	2,6	-	5,2	3	1,43	-	2,86
2-3	1,26	4,16	2,9	-	8,1	3	1,74	-	4,6
3-4	1,26	4,17	2,91	-	11,01	3	1,74	-	6,34
4-5	1,88	4,17	2,29	-	13,30	3	1,12	-	7,46
5-6	3,67	4,16	0,49	-	13,79	3	-	0,67	6,79
6-7	3,67	4,17	0,5	-	14,29	3	-	0,67	6,12
7-8	5,49	4,17	-	1,32	12,97	5,5	0,01	-	6,13
8-9	5,8	4,16	-	1,64	11,33	5,5	-	0,3	5,83
9-10	5,8	4,17	-	1,63	9,7	5,5	-	0,3	5,53
10-11	6,3	4,17	-	2,13	7,57	5,5	-	0,8	4,73
11-12	6,3	4,16	-	2,14	5,43	5,5	-	0,8	3,93
12-13	6,3	4,17	-	2,13	3,3	5,5	-	0,8	3,13
13-14	6,12	4,17	-	1,95	1,35	5,5	-	0,62	2,51
14-15	5,8	4,16	-	1,64	-0,29	5,5	-	0,3	2,21
15-16	5,8	4,17	-	1,63	-1,92	5,5	-	0,3	1,91
16-17	5,49	4,17	-	1,32	-3,24	5,5	0,01	-	1,92
17-18	5,16	4,16	-	1,0	-4,24	5,5	0,34	-	2,26
18-19	5,19	4,17	-	0,99	-5,23	5,5	-	1,66	0,6
19-20	4,31	4,17	-	0,14	-5,37	3	-	1,31	-0,71
20-21	4,31	4,16	-	0,15	-5,52	3	-	1,31	-2,02
21-22	2,51	4,17	1,66	-	-3,86	3	0,49	-	-1,53
22-23	2,51	4,17	1,66	-	-2,2	3	0,49	-	-1,04
23-24	1,96	4,16	2,2	-	0,00	3	1,04	-	0,00

У відповідності до табл.5.3, регулюючий об'єм бака башти дорівнює  $W_{\text{рег}} = 14,29 + 5,52 = 19,81\%$  від добових витрат води при рівномірній роботі насосів та  $W_{\text{рег}} = 7,46 + 2,02 = 9,48\%$  - при нерівномірній їх роботі.



Таким чином, нерівномірний режим роботи насосів для прийнятого режиму водоспоживання є найбільш економічним, тому що при цьому зменшується ємність бака, тобто будівельна вартість водонапірної башти. При проектуванні  $W_{рег}$  приймають у розмірі 10% від добового водоспоживання.

Визначивши необхідну ємність бака, за таблицею 5.4 вибирають типовий проект водонапірної башти.

У звичайний час водонапірна башта зберігає НПЗ. У разі пожежі подача води до башти припиняється, та одночасно вмикаються пожежні насоси, що працюють на зовнішню протипожежну мережу.

Таблиця 5.4 - Основні дані типових водонапірних башт

Типовий про-ект	Кількість баків	Місткість баку, м <sup>3</sup>	Висота розміщення бака, (напір), м
4-18-664	3	100,200,300	28,32,36
901-5 12/70	1	500	41
901-5 26/70	1	300	21,24,30,36,42
901-5 28/70	1	800	24,30,36
901-5 14/70	1	15	6,9
901-5 9/70	1	150	18,24
901-5 20/70	1	12	9,12,15,18,21
901-5 21/70	1	50	9,12,15,18,21,24,27
901-5 22/70	1	100	9,12,15,18,21,24
901-5 23/70	1	200	9,12,15,18,21,24
901-5 24/70	1	300	15,18,21,24,30
901-5 25	1	500	15,18,21,24,30
901-5 13/70	1	15	6, 9
901-5 15/70	1	25	12
901-5 16/70	1	50	18

Розглянемо принцип дії водонапірної башти (рис. 5.3).

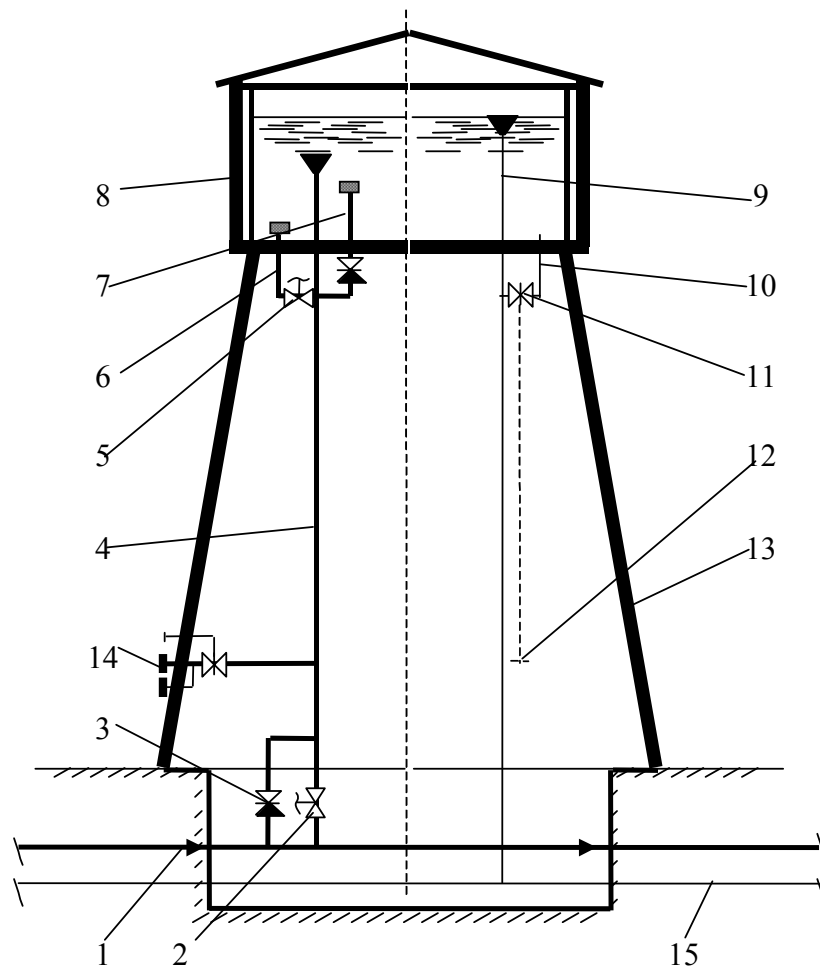


Рис. 5.3 – Схема водонапірної башти:

1 – водопровідна мережа; 2, 5 – електрозасувки; 3 - зворотній клапан; 4 - постачально-відвідний трубопровід; 6 – трубопровід забору недоторканого запасу води; 7 - трубопровід забору регулюючого запасу води; 8 – шатро; 9 - переливна труба; 10 - грязьова труба; 11 – засувка; 12 – руль управління засувкою; 13 – ствол башти; 14 - патрубки для приєднання пожежної техніки; 15 – каналізаційна мережа.

Постачання води із водопровідної мережі 1 до бака та відбір води із нього відбувається по постачально-відвідному трубопроводу 4. Для забору регулюючого запасу використовується трубопровід 7, забірний пристрій якого знаходиться вище рівня недоторканого запасу води у баці. НПЗ води забирається з башти трубопроводом 6 на якому розташована електрична засувка 5, що відкривається одночасно із пуском пожежного насоса. Водонапірний бак має грязьову трубу 10, переливну трубу 9, які

з'єднуються із каналізаційною мережею 15. Вимикає водонапірну башту при пожежі зворотній клапан 3 та електрична засувка 2, 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 14, які обладнані засувкою з управлінням ззовні

Водонапірні башти виконують із залізобетону, металу, цегли та інших матеріалів. Дерев'яні башти застосовують на об'єктах тимчасового призначення, у сільській місцевості, при невеликих об'ємах води у баці. Висота башт – до 40 м (до дна бака), об'єм – до 800 м<sup>3</sup>, кількість баків на башті до трьох, що дає можливість обслуговування системи водопостачання із різноманітним тиском.

### **Визначення висоти водонапірної башти**

Висота водонапірної башти визначається із умови порівняння гідростатичного тиску, що створює башта, та втрат напору у водопровідній мережі, підйому води на розрахункову висоту, а також створювання вільного тиску у диктуючій точці.

Згідно із рівнянням Д. Бернуллі, для перерізів б та в (рис.5.4):

$$z_{В.Б.} + H_{В.Б.} + \frac{v_{б}^2}{2g} = z_{д.т.} + H_{В.} + \frac{v_{В.}^2}{2g} + \sum h_{б.в.},$$

де  $\sum h_{б.в.}$  – сумарні місцеві та лінійні втрати напору у місцевих опорах,  $\sum h_{б.в.} = 1,05h_c$ .

У рівнянні зневажаємо  $v_{В.}$  та  $v_{б}$  через їх малий розмір.

Тоді формула для визначення висоти водонапірної башти матиме вигляд:

$$H_{В.Б.} = 1,05h_c + H_{В.} + (z_{д.т.} - z_{В.Б.}),$$

де 1.05 – коефіцієнт, що враховує втрати напору у місцевих опорах;

$h_c$  – втрати напору у мережі;

$H_{В.}$  – вільний тиск біля диктуючої точки водопровідної мережі (10 м для одноповерхової будівлі та на кожний поверх вище за перший додається ще 4 м);

$Z_{Д.Т.}$  та  $Z_{В.Б.}$  – різниця геодезичних відміток диктуючої точки та місця розміщення водонапірної башти.

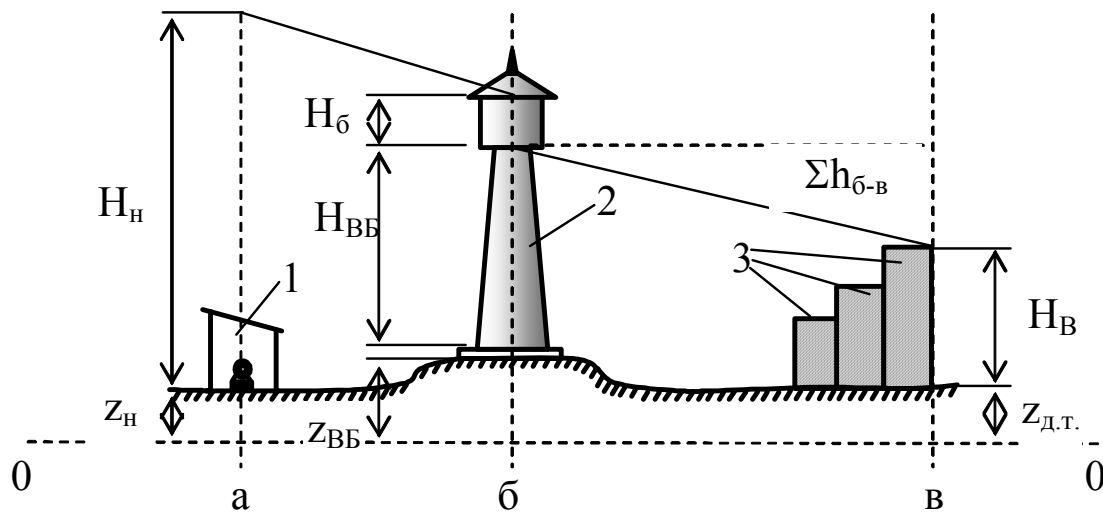


Рис. 5.4 – Визначення висоти водонапірної башти:  
1 – насосна станція; 2 – водонапірна башта; 3 – водоспоживачі.

### 5.2.2 Проектування гідроколон

Гідроколону (рис. 5.5) призначена, головним чином, для зберігання аварійного запасу води, наприклад, у системах водопостачання металургійних комбінатів, створення напору мережі та регулювання нерівномірності водоспоживання. Це вертикальна залізобетонна або сталева ємність у вигляді циліндра, висота якої дорівнює висоті водонапірної башти.

На відміну від водонапірної башти, гідроколону повністю заповнена водою. Однак корисний її об'єм – це тільки верхня частина, розміщена на висоті, яка відповідає розрахунковому вільному тиску у водопровідній мережі. Ця частина гідроколони звичайно використовується як регулюючий об'єм, а у низу (споді) зберігається недоторканий пожежний запас води, яка подається до місця пожежі стаціонарними або пересувними насосами.

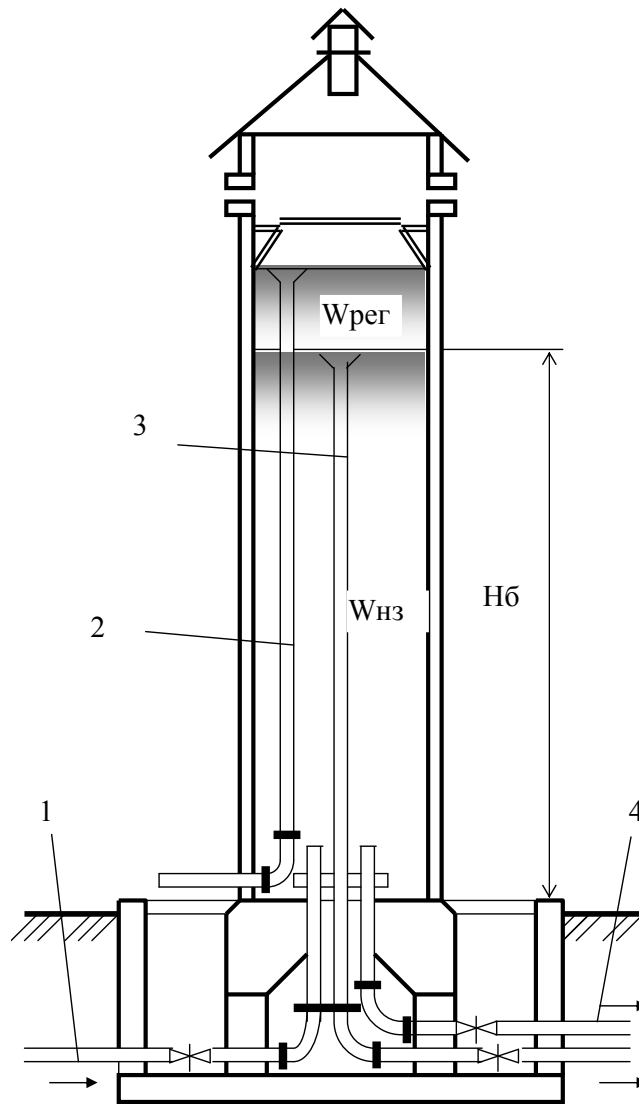


Рис. 5.5 - Гідроколони:

1 – водопровідна мережа; 2 – переливна труба; 3 – господарчо-питний трубопровід; 4 – пожежний трубопровід.

### 5.2.3 Гідропневматична установка

В тих випадках, коли неможливо використовувати водонапірні башти або гідроколони необхідно встановлювати гідропневмоустановки (ГПУ), які прості по конструкції, зручні та гігієнічні в експлуатації, а також не потребують великих капітальних затрат. Гідропневматичні установки призначені для регулювання нерівномірності водоспоживання та створення тиску в водопровідній мережі.

Необхідний тиск створюється здійсненням напору стиснутого повітря на поверхню води в герметично закритих сталевих резервуарах.

Пневматичні установки можуть бути змінного або постійного тиску.

**Гідропневмоустановки зі змінним тиском** (рис.5.6) використовуються найчастіше. Вона складається з двох герметичних резервуарів - повітряного 1 та водяного 6; перепускного трубопроводу 3, що з'єднує резервуари 1 та 6; вентиля 4, що встановлений на перепускному трубопроводі 3; компресора 2, який наповнює резервуар з повітрям 1; поплавкового клапана 7, який встановлений в водяному резервуарі 6 для запобігання повного спорожнювання та падання повітря в водопровідну мережу; зворотнього клапана 5, який встановлений в кінці перепускного трубопроводу 3, та запобігає попаданню води в повітряний резервуар; електроконтактних манометрів, що здійснюють контроль за тиском в мережі та дають сигнал на вмикання пожежних насосів.

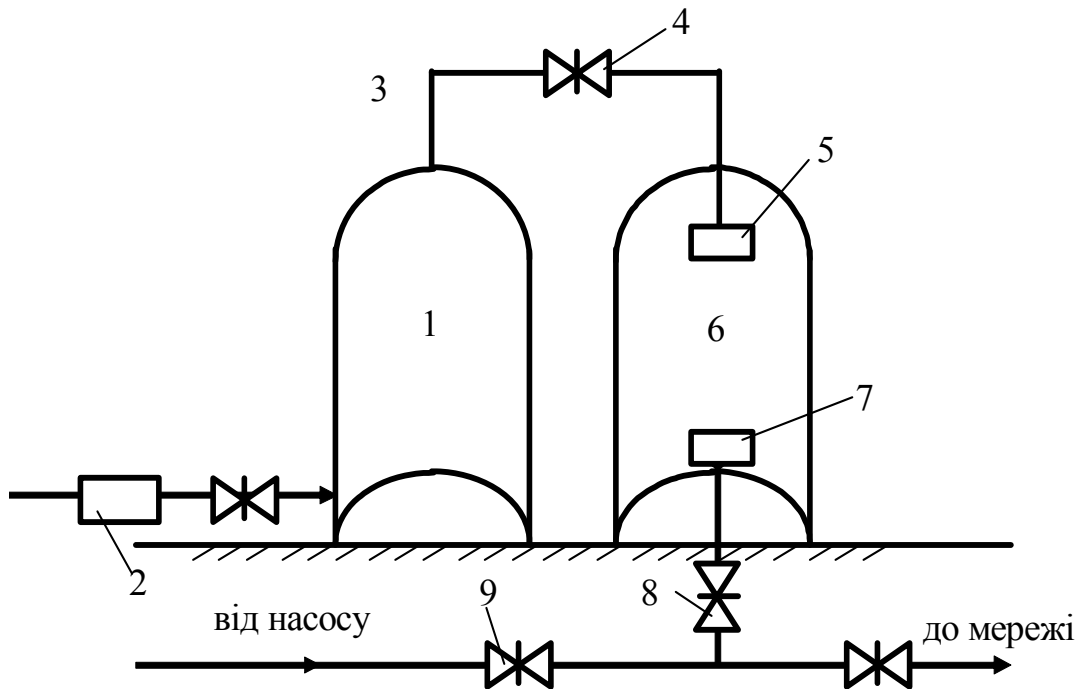


Рис. 5.6 – Схема гідропневмоустановки зі змінним тиском:

1 – повітряний резервуар; 2 – компресор; 3 – перепускний трубопровід; 4 – вентиль; 5 – зворотній клапан; 6 – водяний резервуар; 7 – поплавковий клапан; 8; 9 - засувки.

Для приведення в дію ГПУ необхідно відкрити засувку 8 та вентиль 4; заповнити водою резервуар 6 та закрити засувку 8. Після цього компресором накачують повітря до резервуару 1 до максимального розрахункового тиску. Відчинивши засувки 8 та

9, пускають установку в дію. Вода буде витіснятися стиснутим повітрям у водопровідну мережу. За мірою витрат води тиск повітря у резервуарах знижується і у момент посадки клапана 7 буде мінімальним. Таким чином, ГПУ працює під змінним тиском повітря - від  $P_{\text{макс.}}$  до  $P_{\text{мін.}}$ .

Під час експлуатації частина повітря розчинюється в воді, а частина – втрачається крізь нещільності в з'єднаннях, тому один - два рази на місяць здійснюють підзарядку установки повітрям за допомогою компресору 2.

В невеликих установках може використовуватися лише один повітряно – водяний резервуар.

**Гідропневмоустановки з постійним тиском (рис.5.7)**  
Стиснуте повітря забезпечує постійний тиск в системі в незалежності від коливання рівня води в резервуарі, що досягається встановленням редуційного клапана 3 на перепускну трубопроводі або на трубопроводі, що подає воду до установки.

Для підтримування постійного тиску в пневматичній установці компресор в основному працює постійно, поповнюючи запас повітря, що випускається з системи при підвищенні тиску через регулятор тиску.

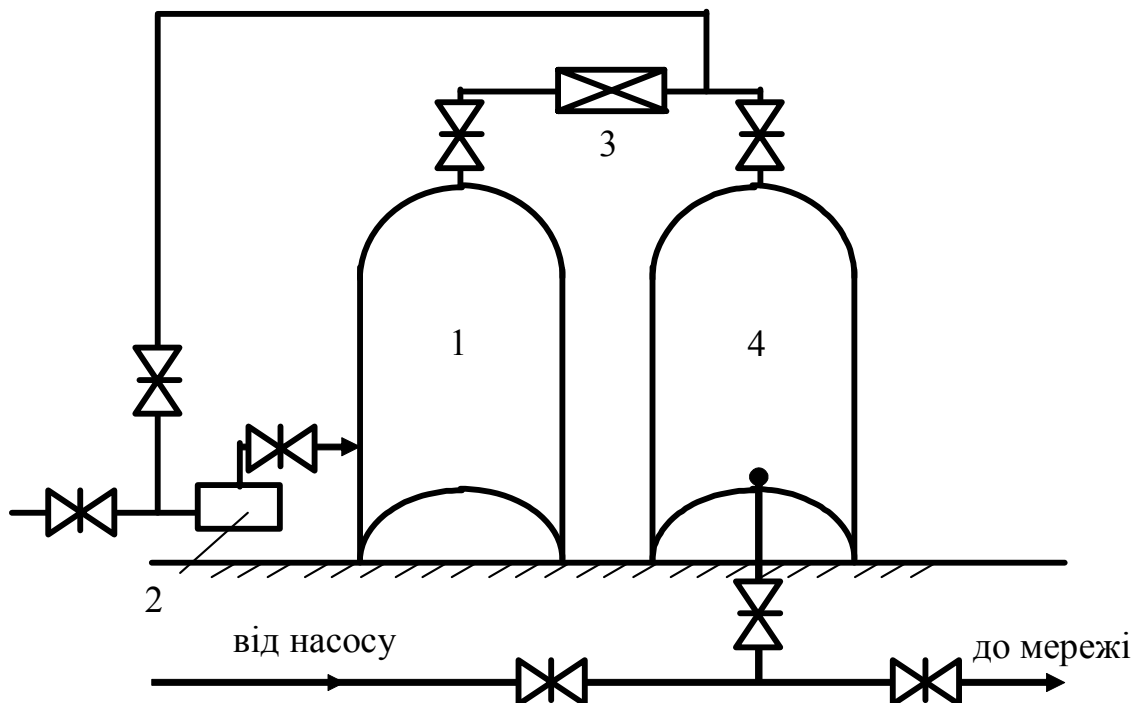


Рис. 5.7-Схема гідропневмоустановки з постійним тиском:  
1 – повітряний резервуар; 2 – компресор; 3 – редуктор;  
4 – водяний резервуар.

*Контрольні питання та завдання*

1. Як визначити об'єм резервуара чистої води?
2. На який час гасіння пожежі розраховується водонапірна башта, як визначити її висоту?
3. Як забрати воду на пожежогасіння з РЧВ, ВБ?
4. Назвіть типи гідропневмоустановок та умови їх використання.



## ГЛАВА 6. НАСОСНІ СТАНЦІЇ

Насосні станції 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 їх призначення.

### 6.1 Класифікація насосних станцій

**1. За призначенням** НС поділяються на НС першого (НС-I) та другого (НС-II) підйомів, підвищуючі, циркуляційні. НС-I подають воду до очисних споруд від джерела водопостачання, а у тому випадку, коли очистка не потрібна, безпосередньо до резервуарів чистої води (РЧВ), водонапірної башти, розподільчої водопровідної мережі, інших споруд, у залежності від схеми водопостачання. НС-I можуть бути об'єднаними із водоприймальними спорудами або розміщуватися в окремій будівлі.

Частіше їх розташовують нижче рівня землі, щоб не перевищувати максимальної висоти всмоктування насосів. Для зручності розміщення обладнання, трубопроводів та іншого вони будуються у формі прямокутника. На НС-I доцільно влаштовувати не менше 2-х робочих насосів. Кількість резервних насосів визначається категорією надійності насосної станції згідно СНиП 2.04.02-84\*.

Якщо у схемі водопостачання відсутні очисні споруди, продуктивність роботи НС-I розраховують на повні витрати води на пожежогасіння, максимальні витрати води на господарчо-питні та виробничі потреби. При цьому не враховують витрати води на полив території, миття підлог та промислового обладнання.

НС-II призначені для постачання 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 (району, міста, окремої забудови). Крім того, ПНС влаштовують у будівлях підвищеної поверховості для збільшення тиску води у системі водопостачання.

Циркуляційні НС використовують у зворотних системах водопостачання промислових підприємств. При цьому частина насосів подає воду на промислові потреби, а інші - відпрацьовану воду до очисних споруд або на охолодження.

**За розміщенням НС** відносно рівня землі – наземні, заглиблені, шахтного типу. Найбільш надійні насосні станції при їх влаштуванні на нульовій відмітці.

**За розміщенням насосів** – із вертикальним або горизонтальним розташуванням обладнання.

**За рівнем використання систем автоматичного управління** насосними станціями – часткове або повне автоматичне управління роботою насосних станцій.

**За надійністю роботи НС** поділяються на три категорії (СНиП 2.04.02-84\*):

- першої категорії надійності – допускається зниження подачі води на господарчо-питні потреби не більше 30% розрахункової витрати і на виробничі потреби за аварійним графіком роботи підприємств; тривалість зниження подачі не повинна перебільшувати трьох діб. Перерва в подачі води або зниження подачі нижче зазначеної межі допускаються на час вимикання ушкоджених і включення резервних елементів системи (устаткування, арматури, споруджень, трубопроводів і ін.), але не більше ніж на 10 хвилин;

- другої категорії надійності — величина зниження подачі води така сама, що й при I категорії; тривалість зниження подачі не повинна перевищувати десять діб. Перерва в подачі води або зниження подачі нижче зазначеної межі допускаються на термін вимикання ушкоджених і включення резервних елементів або проведення ремонту, але не більше ніж на 6 годин;

- третьої категорії надійності — величина зниження подачі води така сама, що й при I категорії; тривалість зниження подачі не повинна перевищувати п'ятнадцять діб. Перерва в подачі води або зниження подачі нижче зазначеної межі допускається на термін проведення ремонту, але не більше ніж на 24 годин.

## 6.2 Конструкція та експлуатація насосних станцій

В об'єднаних водопроводах низького тиску влаштовують групу насосів, що забезпечують усі потреби, у тому числі і протипожежні. Однак, якщо вони не забезпечують розрахункового тиску, необхідного для гасіння пожежі, додатково використовують пожежні насоси.

В об'єднаних водопроводах низького тиску, коли підвищується тиск у мережі на час гасіння пожеж, на НС влаштовують групу господарчо-питних (виробничих) та спеціальну групу пожежних насосів.

Будівлі НС виконують із залізобетону, бетону, цегли. Насоси та труби 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 у кінці – вакуумметр. При виключенні однієї лінії всмоктування, інші повинні пропускати повні витрати води для I та II категорії надійності НС та 70% розрахункових витрат для III категорії надійності.

Насоси влаштовують “під залив”.

Якщо відцентрові насоси приєднані до міської водопровідної мережі, то вони постійно знаходяться під тиском.

Підбір насосів виконують за характеристиками із урахуванням різноманітних режимів водоспоживання. За відомих розрахункових витрат води, тиску, висоти всмоктування за характеристиками, зазначеними у таблиці 6.1, вибираємо марку насоса із урахуванням ККД, швидкості обертів вала насоса та можливості паралельної роботи декількох насосів.

Якщо у насосній станції влаштована 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 НПЗ з резервуарів.

Таблиця 9.1 - Характеристики насосів

Марка насоса	Подача		Повний напір, м	Вакуумметрична висота всмоктування, м	Потужність на валу насоса, кВт	Частота обертання, об/хв
	м <sup>3</sup> /год	л/с				
2К-6	10-30	2,8-8,4	34,5-24	8,7-5,7	1,8-3,1	3000
2К-66	10-25	2,8-7	22-16,4	8,7-7,6	1,2-1,7	3000
3К, 3КМ-6	30,6-61	8,6-17	58-45	7-4,5	8,8-12,5	3000
3К-6а, 3КМ-6а	27,7-56	7,7-15,6	47-33,5	7-4,5	6,7-9	3000
3К-9	30-54	8,4-15	34,8-27	7-2,9	4,6-5,8	3000
4К-6	65-117	18,1-32	98-72	6,2-3,5	29-38,2	3000
4К-12, 4КМ-12	65-112	18,1-31,2	40-27,5	6,5-3,5	9,8-12	3000
4К-18	60-100	16,7-28	25,7-18,9	5,4-4,2	5,6-6,7	3000
4К-18а	50-90	14-25	20,7-14,3	5,4-5,2	3,9-4,7	3000
6К-8	122-198	34-55	36,5-28	6,5-5,5	16,5-20,7	1500
6К-86	106-170	29-43	26-18	6,5-5,5	10,9-14	1500

Марка насоса	Подача		Повний напір, м	Вакуумметрична висота всмоктування, м	Потужність на валу насоса, кВт	Частота обертання, об/хв
	м <sup>3</sup> /год	л/с				
6К-12а	108	30	18	6,8	6,8	1500
6КМ-12а	165	46	14	5,5	8,5	1500
4НДВ-60	180-150	50-42	97-104	2-3,3	75	3000
	108-90	30-25	22-24	6,5	14	1500
5НДВ-60	180-125	50-35	26-30	6,8-7,3	30	1500
	250-150	70-42	31-40	4,6-7	40-30	1500
6НДВ-60	360-216	100-60	32-42	4-5,5	55	1500
	360-250	100-70	46-54	4-5	75-55	1500

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 баку водонапірної башти, резервуарів або баків гідропневматичних установок.

Згідно СНиП 2.04.02-84\* для безперервної подачі води на пожежогасіння 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 6.2).

Таблиця 6.2 - Визначення кількості резервних насосів

Кількість робочих насосів (разом із пожежними)	Кількість резервних насосів для різних категорій надійності		
	I	II	III
1	2	1	1
2-3	2	1	1
4-6	2	2	1
7-9	3	3	2
10 та більше	4	4	3

Влаштування пожежних насосів без резервних агрегатів дозволяється у населених пунктах із витратами води на зовнішнє пожежогасіння до 20 л/с та на промислових підприємствах із категорією пожежної небезпеки Г та Д із виробничими будівлями I та II ступенів вогнестійкості.

Сучасні насосні станції управляються за допомогою засобів автоматизації 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 влаштовують резервні трансформатори, які на 100% замінюють існуючі.

Якщо для приведення в дію насосів використовують двигуни внутрішнього згорання, то в НС додатково влаштовують

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 із межею вогнестійкості не менше ніж дві години.

Приміщення насосних станцій повинні бути обладнані первинними засобами пожежогашіння: пожежними кранами та вогнегасниками. Якщо насосна станція обладнана низьковольтними пристроями, то в ній повинні зберігатися два ручних пінних вогнегасники, а при двигунах внутрішнього згорання потужністю до  $2,2 \cdot 10^2$  кВт – чотири вогнегасники. У НС при обладнанні високовольтними пристроями або двигунами внутрішнього згорання більш ніж  $2,2 \cdot 10^2$  кВт необхідно додатково два вуглекислотних вогнегасники, бочку із водою ємністю не менше 250 л, азбестове полотно або кошму розміром 2x2 м.

Насосні станції для підвищення тиску у мережі аналогічні по характеристикам НС-II.

### 6.3 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 має на увазі використання на станції надлишкових елементів. Наприклад, резервних насосів, трубопроводів, запірної - 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 запірної - 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, ніж основні, 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 заміни обладнання різного призначення. Наприклад, при проектуванні господарчо-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.

Треба мати також на увазі, що підвищення надійності роботи НС потребує збільшення затрат на будівництво та експлуатацію. Тому кратність резерву обґрунтовують техніко-економічними розрахунками.

Таким чином, можливо сформулювати основні вимоги забезпечення надійності насосних станцій.

1) Влаштування резервних насосів.

При цьому треба мати на увазі:

а) до робочих агрегатів на НС-II низького тиску додають протипожежні насоси;

б) при розміщенні тільки пожежних насосів або для об'єднаних протипожежних водопроводів високого тиску необхідно мати резервні насоси;

в) влаштування протипожежних насосів без резервних дозволяється для населених пунктів з витратами води на



зовнішнє пожежогасіння до 20 л/с і промислових підприємств із категорією пожежної небезпеки Г та Д, I та II ступеня вогнестійкості виробничих будівель зі стінами, що не згорають.

2) Протипожежні 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 влаштування 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.

Влаштування однієї всмоктувальної мережі дозволяється для III категорії надійності та пожежних насосних станцій при розміщенні одного робочого протипожежного насоса.

При розміщенні у насосних станціях I та II категорії надійності спеціальних пожежних насосів (на насосних станціях високого тиску) ці насоси мусять мати окремі всмоктуючі лінії.

4) Трубопроводи у насосних станціях, повинні бути сталевими.

5) Для вибору діаметрів труб та арматури слід керуватися швидкістю води у трубах (табл.6.3).

Таблиця 6.3 - Швидкість руху води у трубах в залежності від їх діаметра

Діаметри труб, мм	Швидкість руху води у трубах НС, м/с	
	всмоктуючий	напірний
до 250	0,7 – 1,0	1 – 1,5
від 300 до 800	1,0 – 1,5	1,2 – 2
більше 800	1,5 – 2	1,8 – 3

6) Напірна лінія кожного насоса мусить бути обладнана запірною арматурою та зворотними клапанами, що встановлюється 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 запірні арматури усіх діаметрів при автоматичному керуванні має відповідний привід.

Розміщення запірної арматури на напірних та всмоктуючих лініях повинна забезпечити можливість заміни або ремонту кожного із насосів, зворотних клапанів, а також основної запірної арматури із забезпеченням безперервного водопостачання:

- на пожежогасіння – повністю;
- на господарчо-питні потреби – 70% розрахункових витрат для НС I та II категорії надійності;
- на виробничі потреби – за аварійним графіком.

### *Контрольні питання та завдання*

1. За якими признаками класифікують насосні станції?
2. Чим забезпечується надійна робота насосних станцій?
3. Як визначити кількість та тип резервних насосів?
4. Яке обладнання необхідно передбачати у насосній станції?

## ГЛАВА 7. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ

Метою гідравлічного розрахунку водопровідних мереж є:

- визначення економічно обґрунтованих діаметрів труб, які забезпечують пропуск всіх необхідних витрат води, а також подачу води на пожежогасіння,
- визначення втрат напору у мережі для проектування напірних та запасних споруд.

Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі об'єднаного водопроводу здійснюють при двох режимах її роботи:

1. у звичайний час, тобто при постачанні розрахункових витрат води  $Q_{\text{розр}}$  на господарчо – питні  $Q_{\text{Г-П}}$ , промислові  $Q_{\text{вир}}$ , душові потреби  $Q_{\text{душ}}$

$$Q_{\text{розр}} = Q_{\text{Г-П}} + Q_{\text{вир}} + Q_{\text{душ}}. \quad (7.1)$$

2. При пожежі, коли водопровідна мережа повинна додатково забезпечити пропуск води на пожежогасіння  $Q_{\text{пож}}$ , при цьому витрати води на душ не враховують:

$$Q_{\text{розр}}^{\text{пож}} = Q_{\text{Г-П}} + Q_{\text{вир}} + Q_{\text{пож}}. \quad (7.2)$$

### 7.1 Послідовність розрахунку зовнішньої водопровідної 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.

Для кожного вузла повинен виконуватися перший закон Кірхгофа: сума витрат води у вузлі повинна дорівнювати нулю, якщо вхідні витрати води до вузла умовно прийняти за позитивні, а вихідні з вузла – за негативні:  $\sum q = 0$ .

Виходячи з цього, витрати води розрахункової ділянки визначають як суму вузлових витрат вищерозташованого вузла (за напрямком руху води) та витрат ділянок, що прилягають до цього вузла:

$$q_{i-j} = q_j + \sum_{k=0}^{\infty} q_{j-k}, \quad (7.3)$$

де  $q_{i-j}$  - витрати води на ділянці, що розташована між вузлами  $i$  та  $j$ , л/с;

$q_j$  - витрати води вузла  $j$ , яким закінчується ділянка  $i-j$ , у відношенні до напрямку руху води, л/с;

$\sum_{k=0}^{\infty} q_{j-k}$  - сумарні витрати води ділянок, що прилягають до вузла  $j$  та знаходяться вище нього за напрямком руху води, л/с.

Визначення витрат води на ділянках мережі починають з диктуючої точки та закінчують точкою живлення мережі.

Диктуюча точка – це точка мережі, яка найбільш віддалена від джерела водопостачання або знаходиться на самій високій 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.

За визначеними витратами води по ділянках розраховують діаметри труб за формулою:

$$d_{i-j} = \sqrt{\frac{4q_{i-j}}{\pi v}},$$

де  $q_{i-j}$  – витрати води на розрахунковій ділянці;

$v$  - швидкість руху води.

Діаметр труб вибирається з урахуванням оптимальної швидкості руху води, за якої тверді суміші не відкладаються на стінках труб, а також зменшення витрат на монтажні та експлуатаційні роботи. Величина швидкості руху води при звичайній роботі водопроводу приймається для малих діаметрів труб 0,7 – 1,2 м/с, а для великих - 1 – 1,5 м/с. При роботі мережі під час пожежі швидкість руху води в трубах не повинна перевищувати 2 – 2,5 м/с. При цьому вибір діаметрів труб здійснюється лише при розрахунку мережі до пожежі, тому що для об'єднаного водопроводу одна і та сама мережа подає воду при двох режимах її роботи. При подачі пожежних витрат води збільшуються втрати напору в мережі; якщо діаметри труб визначені без урахування цього, втрати напору будуть дуже великими, що неприпустимо. Для запобігання цьому визначені до пожежі діаметри труб перевіряють на можливість пропуску пожежних витрат води; при цьому швидкість руху води в трубах не повинна перевищувати зазначених величин, тобто

$$v_{i-j} = \frac{4q_{i-j}}{\pi d_{i-j}^2} \leq 2,5 \text{ м/с}$$

Якщо при розрахунку ці умови не виконуються, необхідно збільшити діаметри труб та повторити перевірку.

При розрахунку діаметрів труб можна використовувати таблицю 7.1.

Розраховують втрати напору на ділянках мережі так:

$$h_{i-j} = A l_{i-j} q_{i-j}^2 = S_{i-j} q_{i-j}^2,$$

де  $A$  – питомий опір труб;

$S_{i-j} = A l_{i-j}$  – опір трубопроводу довжиною  $l_{i-j}$  (таблиця 7.2);

$l_{i-j}$  - довжина розрахункової ділянки, м.

Втрати напору у місцевих опорах зовнішньої водопровідної мережі становлять до 5 % від втрат напору по довжині трубопроводу, тому загальні втрати визначають  $h_{i-j}^{заг} = 1,05 \cdot h_{i-j}$ .

Таблиця 7.1-Визначення діаметрів труб за швидкістю руху води

Витрати, л/с	Внутрішній діаметр d, мм							
	100	125	150	200	250	300	350	400
1	0,13							
2	0,245							
3	0,37	0,24						
4	0,49	0,315	0,22					
5	0,61	0,39	0,274					
6	0,73	0,47	0,33					
7	0,86	0,55	0,384	0,217				
8	0,98	0,63	0,44	0,248				
9	1,1	0,71	0,493	0,279				
10	1,22	0,79	0,548	0,31				
12	1,47	0,94	0,66	0,37	0,24			
14	1,71	1,1	0,77	0,434	0,278			
16	1,96	1,26	0,88	0,5	0,32	0,22		
18	2,2	1,42	0,99	0,56	0,36	0,247		
20	2,45	1,52	1,1	0,62	0,4	0,2785	0,205	
22	2,69	1,73	1,21	0,68	0,44	0,3	0,226	
24	2,94	1,89	1,32	0,74	0,48	0,33	0,246	
26	-	2,05	1,43	0,81	0,52	0,357	0,267	0,206
28	-	2,2	1,53	0,87	0,56	0,385	0,287	0,22
30	-	2,36	1,64	0,93	0,6	0,41	0,308	0,237
32	-	2,52	1,75	0,99	0,64	0,44	0,328	0,253
34	-	2,68	1,86	1,05	0,68	0,467	0,349	0,269
36	-	2,83	1,97	1,12	0,72	0,495	0,369	0,285
38	-	2,99	2,08	1,18	0,76	0,52	0,39	0,3
40	-	-	2,19	1,24	0,84	0,55	0,41	0,316
42	-	-	2,3	1,3	0,86	0,58	0,43	0,33
44	-	-	2,41	1,36	0,88	0,6	0,45	0,35
46	-	-	2,52	1,43	0,92	0,63	0,47	0,36
48	-	-	2,63	1,49	0,95	0,66	0,49	0,38
50	-	-	2,74	1,55	0,99	0,69	0,51	0,395

Таблиця 7.2 - Значення опору S чавунних труб

Довжина трубопроводу	Значення опору для чавунних труб внутрішнього діаметра d, мм						
	100	125	150	200	250	300	350
50	0,015585	0,004836	0,0018555	0,0004046	0,0001264	0,000047425	0,000021825
100	0,03117	0,009672	0,003711	0,0008092	0,0002528	0,00009485	0,00004365
150	0,046755	0,014508	0,0055665	0,0012138	0,0003792	0,000142275	0,000065475
200	0,06234	0,019344	0,007422	0,0016184	0,0005056	0,0001897	0,0000873
250	0,077925	0,2418	0,0092775	0,002023	0,000632	0,000237125	0,000109125
300	0,09351	0,029016	0,011133	0,00242276	0,0007584	0,00028455	0,00013095
350	0,109095	0,033852	0,0129885	0,0028322	0,0008848	0,000331972	0,000152775
400	0,12468	0,038688	0,014844	0,0032368	0,0010112	0,0003794	0,0001746
450	0,140265	0,043524	0,0166995	0,0036414	0,0011376	0,000426825	0,000196425
500	0,15585	0,04836	0,018555	0,004046	0,001264	0,00047425	0,00021825
550	0,171435	0,053196	0,0204105	0,0044506	0,0013904	0,000521675	0,000240075
600	0,18702	0,058032	0,022266	0,0048552	0,0015168	0,0005691	0,0002619
650	0,202605	0,062868	0,0241215	0,0052598	0,0016432	0,000616525	0,000283725

Довжина трубопроводу	Значення опору для чавунних труб внутрішнього діаметра d, мм						
	100	125	150	200	250	300	350
700	0,21819	0,067704	0,025977	0,0056644	0,0017696	0,00066395	0,00030555
750	0,233775	0,07254	0,0278325	0,006069	0,001896	0,000711375	0,000327375
800	0,24936	0,077376	0,029688	0,0064736	0,0020224	0,0007588	0,0003492
850	0,264945	0,0822212	0,0315435	0,0068782	0,0021488	0,000806225	0,000371025
900	0,28053	0,087048	0,033399	0,0072828	0,0022752	0,00085365	0,00039285
950	0,296115	0,091884	0,0352545	0,0076874	0,0024016	0,000901075	0,000414675
1000	0,3117	0,09672	0,03711	0,008092	0,002528	0,0009485	0,0004365



## 7.2 Гідрравлічний розрахунок тупикової 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.7.1). Розрахунок починають з основної (магістральної) мережі, рухаючись навпроти потоку води від диктуючої точки до точки живлення мережі.

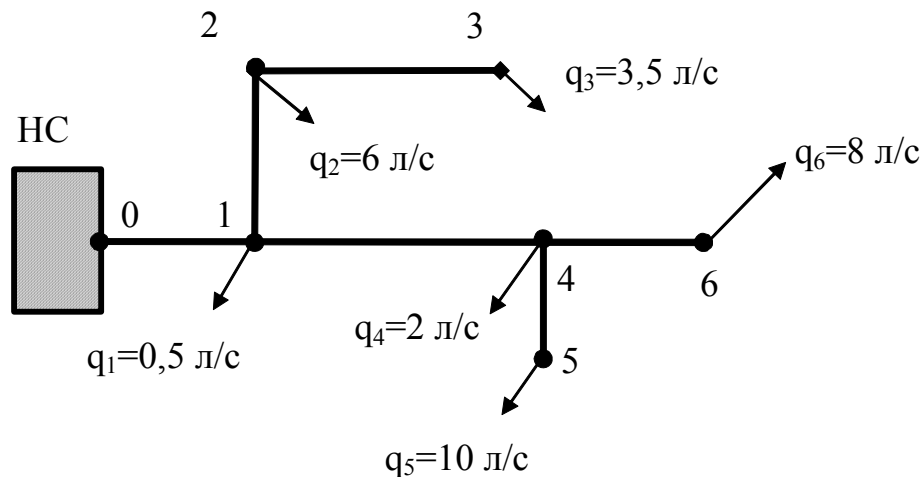


Рис. 7.1 - Розрахункова схема тупикової мережі:  
1 – 6 – точки відбору води.

Для цієї схеми розрахунковий напрямок буде: 6-4-1-0. На початку визначають розрахункові витрати води на кожній ділянці мережі (7.3):

$$q_{4-6} = q_6 = 8 \text{ л/с},$$

$$q_{4-5} = q_5 = 10 \text{ л/с},$$

$$q_{1-4} = q_4 + q_{4-6} + q_{4-5} = 2 + 8 + 10 = 20 \text{ л/с},$$

$$q_{2-3} = q_3 = 3,5 \text{ л/с},$$

$$q_{1-2} = q_2 + q_{2-3} = 6 + 3,5 = 9,5 \text{ л/с},$$

$$q_{0-1} = q_1 + q_{1-2} + q_{1-4} = 0,5 + 9,5 + 20 = 30 \text{ л/с}.$$

Розрахувавши витрати води, в залежності від швидкості руху води, за допомогою таблиці 7.1 приймають діаметри труб та визначають втрати напору для кожної ділянки мережі. Сума втрат напору магістральної частини від точки живлення мережі

до диктуючої точки складає втрати напору мережі:

$$h_M = \sum A l_{i-j} q_{i-j}^2.$$

З урахуванням втрат напору в місцевих опорах, для даного прикладу:

$$h_M = 1,05 \cdot (h_{4-6} + h_{1-4} + h_{0-1}).$$

### 7.3 Гідравлічний розрахунок кільцевої мережі

Розрахунок кільцевих водопровідних мереж значно складніший, ніж розрахунок тупикових, тому що діаметри труб визначаються за витратами води, але ці витрати не відомі; до того ж так само не відомі напрямки руху води на ділянках мережі. Тому розрахунок кільцевих водопровідних мереж проводиться методом послідовного приближення.

Розглянемо водопровідну мережу, яка складається із одного кільця (рис. 7.2).

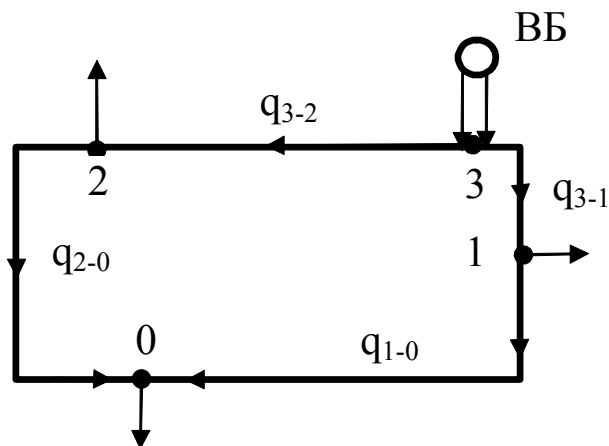


Рис. 7.2 – Розрахункова схема кільцевої водопровідної мережі:  
0-3 – точки відбору води.

На початку розрахунку вибираємо диктуючу точку, яка також буде точкою зустрічі потоків води. Виходячи з цього, задаємося можливим напрямком руху потоків. Точка зустрічі потоків, як правило, співпадає з точкою забору одних із максимальних витрат води, при цьому, ця точка є найбільш віддаленою. Припустимо, що точкою зустрічі потоків є точка 0, до неї від

точки 1 прямують витрати  $q_{0-1}$ , а від точки 2 – витрати  $q_{0-2}$ .

Тоді, враховуючи перший закон Кірхгофа та (7.3), витрати води у кільці визначаються таким чином:

$$q_0 = q_{0-1} + q_{0-2};$$

$$q_{2-3} = q_{0-2} + q_2;$$

$$q_{1-3} = q_{0-1} + q_1;$$

$$q_3 = q_{1-3} + q_{2-3}.$$

Знаючи вузлові витрати води, можливо знайти всі витрати на ділянках мережі. Для цього припустимо, що до точки 0 по ділянках 2-0 та 1-0 вода рухається в однаковій кількості, тобто

$$q_{0-1} = q_{0-2} = \frac{q_0}{2}.$$

За задалегідь розподіленими витратами води та економічно доцільними швидкостями (табл. 7.1) вибираємо діаметри труб та визначаємо втрати напору на кожній ділянці.

Після цього необхідно визначити втрати напору в півкільцях, які розділяють кільце за напрямками руху води, тобто кожне півкільце починається з точки живлення та закінчується точкою зустрічі потоків. Для даного прикладу (рис.7.2) перше півкільце складається з ділянок 3-1-0, а друге – з ділянок 3-2-0. Ділянки в півкільці між собою з'єднані послідовно, тому втрати напору в півкільці можна визначити як суму втрат напору на ділянках, що складають це півкільце, наприклад:

$$h_{3-1-0} = h_{3-1} + h_{1-0};$$

$$h_{3-2-0} = h_{3-2} + h_{2-0}.$$

Втрати напору в півкільцях повинні бути однаковими між собою, тому що лише за цих умов точкою зустрічі потоків може бути точка 0. Таким чином, для кожного кільця повинен виконуватися другий закон Кірхгофа: сума втрат напору в кільці повинна дорівнювати нулю, якщо прийняти за позитивні втрати напору у ділянках, де вода рухається у напрямку за годинниковою стрілкою, та за негативні втрати напору у ділянках, де вода рухається у напрямку проти годинникової стрілки:  $\Sigma h = 0$ .

Але на практиці не завжди можливе чітке виконання дру-

гого закону Кірхгофа, тому допускається перевищення втрат напору одного півкільця над іншим на величину нев'язки  $\Delta h$ , гранична величина якої повинна прийматися наступною:

- до пожежі до 0,5 м (за модулем),
- під час роботи мережі при пожежі до 1 м (за модулем).

Якщо таке співвідношення не виконується, то витрати води, що постачаються до нульової точки, задані не вірно. У цьому разі необхідно зменшити величину витрат води на перевантажених ділянках та збільшити на ту саму величину витрати води недовантажених ділянок, після чого зробити повторний розрахунок. Такий процес має назву “ув'язки” мережі методом послідовного приближення, а витрати води, що додаються або збираються від витрат води ділянок, є поправочними ( $\Delta q$ ).

Припустимо, що при розрахунку мережі, яка складається з одного кільця (рис.7.2), в півкільцях витрати води на ділянках постійні, тобто:

$$q_1 = q_2 = 0;$$

тоді витрати води:

- в першому півкільці:  $q_I = q_{0-1-3}$ ;

- в другому півкільці:  $q_{II} = q_{0-2-3}$ .

Нев'язка в кільці дорівнює:

$$\Delta h = h_I - h_{II} = S_I q_I^2 - S_{II} q_{II}^2.$$

Припустимо, що в результаті розрахунку була одержана позитивна величина, тобто втрати напору в першому півкільці більші за втрати напору у другому півкільці. А це свідчить за те, що перше півкільце перевантажене. Для усунення нев'язки необхідно перерозподілити навантаження в кільці - зменшити витрати води у першому півкільці на  $\Delta q$  та збільшити витрати у другому півкільці на ту саму величину. Тоді можна записати:

$$S_I (q_I - \Delta q)^2 = S_{II} (q_{II} + \Delta q)^2,$$

$$S_I (q_I^2 - 2q_I \Delta q + \Delta q^2) = S_{II} (q_{II}^2 + 2q_{II} \Delta q + \Delta q^2).$$

Розміром  $\Delta q^2$  зважаючи на її малість, порівняємо із іншим, можна зневажити. Після чого будемо мати

$$\Delta q = \frac{S_I q_I^2 - S_{II} q_{II}^2}{2(S_I q_I + S_{II} q_{II})} = \frac{\Delta h}{2(S_I q_I + S_{II} q_{II})},$$

тоді

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{2 \sum S q}.$$

Якщо мережа складається з трьох та більше кілець, як правило, одного поправочного розрахунку не достатньо, тобто величина нев'язки знов перевищує граничні значення. В такому випадку необхідно знов визначити величину поправочної витрати води та виконати наступний поправочний розрахунок. Так виконується розрахунок до того, поки не буде виконуватися другий закон Кірхгофа з урахуванням можливої величини нев'язки.

#### *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. Назвіть способи визначення діаметрів труб.

## ГЛАВА 8. СИСТЕМИ ТА СХЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

### 8.1 Класифікація систем водопостачання

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

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

Нормативні вимоги до водопостачання сформульовані у будівельних нормах СНиП 2.04.01–85\*, ДБН В.2.2-9-99, СНиП 2.04.02 – 84\*.

Системи водопостачання класифікуються за декількома ознаками.

**За надійністю подачі води** системи водопостачання розподіляються так саме, як насосні станції (див. главу 6), в відповідності з чим:

- до першої категорії надійності відносяться підприємства металургійної, нафтопереробної, нафтохімічної та хімічної промисловості, електростанції, господарчо–питні водопроводи населених пунктів із кількістю мешканців понад 50000 осіб;

- до другої категорії надійності – підприємства вугільної, гірсько – рудної, нафтопереробної, машинобудування та інших видів промисловості, господарчо–питні водопроводи населених пунктів із кількістю мешканців до 50000 осіб та групові сільськогосподарські водопроводи;

- до третьої категорії надійності – дрібні промислові підприємства, системи зрошення сільськогосподарських угідь, господарчо–питні водопроводи у населених пунктах із кількістю мешканців до 500 осіб.

**За призначенням** системи водопостачання поділяють на:

- господарчо–питні, які призначені для постачання води на господарчі та питні потреби населення та працівників промислових підприємств;

- виробничі, які подають воду на виробництво;

- протипожежні, які забезпечують водопостачання на пожежогасіння;

- об'єднані системи водопостачання: господарчо–протипожежні, виробничо – протипожежні або господарчо–виробничо-протипожежні.

У містах та населених пунктах найчастіше влаштовують об'єднані господарчо–питні водопроводи. Цими водопроводами вода подається до промислових підприємств, якщо вони споживають у невеликих розмірах питну воду.

При великих витратах води промислові підприємства мають самостійні водопроводи, які забезпечують підприємство водою як із зовнішнього джерела (міського магістрального водопроводу), так і від місцевих джерел - поверхневих та підземних. Влаштовують системи водопостачання, які забезпечують господарчо–питні, виробничі та протипожежні потреби, тобто будують господарчо–питні та виробничі водопроводи, об'єднуючи їх з протипожежними. Перевага віддається об'єднанню протипожежного водопроводу з господарчим, а не із виробничим, тому що виробнича водопровідна мережа не охоплює усіх об'єктів підприємства. Крім того, для деяких технологічних процесів воду необхідно подавати під певним тиском, який змінюється при пожежогасінні, що може привести до аварії. Тому пожежні гідранти найчастіше розташовують на господарчо – протипожежному водопроводі. За необхідності гідранти можливо встановлювати і на господарчих водопроводах, якщо витрати води на пожежогасіння значно менше господарчо-питних потреб. Окремі протипожежні водопроводи влаштовують на найбільш пожежонебезпечних об'єктах – підприємствах нафтохімічної та нафтопереробної промисловості, складах нафти та нафтопродуктів, лісобіржах, сховищах зріджених газів та інших.

**За тиском** водопроводи поділяються на водопроводи низького або високого тиску. У мережі низького тиску вільний напір на рівні поверхні землі (пожежному гідранті) мусить бути не менше 10 м, та на кожен поверх будівлі вище першого додається ще 4 м. При цьому необхідний для гасіння пожежі тиск на пожежному стволі створюється пересувними пожежними автососами, що постачають воду по пожежних рукавах до місця пожежі.

У системах високого тиску вода до місця пожежі подається безпосередньо від гідрантів, а необхідний для пожежогасіння напір у мережі та біля стволів забезпечується стаціонарними пожежними насосами, які розміщують у насосних станціях.

**За видом вододжерела** – з водопостачанням з поверхневих, підземних джерел, а також зі змішаними джерелами водопостачання.

**За способом подачі води** водопроводи можуть бути напірними (із подачею води насосами) або самотічними (при розміщенні вододжерела на висоті, що забезпечує природне водопостачання споживачів).

**За кількістю об'єктів, що обслуговуються,** водопроводи влаштовують централізованими, місцевими, груповими або зонними.

Централізовані системи водопостачання зустрічаються найчастіше. Вони використовуються для подачі води до населених пунктів, промислових підприємств в них. Представляють собою централізовану систему з одним або декількома джерелами водопостачання, які забезпечують подачу води до однієї мережі.

Місцеві системи водопостачання обслуговують одну будівлю або невелику групу компактно розміщених будівель від одного поблизу розташованого джерела (наприклад, промислове підприємство, район міста). Якщо водопровід подає воду до декількох об'єктів (наприклад, групи малих населених пунктів, групи промислових підприємств), він має назву групового водопроводу. Для живлення водою під необхідним тиском різних районів населеного пункту, що мають значну різницю у геодезичних відмітках, влаштовують зонні системи.

## **8.2 Схеми водопостачання населених пунктів**

На території більшості населених пунктів існують різні категорії водоспоживачів, які користуються водою різної якості та кількості.

У сучасних міських водопроводах витрати води на технологічні потреби становлять у середньому до 40 % від загального об'єму водоспоживання, при цьому біля 85 % забирається від поверхневих джерел, 15% - від підземних.



Схема водопостачання для міст з використанням поверхневих вододжерел показана на рис. 8.1. Вода поступає у водоприймач (оголовок) 1 та по самотічних трубах 2 подається до берегового колодязя 3, а із нього насосною станцією першого підйому (НС-I) до очисних споруд – відстійників 5 та фільтрів 6. Після очищення та знезаражування хлором або іншим засобом вода подається до резервуарів чистої води (РЧВ) 7, від яких забирається насосною станцією другого підйому НС – II і по водоводах 9 на водонапірну башту 10, після чого подається магістральною 11 та розподільчою 12 мережами до споживачів 13.

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 влаштування РЧВ та водонапірних башт, гідропнеumoустановок та гідроколон.

Водонапірні башти використовують для створення необхідного тиску води у мережі. У РЧВ, водонапірних баштах зберігається запас води на пожежогашіння.

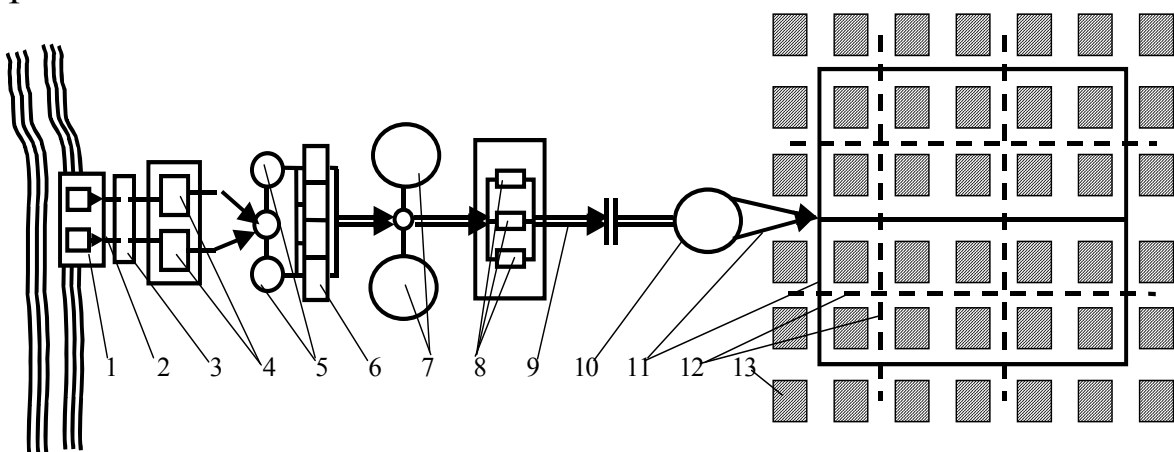


Рис. 8.1 - Стандартна схема водопостачання населеного пункту:  
 1- оголовок, 2 – самотічні труби, 3 – береговий колодязь, 4 – насосна станція першого підйому, 5 – відстійники, 6 – фільтри, 7 – резервуари чистої води, 8 – насосна станція другого підйому, 9 – водоводи, 10 – водонапірна башта, 11 – магістральна мережа, 12 – розподільча мережа, 13 – водоспоживачі.

Схеми водопостачання міст з використанням підземних джерел влаштовуються, як правило, без очисних споруд (рис. 8.2). Вода подається безпосередньо до резервуарів чистої води.

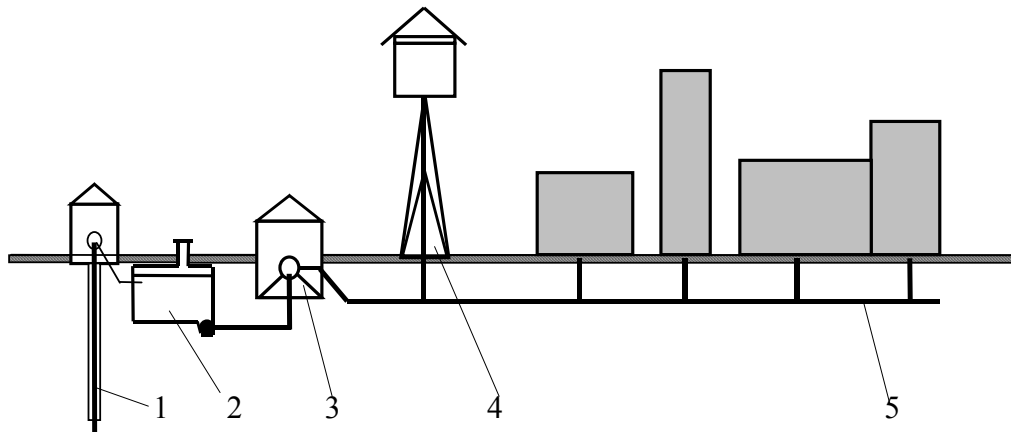


Рис. 8.2 - Схема водопроводу при підземному джерелі:

1 - артезіанська свердловина з насосом, 2 – запасний резервуар, 3 – насосна станція другого підйому, 4 – водонапірна башта, 5 – водопровідна мережа.

Схеми водопостачання міст з декількома джерелами водопостачання влаштовуються при використанні підземних вод, а також при водопостачанні великих міст. Як правило, джерела водопостачання розміщуються із різних сторін населеного пункту (рис. 8.3). Таке водопостачання забезпечує більш рівномірний розподіл води в мережі.

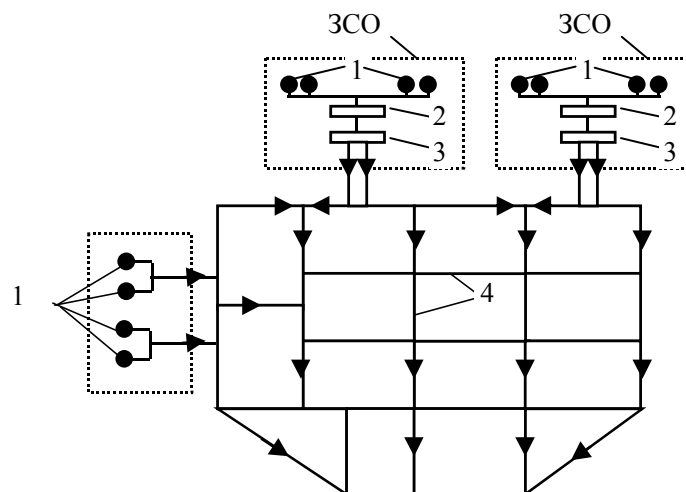


Рис. 8.3 - Схема водопроводу із тристороннім живленням водою:

1 – артезіанські свердловини, 2- запасні резервуари, 3 – насосні станції другого підйому, 4 – водопровідна мережа міста, ЗСО – зона санітарної охорони.

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. 8.4) або паралельне (рис. 8.5).

При послідовному зонуванні НС кожної зони постачає воду у кількості, необхідній для усіх зон, під тиском, необхідним тільки для цієї зони.

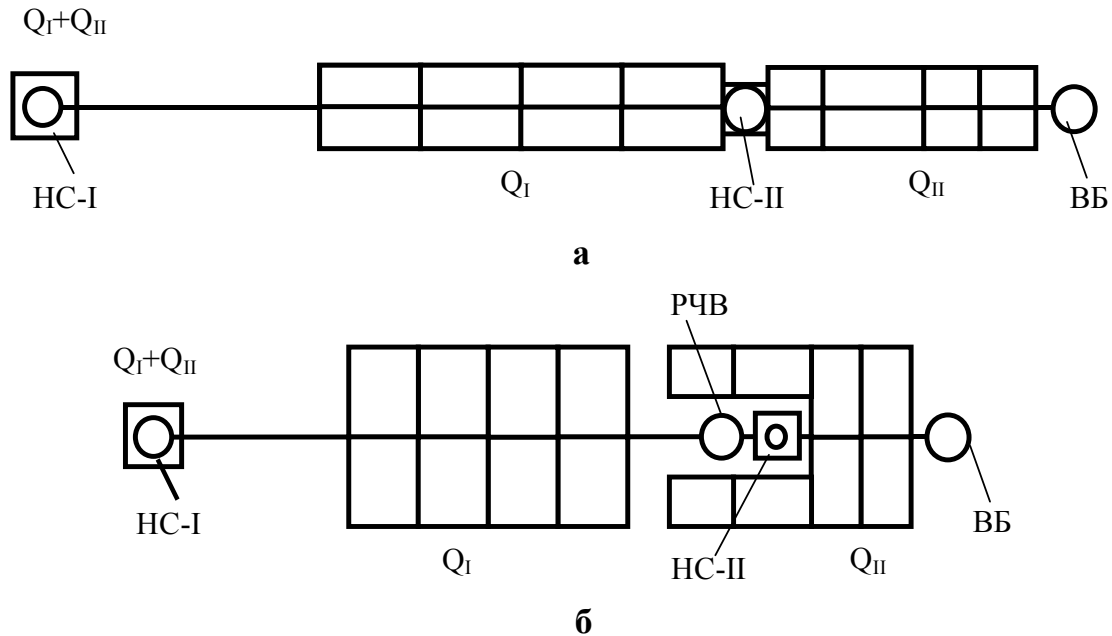


Рис. 8.4 - Схема послідовного зонного водопостачання

Насоси верхньої зони можуть брати воду безпосередньо із мережі нижньої зони (рис. 8.4 а) або від резервуара, розміщеного між зонами (рис. 8.4 б). Резервуар одночасно виконує роль джерела водопостачання для насосної станції верхньої зони та контррезервуара для мережі нижньої зони. Розміщується резервуар вище границі зон на такій висоті, що забезпечує необхідні напори у верхніх точках мережі нижньої зони.

При паралельній системі зонування вода подається у мережу кожної зони окремими групами насосів, що розміщені у загальній насосній станції, по окремих водопроводах (рис. 8.5). Кожна група насосів подає кількість води, необхідну для обслуговування своєї зони, та створює напір, який забезпечує достатній тиск у найбільш віддаленій точці зони.

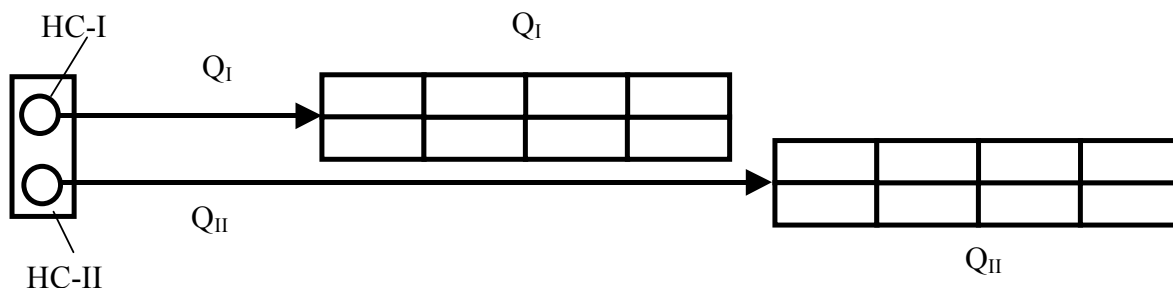


Рис. 8.5 - Схема паралельного зонного водопостачання

Системи місцевого водопостачання дуже розповсюджені у містах поряд із централізованими водопроводами. Вони обладнуються насосними установками невеликої потужності (до 40 л/с) і призначені для підвищення тиску у водопроводах будівель підвищеної поверховості та інших, коли тиск у централізованому водопроводі недостатній для забезпечення необхідного напору у всій будівлі, у тому числі при пожежі.

Об'єднані господарчо – протипожежні водопроводи міст, як правило, улаштовують з низьким тиском. У невеликих містах пожежні витрати води забезпечують за рахунок встановлення в насосних станціях другого підйому додаткових насосів. У великих містах пожежні витрати води становлять незначну частину від господарчо – питних витрат, тому вони не впливають на режим роботи водопровідних споруд.

#### **Схеми водопостачання малих населених пунктів.**

У невеликих населених пунктах, характерних для сільської місцевості, використовують прості, дешеві схеми водопостачання. Якщо чисельність мешканців не перевищує 5000 осіб, згідно нормативних вимог, влаштовують об'єднаний водопровід високого тиску, що забезпечує господарчо-питні, виробничі та протипожежні потреби.

Господарчо-питні потреби малих населених пунктів значно менші за витрати води на пожежогасіння або дорівнюють їм. Таким чином, водопровід мусить забезпечити при пожежі подачу води у кількості, значно більшій, ніж у звичайний час. Забезпечення цього можливо за рахунок підвищеної потужності насосних станцій, передбачення пожежних резервуарів, збільшення діаметрів труб, але це не завжди економічно доцільно. У таких випадках влаштовують тільки господарчо-питний водопровід, а воду на пожежогасіння забирають із пожежних водоймищ

та резервуарів, розміщених біля водопроводів, які забезпечують поповнення пожежних запасів води.

Розповсюдженою схемою для сільських водопроводів є схема із забором води від місцевих джерел за допомогою шахтних колодязів або свердловин із прямою подачею до водопровідної мережі з включенням у схему водонапірної башти.

Для відбору води на пожежні потреби встановлюють пожежні гідранти, для забору питної води – гідрант-колонки та водорозбірні колонки.

Для водопостачання населених пунктів, що не мають значних джерел водопостачання, використовують групові системи водопостачання довжиною декілька сотень кілометрів. Десятки насосних станцій перекачують значні об'єми води – сотні та тисячі метрів кубічних за добу. Для регулювання водоспоживання біля насосних станцій влаштовують резервуари, де зберігаються запаси води на пожежогасіння.

Розглянемо деякі схеми водопостачання малих населених пунктів. За одною з можливих схем, вода від групового водопроводу подається до резервуарів, із яких забирається насосами станції населеного пункту і подається до його розподільчої мережі. Насоси працюють цілодобово, нерівномірність водоспоживання регулюється ступеневою роботою насосів. Наповнення резервуарів та зберігання НПЗ у них досягається автоматично за допомогою електрозасувки на водопроводі у приміщенні насосної станції. Якщо насосна станція оснащена гідропневмоустановкою, робота господарчих насосів є періодичною – при повному водоповітряному баку ГПУ насоси вимикаються, при порожньому - знов вмикаються.

За іншою схемою вода від групового водопроводу одночасно подається до запасних резервуарів та баку водонапірної башти. Робота водонапірної башти відбувається при мінімальному водоспоживанні, коли подача води від водоводу дорівнює чи більше водоспоживання. До розподільчої мережі населеного пункту вода подається насосною станцією. При вмиканні пожежного насоса водонапірна башта автоматично вимикається від селищної мережі. Для цього на водоводі після башти розміщують зворотній клапан.

Можлива ще схема за якою вода від групового водопроводу по трубопроводу подається до бака водонапірної башти, а із неї до розподільчої мережі селища. Башта має два стояки, які подають та відводять воду від неї. На стояку, що подає воду до

башти, встановлюють засувку із електроприводом, яка автоматично вимикає або вмикає подачу води, у залежності від рівня води у баці, водомір та зворотний клапан.

Коли у населеному пункті немає протипожежного водопроводу, або існуючий водопровід не повністю забезпечує витрати води, необхідно для пожежогасіння використовувати штучні водоймища, колодязі, резервуари, водосховища, річки, озера та інші.

### **8.3 Схеми водопостачання промислових підприємств**

Господарчо-питний водопровід промислового підприємства може живитися водою від магістрального міського водопроводу або одночасно від підземних джерел – артезіанських свердловин та колодязів. Безпосередня подача води від міської мережі до внутрішньозаводської дозволяється у тому разі, коли міська мережа здатна забезпечити подачу води підприємству протягом доби під розрахунковим тиском, у відповідності до його графіка водоспоживання. При цьому для забезпечення надійності водоспоживання до підприємства від зовнішньої мережі необхідно мати не менше двох вводів від різних ділянок.

Якщо вільний тиск у заводській мережі мусить бути більший, ніж у зовнішній міській мережі, влаштовують місцеві підвищуючі насосні станції. Вони можуть забирати воду безпосередньо від магістральної мережі або з резервуарів, що забезпечують збереження протипожежного запасу води та дотримання заданого графіку споживання води.

Заводські мережі водопостачання можуть бути прямоочними (рис.8.6), зворотними (рис.8.7) та з послідовним використанням води.

При прямому водопостачанні (рис. 8.6) насосна станція 2, яка розташована біля водозабірної споруди 1, подає воду на виробничі потреби до цехів 7 по виробничій мережі 5. При цьому вода проходить спеціальну підготовку на очисних водопровідних спорудах 3. Після використання у виробничому процесі вода поступає по каналізаційній мережі 6 без очищення до джерела водопостачання (у даному прикладі – до річки) або, за необхідності, на очисні споруди 8 для очищення. У разі необхідності подачі води під різним тиском на насосній станції встановлюють декілька груп насосів, що

постачають воду до окремих систем. Для господарчо-протипожежних вимог населеного пункту 9 та цехів підприємства 7, де є потреба у воді питної якості, вода подається по господарчо-протипожежній мережі 4 спеціальними насосами.

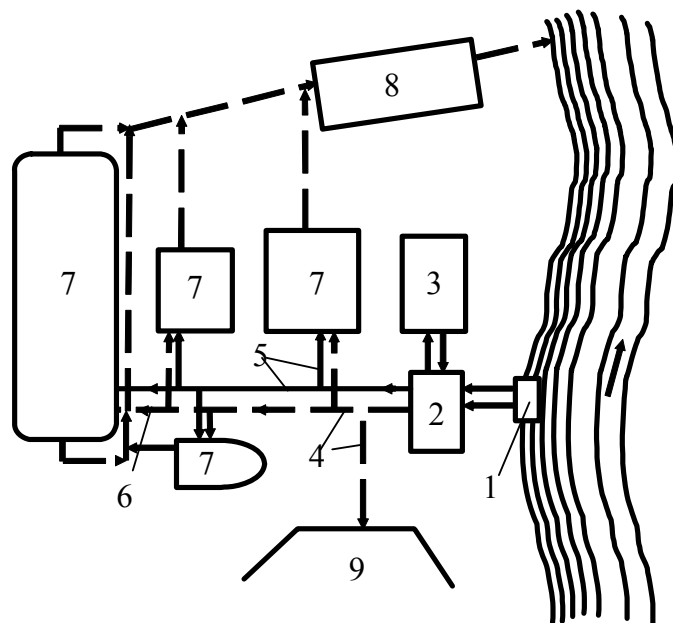


Рис.8.6 – Схема прямооточного водопостачання промислового підприємства:

1 – водозабір; 2 – насосна станція; 3 – споруди водопідготовки; 4 – господарчо – протипожежний водопровід; 5 – виробничий водопровід; 6 – каналізаційна мережа; 7 – цехи; 8 – очисні споруди; 9 – населений пункт.

При зворотному водопостачанні (рис.8.7) використана вода не скидається до водоймища, як при прямооточному водопостачанні, а після обробки знов подається до виробничої мережі підприємства.

Насосами 5 (рис.8.7) вода після охолодження на спорудах 4 подається по трубопроводах 6 до виробничих агрегатів 7. При використанні у виробничому процесі вода нагрівається. Для подальшого її використання підігріта вода поступає по трубопроводах 8 на охолодження до споруд 4 (градирні, бризкальні басейни, охолоджуючі ставки). Додаток свіжої води від джерела (поповнення витраченої води) відбувається насосами 2 по водоводах 3. Об'єм додатка становить 3-5% від кількості загального об'єму води у мережі.

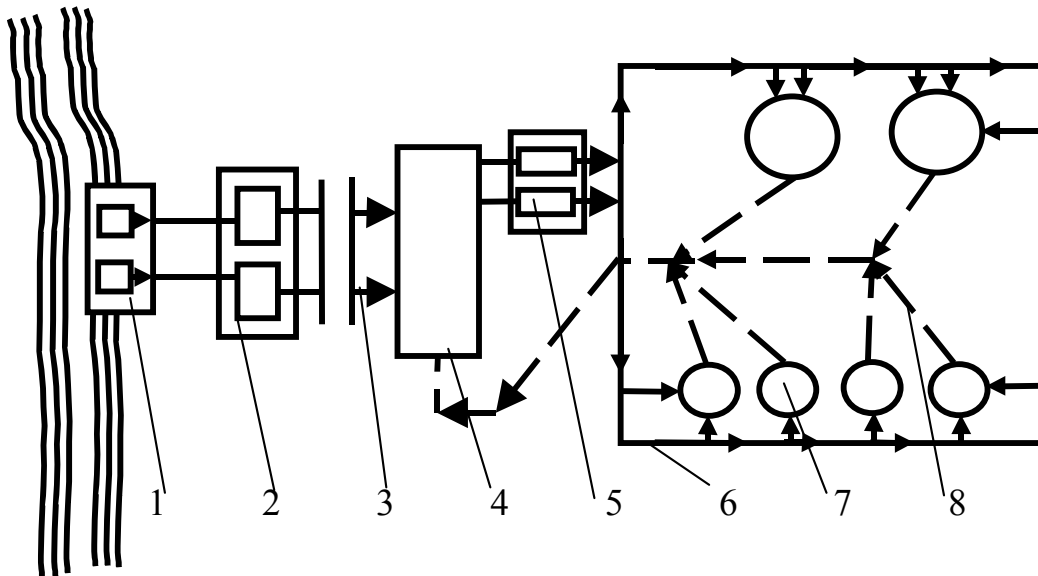


Рис. 8.7 – Схема зворотного водопостачання промислового підприємства:

1 – водозабір; 2, 5 – насосні станції; 3 – водоводи; 4 – споруди для охолодження води (градирні); 6, 8 – розподільча мережа; 7 – виробничі агрегати.

Послідовне водопостачання займає місце між прямоточним та зворотним. Так, кількість води, яка відбирається від джерела при послідовному водопостачанні менше, ніж при прямоточному, але більше, ніж при зворотному.

На одному і тому ж підприємстві можуть бути різні схеми водопостачання, які обслуговують різні виробництва, цехи. Так, для деяких цехів може бути влаштоване зворотне водопостачання, а для інших – прямоточне, послідовне. Таким чином, кожна система водопостачання окремого виробництва – комбінована.

### *Контрольні питання та завдання*

1. За якими признаками класифікуються системи водопостачання?
2. Надайте характеристики складових систем водопостачання населених пунктів.
3. Надайте характеристики складових систем водопостачання промислових підприємств.



## **ГЛАВА 9. ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ**

### **9.1 Джерела водопостачання**

У відповідності до двох категорій природних джерел водопостачання, водоприймальні споруди поділяються на дві групи:

- споруди для забору води з поверхневих джерел;
- споруди для забору води з підземних джерел.

Вибір того чи іншого джерела водопостачання визначається місцевими природними умовами, санітарно – гігієнічними вимогами, що пред'являються до якості води, та техніко – економічними показниками. Перевага віддається підземним джерелам водопостачання.

До поверхневих джерел відносяться річки, озера, моря. Місце розташування водозабору визначається з таким розрахунком, щоб задовольнити наступні умови:

- можливість використання найбільш простого та дешевого способу забору води з джерела;
- безперебійність одержання необхідної кількості води;
- забезпечення забору чистої води.

Підземні води залягають на різних глибинах та у різних геологічних структурах.

Для водопостачання використовують:

- воду напірних водоносних шарів, що перекриті зверху водонепроникними породами, які запобігають забрудненню підземної води;
- безнапірні підземні води, що містяться у шарах, які не мають водонепроникного шару зверху;
- джерельні підземні води, що самостійно виходять на поверхню землі;
- шахтні та рудникові води, тобто підземні води, які поступають до водозливних споруд при добуванні корисних копалин.

### **9.2. Споруди для забору підземних вод**

Для використання підземних вод будують споруди наступних типів: трубчаті бурові колодязі (свердловини), шахтні колодязі, горизонтальні та променеві водозабори, споруди для кап-

тажу ключових вод, комбіновані водозабори.

Для забору напірних та безнапірних підземних вод, що глибоко залягають, влаштовують бурові колодязі, що мають вид вертикальних циліндричних свердловин (рис. 9.1). Стінки свердловини закріплюють обсадною трубою 1 з чавуну або сталі та опускають до верхньої межі водоносного шару. В обсадну трубу опускають трубу меншого діаметра до нижньої межі водоносного шару. В нижній частині цієї труби за допомогою спеціальних замків 2 встановлюють сальники 3 та фільтри 4. Фільтри можуть бути дірчасті, сітчасті, дратові, гравійні (рис.9.2).

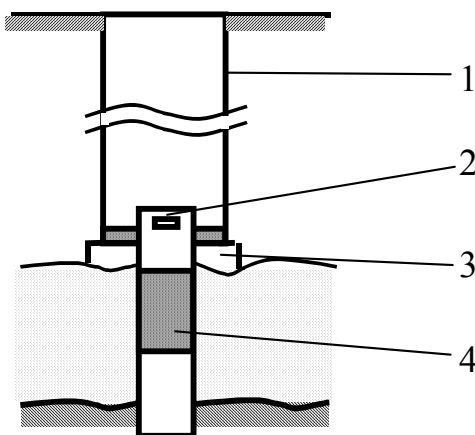


Рис. 9.1 – Схема влаштування бурового колодязя:

1 – обсадна труба; 2 – замок для кріплення фільтра; 3 – сальник; 4 – фільтр.

Якщо водоносні породи залягають на великій глибині, буровий колодязь обладнують декількома обсадними трубами різних діаметрів, тампонуючи кільцевий зазор між кінцями труб цементним розчином.

Рівень води в колодязі до забору є статичним. При відборі води з колодязя рівень її знижується та, коли кількість води стає рівною кількості води, що надходить від ґрунту, вода в колодязі встановлюється на певному рівні, який зветься динамічним.

Кількість води, яку можна зібрати при зниженні динамічного рівня на 1 м, є дебітом колодязя (свердловини).

Спосіб одержання води з трубчатих колодязів залежить від глибини залягання водоносного шару. Вода може самозливатися під природним тиском в шарі або забиратися насосами, гідроелеваторами, ерліфтами.

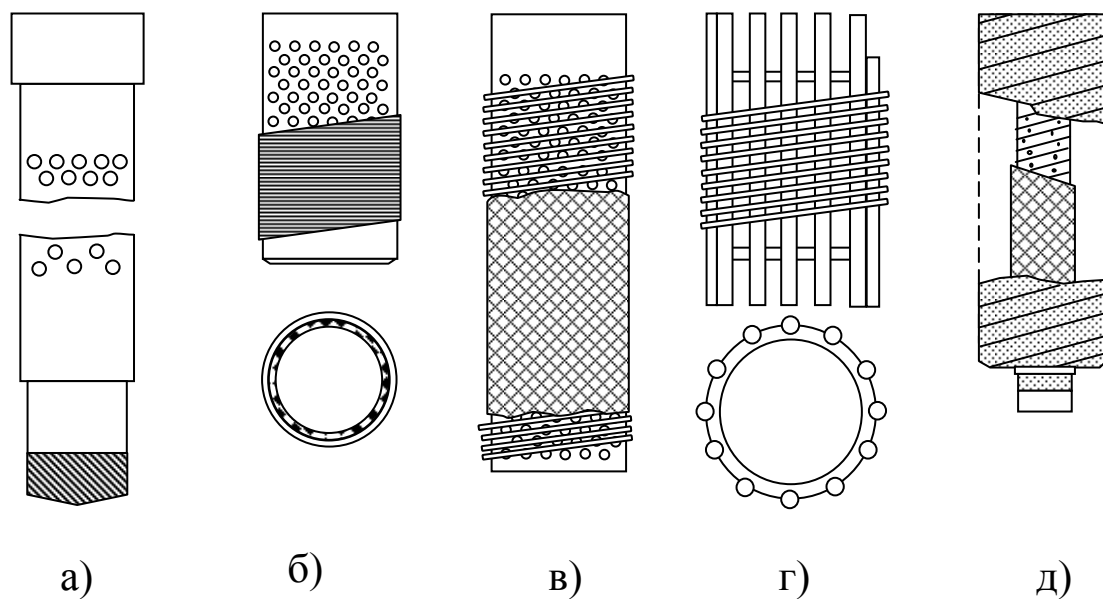


Рис. 9.2 - Типи фільтрів:

а - дірчастий, б - дротовий, в – сітчастий, г – каркасно – стержневий, д – гравійний.

Від самозливних колодязів води забирається трубопроводами до резервуара, з якого її перекачують насосами.

При заборі води зі свердловин насосами її динамічний рівень розташовується на глибині більше 10 м, електродвигуни, що приводять її в дію, можуть встановлюватися на поверхні землі, маючи вертикальний трансмісійний вал для приводу насоса, або розташовуються безпосередньо в свердловині. Насоси подають воду до резервуара, з якого насоси другого підйому подають її до водоспоживачів.

Для колодязів з невеликим дебітом ( $10-15 \text{ м}^3/\text{год}$ ) використовують ерліфти, де вода змішується з повітрям, за рахунок чого щільність води зменшується і вона піднімається на поверхню, попадає в повітровідділювач, після чого через вентиляційний канал повітря виходить назовні, а вода подається в резервуар.

При використанні ежекторів вода може забиратися по схемах на рис.9.3 а, б. Найкращою є схема б, у якій використовують двоступеневий насос. Відбір корисних витрат води із невеликим тиском виконується від першої ступені, а витрати води, що ежектують - від останньої ступені із невеликим тиском, за рахунок чого збільшується висота підйому води із колодязя.

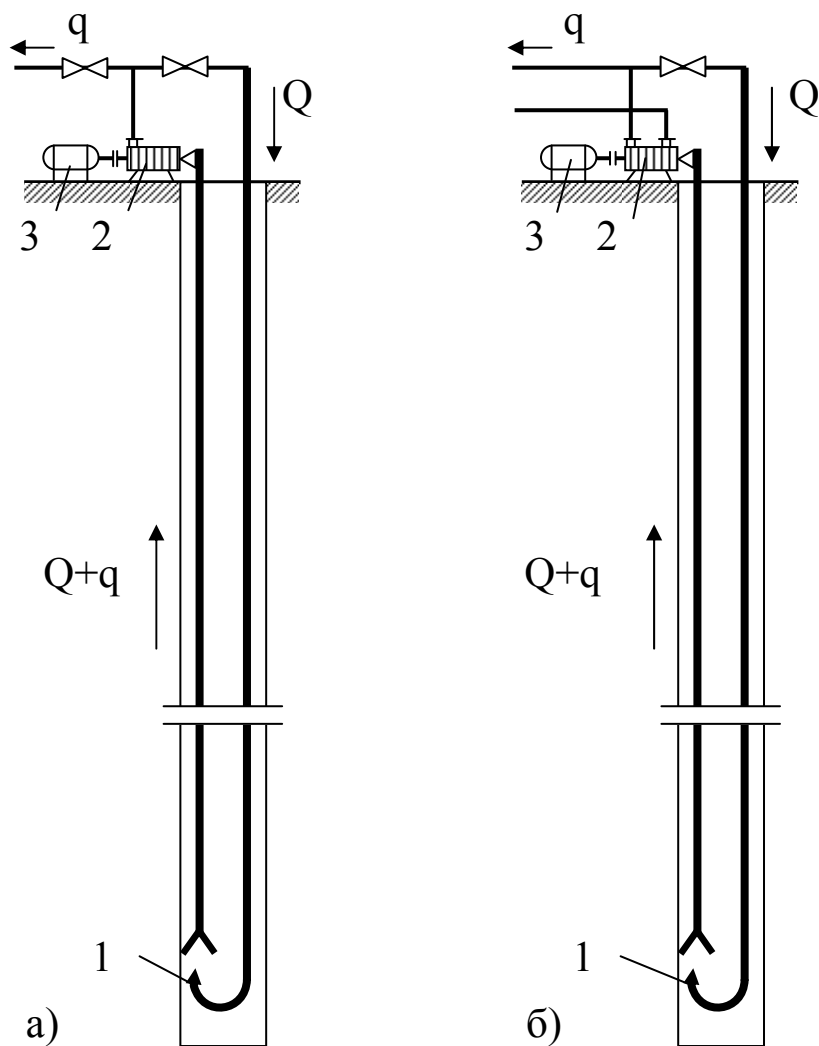


Рис. 9.3 - Схема забору підземних вод за допомогою ежектора:  
 а) із одноступеневим насосом, б) із двоступеневим насосом, 1 – ежектор, 2 – насос, 3 – електродвигуни.

Шахтні колодязі використовують для прийняття невеликої кількості води від безнапірних водоносних шарів, що залягають на невеликій глибині (не більше 20 м). Найчастіше вони використовуються для водопостачання сільської місцевості. Можуть бути залізобетонними, бетонними, цегляними та дерев'яними.

В стінках колодязя в межах водоносного шару є отвори, за рахунок яких збільшується кількість води. Діаметр шахтного колодязя не перевищує 3 – 4 м. При влаштуванні декількох колодязів їх об'єднують сифонними трубами або трубами, в яких вода рухається самостійно. Стінки колодязя виводять не менш ніж на 0,7 м вище поверхні землі. Навколо колодязя у поверхні

землі влаштовують глиняний замок на глибині 1,5 – 2 м, а в радіусі близько 2 м – відсипку. На дні колодязя влаштовується фільтр у вигляді шару гравію. Принципова схема шахтного колодязя, який забирає воду з безнапірного водоносного шару, наведена на рис.9.4.

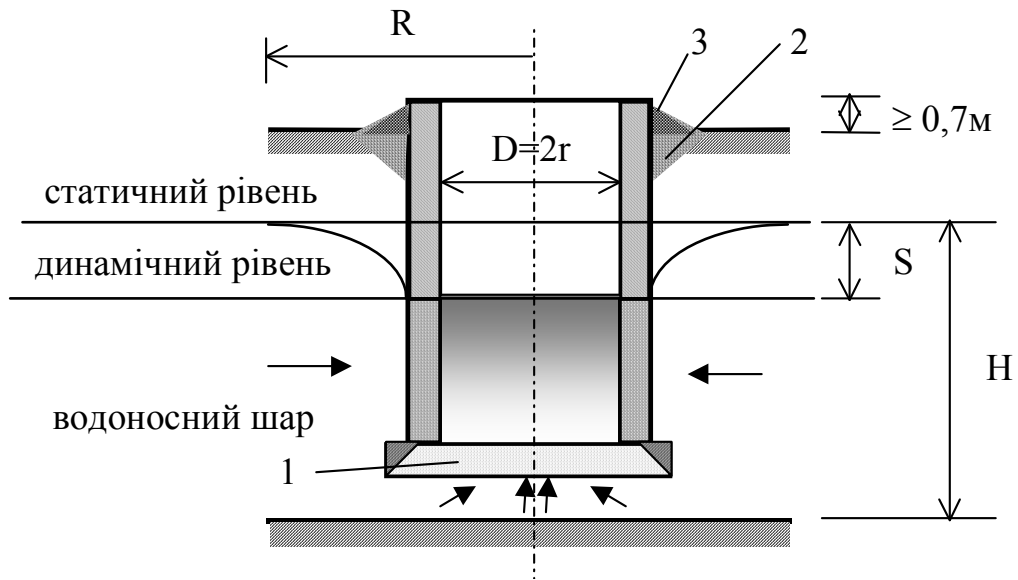


Рис. 9.4 – Схема влаштування шахтного колодязя:  
1 – фільтр; 2 – глиняний замок; 3 – відсипка.

Горизонтальні забори (рис. 9.5) влаштовують у вигляді дренажів або водозбірних галерей. Вода, яка поступає із ґрунта до дренажних труб, подається у колодязь, із якого її відкачують насосами. Горизонтальні водозбірники використовують за малою глибини залягання водоносного шару (до 8 м) із невеликим дебітом.

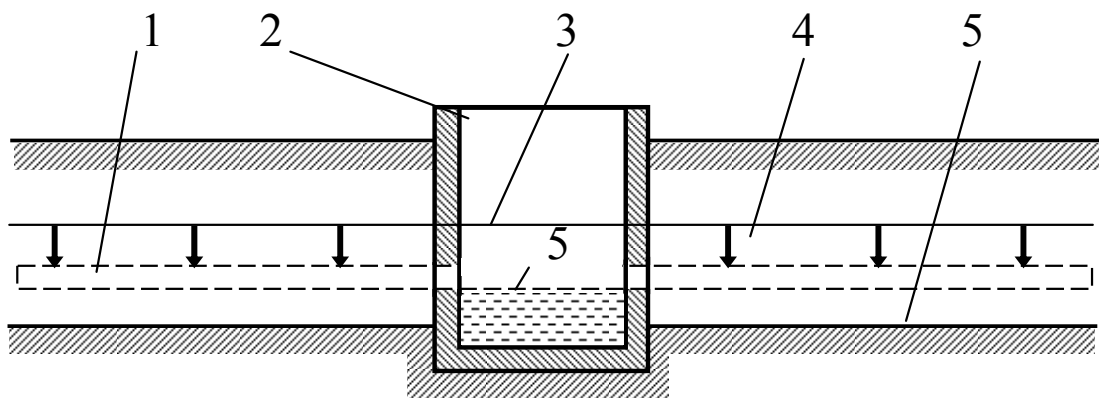


Рис.9.5 – Схема горизонтального водозабору:  
1 – горизонтальні водозабори; 2 – збірний колодязь; 3 – статичний рівень підземних вод; 4 – водоносний шар; 5 – водоупор; 6 – рівень води у колодязі.

Найбільш ефективними водоприймальними спорудами є променеві водозабори, в яких вода збирається до колодязя за кількома променями (трубами), які розміщуються у межах водоносного шару. Променеві водозабори виконують із перфорованих сталевих труб. За довжини труб більше 60 м вони можуть бути телескопічними.

Споруди для каптажу джерельних вод. Джерела можуть бути двох типів - напірні та безнапірні. Споруди для приймання вод зуться каптажними, а процес збору джерельних вод – каптажем джерел. Для каптажу джерельних вод, що підіймаються, влаштовують резервуари або шахти (рис. 9.6).

Зібрана вода відводиться по трубі 1 до насосної станції. Для усунення підпору влаштовують переливну трубу 2.

Каптаж безнапірних джерел виконується шляхом влаштування приймальних камер, які розміщують у місці найбільш інтенсивного виходу джерельних вод.

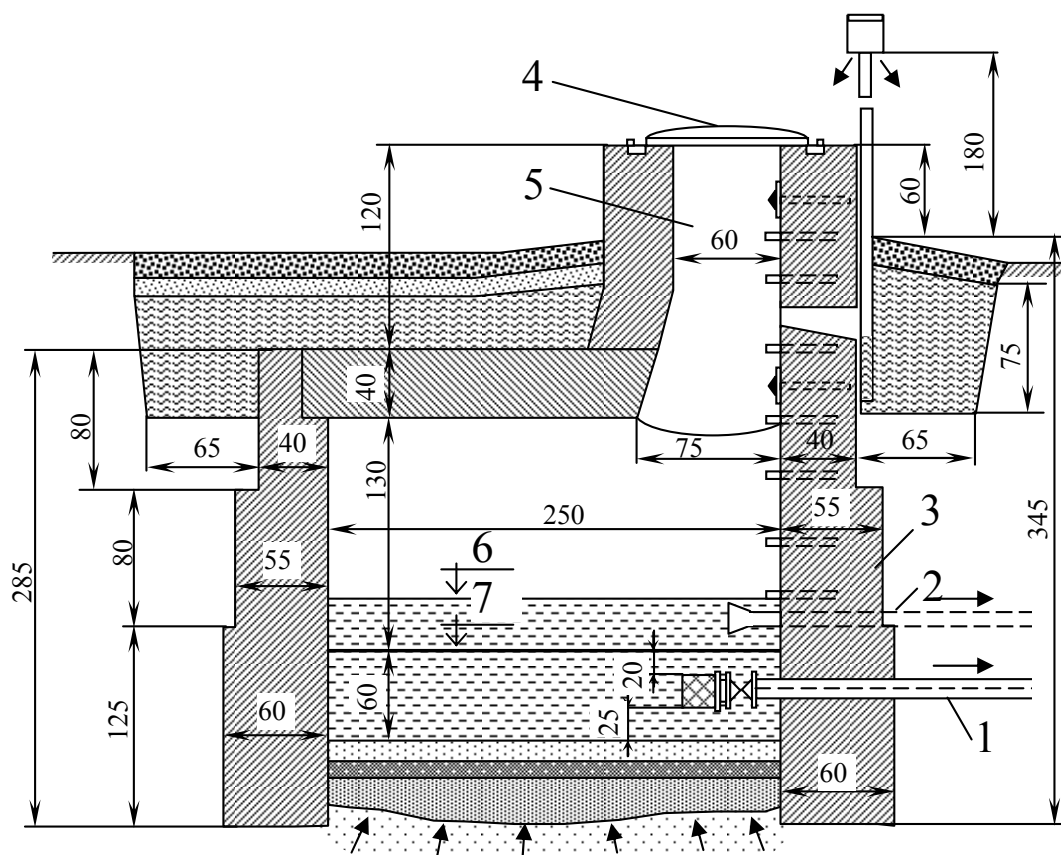


Рис.9.6 - Колодязь для каптажу висхідних потоків:

1 – труба для забору води, 2 – переливна труба, 3 – колодязь, 4 – кришка, 5 – горловина, 6 – максимальний рівень води; 7 – робочий рівень води.

### 9.3 Споруди для забору води від поверхневих джерел

У якості поверхневого джерела найчастіше використовують річки. Водозабори на річках мусять забезпечувати надійний забір води в розрахункових межах. Їх влаштовують на достатній глибині вище місця спуску стічних вод, уникаючи зони руху надводних об'єктів по руслу річки, на озерах та водосховищах поза прибіжною зоною та місцем нагону зелені. Водозабірні споруди із точки зору підвищення надійності подачі води складаються із двох секцій.

За невеликої глибини вододжерела безпосередньо у берега використовують руслові водозабори (рис.9.7).

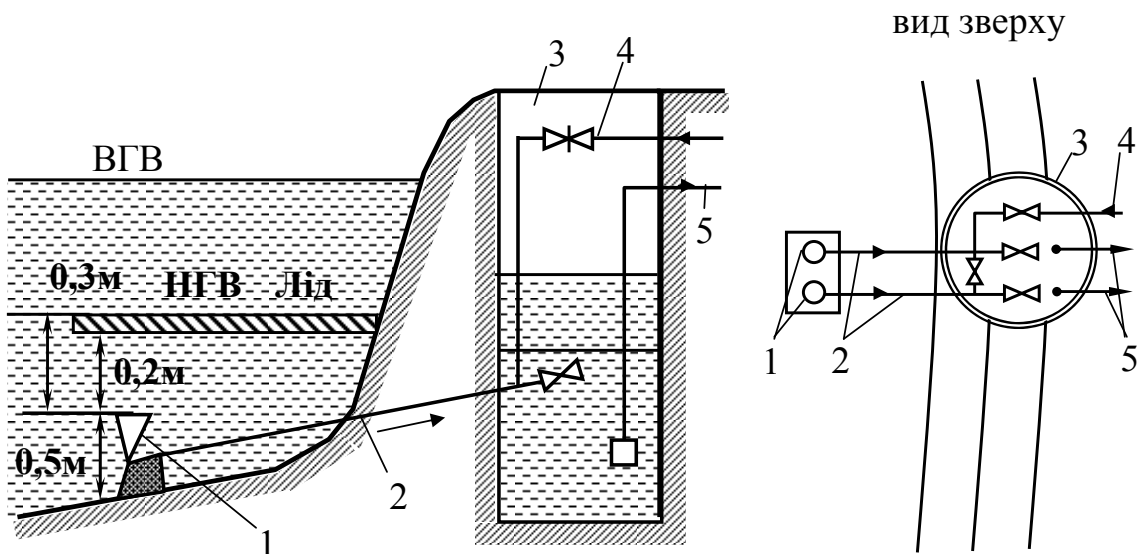


Рис. 9.7 - Русловий водозабір:

- 1 – оголовок, 2 - самотічні труби, 3 – береговий колодязь,
- 4 – промивні труби, 5 - всмоктуючі труби насосів.

У системах водопостачання невеликих об'єктів водозабір влаштовують у вигляді оголовка, зв'язаного із насосною станцією всмоктуючими трубами (рис.9.8).

Оголовок влаштовують у вигляді розтрубу, у якому розміщують ґрати для уникнення попадання до нього твердих предметів. Оголовок розміщують на бетонній основі. Діаметр самотічних труб не більше розміру, при якому швидкість руху води у трубах не перевищує 1,5 м/с . Промивають самотічні труби зворотним потоком води, що подається насосами першого підйому. Кількість берегових колодязів – не менше двох.

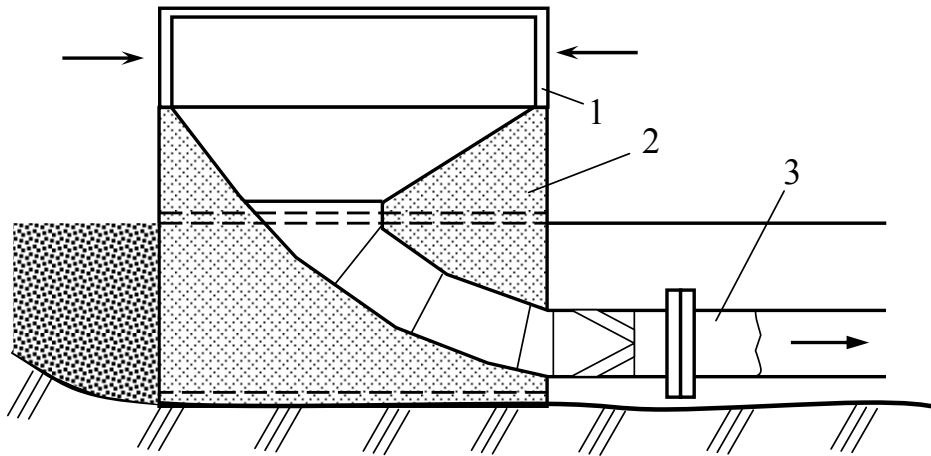


Рис. 9.8 - Оголовок водозабору:  
 1 – приймальні вікна із ґратами, 2- бетон, 3 – самотічна лінія.

У тому випадку, коли глибина берега достатньо велика, влаштовують водозабори берегового типу (рис.9.9), вода у яких подається крізь водоприймальні вікна із ґратами та шиберами. Для уникнення у водозаборі донного льоду та наносів призначений водоприймальний ківш – штучний басейн, крізь який вода із річки поступає до водозабірної споруди.

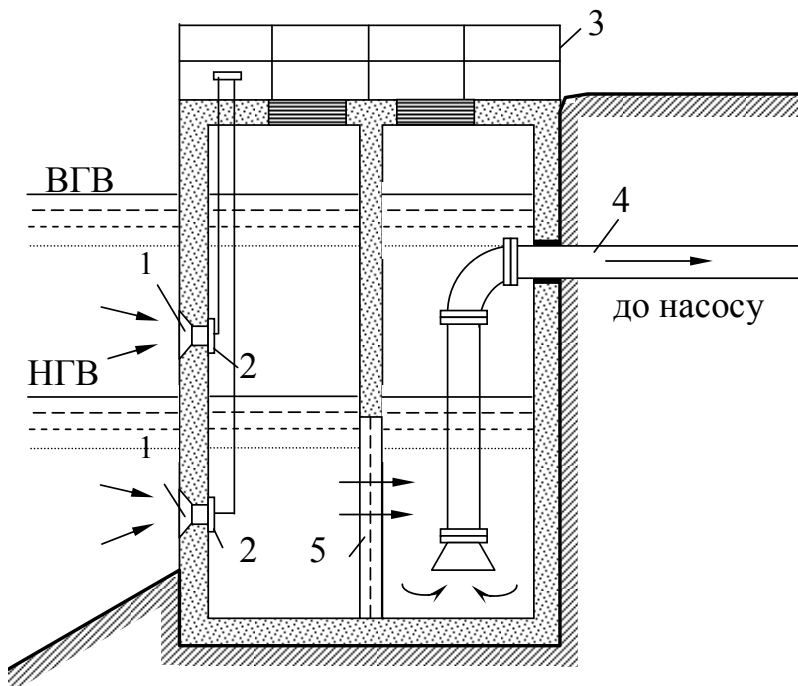


Рис. 9.9 - Водозабір берегового типу:  
 1 – вікна із ґратами, 2- бетон, 3 – огорожа, 4 – всмоктуюча лінія, 5 – сітка.



Для забору води із вододжерела, дно якого має добру водопроникність, влаштовують інфільтраційні водозабори (рис.9.10), у вигляді шахтного колодязя, розміщеного біля берега. При цьому за рахунок фільтрації підвищується якість води.

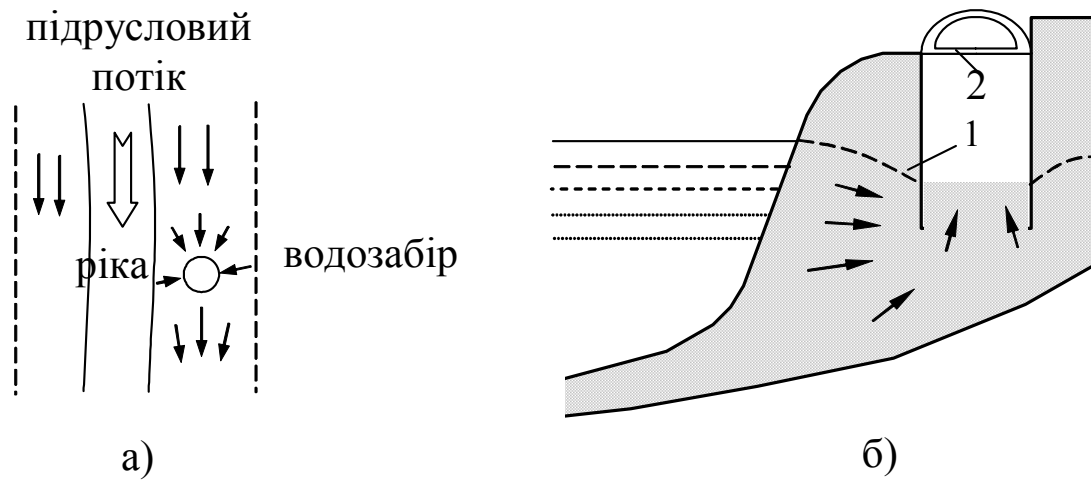


Рис.9.10 - Інфільтраційний водозабір:  
а – погляд зверху, б – переріз; 1 – колодязь, 2 – кришка.

#### 9.4 Протипожежні вимоги до водозабірних споруд

Водозабірні споруди протипожежних водопроводів належать до першої категорії надійності та повинні забезпечити подачу розрахункових витрат води на пожежогасіння, при цьому для уникнення промерзання оголовка його штучно прогрівають.

В об'єднаних водопроводах водозабірні споруди повинні забезпечити сумарні витрати води водозабірних споруд  $Q_{в.с.}$  на господарчо - питні та промислові потреби  $Q_{г-п}$ , очисні споруди  $Q_{о.с.}$ , відновлення недоторканого запасу води на пожежогасіння  $Q_{пож.}$

$$Q_{в.с.} = Q_{г-п} + Q_{о.с.} + Q_{пож.}$$

Максимальний термін відновлення НПЗ води не може бути більше:

- 24 години - у населених пунктах та на промислових підприємствах із категорією за пожежовибухонебезпекою А, Б, В;
- 36 годин – із категорією за пожежовибухонебезпекою Г, Д
- 72 години – у сільських населених пунктах та сільськогосподарських підприємствах (СНіП 2.04.02-84\*).

На промислових підприємствах із витратами води на зовнішнє пожежогасіння  $Q_{\text{зов.пож.}} = 20$  л/с та менше дозволяється збільшення терміну оновлення НПЗ для виробництв із категорією за пожежовибухонебезпекою – Г,Д до 48 годин, для виробництв категорії В – до 36 годин.

Якщо дебіт вододжерела не забезпечує оновлення НПЗ у розрахунковий термін, дозволяється збільшення терміну поповнення за умови збільшення запасу води на розмір  $\Delta W$

$$\Delta W = W_{\text{НПЗ}} \frac{K - I}{K},$$

де  $W_{\text{НПЗ}}$ - необхідний запас води при розрахунковому терміні її поповнення, м<sup>3</sup> ;

$K$  – відношення прийнятого терміну поповнення до розрахункового.

Поповнення НПЗ можливо здійснюватися за рахунок зменшення на 30 % господарчо – питних витрат води, а також відповідних скорочень виробничих витрат за аварійним графіком.

Водозабори підземних вод мусять гарантувати приймання необхідної кількості води. Кількість резервних свердловин приймають відповідно до таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 - Визначення кількості резервних свердловин

Кількість робочих свердловин	Кількість резервних свердловин на водозаборі за категоріями надійності		
	I	II	III
1	1	1	-
Від 2 до 10	2	1	-
11 та більше	20 %	10 %	-

Щоб забезпечити надійну роботу водозаборів усіх категорій, на складах необхідно мати резервні насоси: на 10 робочих свердловин –1, за більшої кількості – 10% від загальної кількості свердловин.

На очисних спорудах для забезпечення надійності їх роботи необхідно мати не менш ніж два відстійники, два фільтри, а також обвідні водопроводи навколо окремих споруд для подачі води від НС-I безпосередньо до резервуарів чистої води.

*Контрольні питання та завдання*

1. Назвіть основні джерела водопостачання та умови їх використання.
2. Які споруди існують для забору підземних вод?
3. Які умови вибору споруд для забору поверхневих вод?
4. Які протипожежні вимоги пред'являються до влаштування водозабірних споруд?

## **ГЛАВА 10. СПЕЦІАЛЬНІ ЗОВНІШНІ ПРОТИПОЖЕЖНІ ВОДОПРОВОДИ ВИСОКОГО ТИСКУ**

### **10.1 Область використання протипожежних водопроводів високого тиску**

Водопровідні мережі, що використовуються для водопостачання промислових 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 промислових об'єктів, для гасіння яких потрібно подавати велику кількість води, можуть бути склади лісопиломатеріалів (ЛПМ), нафтобази, підприємства нафтохімічної та нафтопереробної промисловості.

Основними нормативними документами, що регламентують влаштування спеціальних водопроводів високого тиску для об'єктів зберігання ЛПМ являються:

- СНиП 2.11.06 – 91 «Склади лесных материалов. Противопожарные нормы проектирования.» (розділ 4 "Протипожежне водопостачання");
- Правила пожежної безпеки України (розділ 7.10.5 "Склади лісопиломатеріалів").

## 10.2 Способи збереження лісних матеріалів

При розгляданні особливостей влаштування 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, целюлозно – паперових комбінатах та інших, може зберігатися у вигляді круглої, балансової або розпиляної деревини, а також осмолу, дров, тріски або тирси.

Способи збереження круглої деревини:

- 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 м<sup>2</sup>) шириною до 70 м;
- відстань між штабелями у межах групи не нормується.

Об'єднання груп:

- у кварталі площею до 4,5 га (45000 м<sup>2</sup>);
- 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).

Способи збереження розпиляної деревини:

- штабелі, що укладені пакетним способом;
- штабелі, що укладені рядковим способом.

Розміри штабелів:

- 6 м \* 6 м \* 6 м або 12 м \* 12 м \* 12 м.

Об'єднання штабелів:

- у групи площею до 1200 м<sup>2</sup> (0,12 га) (для пакетних штабелів) або 900 м<sup>2</sup> для рядкових 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 рядкових);
- відстань між групами у межах кварталу по довжині повинна забезпечити проїзд пожежних машин;
- відстань між кварталами 35 – 70 м (в залежності від висоти штабеля та способу його укладки).

Способи збереження балансової деревини (деревина найбільш цінних видів дерев, яка використовується для виготовлення меблі та целюлози), осмолу (пні та коріння дерев, які мають певну кількість смоли та використовуються при виготовленні фенолів), дров:

- купи круглі;
- купи прямокутні.

Розміри куп:

- ширина – 50 м ( або діаметр 90 м);
- висота до 14 м.

Об'єднання куп:

- у квартали площею до 4,5 га;
- відстань між купами у межах кварталу приймається відповідно рис.10.1.

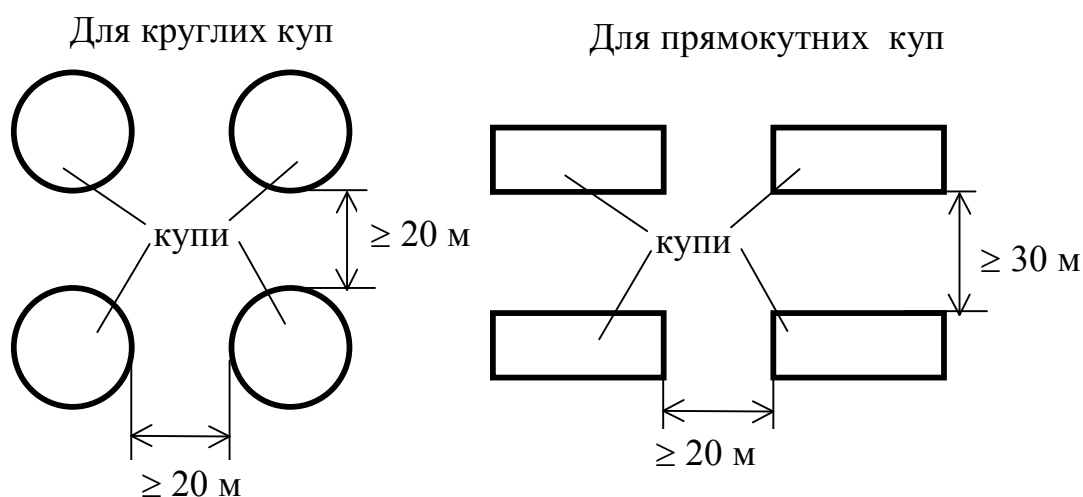


Рис.10.1 – Відстань між купами балансової деревини, осмолу, дров

- відстань між кварталами 50 м (при сумарному об'ємі куп у межах кварталу до 500000 м<sup>3</sup> ) або 100 м (при сумарному

об'ємі куп у межах кварталу понад  $500000 \text{ м}^3$  ).

Способи збереження тріски та тирси:

- купи круглі або кільцеві;
- купи прямокутні.

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 відповідно рис.10.2.

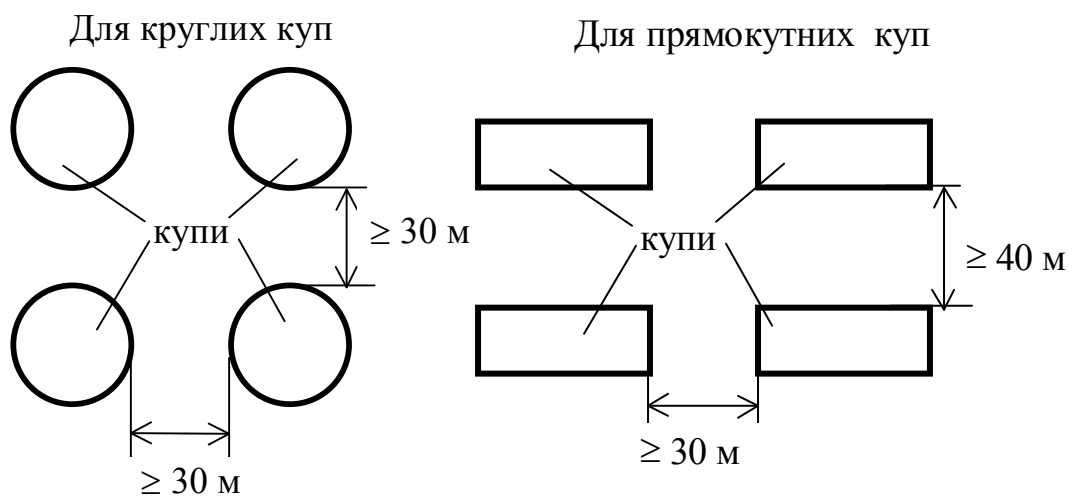


Рис.10.2 – Відстань між купами тріски, тирси.

- відстань між кварталами - 50 м (при сумарному об'ємі куп у межах кварталу до  $500000 \text{ м}^3$  ) або 70 м (при сумарному об'ємі куп у межах кварталу понад  $500000 \text{ м}^3$  ).

### 10.3 Особливості влаштування системи протипожежного водопостачання складів лісних матеріалів

Подача вогнегасної речовини на складах ЛПМ здійснюється на гасіння та на захист сусідніх штабелів, куп.

У якості вогнегасної речовини може використовуватися вода, вода з домішками, які підвищують її ефективність (змочувачі, згущувачі), повітряно – механічна піна.

Для забезпечення гасіння пожеж на складах ЛПМ система протипожежного водопостачання може бути:

- низького тиску – для відкритих складів ЛПМ об'ємом до 10000 м<sup>3</sup>;
- високого тиску без тупикових відгалужень – для відкритих складів ЛПМ об'ємом понад 10000 м<sup>3</sup>.

Кількість одночасних пожеж (залежить від площі складу):

- 1 пожежа – при площі складу до 50 га;
- 2 пожежі – при площі складу понад 50 га.

Тривалість гасіння приймається не менш 5 годин.

Витрати води на пожежогасіння, в залежності від виду та способу зберігання ЛПМ та об'єму складу, приймаються 60 – 240 л/с – на одну пожежу (таблиця 10.1).

Таблиця 10.1.

Вид і спосіб збереження ЛПМ	Витрата води на пожежогасіння, л/с, при ємності відкритого складу ЛПМ, м <sup>3</sup>			
	до 10000	св. 10000 до 100000	св. 100000 до 500000	св. 500000
Пиломатеріали в штабелях: пакетні рядкові		90 120	120 150	150 180
Кругла деревина в штабелях	По СНиП 2.04.02-84*, але не менш 45 л/с при ємності складу понад 5000 м <sup>3</sup>	90	120	150
Балансова деревина, осмолта дрова в купах		150	180	240
Тріска та тирса в купах		90	120	150
Кора та відходи деревини в купах		60	90	120



Кількість компактних струменів з лафетних стволів на кожную точку штабелю або купи ЛПМ приймається в залежності від витрати води на пожежогасіння:

- два струменя - при витраті води до 150 л/с;
- три струменя - при витраті води 150 – 180 л/с;
- чотири струменя - при витраті води понад 180 л/с.

При витраті води на пожежогасіння понад 90 л/с, передбачаються стаціонарні лафетні установки. При цьому кількість та розташування стаціонарних лафетних стволів варто визначати з умов зрошення кожної точки штабеля чи купи ЛПМ не менш, ніж двома компактними струменями.

Загальна схема системи протипожежного водопостачання може мати вигляд (рис.10.3):

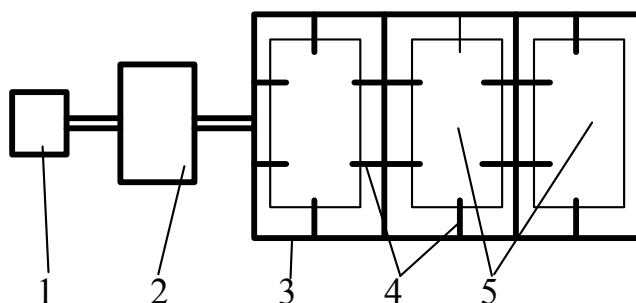


Рис.10.3 – Загальна схема протипожежного водопостачання складів ЛПМ:

1 – вододжерело; 2 – насосна станція з пожежними насосами; 3 – протипожежний водопровід складу ЛПМ; 4 – відгалуження до ЛС; 5 – групи, квартали складу ЛПМ.

Вододжерело (рис.10.3) може бути природним або штучним. При влаштуванні природного вододжерела необхідно враховувати сезонні коливання рівня води, можливість наносів, слідкувати за додатковими заходами щодо захисту водоприймальних споруд від замерзання. При цьому кожні 200 м необхідно передбачати пожежні під'їзди до берегової лінії з влаштуванням майданчиків або пірсів, розмірами не менш 12×24 м. Якщо немає можливості використання природних джерел, влаштовуються штучні (спеціальні) резервуари, при цьому необхідно

забезпечити постійне поповнення запасу води (за 24 години – для розпиленої деревини; за 36 годин – для іншої деревини).

При використанні будь-якого вододжерела, на території складу необхідно передбачати пожежні резервуари або водойми об'ємом не менш 500 м<sup>3</sup>.

Пожежні насоси встановлюються в насосній станції першого або другого підйому та повинні забезпечити подачу необхідної кількості води. Управління насосами необхідно передбачати з диспетчерського пункту складу, з пожежної частини складу, з насосної станції та від стаціонарних лафетних стволів. Розташування насосної станції з пожежними насосами передбачається на відстані не менш 40 м від основ штабелів та куп лісоматеріалів. Перевага віддається встановленню пожежних насосів в НС-I, тому що:

- дозволяє практично необмежене використовувати запас води для цілей пожежогасіння,
- висока надійність системи подачі води до ЛС;
- система більш економічна.

Статичний напір в мережі при включенні пожежних насосів не повинен перебільшувати 120 – 150 м. Іноді при проектуванні НС із-за великої величини потрібних витрат води і напорів не вдається підібрати марку насосу. В таких випадках слід використовувати послідовну схему включення насосів, при цьому напір, що створюється насосами, визначається графічно, як сума напорів насосів при однаковій витраті.

Водопровідна мережа складу ЛПМ повинна мати кільцеву конфігурацію без тупикових відгалужень (для мережі високого тиску), влаштовуватися зі сталевих труб. Тиск у мережі повинен бути не менш 0,2 МПа (20 м) – до пожежі, 0,6 МПа (60 м) – при пожежі. Розділення мережі на ремонтні ділянки виконується так, щоб забезпечити при відключенні однієї з ділянок виключення не більше двох стаціонарних лафетних стволів або двох пожежних гідрантів.

Розташування пожежних гідрантів повинно забезпечити пожежогасіння кожного штабелю, купи, будівлі, споруди, складу що обслуговується даною мережею, не менш ніж від 2 ПГ в радіусі не більш 100 м. До пожежних гідрантів повинен бути

забезпечений під'їзд. Відстань від основи штабелів та куп до пожежних гідрантів повинна бути не менш 8 м.

Відгалуження від магістральної мережі до стаціонарних лафетних стволів влаштовуються з урахуванням наступного (рис.10.4):

- діаметр відгалуження визначається розрахунковою витратою лафетного ствола, але повинен бути не менш 100 мм;

- на відгалуженні встановлюються дві засувки - з початку відгалуження та безпосередньо у лафетного ствола, при цьому засувки повинні бути з ручним приводом (якщо відстань до лафетного ствола до 20 м) або з електроприводом (при відстані до ствола більше 20 м); засувки повинні мати управління з поверхні землі;

- стояки лафетних стволів повинні мати з'єднувальні головки для приєднання пожежної техніки, контрольно—спускний кран діаметром не менш 50 мм;

- лафетні стволи встановлюються від основи купи або штабелю на відстані не менш 15 м.

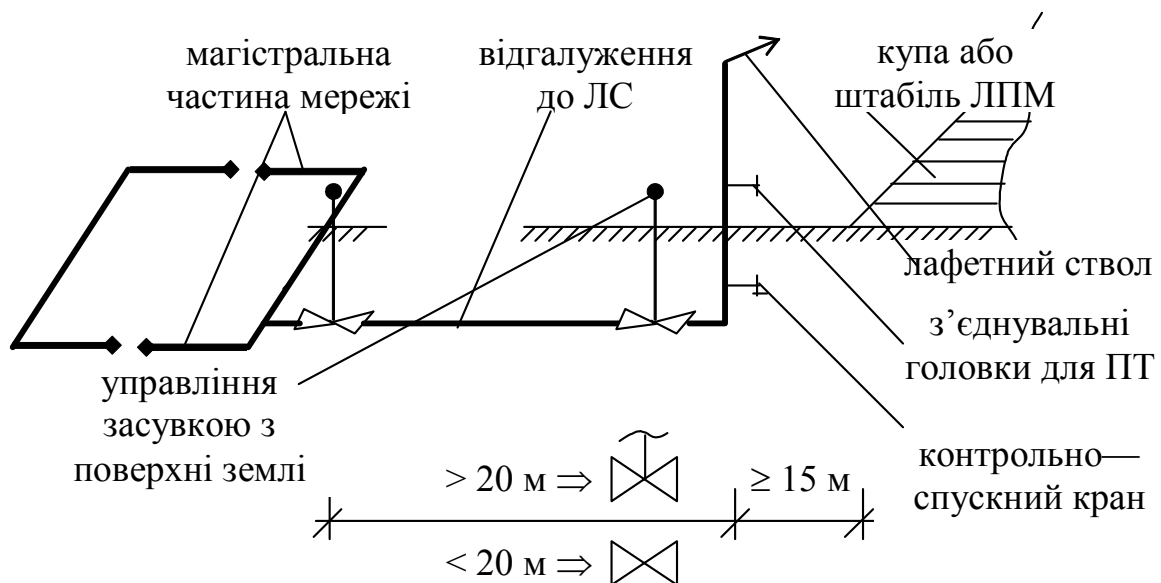


Рис. 10.4 – Встановлення арматури на відгалуженнях до лафетних стволів

Лафетні стволи та монітори можуть бути встановлені на вежах, на покрівлях будівель II ступеню вогнестійкості або на відкритій площадці.

Встановлення лафетних стволів та моніторів на вежах дозволяє захистити лафетні стволи від можливих ударів та руйнувань, зменшити потрібну довжину струменю зі ствола.

Лафетні вежі необхідно будувати з негорючих матеріалів та обладнати сходами типу СЗ. Сходинами, з боку штабелів та куп, повинні мати вогнезахисні екрани з негорючих матеріалів. Екрани повинні виступати за габарити сходин на 1 м з кожного боку. Площини для встановлення лафетних стволів повинні бути в плані не менш 2,5×2,5 м або радіусом не менш 1,5 м, та мати огороження висотою 1,2 м.

При визначенні відстані між стаціонарними лафетними стволами, тобто визначення їх кількості, необхідно знати проекцію радіуса компактної частини струменю, яка визначається за теоремою Піфагора:

$$R_{\text{пр}} = \sqrt{R_{\text{к}}^2 - (H_{\text{к}} - h_{\text{виш}})^2}, \text{ м}, \quad (10.1)$$

де  $R_{\text{к}}$  – радіус компактної частини струменю, м;

$H_{\text{к}}$  – висота купи, м;

$h_{\text{виш}}$  – висота встановлення ствола (висота вежі), м.

Відстань між лафетними стволами визначається:

$$L = \sqrt{R_{\text{пр}}^2 - \left(\frac{B}{2} + b\right)^2}, \text{ м}, \quad (10.2)$$

де  $B$  – ширина купи, м;

$b$  – відстань від основи купи до ЛС, м.

Іноді може вирішуватися інша задача: відома відстань між ЛС і необхідно визначити, чи зможуть вони забезпечити подачу компактного струменя до гребня купи. Тоді, в процесі проектування розглядається декілька варіантів встановлення лафетних стволів на мережі за різних значень довжини компактної частини струменя (або діаметра насадка та тиску перед ним), та розраховується висота веж в залежності від відстані між ними.

При побудованні плану зрошення купи лафетними стволами необхідно визначити “мертву” зону, яка знаходиться безпосередньо біля вежі та виникає через те, що ствол може

повертатися у вертикальній площині лише від  $-15$  до  $+75$  градусів. Для гасіння пожежі в “мертвій” зоні використовують відгалуження від стояка зі з’єднувальними головками, до яких приєднуються пожежні рукава з ручними стволами.

Таким чином, аналізуючи все вищевикладене, можна зробити висновок про те, як забезпечити успішне гасіння пожежі на складах ЛПМ, тобто визначити, з яких компонентів повинна складатися водопровідна мережа та які робочі параметри вона повинна мати та може забезпечити.

#### **10.4 Способи збереження нафти та нафтопродуктів**

**Склади нафти та нафтопродуктів (СНН)** - це самостійні підприємства або їх складові, з резервуарним парком та комплексом будівель, споруд і комунікацій, що забезпечують оперативну діяльність, які призначені для приймання, зберігання та реалізації нафти (нафтопродуктів).

Резервуарний парк – група (групи) резервуарів, що призначені для виконання технологічних операцій приймання, зберігання та відкачування нафти (нафтопродуктів) та розташовані на території, що обмежена по периметру:

- обвалуванням або огорожувальною стінкою у випадку наземних резервуарів (наземному зберіганні);
- шляхами чи протипожежними проїздами – у випадку підземних резервуарів або прирівняних до них наземних, обгорнутих ґрунтом (підземному зберіганні), а також резервуарів, що встановлені в котлованах або виїмках.

Резервуари для приймання, зберігання та відкачування нафти (нафтопродуктів) можуть бути:

- **вертикальні** (об’ємом  $100-120000 \text{ м}^3$ ):
  - зі стаціонарною покрівлею (СПП - з понтоном та СП - без понтона);
  - з плаваючою покрівлею (ПП);
- горизонтальні циліндричні (об’ємом  $3 - 1000 \text{ м}^3$ ).

## **10.5 Засоби та установки пожежогасіння та охолодження**

Для гасіння резервуарів СНН може використовуватися повітряно - механічна піна середньої кратності, порошкові сполуки або вода аерозольного розпилення. Пожежогасіння піною низької кратності допускається передбачати для резервуарів при подачі її в шар нафти або нафтопродукту.

Вибір установок пожежогасіння виконується в залежності від місткості СНН, об'ємів одиничних резервуарів, розташування СНН, організації пожежної охорони на СНН або можливості скупчення необхідної кількості пожежної техніки в пожежних частинах, які розташовані в радіусі трьох кілометрів від СНН.

Гасіння пожежі на СНН може здійснюватися стаціонарними автоматичними установками пожежогасіння (для наземних резервуарів об'ємом понад 5000 м<sup>3</sup>), стаціонарними неавтоматичними (для підземних резервуарів об'ємом понад 5000 м<sup>3</sup>) або пересувними установками (для наземних та підземних резервуарів об'ємом до 5000 м<sup>3</sup>).

Стаціонарна установка автоматичного пінного пожежогасіння складається (рис.10.5) з насосної станції, пункту для приготування розчину піноутворювача, резервуарів для води та піноутворювача, генераторів піни, що встановлені на резервуарах в верхній (для гасіння піною середньої кратності) або нижній частині (при подачі піни низької кратності в шар палива), дозуючої апаратури, трубопроводів для подачі розчину піноутворювача до генераторів піни та засобів автоматизації.

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.

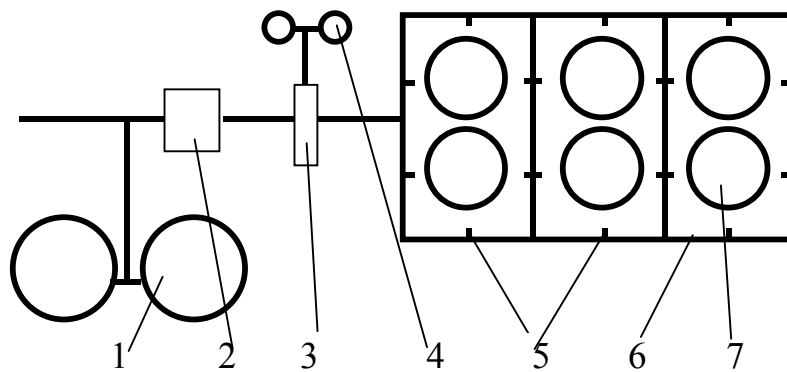


Рис.10.5 - Загальна схема стаціонарної установки автоматичного пінного пожежогасіння:

1 – резервуари для води, 2- насосна станція, 3 – пункт для приготування розчину піноутворювача, 4 – резервуари для піноутворювача, 5 – генератори піни, 6 – трубопроводи, 7 – резервуари.

Запас води аерозольного розпилу слід приймати з умови забезпечення двократної витрати на одну пожежу.

Для зберігання запасу піноутворювача (без урахування резерву) слід передбачати не менш двох резервуарів. Допускається передбачати один резервуар – при:

- кількості піноутворювача до  $10 \text{ м}^3$  включно;
- кількості піноутворювача понад  $10 \text{ м}^3$  при умові розділення резервуара перегородками на відсіки, місткістю кожного не більше  $10 \text{ м}^3$ .

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 додаткового об'єму води на пожежогасіння передбачати не вимагається, за винятком сейсмічних районів будівництва.

Резервуари для зберігання протипожежного запасу можуть використовуватися для інших цілей (в якості циркуляційних ємностей оборотних систем, приймачів очищених стічних вод повторного використання) за умови, що цей запас являється 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 СНиП 2.04.02-84\*.

Мережа розчинопроводів проектується кільцевою з тупиковими відгалуженнями (вводами) до резервуарів. Прокладається навколо резервуарного парку за межами зовнішнього обвалування парку на відстані не менш 10 м від залізничних колій.

На мережі встановлюються гідранти або стояки зі з'єднувальними головками для приєднання пожежних рукавів пересувних установок. Відстань між ПГ повинна бути не більше 130 м.

На мережі передбачаються заходи проти її замерзання або вона прокладається на глибині не менш 0,5 м нижче глибини промерзання ґрунту. Мережа може бути сухотрубною.

Тупикові відгалуження до наземних резервуарів об'ємом 10000 м<sup>3</sup> та більше, що мають довжину понад 200 м, передбачають кількістю не менш двох з підключенням кожного до різних ділянок кільцевої мережі з подаванням кожним повної розрахункової витрати на пожежогасіння.

Необхідна кількість піногенераторів визначається в залежності від загальної витрати води за їх середньою продуктивністю, але приймається не менш двох.

Систему керування установкою слід передбачати у диспетчерському пункті (ДП) або в операторській (при відсутності ДП) та в пожедепо (при його наявності).

Стаціонарна установка неавтоматичного пінного пожежогасіння на наземних резервуарах та в приміщеннях виробничих будівель складається з тих же елементів, що і стаціонарна автоматична, за винятком засобів автоматизації, а на відкритих площадках, спорудах (причалах, естакадах), підземних резервуарах ще й за винятком стаціонарно встановлених піногенераторів.

Пересувна установка – це пожежні автомобілі і (або) мотопомпи, а також засоби для подачі піни. Подача води передбачається з мережі зовнішнього водопроводу, пожежних резервуарів або природних водойм.

Установки охолодження для резервуарних парків передбачаються стаціонарні або пересувні в залежності від типу резервуарів (наземні чи підземні) та їх об'єму.



Стационарні установки охолодження передбачаються для наземних резервуарів з СПП та СП об'ємом понад 5000 м<sup>3</sup> та наземних резервуарів з ПП об'ємом понад 5000 м<sup>3</sup>. Пересувні - для наземних та підземних резервуарів з СПП та СП об'ємом до 5000 м<sup>3</sup> та підземних резервуарів об'ємом понад 400 м<sup>3</sup>.

Одним з елементів стаціонарної установки охолодження (рис.10.6) є горизонтальне секційне кільце зрошування, що являє собою зрошувальний трубопровід з пристроєм для розпилу води та створення водяної завіси. У якості пристроїв може використовуватися дренчерні зрошувачі або перфорований трубопровід з діаметрами отворів не менш 3 мм. Отвори розташовуються по кільцю з направленням вниз під кутом 60 градусів до зрошувальної поверхні, та вгору – під кутом 75 ° (в бік покрівлі) для створення водяної завіси. Висота водяної завіси повинна бути не менш 4 м. Кільця зрошення прокладають з ухилом не менш 0,0005 в бік постачальних трубопроводів, а постачальні трубопроводи - з ухилом в бік спускних пристроїв.

Для з'єднання секційного кільця з мережею протипожежного водопроводу передбачаються сухі стояки та горизонтальні трубопроводи. На горизонтальному трубопроводі за обвалуванням рекомендується встановлювати монтажні вузли з гайками для підключення пожежних рукавів та засувки з ручним приводом.

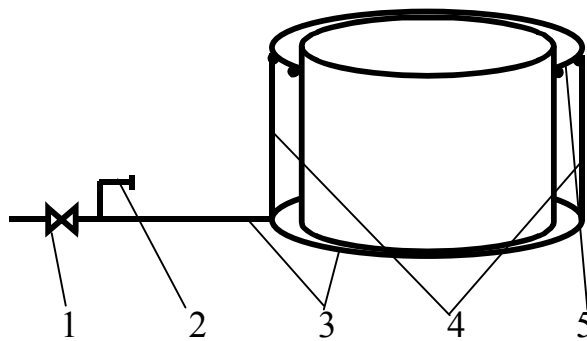


Рис.10.6 - Загальна схема стаціонарної установки охолодження:  
1 – ручна засувка, 2- з'єднувальні головки для приєднання пожежних рукавів, 3 – трубопровід, 4 – сухі стояки, 5 – секційне кільце зрошування з пристроями для розпилу води та створення водяної завіси.

Пересувна установка охолодження резервуара – це пожежні стволи, що приєднуються пожежними рукавами до пожежних

гідрантів, стояків зі з'єднувальними головками на мережі протипожежного водопроводу або пожежних машин та мотопомп.

## **10.6 Основні розрахункові параметри системи протипожежного водопостачання СНН**

Розрахункова кількість одночасних пожеж приймається в залежності від площі підприємства: одна пожежа - при площі СНН до 150 га, дві - при площі СНН понад 150 га.

Витрати вогнегасних засобів визначають виходячи з нормативної інтенсивності їх подачі.

Розрахункова тривалість гасіння для стаціонарних установок приймається протягом десяти хвилин, для пересувних – п'ятнадцяти хвилин.

Розрахункова тривалість охолодження приймається протягом трьох годин для наземних вертикальних резервуарів зі стаціонарною установкою гасіння, наземних горизонтальних резервуарів та підземних резервуарів. Тривалість охолодження наземних вертикальних резервуарів з гасінням пересувною технікою приймається протягом 6 годин.

### *Контрольні питання та завдання*

1. Назвіть область та умови використання зовнішніх протипожежних водопроводів високого тиску.
2. Охарактеризуйте складові систем протипожежного водопостачання складів лісопиломатеріалів.
3. Які системи протипожежного водопостачання передбачаються для захисту складів нафти та нафтопродуктів?

## ГЛАВА 11. ВНУТРІШНІЙ ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ВОДОПРОВІД

### 11.1 Призначення, класифікація та основні елементи внутрішнього протипожежного водопроводу

**Внутрішній протипожежний водопровід (ВПВ)** - система інженерно - технічних споруд, які призначені для подачі води на пожежогасіння від зовнішніх вододжерел.

Внутрішні водопроводи класифікують:

- **за призначенням** - господарчо - питні (для подачі води до водорозбірних кранів, господарчо - побутових приладів), виробничі (призначені для подачі води на технологічні потреби), протипожежні (забезпечують подачу води для цілей пожежогасіння усередині будівель), об'єднані (господарчо - протипожежні, господарчо - виробничо – протипожежні та інші);

- **за місцем прокладання магістрального трубопроводу** - з нижньою розводкою (магістральний трубопровід прокладений у підвалі або на першому поверсі) (рис.11.1 а); з верхньою розводкою (магістральний трубопровід прокладений на верхньому технічному поверсі або на горищі) (рис.11.1 б);

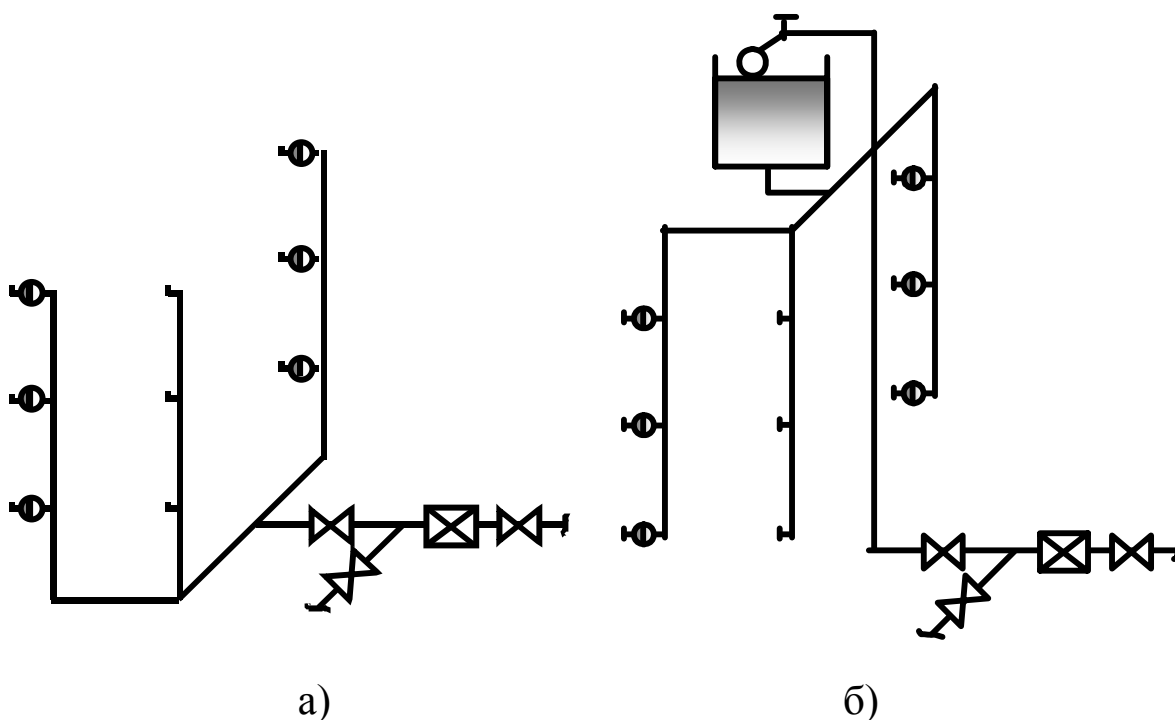


Рис.11.1 – Схеми внутрішнього протипожежного водопроводу:  
а) з нижньою розводкою, б) з верхньою розводкою

- за способом забезпечення необхідного напору - без підвищувальних установок; з підвищувальними установками (з насосами – підвищувачами, з водонапірним баком або з гідропневмоустановкою, з запасним резервуаром);

- за кількістю зон (в залежності від висоти будівлі) - беззонні системи або з розділенням на зони (паралельні, послідовні або змішані);

- за конфігурацією магістрального трубопроводу - кільцеві або тупикові.

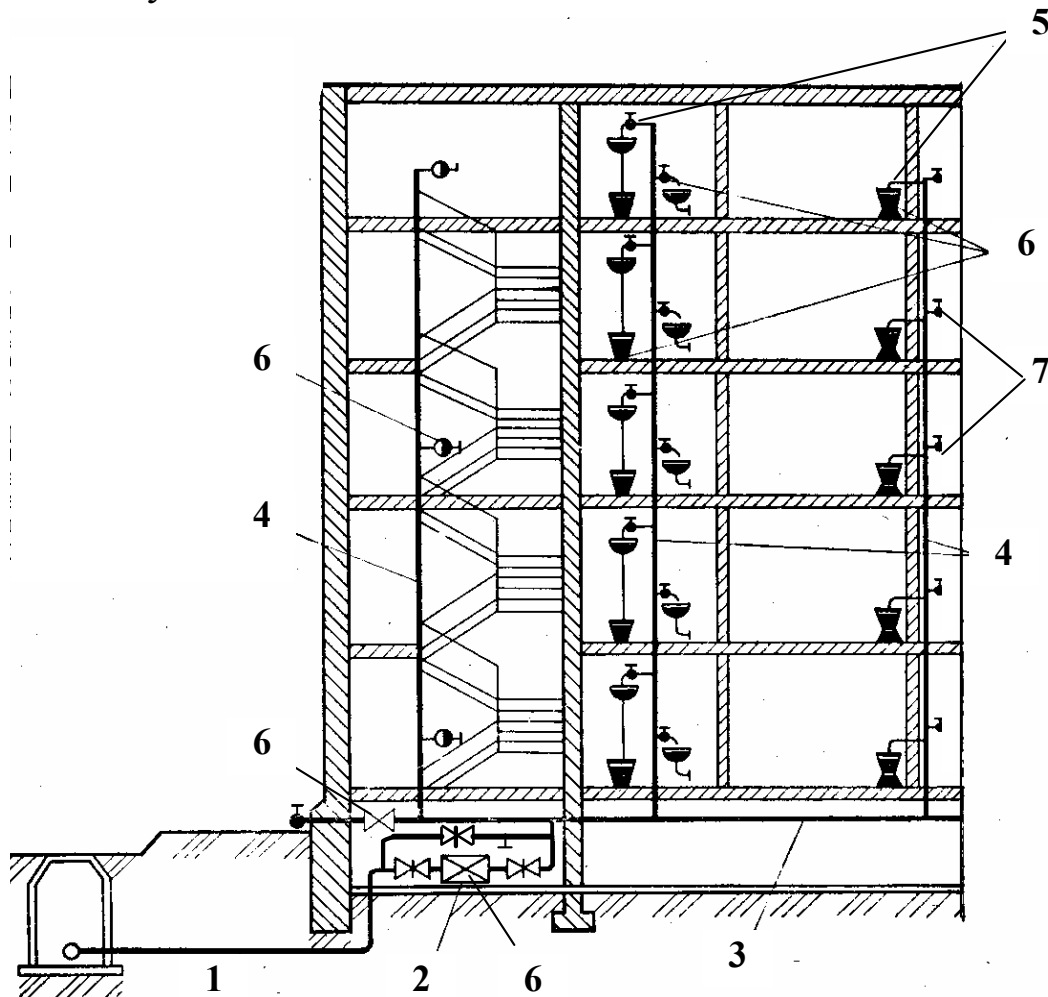


Рис 11.2 – Елементи внутрішнього водопроводу:  
1 – ввід; 2 – водомірний вузол; 3 – магістральний трубопровід; 4 – стояки; 5 – розподільча мережа поверхів; 6 – арматура; 7 – крани квартирної пожежогашіння.

Внутрішній протипожежний водопровід складається з наступних елементів (рис. 11.2):

- ввід - частина мережі, що приєднує внутрішню мережу до зовнішньої;

- водомірний вузол – вузол, що складається з водоміру, засувки до і після водоміру, обвідної лінії з засувкою і контрольно-спускним краном;

- 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 приборів;

- арматура може бути трьох типів:

- водорозбірні прилади (арматура) – пристрої, за допомогою яких забирається вода з мережі (змішувачі, крани, пожежні крани);
- запірні – регулююча арматура – прилади, за допомогою яких здійснюється відключення – включення будь-яких ділянок мережі та регулювання витрат води (засувки, вентиля, зворотні клапани);
- контролююча арматура – пристрої, що забезпечують контроль роботи елементів системи внутрішнього протипожежного водопроводу (водомір, манометр, рівнемір).

- кран квартирного пожежогасіння встановлюється в житлових будівлях після квартирного водоміру у ванній кімнаті, туалеті або кухні, призначений для гасіння пожежі мешканцями квартири. Складається з шлангу та розпорошувача (рис. 11.3), встановлюється разом з оптико-електронними димовими сповіщувачами.

Матеріал трубопроводів мереж внутрішнього водопроводу вибирають в залежності від вимог до міцності матеріалу, якості та температури води, тиску та економічної доцільності. Труби для різних систем водопроводу приймають за таблицею 11.1.

Сталеві труби з корозійностійкої сталі, скляні і пластмасові (вінілпластові та поліетиленові) для систем внутрішнього протипожежного водопостачання не використовуються.

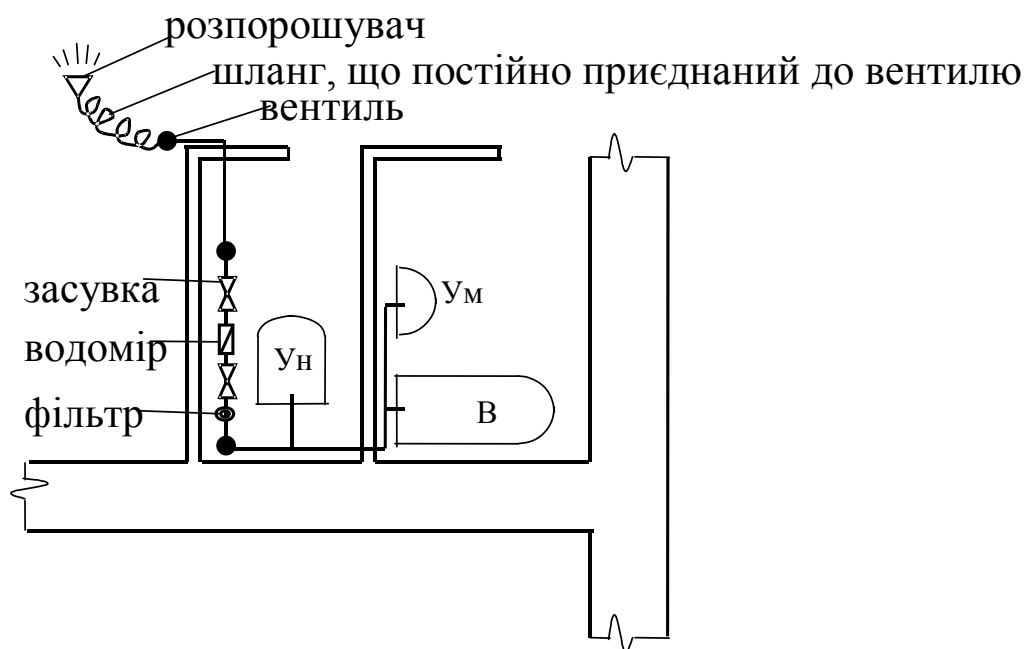


Рис. 11.3 – Приклад встановлення крану квартирною пожежогасіння

Внутрішні магістральні та розподільчі мережі **виробничих будівель** прокладають відкритим способом по фермах (крім протипожежного водопроводу), колонах, стінах та під перекриттями. Якщо відкриту прокладку здійснити неможливо, 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.

Таблиця 11.1 - Види труб, що використовуються в системах водопостачання

Труби	Умовний прохід, мм	Область використання
1. Сталеві водогазопровідні за ГОСТ 3262-75 зі змінами: - звичайні оцинковані  - посилені оцинковані та чорні	10 - 50  10 - 50	системи водопроводу для подачі води питної якості при тиску до 1,6 МПа  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 господарчо – 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 господарчо – питного, виробничого водопроводу при тиску до 1 МПа

**Водопровідна арматура.** Запірну арматуру встановлюють на кожному ввіді; на кільцевому магістральному трубопроводі для можливості вимикання на ремонт окремих ділянок (не більше п'яти пожежних кранів на одному поверсі і не більше одного стояка в будинках висотою більше 50м); в основі пожежних стояків за наявності п'яти та більше пожежних кранів; на відгалуженнях від магістральних ліній водопроводу.

На закріпленій 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, та недоступні для огляду у нічний час, запірну арматуру розміщують у підвалі або технічному підпіллі, що мають вільний доступ.

**Вентилі** (рис. 11.4) 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 чавуна.

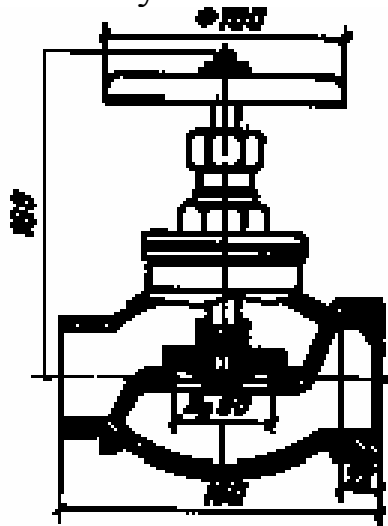


Рис. 11.4 - Вентиль муфтовий з цапфою

Вентилі рекомендується використовувати при діаметрі трубопроводу до 50 мм (як найбільш дешеві); при тиску в мережі більше 1 МПа (вентилі з ковкого чавуна); за необхідності пропуску води в одному напрямку.

**Засувки** (рис. 11.5) 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. Випускаються діаметром від 50 мм до 400 мм. Управління:

- 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 за кільцеваних вводами мережах з перемінним тиском та при частому включенні запірної арматури; за необхідності пропуску води в двох напрямках.

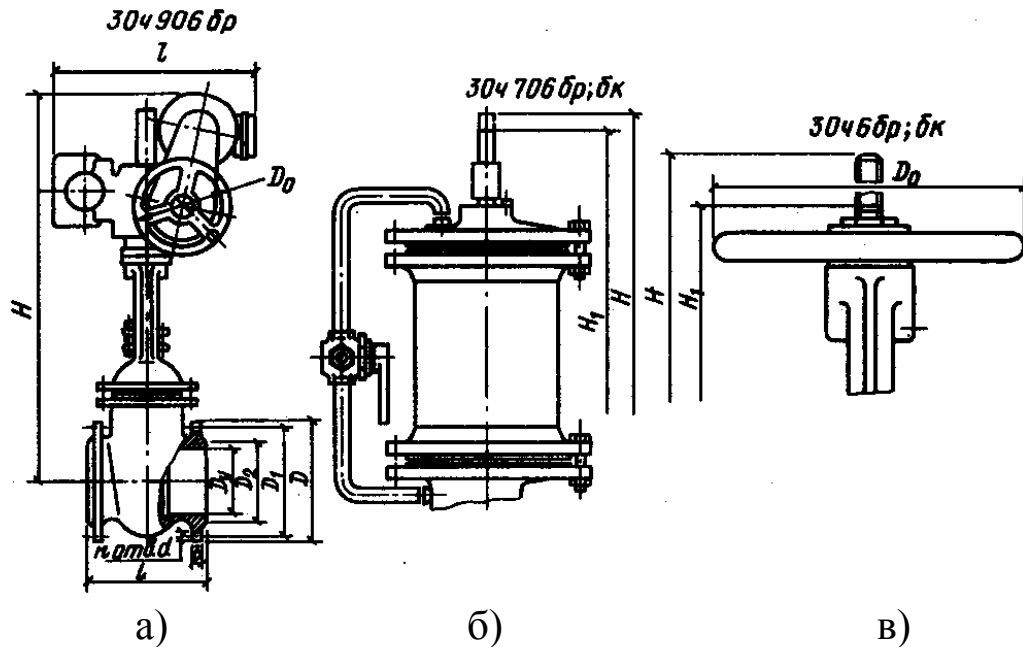


Рис. 11.5 - Засувка фланцева паралельна:

а) з електроприводом; б) з гідроприводом; в) з ручним управлінням.

Рекомендується застосовувати паралельні засувки, тому що в них обробка та притирання кілець, що ущільнюють, простіше та легше, ніж у клинових засувках.

У засувок 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).

**Зворотні клапани** (рис. 11.6) 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 (однодискові або з кінцями впритул).

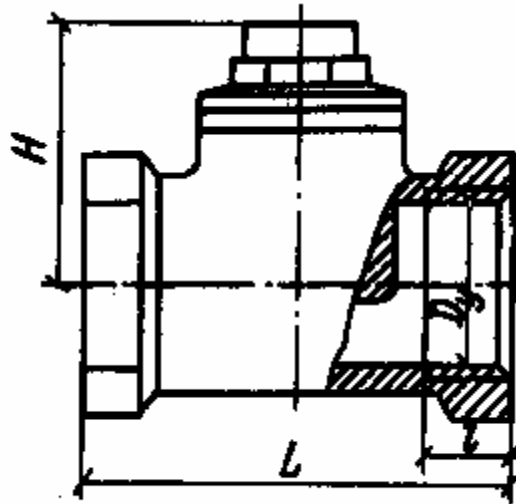


Рис. 11.6 – Зворотній клапан підйомний муфтовий латунний

Зворотні клапани встановлюються на вводах будівель, якщо внутрішня мережа має два вводи з водомірами; при цьому вводи з'єднані між собою всередині будівлі; на патрубках для приєднання пожежної техніки, які виведені на зовні із внутрішньої мережі.

**Регулятори тиску.** На ділянках водопровідної мережі з надлишковим тиском, а також для будівель підвищеної поверхості 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 - регулятори тиску прямої дії «після себе».

Встановлення регуляторів тиску необхідно передбачати:

- на вводах господарчо – питних мереж, якщо тиск на ввіді перевищує 60м;
- на вводах протипожежних мереж, якщо тиск на ввіді перевищує 90м;
- на господарчо – питному трубопроводі, що підключений після пожежних насосів в будівлях, що мають окремі системи господарчо – питного та протипожежного водопостачання.

Регулятор тиску встановлюється після водомірного вузла або насосів господарчо – питного водопостачання. До та після регуляторів встановлюються манометри для контролю та його наладки.

Вибір типу регулювання тиску можна здійснювати за допомогою табл. 11.2.

В будівлях висотою 20 - 40 м (до 50 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 11.2 - 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 підводках до водорозбірної арматури

**Пожежні крани** розміщують на мережах протипожежних водопроводів у входів, на площадках сходових клітин, що опалюються, у вестибулях, коридорах, проходах та інших найбільш доступних місцях, де вони не заважатимуть евакуації людей. Пожежні крани розміщують в опломбованих шафах з отворами для вентиляції та можливістю візуального огляду ПК без відкриття. На дверцях шаф вказується:

- ПК № \_\_\_\_;
- тел. \_\_\_\_\_ (номер телефону для виклику пожежної охорони).

В шафі ПК (11.7) повинні знаходитися пожежний рукав довжиною 10, 15 або 20 м; ствол з насадкою 13 або 19 мм; місце для встановлення двох вогнегасників (для виробничих та громадських будівель). Висота встановлення ПК - 1,35 м над пі-

длогою, а подвійного (спареного) ПК - верхнього - 1, 35 м, а нижнього - 1 - 1,05 м над підлогою.

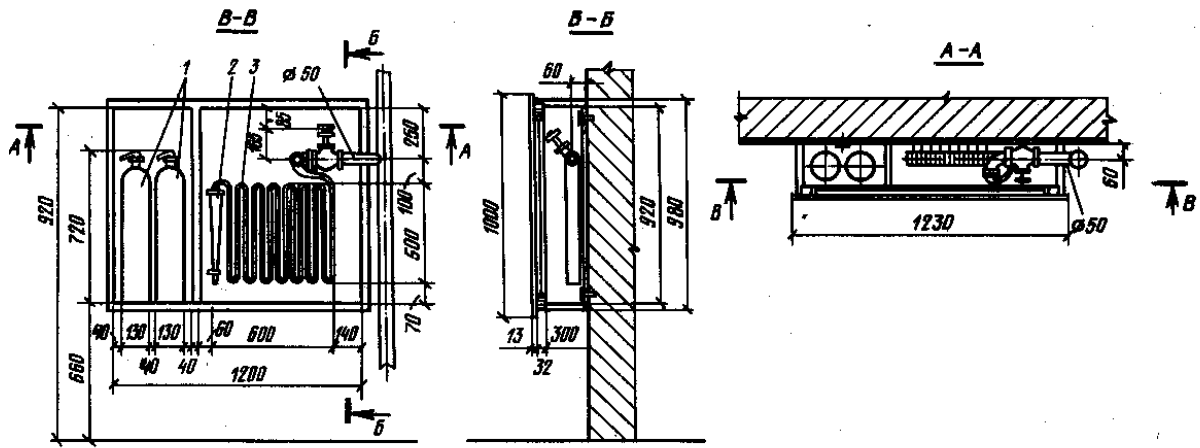


Рис. 11.7 - Встановлення пожежного крана:

1 - вогнегасники; 2 - пожежний ствол; 3 - пожежний рукав.

При визначенні місць розміщення і числа пожежних стояків і пожежних кранів у будівлях необхідно враховувати наступне:

- у виробничих і громадських будівлях при розрахунковій кількості струменів не менш трьох, а в житлових будівлях – не менш двох, на стояках допускається встановлювати **спарені пожежні крани** (рис.11.8);

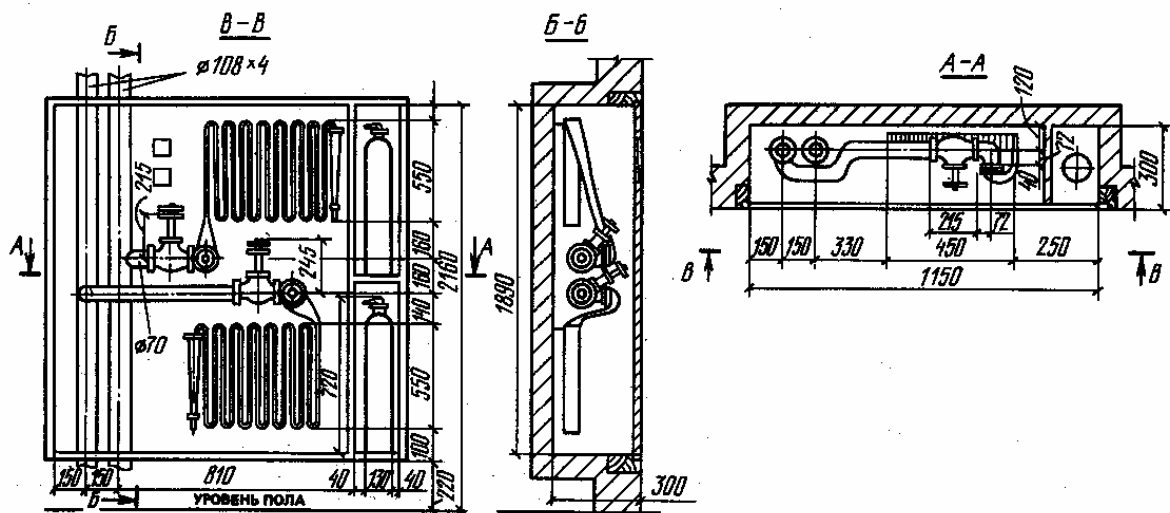


Рис. 11.8 - Встановлення спареного пожежного крана

- у житлових будівлях з коридорами довжиною до 10 м при розрахунковій кількості струменів - два на кожну точку

приміщення, допускається зрошувати двома струменями, **що подаються з одного пожежного стояка**;

- у житлових будівлях з коридорами довжиною понад 10 м, а також у виробничих і громадських будівлях при розрахунковій кількості струменів на кожен точку приміщення два і більше, по одному струменю з двох сусідніх стояків (**різних пожежних шаф**).

Число струменів кожного стояка варто приймати не більш двох. При числі струменів чотири і більш для одержання загальної необхідної витрати води допускається використовувати пожежні крани на сусідніх поверхах.

Встановлення пожежних кранів у технічних поверхах, на горищах і в техпідпіллях варто передбачати при наявності в них горючих матеріалів і конструкцій.

**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 розтрубу трубопроводу не менше 0,2 м (рис. 11.9).

При перетинанні вводу зі стіною або фундаментом його необхідно оберігати від пошкодження. Для цього залишають зазор над трубою 0,2 м та заповнюють його водонепроникним еластичним матеріалом (м'ятою глиною).

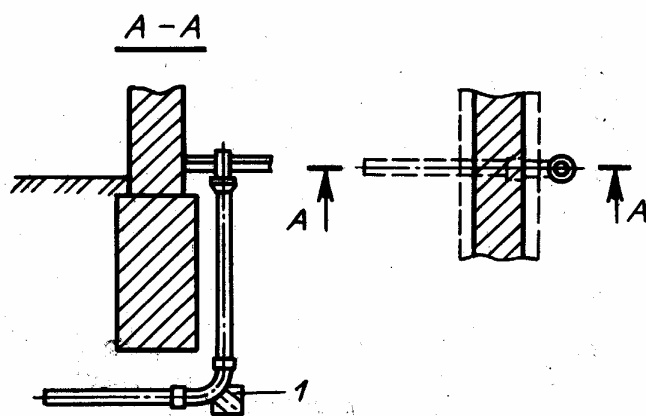


Рис. 11.9 - Ввід водопроводу при стрічковому фундаменті:  
1 - бетонний чи цегляний упор.

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. 11.10).

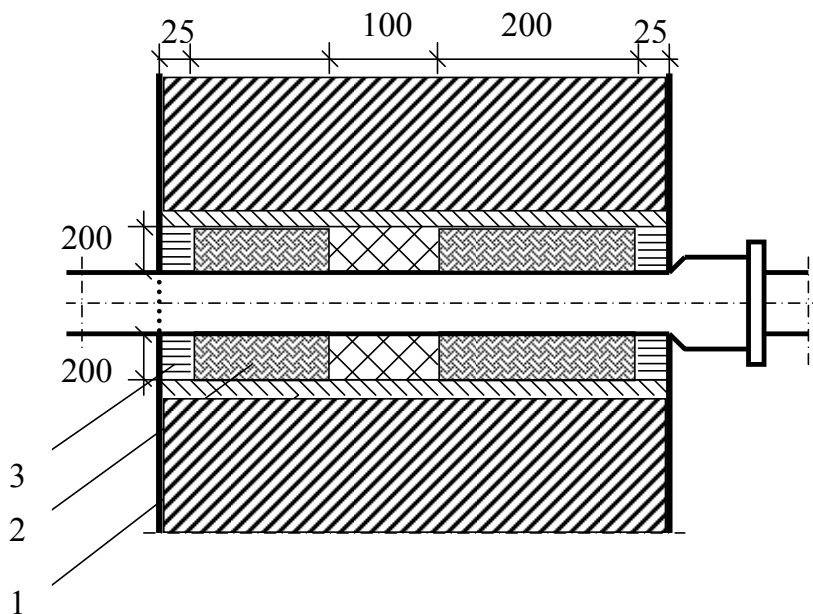


Рис. 11.10 - Ввід водопроводу крізь стіну підвалу в сухих ґрунтах:

1 - футляр зі сталеві труби; 2 - м'ята глина; 3 - закладення цементним розчином; 4 - смоляна пасма.

Вводи у підвали при вологих та мокрих ґрунтах прокладають з використанням патрубків, а за наявності підземних вод використовують сальники (рис. 11.11). Розміри сальників наведені в табл.11.3.

Таблиця 11.3 - 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

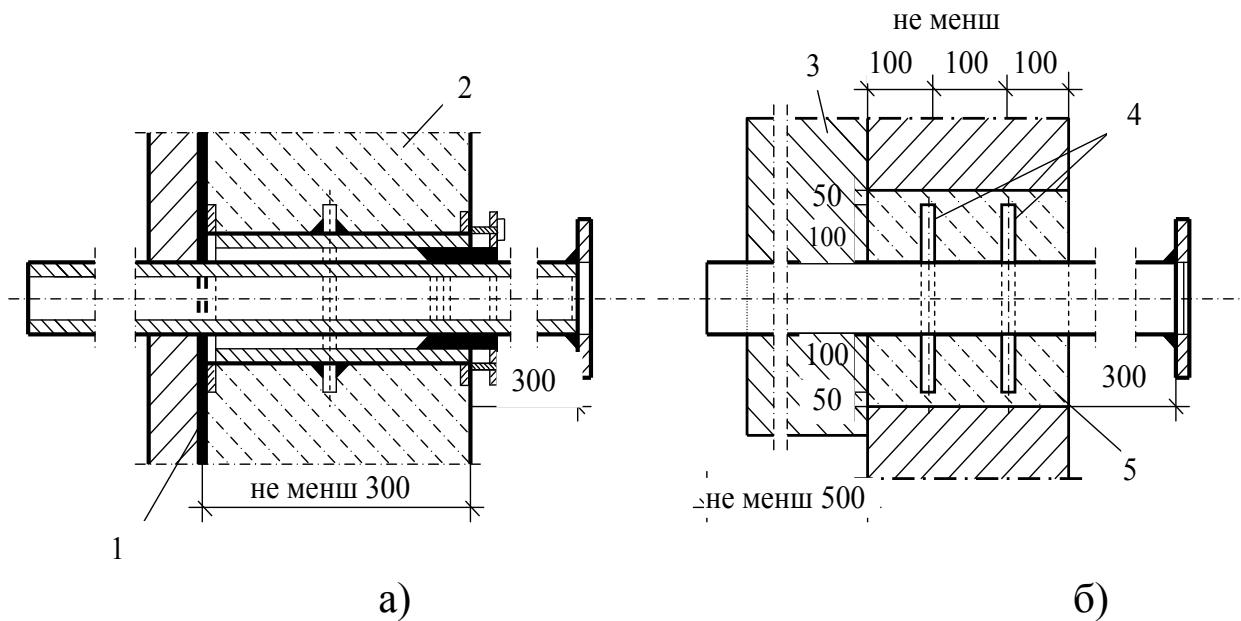


Рис. 11.11 - Ввід водопроводу:

а) з використанням сальників (за наявності підземних вод);  
 б) з використанням ребристого патрубка (для вологих та мокрих ґрунтів), 1 - гідроізоляція; 2 - монолітна стіна; 3 - замок з м'ятої глини; 4 - приварні ребра; 5 - закладення бетонним розчином.

Відстань між вводами господарчо-питного водопроводу та випусками каналізації:

- в горизонтальній площині - не менше 1,5м (діаметр вводу до 200 мм), не менше 3 м (діаметр вводу більше 200 мм);

- у вертикальній площині - не менше 0,4 м, при прокладанні господарчо-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 (рис. 11.12).

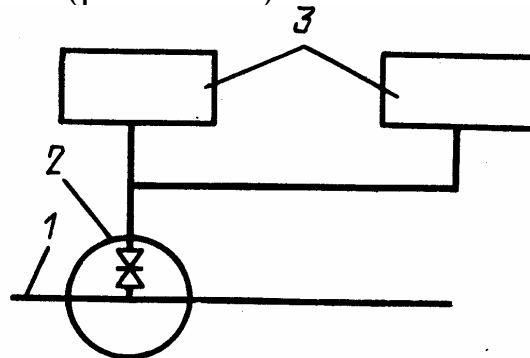


Рис. 11.12 - Схема водопровідного вводу на дві будівлі:  
 1 - зовнішня мережа; 2 - водопровідний колодязь; 3 - будівлі.

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.

При встановленні в будівлі насосів для підвищення тиску у внутрішній мережі:

- вводи об'єднують перед насосами. На з'єднувальному трубопроводі передбачають встановлення засувок для забезпечення водою кожного насоса від кожного вводу;

- вводи не об'єднують, якщо на кожному вводі 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 косоного направлення вводу).

**Водоміри.** Для врахування витрат води на вводах в будівлі або на відгалуженнях мережі, що підводять воду до споживача, встановлюють водоміри.

Водоміри необхідно розміщувати на вводі; в легко доступних приміщеннях з температурою не нижче 5 градусів; якщо температура менше 5 градусів, водоміри утеплюють, а трубопроводи теплоізолюють; відкрито біля стін; у приямках; в туалетних або ванних кімнатах на трубопроводах холодної та гарячої води; у спеціальних камерах за межами будівлі; в колодязях з гідроізоляцією розмірами не менше 1,2x1,2 м або не менше діаметра 1.25 м.

Обвідна лінія у водомірів влаштовується:

- якщо водомір не розрахований на пропуск повної витрати води для цієї будівлі (наприклад водомір, допускається не розраховувати на пропуск пожежних витрат води);

- в будівлях, де є господарчо - протипожежний водопровід;

- в будівлях, де не дозволяється перерва в подачі води під час ремонту водоміру.

Електрозасувка на обвідній лінії встановлюється:

- якщо водомір не розрахований на пропуск пожежних витрат води; при цьому електрозасувка повинна відкриватися одночасно з пуском пожежних насосів від кнопок, що встановлені, наприклад, біля пожежних кранів.



Водоміри можуть бути (рис. 11.13):

- крильчасті (за витрати води до 4,17 л/с);
- турбінні (за витрати води більше 4,17 л/с).

Як водомірні пристрої також використовують спеціальні діафрагми та сопла Вентурі (рис. 11.16).

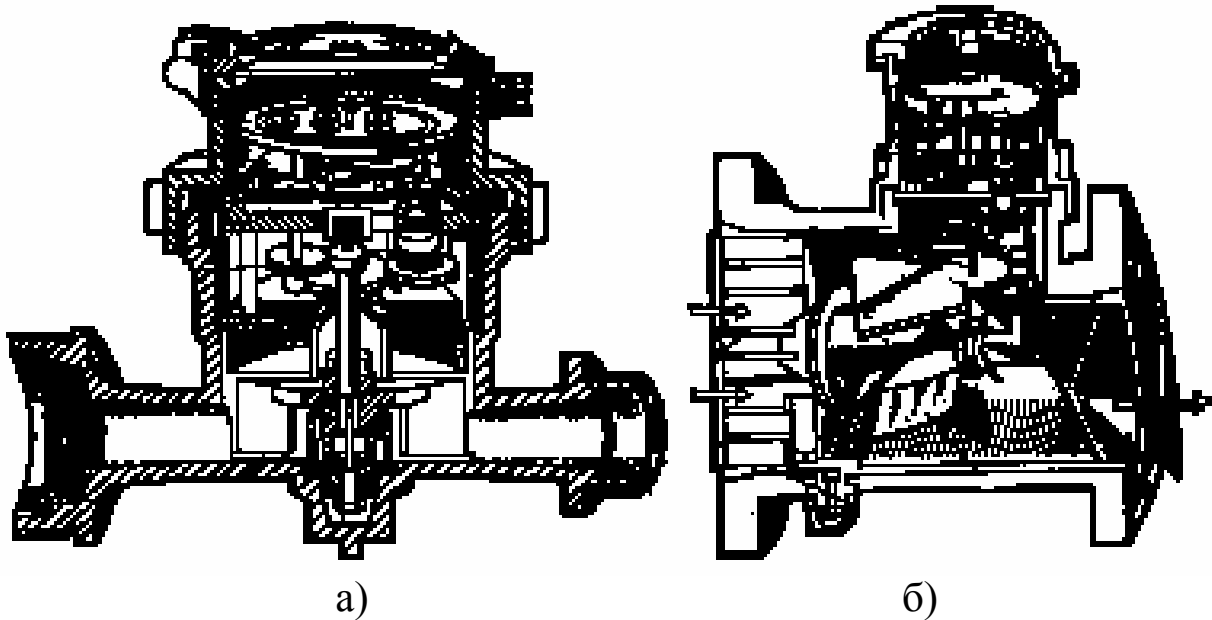


Рис. 11.13 – Водоміри:  
а) крильчастий; б) турбінний.

Втрати напору у водомірах визначаються:

$$h_{\text{вод}} = Sq^2, \text{ м,}$$

де  $S$  - опір водоміру, що залежить від його конструкції;  
 $q$  - витрати води, л/с.

Вони не повинні перевищувати:

- до пожежі - 2,5 м;
- при пожежі - 10 м.

**Крильчасті водоміри** приєднуються до трубопроводів на фланцях або муфтах (при цьому повинен передбачатися згін для швидкого зняття його без пошкодження трубопроводу); до та після водоміру повинні бути встановлені вентиля або засувки (між водоміром та другим за напрямком руху води вентилям (засувкою) встановлюється контрольний кран діаметром 15 мм) (рис. 11.14). Крильчасті водоміри встановлюються тільки горизонтально.

**Турбінні водоміри** приєднуються до трубопроводів на фланцях; встановлюються в горизонтальному, в нахиленому або у вертикальному положенні (якщо вода рухається знизу вгору); до та після водоміру повинні бути встановлені вентиля або засувки (між водоміром та другим за напрямком руху води вентиляем (засувкою) встановлюється контрольний кран діаметром 20 мм); для діаметра водоміру більше 150 мм замість контрольних кранів необхідно встановлювати на відгалуженні трійники та вентиля.

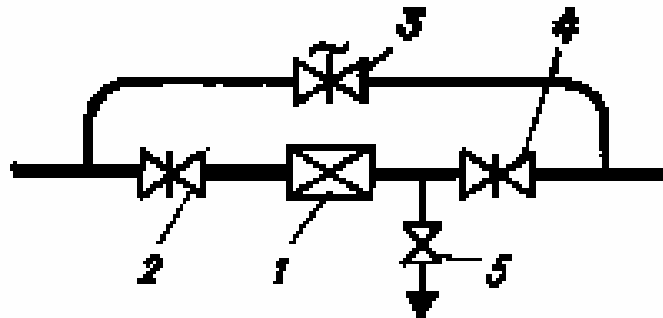


Рис. 11.14 – Схема водомірного вузла:  
1 – водомір; 2, 4 – засувки; 3 – електрозасувка; 5 – контрольно-спускний кран.

**Комбіновані водоміри** за значних змін витрат води в мережі встановлюють два водоміри - великий та малий (рис. 11.15).

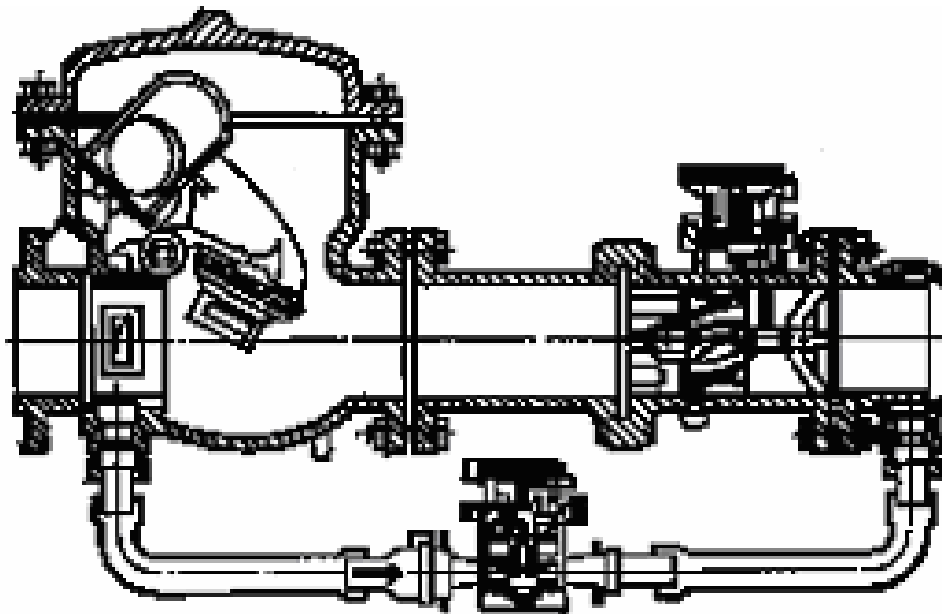


Рис. 11.15 - Водомір комбінований

## 11.2 Схеми внутрішніх водопроводів

Вибір схеми внутрішнього протипожежного водопроводу (ВПВ) залежить від співвідношення необхідного напору на вводі в будівлю та гарантованого напору в зовнішній мережі.

Можливі наступні схеми внутрішніх водопроводів.

**Схема без підвищувальних установок** (рис. 11.1 а) влаштовується у тому випадку, коли гарантований напір зовнішнього водопроводу більше напору, що необхідний для роботи господарчо – питних приладів та пожежних кранів:

$$H < H_{\text{гар}} > H^{\text{пож}}, \quad (11.1)$$

де  $H_{\text{гар}}$  – гарантований напір в зовнішній мережі, м;

$H$  – напір, необхідний для роботи господарчо – питних приладів, м;

$H^{\text{пож}}$  - напір, необхідний для роботи пожежних кранів, м.

**Схема з пожежними насосами – підвищувачами** (рис. 11.16) влаштовується у тих випадках, коли

$$H < H_{\text{гар}} < H^{\text{пож}} \quad (11.2)$$

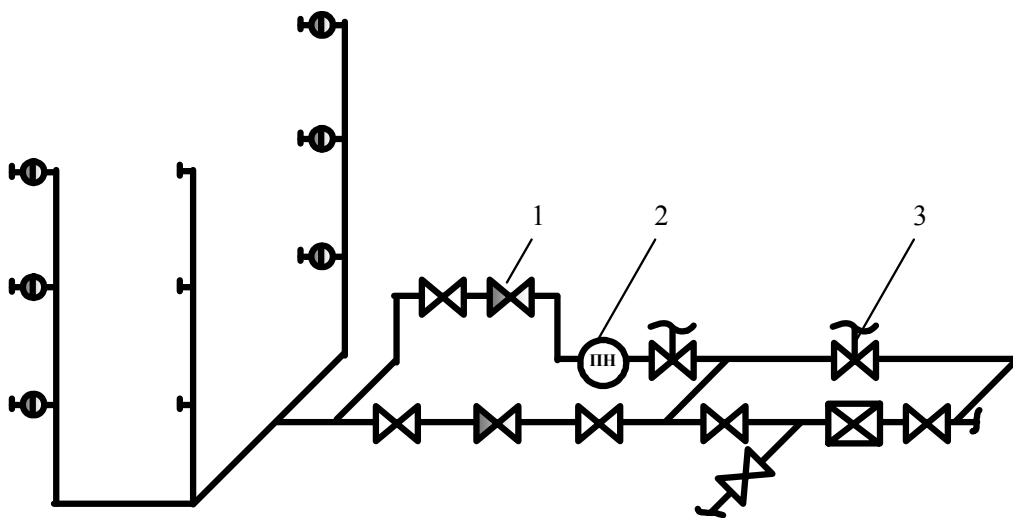


Рис. 11.16 - Схема водопроводу з пожежними насосами – підвищувачами:

1 – зворотній клапан; 2 – пожежний насос; 3 - електрозасувка.

У звичайний час вода подається від зовнішньої мережі до внутрішньої через водомір, в обхід пожежного насоса, тому що електрозасувка закрита.

При пожежі включається пожежний насос. Пуск насоса здійснюється дистанційно від кнопки, що встановлена в шафі кожного пожежного крана. Одночасно з включенням електродвигуна відкриваються електрозасувки. При пожежі працює лише пожежний насос. Він забезпечує подачу розрахункової витрати води, що дорівнює сумі максимальної господарчої та пожежної витрати.

**Схема з водонапірним баком та насосами (рис. 11.17) або з гідропневмоустановкою** при постійному недостатньому тиску у зовнішній мережі:

$$H > H_{\text{гар}} < H^{\text{ПОЖ}} . \quad (11.3)$$

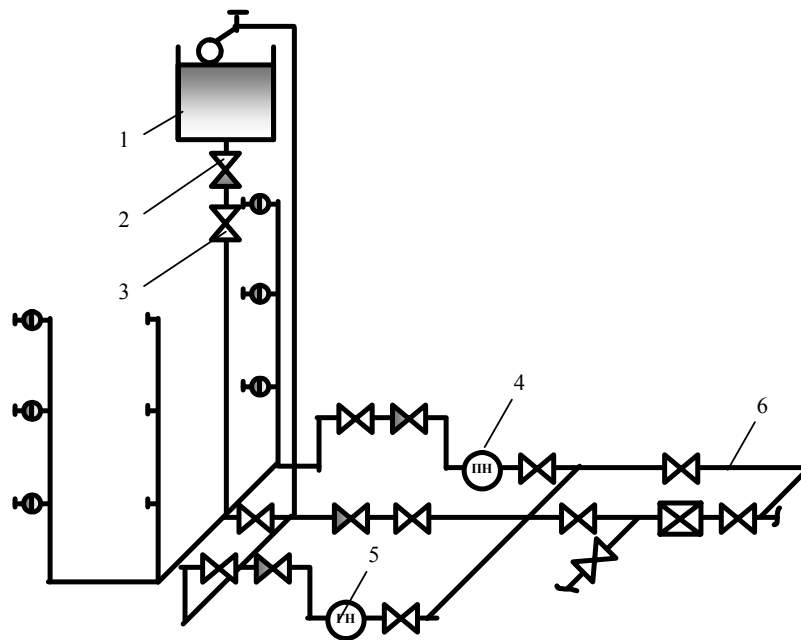


Рис. 11.17 - Схема водопроводу з водонапірним баком та насосами:

1 – водонапірний бак; 2 – зворотній клапан; 3 – засувка; 4 – пожежний насос; 5 – господарчо – питний насос; 6 – обвідна лінія водомірного вузла.

Водонапірний бак виконує роль напірно – регулюючої ємності та використовується для автоматичного пуску пожежних насосів.

В звичайний час роботи водопроводу при дії господарчого насоса та подачі води кількістю більшою, ніж водоспоживання, вода поступає у водонапірний бак. При збільшенні водоспоживання вода з водонапірного бака поступає у мережу. При цьому пожежні крани постійно знаходяться під тиском водонапірного бака.

При пожежі за рахунок збільшення витрати води її рівень в баку знижується. Коли він стає нижче рівня недоторканого 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 господарчо – 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 можливо забезпечити достатній тиск на пожежних кранах, які знаходяться безпосередньо під баком;
- незручність в експлуатації (насоси встановлюються в підвальному приміщенні, а баки – на горищі).

Якщо влаштування водонапірного бака неможливо або недоцільно, використовують схему з гідропневмобаком. Складовою частиною такої системи є:

- повітряно-водяний бак, який виконує роль напірно – регулюючої ємності;
- компресор, що призначений для періодичної подачі стиснутого повітря.

Включення пожежного насоса здійснюється від реле тиску, величина якого зменшується при роботі пожежних кранів до мінімального розрахункового значення.

**Схему з запасним резервуаром** (рис. 11.18) найчастіше використовують в театрах, виробничих цехах з підвищеною пожежною небезпекою, а також при виконанні умови:

$$H_{\text{гар}} < 5\text{м} \quad (11.4)$$

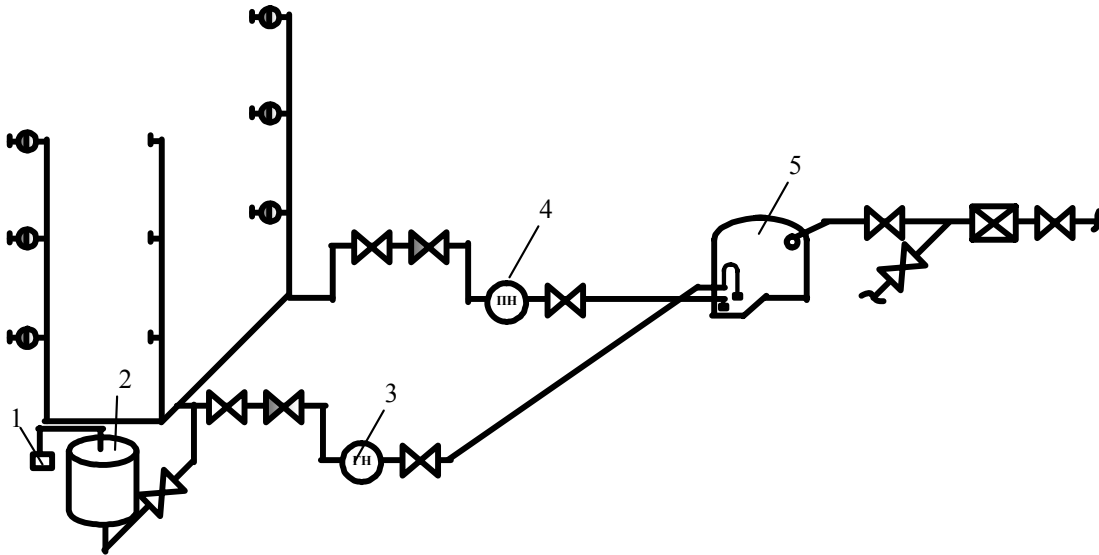


Рис. 11.18 - Схема водопроводу з запасним резервуаром:

1 – компресор; 2 - пневмобак; 3 – господарчо – питний насос; 4 – пожежний насос; 5 – запасний резервуар.

### 11.3 Розрахунок внутрішнього протипожежного водопроводу

Перед початком розрахунку системи внутрішнього протипожежного водопроводу (ВПВ) потрібно визначити необхідність його влаштування в даній будівлі, мінімальну витрату води на пожежогасіння  $q$  та кількість струменів на кожну точку приміщення -  $n$ .

Для будівель житлового або громадського призначення необхідність влаштування ВПВ визначається за допомогою таблиці 11.4, а для виробничих будівель за таблицею 11.5.

Таблиця 11.4 - Витрати води на пожежогасіння та кількість струменів для житлових та громадських будівель

Житлові, громадські та допоміжні будівлі та приміщення	Кількість струменів	Мінімальні витрати води на внутрішнє пожежогасіння, л/с на один струмінь
1. Житлові будівлі: – при кількості поверхів від 12 до 16;	1	2,5
- те ж при загальній довжині ко-	2	2,5

Житлові, громадські та допоміжні будівлі та приміщення	Кількість струменів	Мінімальні витрати води на внутрішнє пожежогасіння, л/с на один струмінь
ридорів понад 10 м;		

Продовження таблиці 11.4

Житлові, громадські та допоміжні будівлі та приміщення	Кількість струменів	Мінімальні витрати води на внутрішнє пожежогасіння, л/с на один струмінь
- при кількості поверхів понад 16 до 25;	2	2,5
- теж при загальній довжині коридорів понад 10 м	3	2,5
2. Будівлі управлінь: - висотою від 6 до 10 поверхів та об'ємом до 25000 м <sup>3</sup> ; - теж об'ємом понад 25000 м <sup>3</sup> ; - висотою понад 10 поверхів та об'ємом до 25000 м <sup>3</sup> ; - теж об'ємом понад 25000 м <sup>3</sup>	1	2,5
	2	2,5
	2	2,5
	3	2,5
3. Клуби з естрадою, театри, кінотеатри, актові та конференц-зали, що обладнані кіноапаратурою.	Згідно ДБН В.2.2.9-99	
4. Гуртожитки та громадські будівлі, що не зазначені в п. 2: - при кількості поверхів до 10 та об'ємом від 5000 до 25000 м <sup>3</sup> ; - теж об'ємом понад 25000 м <sup>3</sup> ; - при кількості поверхів понад 10 та об'ємом до 25000 м <sup>3</sup> ; - те ж об'ємом понад 25000 м <sup>3</sup>	1	2,5
	2	2,5
	2	2,5
	3	2,5
5. Допоміжні будівлі промислових підприємств об'ємом, м <sup>3</sup> : - від 5000 до 25000; - понад 25000	1	2,5
	2	2,5



Таблиця 11.5 - Витрати води на пожежогасіння та кількість струменів для виробничих будівель

Ступінь вогнетійкості	Категорія будівель за пожежною небезпечкою	Кількість струменів та мінімальні витрати води, л/с, на один струмінь, на внутрішнє пожежогасіння у виробничих будівлях та сховищах висотою до 50 м та об'ємом, тис. м <sup>3</sup>				
		від 0,5 до 5	понад 5 до 50	понад 50 до 200	понад 200 до 400	понад 400 до 800
I и II	А, Б, В	2×2,5	2×5	2×5	3×5	4×5
III	В	2×2,5	2×5	2×5	—	—
III	Г, Д	—	2×2,5	2×2,5	—	—
IV и V	В	2×2,5	2×5	—	—	—
IV и V	Г, Д	—	2×2,5	—	—	—

Дійсна витрата води на внутрішнє пожежогасіння  $Q_{\text{вн пож}}$  визначається в залежності від кількості струменів на кожну точку приміщення  $n$  та дійсної витрати кожного струменя  $q_{\text{дійсне}}$  (дорівнює дійсній витраті води з кожного ПК), тобто

$$Q_{\text{вн пож}} = n \cdot q_{\text{дійсне}},$$

де  $q_{\text{дійсне}}$  — визначається за допомогою таблиці 11.6, в залежності від обладнання ПК, мінімальної витрати води на пожежогасіння та радіуса компактної частини струменя, при цьому значення  $q_{\text{дійсне}}$  повинно бути не менше мінімальної витрати на пожежогасіння  $q$ .

Вільні напори у внутрішніх пожежних кранах повинні забезпечувати одержання компактних пожежних струменів висотою, необхідною для гасіння пожежі в будь-який час доби в найбільш віддаленій від вводу частині будівлі. Найменшу висоту та радіус дії компактної частини пожежного струменя варто приймати рівними висоті приміщення, але не менше:

- 6 м — у житлових, громадських, виробничих та допоміжних будівлях промислових підприємств висотою до 50 м;
- 8 м — у житлових будівлях висотою понад 50 м;
- 16 м — у громадських, виробничих та допоміжних будівлях промислових підприємств висотою понад 50 м.

Таблиця 11.5 – Вимоги СНиП 2.04.01-85\* щодо фактичних витрат води з ПК залежно від їх обладнання (СНиП 2.04.01-85\*, таблиця 3 )

Висота компактної частини струменя або приміщення, м	Витрата пожежного струменя, л/с	Напір у пожежного крана з рукавами довжиною, м			Витрата пожежного струменя, л/с	Напір у пожежного крана з рукавами довжиною, м			Витрата пожежного струменя, л/с	Напір у пожежного крана з рукавами довжиною, м		
		10	15	20		10	15	20		10	15	20
		Діаметр насадка пожежного ствола, мм										
13			16			19						
Пожежні крани d = 50 мм												
6	-	-	-	-	2,6	9,2	9,6	10	3,4	8,8	9,6	10,4
8	-	-	-	-	2,9	12	12,5	13	4,1	12,9	13,8	14,8
10	-	-	-	-	3,3	15,1	15,7	16,4	4,6	16	17,3	18,5
12	2,6	20,2	20,6	21	3,7	19,2	19,6	21	5,2	20,6	22,3	24
14	2,8	23,6	24,1	24,5	4,2	24,8	25,5	26,3	-	-	-	-
16	3,2	31,6	32,2	32,8	4,6	29,3	30	31,8	-	-	-	-
18	3,6	39	39,8	40,6	5,1	36	38	40	-	-	-	-
Пожежні крани d = 65 мм												
6	-	-	-	-	2,6	8,8	8,9	9	3,4	7,8	8	8,3
8	-	-	-	-	2,9	11	11,2	11,4	4,1	11,4	11,7	12,1
10	-	-	-	-	3,3	14	14,3	14,6	4,6	14,3	14,7	15,1
12	2,6	9,8	19,9	20,1	3,7	18	18,3	18,6	5,2	18,2	19	19,9
14	2,8	23	23,1	23,3	4,2	23	23,3	23,5	5,7	21,8	22,4	23
16	3,2	31	31,3	31,5	4,6	27,6	28	28,4	6,3	26,6	27,3	28
18	3,6	38	38,3	38,5	5,1	33,8	34,2	34,6	7	32,9	33,8	34,8
20	4	46,4	46,7	47	5,6	41,2	41,8	442,4	7,5	37,2	38,5	39,7

Для одержання пожежних струменів з витратою води до 4 л/с варто застосовувати пожежні крани та рукава діаметром 50 мм, для одержання пожежних струменів більшої продуктивності — діаметром 65 мм. При техніко-економічному обґрунтуванні допускається застосовувати пожежні крани діаметром 50 мм, продуктивністю понад 4 л/с.

Для забезпечення умов зрошення приміщення необхідною кількістю струменів, пожежні крани (ПК) повинні встановлюватися один від одного на відстані не більше:

$$L = k \sqrt{(R_{\text{пр.к}} + l_p)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2}, \quad (11.5)$$

де  $k=1$  – при зрошенні кожної точки приміщення двома струменями;  $k=2$  при зрошенні кожної точки приміщення одним струменем;

$l_p$  - довжина пожежного рукава;

$B$  - ширина будівлі;

$R_{\text{пр.к.}} = \sqrt{R_k^2 - (z - 1,35)^2}$  - проекція радіуса компактної частини струменя, для практичних розрахунків можна прийняти  $R_{\text{пр.к.}} = \frac{R_k}{2}$ , де  $R_k$  - висота компактної частини струменю (таблиця 11.6 з урахуванням висоти та типу будівель);  $z$  – висота приміщення, 1,35 – висота встановлення ПК над підлогою.

Визначення кількості ПК в приміщенні визначається графічно – побудуванням на плані будівлі.

При цьому необхідно враховувати, що внутрішні пожежні крани варто встановлювати переважно у входів, на площадках опалювальних сходових клітин, у вестибулях, коридорах, проходах та інших найбільш доступних місцях, при цьому їхнє розташування не повинно заважати евакуації людей.

Системи внутрішніх протипожежних водопроводів необхідно приймати тупиковими, якщо допускається перерва в подачі води, та при кількості пожежних кранів до 12; кільцевими або з закільцьованими вводами при двох тупикових трубопроводах з відгалуженнями до споживачів від кожного з них для забезпечення безперервної подачі води.

Кільцеві внутрішні мережі повинні бути приєднані до зовнішньої кільцевої мережі не менше ніж двома вводами.

Два вводи та більше необхідно передбачати для:

- будівель, у яких встановлено понад 12 пожежних кранів;
- житлових будівель з числом квартир понад 400, клубів з естрадами, кінотеатрів з числом місць понад 300;
- театрів і клубів зі сценою незалежно від числа місць;
- будівель, обладнаних спринклерними та дренчерними системами при кількості вузлів управління три та більше.

В ході гідравлічного розрахунку системи необхідно визначити:

- діаметри труб;
- втрати напору в мережі до пожежі;
- можливість пропуску води на цілі пожежогасіння та величину втрат напору при цьому.

При виконанні гідравлічного розрахунку мережі необхідно враховувати тип мережі (окремий протипожежний водопровід або об'єднана система). При об'єднаному типі водопроводу розрахунок виконується при двох режимах роботи мережі – до пожежі та при пожежі; якщо мережа відокремлена – лише при пожежі.

Діаметри труб визначаються за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4q_{\text{діл}}}{\pi v}}, \quad (11.6)$$

де  $v$  - швидкість руху води в мережі (до пожежі – 1-1,5 м/с, при пожежі – до 3 м/с);

$q_{\text{діл}}$  – витрата води у ділянці, що розраховується (визначається за допомогою аксонометричної схеми з урахуванням першого закону Кірхгофа: сума витрат води для вузла повинна дорівнювати нулю за умови, що витрати води, що входять до вузла, – умовно позитивні, а витрати води на виході з вузла – умовно негативні, тобто  $\sum q = 0$ ).

Необхідний напір на ввіді в будівлю до пожежі складається з наступних величин:

$$H = k(h_M + h_B) + h_{\text{вод}} + H_B + z, \quad (11.7)$$

де  $h_M$  - втрати напору в частині мережі, що з'єднує точку вододоживлення 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);

$k$  - коефіцієнт урахування місцевих опорів;

$h_B$  - втрати напору в трубах вводу (до пожежі);

$h_{\text{вод}} = SQ^2$  - втрати напору на водомірі,  $S$  – опір водоміру (таблиця 11.7);

$H_B$  - напір біля водорозбірного прибору, що розташований в диктуючій точці;

$z$  - висота розміщення цього прибору у відношенні до вводу в будівлю.

Значення  $k$  приймаються наступними:

1,3 — в мережах господарчо – питних водопроводів житлових та громадських будівель;

1,2 — в мережах об'єднаних господарчо - протипожежних водопроводів житлових та громадських будівель, а також в мережах виробничих водопроводів;

1,15 – в мережах об'єднаних виробничо – протипожежних водопроводів;

1,1 – в мережах протипожежних водопроводів.

Необхідний напір на ввіді в будівлю при пожежі визначається

$$H^{\text{ПОЖ}} = k(h_M^{\text{ПОЖ}} + h_B^{\text{ПОЖ}}) + h_{\text{вод}}^{\text{ПОЖ}} + H_{\text{ПК}} + z_{\text{ПК}}, \quad (11.8)$$

де  $h_M^{\text{ПОЖ}}$  - втрати напору в мережі при її роботі під час пожежі;

$h_B^{\text{ПОЖ}}$  - втрати напору в трубах вводу під час пожежі;

$h_{\text{вод}}^{\text{ПОЖ}}$  – втрати напору на водомірі під час роботи мережі при пожежі, якщо водомір не розрахований на пропуск пожежних витрат води, тоді втрати напору в ньому під час пожежі дорівнюють нулю;

$H_{\text{ПК}}$  - напір у ПК, розташованому в диктуючій точці;

$z_{\text{ПК}}$  - висота розміщення цього ПК у відношенні до вводу в будівлю.

Таблиця 11.7 - Параметри, що характеризують роботу водомірів

Діаметр умовного проходу водоміру, мм	Параметри					
	Витрата води, м <sup>3</sup> /год			Поріг чутливості, м <sup>3</sup> /год, не більше	Максимальний об'єм води за добу, м <sup>3</sup>	Гідравлічний опір водоміру, м/(м <sup>3</sup> /год) <sup>2</sup>
	мінімальна	експлуатаційна	максимальна			
15	0,03	1,2	3	0,015	45	1.11
20	0,05	2	5	0,025	70	0,4
25	0,07	2,8	7	0,035	100	0,204
32	0,1	4	10	0,05	140	0,1
40	0,16	6.4	16	0,08	230	0,039
50	0,3	12	30	0,15	450	0,011
65	1,5	17	70	0,6	610	0,0063
80	2	36	110	0,7	1300	0,002
100	3	65	180	1,2	2350	5,9 · 10 <sup>-5</sup>
150	4	140	350	1,6	5100	1,0 · 10 <sup>-5</sup>
200	6	210	600	3	7600	2,77 · 10 <sup>-6</sup>
250	15	380	1000	7	13700	1,38 · 10 <sup>-6</sup>

Вибір схеми ВПВ залежить від співвідношення необхідного напору на вводі в будівлю та гарантованого напору в зовнішній мережі.

#### *Контрольні питання та завдання*

1. Охарактеризуйте основні елементи внутрішнього протипожежного водопроводу.
2. Назвіть умови використання різних схем внутрішнього протипожежного водопроводу.
3. Що є метою гідравлічного розрахунку внутрішнього протипожежного водопроводу.
4. Як визначити необхідне обладнання пожежних кранів?

## **ГЛАВА 12. ОСОБЛИВОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВОСТІ ТА З МАСОВИМ ПЕРЕБУВАННЯМ ЛЮДЕЙ**

### **12.1 Влаштування протипожежних водопроводів у будівлях підвищеної поверховості**

За висотою будівлі класифікують:

- звичайні – кількістю поверхів від 1 до 9 включно;
- підвищеної поверховості – 10 – 25 поверхів;
- висотні – більше 25 поверхів.

Пожежі в будівлях підвищеної поверховості (БПП) характеризуються:

- швидким розповсюдженням вогню та диму до вищерозташованих поверхів по горючих речах та обладнанню, через коридори, вестибулі, холи, а також через віконні отвори.

Основними шляхами розповсюдження вогню та диму є:

- сходові клітини;
- шахти ліфтів;
- канали та короби, де прокладені інженерні комунікації;
- сміттєпроводи;
- 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 по всій сходовій клітині та ліфтовому вузлу, а рівень задимлення 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 становить 7 – 8 м/хв.

Одночасно зі сходовими клітинами відбувається задимлення приміщень верхніх 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.

Таким чином, для успішного гасіння пожежі на початковій стадії її виникнення можливо застосування:

- для житлових БПП - кранів квартирного пожежогасіння (до того ж вони встановлюються разом з оптико – електронними сповіщувачами);

- внутрішнього протипожежного водопроводу.

В залежності від поверховості будівель та їх висоти, приймають різні схеми внутрішніх протипожежних водопроводів. В будівлях висотою не більше 45 - 50 м (до 16 поверхів включно) розвинута пожежа гаситься пожежними від зовнішніх водопроводів.

Внутрішній протипожежний водопровід в таких будівлях використовують найчастіше тільки в початковій стадії виникнення пожежі, до прибуття пожежних підрозділів. Тому в будівлях до 16 поверхів включно, незалежно від їх призначення, проєктують об'єднані господарчо - питні та протипожежні водопроводи з мінімальною витратою води та з мінімальним тиском у пожежних кранах (один - два струмені по 2,5 л/с кожний та тиском (напором) у пожежних кранів близько 10 м.

Насос ПН-40У, встановлений на більшості пожежних автомобілів, може створювати тиск 80 - 90 м за витрати 20 - 45 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 непрогумованих рукавах діаметром 66 мм становлять близько 10 м на кожні 100 м рукавної лінії, зрозуміло, чому використання пожежних автомобілів неможливо.

Подача води до місця пожежі залежить не тільки від потужності пожежних автонасосів, а також від кількості та якості пожежних рукавів. Пожежні рукави, 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 влаштовують 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 розрахункових компактних (суцільних) струменів довжиною не менше 16 м, тобто таких струменів, які необхідні для гасіння розвиненої пожежі.



При розрахунку внутрішнього протипожежного водопроводу напір, необхідний для гасіння, визначають по пожежних кранах, що розташовані на самому високому та віддаленому місці від насосної станції. Крани, що розташовані на нижніх поверхах, будуть знаходитися під великим тиском. Для зменшення напору у внутрішніх мережах будівель підвищеної поверховості систему водопостачання розділяють на декілька «висотних» зон. Водопроводи, що розташовані в такій зоні, мають назву – "зонні" або "зональні". Подачу води для гасіння пожежі при зонному водопостачанні здійснюють за двома основними схемами.

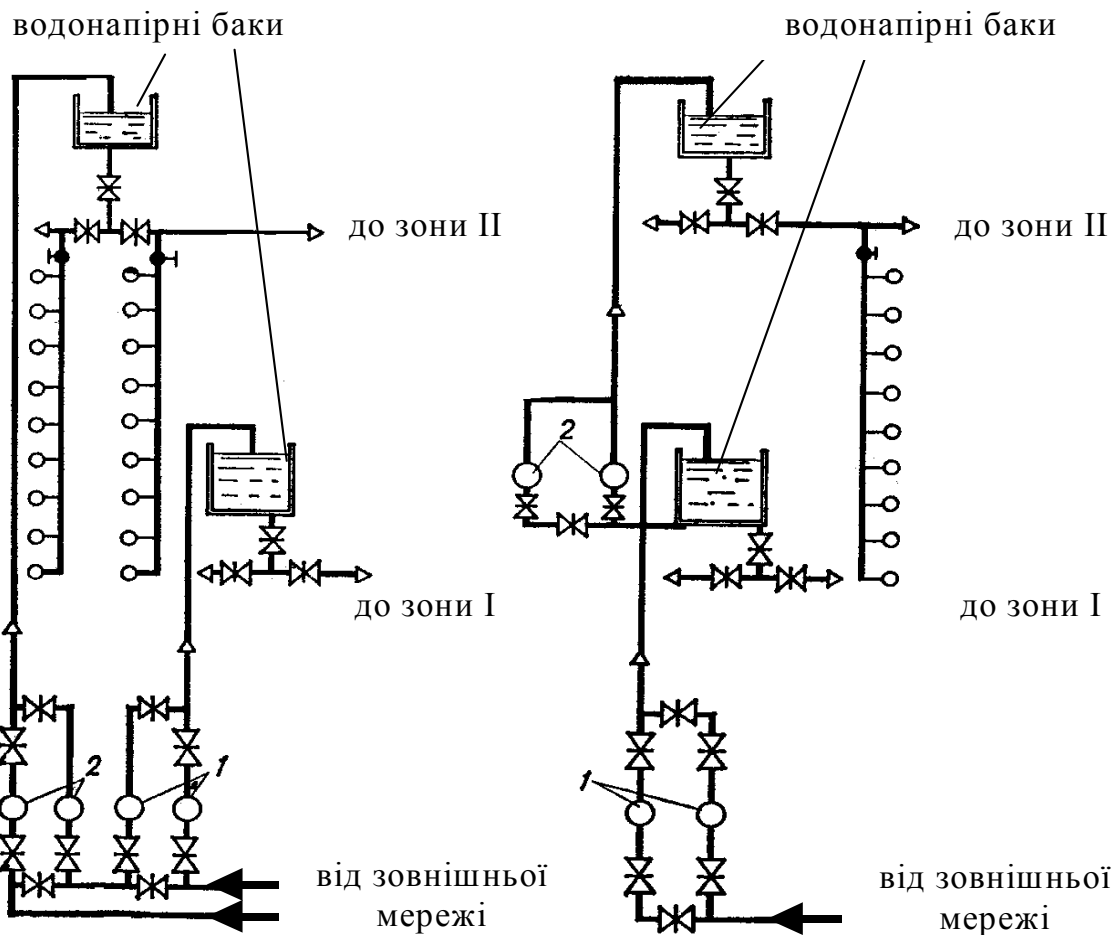


Рис.12. 1 - Подача води в багатоповерхових будівлях по системах:  
 а) паралельній; б) послідовній; 1 - насосна станція першої зони; 2 - насосна станція другої зони.

За першою схемою (рис.12.1 а) воду подають насосами, встановленими внизу будівлі. При цьому для кожної зони влаштовують баки та встановлюють пожежні насоси. За другою схемою (рис.12.1 б) воду подають з зони в зону.

В першому випадку воду подають до зон по паралельній системі, в другому - по послідовній.

**При послідовному зонуванні** кожна насосна станція подає таку кількість води, яка необхідна всім верхнім зонам (насосна станція першої зони подає таку 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 крізь мережу нижніх зон для господарчо - питних та протипожежних потреб.

Особливість **паралельної системи** полягає в тому, що всі насоси встановлені в одному місці - в підвальному приміщенні, зручному для обслуговування. Кожна зона працює незалежно одна від одної, але паралельна система потребує більше труб, ніж послідовна. Як при послідовній, так само й при паралельній системі для кожної зони, крім господарчо - питних насосів, передбачаються пожежні насоси.

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.12.2). Ця схема має назву – **змішана (об'єднана)**.

Кількість зон повинна бути такою, щоб гідростатичний напір на найбільш невідгідно розташованому в зоні пожежному крані, не перевищував 90 м.

При зонному водопостачанні водопровідна мережа кожної зони повинна бути закріплена по вертикалі та з кожної зони назовні повинні бути виведені патрубки діаметром 77 мм для приєднання пожежної техніки. Патрубки обладнуються зворотними клапанами та засувками, що мають управління ззовні.

До елементів внутрішнього протипожежного водопроводу будівель підвищеної поверховості пред'являються такі самі вимоги, що й до звичайних протипожежних мереж, але деякі особливості є.

Кількість введів в будівлю повинна бути не менше двох та конфігурація магістрального трубопроводу приймається обов'язково кільцевою.

Водомірний вузол влаштовується з обвідною лінією, яка має електрозасувку, що запломбована в звичайний час у закритому стані.

тому положенні й відкривається автоматично одночасно з пуском пожежних насосів.

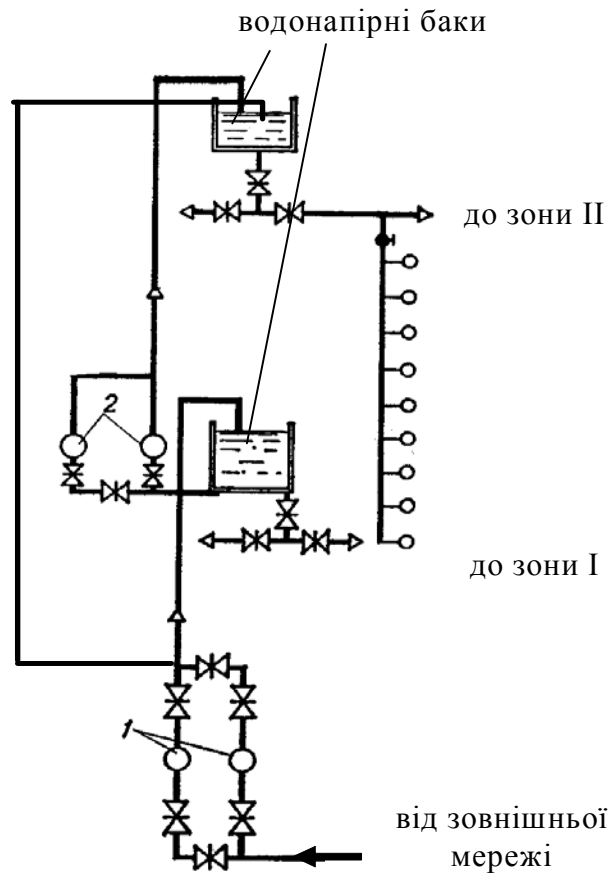


Рис.12. 2 - Змішана (об'єднана) схема подачі води в БПП:

1 - насосна станція першої зони; 2 - насосна станція другої зони.

**Насоси**, що забезпечують необхідний напір в мережі під час пожежогасіння, як правило, встановлюються паралельно, але можливе їх послідовне включення.

Для БПП кількість резервних насосів у насосній станції приймається не менше двох, в залежності від кількості робочих агрегатів та категорій надійності насосної станції. Управління насосами передбачається ручне, дистанційне та автоматичне (від струминного реле при спрацьовуванні будь - якого пожежного крану).

Автоматичне включення насосів повинно передбачати:

- автоматичний пуск робочого насоса;
- автоматичне вмикання резервного насоса при аварійному відключенні робочого насоса;
- відкриття електрозасувки на ввіді;

- відключення насосів іншого призначення, а також відключення водонапірних баків;
- 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 електроенергії. При одному джерелі електроенергії можливе встановлення резервних насосів із приводами від двигунів внутрішнього згорання.

За роботою НС повинен здійснюватися контроль:

- за технологічними параметрами (тиск, витрата);
- за електричними параметрами (струм, напруга, потужність).

Витрата води на трубопроводі пожежних насосів може не вимірюватися.

Приміщення НС повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння (ПК, вогнегасниками). В НС із високовольним обладнанням необхідно зберігати два вуглекислотних вогнегасника, бак з водою об'ємом 250 л, два азбестових полотна розмірами 2×2 м.

Заповнення мережі водою та створення напору для роботи пожежних кранів до пуску насосів забезпечується **водонапірними баками** або **гідропневмобакми**.

Об'єм води у водонапірних баках визначається як сума регулюючого об'єму та недоторканого протипожежного запасу (НПЗ) води.

Для зберігання НПЗ в баку повинно бути встановлене реле рівня, що повинно подавати сигнал на пожежний пост та на включення господарських насосів при зниженні рівня води в них до рівня НПЗ.

НПЗ варто приймати з розрахунку 10-хвилинної тривалості гасіння пожежі від внутрішніх ПК та одночасної найбільшої витрати води на господарчо-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, з'єднуючих 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 можливо встановити на самому 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 в горищі або на верхньому технічному поверсі тиск повітря приймається менше 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 горищне приміщення невелике, в ньому розміщують водяний бак, повітряний бак розташовують в підвальному або першому поверхах разом з компресором та насосом.

В будівлях підвищеної поверховості найчастіше використовують пневмоустановку зі змінним тиском, тому що вона більш надійна в роботі.

Об'єм водяного бака пневматичної установки  $W_{п.у.}$  розраховують так само, як і об'єм водонапірного бака:

$$W_{п.у.} = W_{рег} + W_{н.з.},$$

де  $W_{рег}$  - регулюючий запас води;

$W_{н.з.}$  - десятихвилинний недоторканний запас води.

При тиску нижче  $H_{мін пов}$  автоматично від реле тиску, що встановлено на пневматичному баці, повинен вмикатися компресор. Пожежні насоси повинні так само вмикатися автоматично від струминного реле або реле тиску, що спрацьовує при тиску в протипожежній внутрішній водопровідній мережі нижче, ніж розрахунковий.

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.12. 4 наведена схема насосної станції з пневматичною установкою об'єднаного господарчо – питного та протипожежного водопроводу.

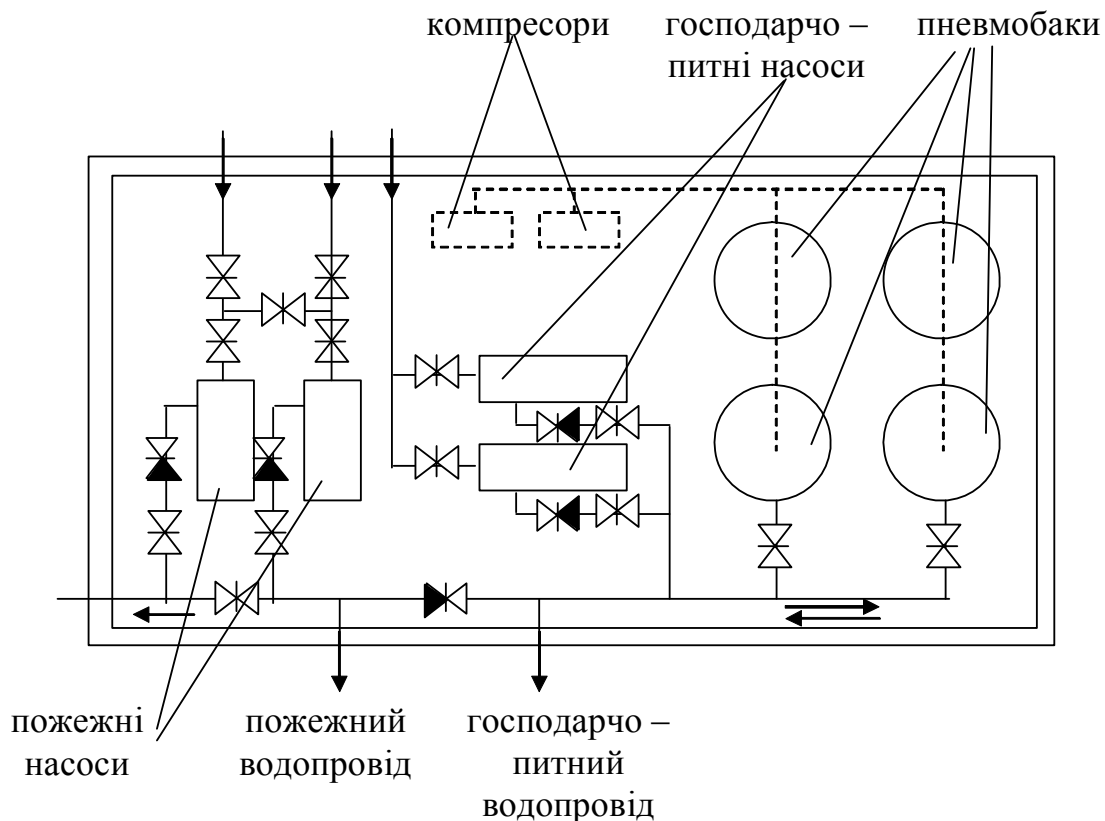


Рис.12.4 – Насосна станція з пневматичною установкою

Господарчі насоси поповнюють водою баки пневматичної установки. Для створення тиску в баках періодично вмикаються компресори. При виникненні пожежі вмикають пожежні насоси, що подають воду до внутрішньої протипожежної водопровідної мережі. Господарчо–питні насоси та пневмоустановка при цьому автоматично зворотним клапаном відключається від водопровідної мережі.

У будівлях підвищеної поверховості встановлюються при необхідності спарені **пожежні крани**, при цьому варто передбачати у шафах пожежних кранів можливість розміщення двох ручних вогнегасників.

При напорах у ПК понад 40 м між ПК і з'єднувальною головкою варто передбачати установку діафрагм, що знижують

надлишковий тиск. Діаметр діафрагм визначається за допомогою номограми (рис. 12.5)

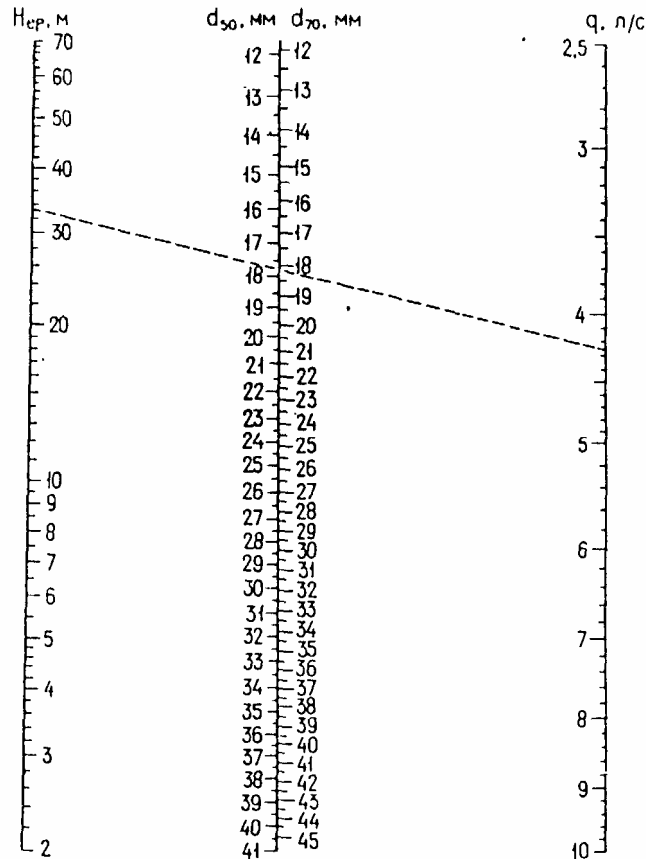


Рис.12.5 - Номограма для визначення діаметрів отворів діафрагм, що встановлюються між з'єднувальними головками та пожежними кранами:

$d_{50}$  – діаметр отвору діафрагми, що встановлюється у пожежного крану діаметром 50 мм;  $d_{70}$  — те ж, діаметром 70 мм.

## 12.2 Влаштування протипожежних водопроводів у будівлях з масовим перебуванням людей

Театрально-видовищні підприємства (ТВП) включають театри, палаци та будинки культури, клуби, кінотеатри, цирки та інші.

Вони складаються з (рис. 12.5):

- театрально - видовищного комплексу, до якого входять сцена, глядацький зал та прилеглі приміщення (склад декорацій, артистичні вбиральні, майстерні з виготовлення декорацій та бутафорії, інші приміщення);

- вбудовані (додаткові) комплекси (бібліотеки, лекційні зали, виставки, приміщення для проведення занять у різних кружках, а в цирках – приміщення для тварин).

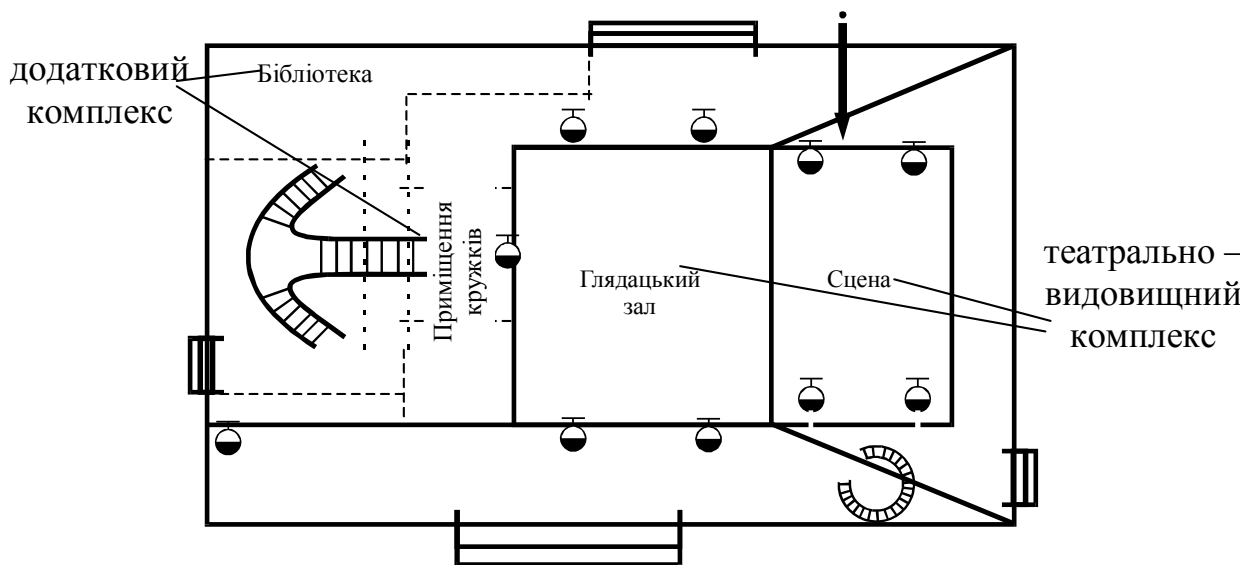


Рис. 12.5 – Складові театрально – видовищного підприємства

Глядацький зал об'єднується зі сценою порталним проходом, площа якого може доходити до 200-300 м<sup>2</sup>.

Сцена (сценічна коробка) досягає у висоту 25-35 м, складається з наступних частин (рис. 12.6):

- планшет сцени (являє собою настил з дощок або брусів, під яким часто прокладають електричні мережі для підключення приладів освітлення сцени);

- трюм (у ньому знаходяться механізми обертання планшета сцени, пункт керування для освітлення глядацького залу і сцени; має входи зі сцени, засценових приміщень, зі сходових клітин сценічної частини, з оркестрової ями та з пункту керування освітленням);

- колосники (розташовані у верхній частині сцени, служать для підвіски декорацій; являють собою настил із брусів у виді решетування);

- дві-три робочі галереї (розташовані по периметру задніх стін сценічної коробки нижче колосників; виконують у вигляді стрічкових балконів з металевих чи залізобетонних несучих елементів з дерев'яним настилом; мають вихід на сходові клітини, що розташовані з боків сценічної коробки, на самостійні



сходи назовні, а в окремих випадках, на зовнішні пожежні сходи.

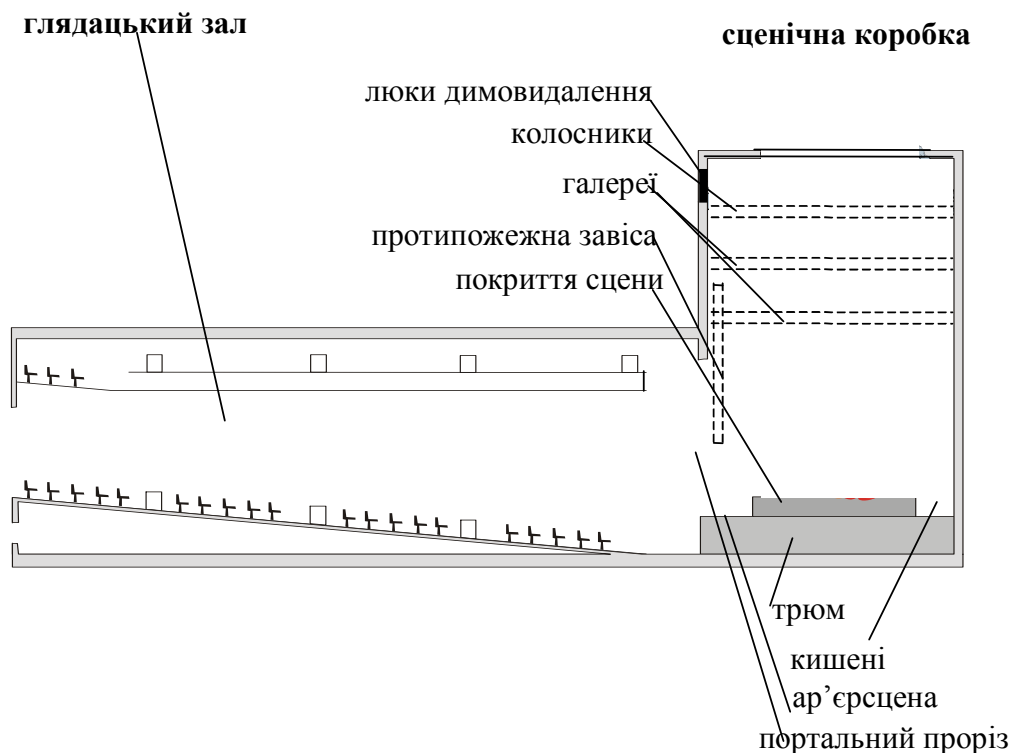


Рис. 12.6 – Складові театрально – видовищного комплексу

ТВП 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 завантаження в сценічному комплексі досягає  $200-350 \text{ кг/м}^2$ ;

- глядацький зал (горюче завантаження глядацького 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;

- підлоги - з ухилом до сцени, тому під підлогами є значні порожнечі;

- яруси балконів виконані 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 ТВП, відбувається у сценічній частині. Це обумовлено великим об'ємом сценічної частини, що створює умови до швидкого розповсюдження пожежі. Продукти горіння моментально заповнюють увесь об'єм сценічної коробки, при цьому швидко зростає температура, що небезпечно для життя людей.

При виникненні пожежі у сценічній частині ймовірні різні варіанти її розвитку.

Перший варіант. Відкритий порталний проїом та закриті димові люки (рис. 12.7).

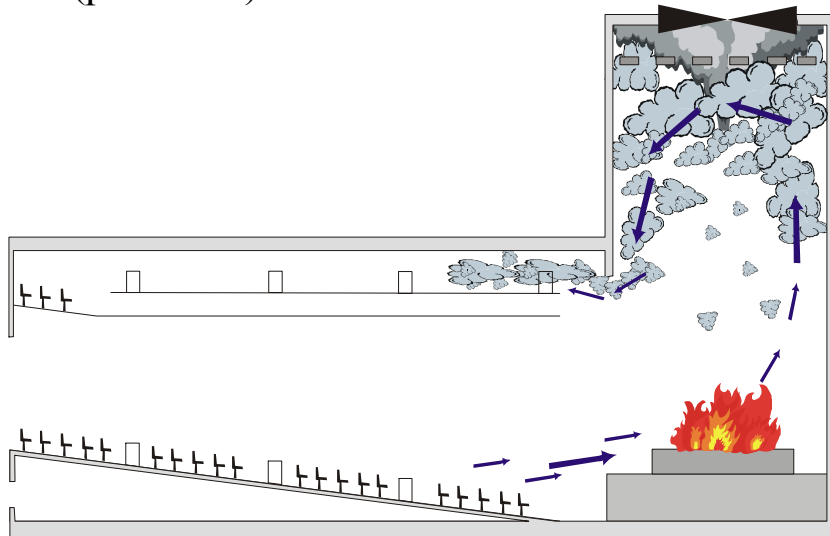


Рис. 12.7 - Розвиток пожежі при відкритому порталному проїомі та закритих димових люках

Через відкритий порталний проїом іскри і тліючі шматки горючих матеріалів можуть перекидатися до глядацького залу, створюючи загрозу життю людей, загрозу загоряння перекриття і горищного приміщення. Практика показує, що за таких умов глядацький зал заповнюється продуктами горіння через 1-2 хвилини. Тиском, що створився, у сценічній коробці можуть відкриватися двері, що ведуть із глядацького залу до фойє, а двері, що відкриваються до сцени, не можливо відкрити зусиллями кількох людей.

Другий варіант. Портальний проїом закритий (протипожежною завісою) та димові люки закриті. Вогонь через 5-10 хвилин може поширитися по декораціях та горючому обладнанню та охопити всю сценічну коробку (рис. 12.8).

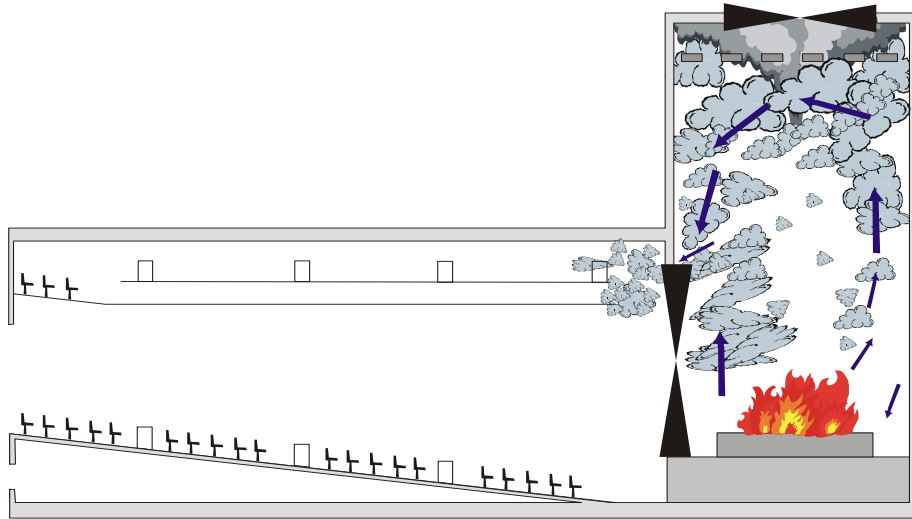


Рис. 12.8 - Розвиток пожежі при закритому порталі та закритих димових люках

Третій варіант. Закритий порталний проїом та відкриті димові люки. Відбувається підсмоктування повітря до сцени, що сприяє швидкому вигорянню її пожежного навантаження та змінює напрямки газових потоків. Знижується небезпека поширення пожежі до глядацького залу (рис. 12.9).

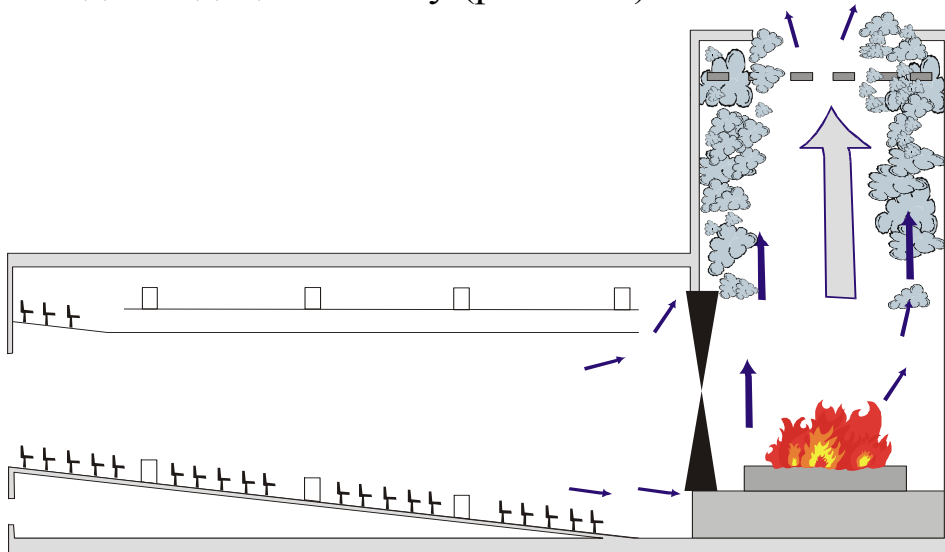


Рис. 12.9 - Розвиток пожежі при закритому порталі та відкритих димових люках

Четвертий варіант. Відкритий порталний проїом та димові люки. Потіки продуктів згоряння спрямовуються нагору та лише невелика частина надходить до залу. На сцені та у частині глядацького залу створюється розрядження, і двері в зал зачиняються (рис. 12.10).

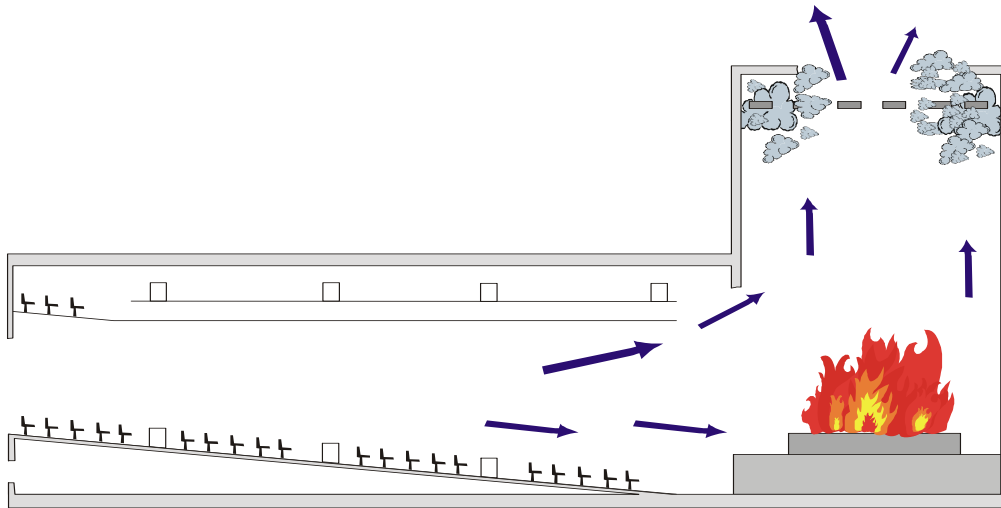


Рис. 12.10 - Розвиток пожежі при відкритому порталі та відкритих димових люках

У процесі гасіння пожежі можна змінювати характер газових потоків шляхом відкривання чи закриття димових люків, а також опусканням чи підняттям протипожежної завіси, якщо вона не деформувалася і не заклинила.

Таким чином, при виникненні пожежі у сценічній частині необхідно швидко евакуювати людей зі сцени, відкрити димові люки, закрити порталний проїом протипожежною завісою.

Для успішного гасіння пожеж в ТВП передбачається влаштування внутрішнього протипожежного водопроводу та установок автоматичного спринклерного та дренчерного пожежогасіння.

В будівлях культурно–видовищних підприємств необхідно передбачати:

- в кінотеатрах з естрадами ємністю глядацького залу до 700 місць – пожежні крани; більше 700 місць, за наявності колонок – пожежні крани та дренчерні установки;

- в клубах зі сценами розміром, м: 12,5x7,5; 15x7,5; 18x9; та 21x12 ємністю глядацького залу до 700 місць – пожежні крани та дренчерні установки;

- в клубах зі сценами розміром, м: 18x9; 21x12; ємністю глядацького залу більше 700 місць, зі сценами 18x12 та 21x15, незалежно від ємності, а також в театрах – пожежні крани, дренчерні та спринклерні установки;

- в демонстраційних комплексах театрів ємністю 600 місць та більше зі сценами панорамного, трибічного та центрального типів – установки пожежогасіння.

Внутрішня водопровідна мережа влаштовується, як правило, відокремлено від господарчо-питної. Це обумовлюється тим, що міський водопровід, у більшості випадків, не може забезпечити подачу пожежних витрат під необхідним тиском при максимальному господарчо - питному водоспоживанні; не завжди можливо відібрати з міського водопроводу пожежні витрати води кількістю близько 100 л/с та більше.

У випадках, коли міський водопровід може забезпечити роботу пожежних кранів, спринклерної та дренчерної установок пожежогасіння при максимальному господарчо-питному водоспоживанні, внутрішня мережа влаштовується об'єднаною.

При цьому необхідно передбачати наступне:

- споживання внутрішньої мережі від двох введів, незалежно від кількості пожежних кранів в будівлі;
- кожний ввід розраховується на пропуск максимальних господарчо-питних та пожежних витрат води;
- магістральні мережі - кільцевої конфігурації з розміщенням засувки таким чином, щоб одночасно відключалося не більше двох пожежних стояків;
- встановлювати засувки (вентилі) в основі пожежних стояків, що мають кількість пожежних кранів три та більше;
- відстань між пожежними кранами повинна бути такою, щоб кожна точка приміщення зрошувалася двома компактними струменями.

Мінімальні витрати води для цілей пожежогасіння приймаються:

- кінотеатри та клуби з естрадами:
- 2 струмені з витратою не менше 2,5 л/с кожний - за ємності залу до 300 місць;
- 2 струмені з витратою не менше 5 л/с кожний - за ємності залу більше 300 місць;
- клуби зі сценами - 2 струмені з витратою не менше 2,5 л/с кожний;
- театри - 2 струмені з витратою не менше 5 л/с кожний.

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 обов'язково 2 вводами (навіть за кількості ПК<12);

- пожежний резервуар;
- водонапірний бак або гідропневмобак (на перші 10 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 назвні два патрубки діаметром 77 мм зі зворотними клапанами та стандартними з'єднувальними головками).

Об'єм запасного (пожежного) резервуара визначається з умови роботи пожежних кранів протягом трьох годин, зовнішнього гасіння пожежі (від пожежних гідрантів) протягом 3 годин та роботи установки автоматичного пожежогасіння (спринклерної та дренчерної) протягом 1 години:

$$W_{\text{ПВ}} = 10^3 (10,8Q_{\text{зов}} + 10,8Q_{\text{вн(ПК)}} + 3,6Q_{\text{УАПГ}}),$$

де  $W_{\text{ПВ}}$  - об'єм води запасного (пожежного) резервуара (водоймища),  $\text{м}^3$ ;

$Q_{\text{зов}}$  - витрата води на зовнішнє пожежогасіння (від пожежних гідрантів),  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$Q_{\text{вн(ПК)}}$  - витрата води на внутрішнє пожежогасіння (від пожежних кранів),  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$Q_{\text{УАПГ}}$  - витрата установок автоматичного пожежогасіння (УАПГ),  $\text{м}^3/\text{с}$ .

При недостатньому тиску у зовнішній мережі для успішного пожежогасіння від ПК або роботи УАПГ необхідно передбачати насоси – підвищувачі (пожежні – при окремому водопроводі або господарчо-питні та пожежні – при об'єднаному).

Насосні станції в театрах влаштовуються за схемою насосних з пневмобаками (рис. 12.4).

Пожежні насоси повинні мати 100 % резерв. Пуск насосів повинен бути автоматичним, ручним та дистанційним від кнопок, що встановлюються в приміщенні пожежного поста, в насосній станції, на планшеті сцени та в шафах пожежних кранів.

Сумарні розрахункові витрати води насосної станції приймаються більшими з двох випадків роботи приладів внутрішнього пожежогасіння:

Перший випадок:

- 1) роботи спринклерів сцени з витратою:

-  $Q_{УАПП(с)}^{сцена} = 30$  л/с при площі сцени до  $500 \text{ м}^2$  ;

-  $Q_{УАПП(с)}^{сцена} = 50$  л/с при площі сцени  $500 \text{ м}^2$  та більше;

2) роботи двох ПК на планшеті сцени з загальною витратою  $Q_{ПК}^{сцена}$  не менше 10 л/с;

3) роботи двох ПК на верхніх галереях з загальною витратою  $Q_{ПК}^{галерея}$  не менше 5 л/с;

4) роботи секції дренчерів порталу сцени з витратою  $Q_{УАПП(д)}^{порталсцени}$  :

$$Q_{пож} = Q_{УАПП(с)}^{сцена} + Q_{УАПП(д)}^{порталсцени} + Q_{ПК}^{сцена} + Q_{ПК}^{галерея}$$

Другий випадок:

1) роботи всіх дренчерів під колосниками сцени з витратою  $Q_{УАПП(д)}^{колосн}$  ;

2) роботи всіх дренчерів під нижнім ярусом робочих галерей з витратою  $Q_{УАПП(д)}^{галерея}$  ;

3) роботи двох кранів планшета сцени з загальною витратою  $Q_{ПК}^{сцена}$  не менше 10 л/с;

4) двох ПК на верхніх робочих галереях з загальною витратою  $Q_{ПК}^{галерея}$  не менше 5 л/с;

5) роботи секції дренчерів порталу сцени з витратою  $Q_{УАПП(д)}^{порталсцени}$

$$Q_{пож} = Q_{УАПП(д)}^{колосн} + Q_{УАПП(д)}^{галерея} + Q_{ПК}^{сцена} + Q_{ПК}^{галерея} + Q_{УАПП(д)}^{порталсцени}$$

До місць розташування пожежних кранів та їх обладнання пред'являються наступні вимоги:

- на планшеті сцени при її площі до 500 м<sup>2</sup> необхідно встановити не менше трьох пожежних кранів, при більшій площі - не менше чотирьох;

- пожежні крани на планшеті сцени повинні забезпечувати струмінь з витратою не менше 5 л/с та висотою компактної частини на 2 м вище колосників сцени;

- на колосниках, галереях встановлюються по два пожежних крана (з лівого та правого боку сцени);

- пожежні крани встановлюються біля входів до сцени, в коридорах, у входів до робочих галерей, а також в прилеглих до сцени сходових клітинах;

- пожежні крани в глядацькому залі розміщують біля входів в партер, в амфітеатр, на яруси глядацького залу, у входів на горищне приміщення за наявності горючого підвісного перекриття над глядацьким залом.

Обладнання пожежних кранів необхідно приймати таким:

- пожежні крани діаметром 65 мм з непрогумованими рукавами довжиною 10 м та стволами з насадками діаметром 19 мм - на планшеті сцени;

- пожежні крани діаметром 50 мм з непрогумованими рукавами довжиною 10 м та стволами з насадками діаметром 16 мм - на колосниках та робочих галереях;

- пожежні крани діаметром 50 мм з непрогумованими рукавами довжиною 20 м та стволами з насадками діаметром 16 мм - для всіх інших приміщень.

Внутрішня мережа повинна бути кільцевою та приєднуватися двома вводами до зовнішньої мережі, а також до розподільчої гребінки спринклерної та дренчерної систем.

Засувки на мережі встановлюються з розрахунку вимикання ділянок, що мають не більше двох відгалужень.

В основі стояків, що мають більше двох пожежних кранів, встановлюються вентиля або засувки.

Вільний тиск на пожежних кранах необхідно передбачати таким, щоб компактний струмінь зрошував найвищу частину приміщення, що розраховується. Напір у пожежних кранів на планшеті сцени повинен забезпечити одержання компактних струменів висотою, що перевищує на 2 м відстань від планшета до колосників.



Для швидкого введення в дію вогнегасної речовини використовують установки автоматичного спринклерного та дренчерного пожежогасіння.

Дренчери встановлюють під колосниками сцени та ар'єрсцени, під нижнім ярусом робочих галерей та з'єднувальними їх нижніми перехідними містками, у сейфі скатаних декорацій, в усіх пройомах сцени, включаючи пройом порталу, кишень та ар'єрсцени, у трюмі, де розміщуються конструкції вбудованого обладнання сцени та підйомно – опускних пристроїв; для зрошення протипожежної завіси (з боку сцени).

Розташування дренчерних зрошувачів виконують виходячи з того, що площа підлоги, яка захищається одним зрошувачем, приймається не більше  $9 \text{ м}^2$  за середньої інтенсивності зрошування не більше  $0,1 \text{ л/с}$  на  $1 \text{ м}^2$  площі підлоги.

Витрати води на зрошування пройому сцени приймаються  $0,5 \text{ л/с}$  на  $1 \text{ м}$  пройому; порталу сцени: за його висоти до  $7,5 \text{ м}$  – не менше  $0,5 \text{ л/с}$  на  $1 \text{ м}$  ширини порталу, за його висоти понад  $7,5 \text{ м}$  –  $0,7 \text{ л/с}$  на  $1 \text{ м}$ .

Вільний тиск в найбільш віддаленому та високо розташованому зрошувачі повинен бути не менше  $5 \text{ м}$  ( $0,5 \text{ атм}$ ).

В одній будівлі діаметр вихідних отворів у всіх зрошувачів повинен бути однаковим.

Управління дренчерною установкою необхідно передбачати:

- 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 з вищевказаних місць;

- автоматичне від датчиків (сповіщувачів) на вузлі керування спринклерами сцени для дренчерної завіси сценічного порталу;

- дистанційне з приміщення встановлення розподільчої гребінці – для секції захисту сейфу скатаних декорацій.

Дренчери колосників сцени та ар'єрсцени, нижнього ярусу робочих галерей та перехідних містків, що їх з'єднують, рекомендується об'єднати в одну або декілька секцій.

Дренчери над дверними пройомами сцени та пройомами ар'єрсцени об'єднують в одну секцію.

Дренчери порталу сцени та сейфу скатаних декорацій відокремлюють в дві секції.

Спринклерними установками обладнуються покриття сцени та ар'єрсцени, всі робочі галереї та перехідні містки, крім нижніх; трюм, крім вбудованого обладнання сцени; кишені сцени, ар'єрсцена, складські приміщення, комори, майстерні, приміщення станкових та об'ємних декорацій, камери пиловидалення.

Розташування спринклерних зрошувачів виконують виходячи з таких самих умов, що й при розташуванні дренчерів.

Спринклери, що встановлюються на сцені, ар'єрсцені, у бокових кишенях, трюмі, об'єднують в одну секцію з окремим управлінням. Дозволяється приєднання пожежних кранів на сценічних робочих галереях до стояків спринклерної системи сцени.

### *Контрольні питання та завдання*

1. Охарактеризуйте склад внутрішнього протипожежного водопроводу будівель з масовим перебуванням людей.
2. Надайте порівняльний аналіз схем зонного водопостачання будівель підвищеної поверховості.
3. Як забезпечується надійність подачі води до внутрішніх мереж будівель з масовим перебуванням людей та підвищеної поверховості?
4. Які вимоги нормативних документів до обладнання пожежних кранів театральних-видовищних підприємств?

## **ГЛАВА 13. ЕКСПЕРТИЗА ПРОЕКТІВ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Метою експертизи проектів систем протипожежного водопостачання та інших об'єктів є визначення відповідності проектних рішень до чинного законодавства щодо забезпечення пожежної безпеки цих об'єктів.

Нормативна база щодо проведення експертизи або перевірки проектів поділяється на два типи:

- нормативні документи (НД) щодо організації проведення експертизи (настанови, положення та ін.);
- НД, що містять вимоги до проектування систем ПВ (СНиП).

Органи ДПН мають право на розгляд (експертизу) проектної документації відповідно наступних документів:

- Закон України “Про пожежну безпеку”;
- “Положення про Державну пожежну охорону” затвержене постановою Кабінету Міністрів України № 508 від 26.07.94 р.;
- “Настанова з організації роботи органів державного пожежного нагляду” затверджена наказом МВС України № 28 від 15.01.2001 року;
- “Порядок проведення державної експертизи (перевірки) проектної та іншої документації щодо пожежної безпеки” затверджений наказом МВС України № 641 від 22 листопада 1994 р.;
- “Порядок затвердження інвестиційних програм і проектів будівництва та проведення їх комплексної державної експертизи” затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 11.04.2002 № 483.

При експертизі проектів в частині протипожежного водопостачання використовуються такі НД:

- СНиП 2.04.01-85\* "Внутренний водопровод и канализация зданий"
- СНиП 2.04.02-84\* "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения".
- інші спеціальні НД.

### **13.1 Організація роботи органів ДПН при проведенні експертиз проектів**

До основних напрямків роботи органів ДПН належать нормативно – технічна робота та проведення пожежно–технічних обстежень та перевірок.

Нормативно – технічна робота (НТР) – здійснення держпожнадзора з метою контролю за виконанням діючих протипожежних вимог норм та правил при проектуванні, будівництві, реконструкції, розширенні та технічному переоснащенні об'єктів, реставрації та капітальному ремонті, удосконалення роботи із запобігання і гасіння пожеж на новобудовах, а також розробка нормативних документів з питань пожежної безпеки.

НТР здійснюється фахівцями структурних підрозділів управлінь пожежної охорони та підготовленими фахівцями місцевих органів держпожнадзора. Облік цієї роботи ведеться у спеціальних журналах та документах:

- журнал обліку новобудов;
- журнал обліку розглянутих проектів;
- журнал обліку експертиз проектів;
- журнал обліку роботи в архітектурно – технічних радах;
- журнал обліку консультацій;
- журнал обліку та перевірки проектних організацій.

Основні завдання НТР:

- проведення експертиз проектно–кошторисної документації щодо пожежної безпеки до її затвердження або початку будівництва об'єктів;
- погодження обґрунтованих відхилень від норм проектування та проектних рішень, на які відсутні норми проектування;
- вибірковий контроль за дотриманням вимог пожежної безпеки в проектно–кошторисній документації, яка розробляється проектними організаціями незалежно від форм власності.

### **13.2 Розгляд та експертиза проектної документації**

Основні положення щодо проведення експертизи зведені в таблицю 13.1.

Таблиця 13.1 - Основні положення щодо організації проведення державної експертизи

Питання	Вимоги регламентуючих документів
1. Експертизі підлягають	проектно-кошторисна документація; у тому числі типові проекти, які використовуються в проектах реконструкції, розширення, технічного переоснащення будівель та споруд усіх об'єктів незалежно від форм власності
2. Порядок подання на експертизу	- на стадії робочого проекту; - додатково можуть бути запрошені розрахункові дані та висновки щодо мереж водопостачання та інші проектні матеріали; - до затвердження проектів; - при введенні в дію нових нормативних актів з пожежної безпеки або змін до них
3. Термін проведення експертизи	- не більше 30 календарних днів – для окремих будівель, споруд; - 45 днів – для комплексу будівель, споруд; - до 120 календарних днів – для комплексної експертизи у випадках, що передбачені законодавством
4. Вартість проведення експертизи	- безкоштовно – для об'єктів, будівництво яких буде виконуватися за рахунок державного бюджету та бюджетів місцевого та регіонального самоврядування; - за договірною ціною – для інших об'єктів.
5. Результат	експертний висновок який підписується: - начальником органу ДПН; - безпосереднім виконавцем експертизи; - протипожежні заходи в експертних висновках повинні викладатися чітко з посиланням на відповідні НД; - до експертного висновку можуть включатися рекомендації щодо посилення протипожежної безпеки об'єкта, розроблені з урахуванням аналізу пожеж та проведених науково – дослідних робіт
Експертні висновки надсилаються	- відповідальним виконавцям комплексної державної експертизи та місцевому органу ДПН (або відповідному територіальному органу ДПН)

**Перевірка (розгляд) проектної документації** здійснюється під час контролю за роботою проектних організацій, коли здійснюється вибірковий контроль за відповідністю проектно-кошторисної документації на будівництво об'єктів протипожежним вимогам норм у проектних організаціях.

Перелік проектно-кошторисної документації, яку намічається перевірити, встановлюється:

- відповідно до узагальнених зауважень проведених експертиз;

- з тих проектів, що не пройшли експертизу.

Виявлені в ході перевірки порушення норм проектування пропонуються до усунення приписом держпожнадзора. У разі наявності грубих порушень випуск та застосування проектів забороняється у встановленому порядку.

Експертиза та перевірка проектів виконується в три етапи.

**На першому етапі** необхідно ознайомитися з проектними матеріалами та НД щодо об'єкта проектування. У склад проектних матеріалів входять пояснювальна записка, креслення, кошториси, специфікації.

В ході ознайомлення з пояснювальною запискою можна визначити:

- правильність вибору системи водопостачання в залежності від пожежної небезпеки об'єкту, та відповідність цього вибору вимогам СНиП;

- відповідність вимогам відповідного СНиП прийнятих у проекті витрат та напорів води для цілей пожежогасіння;

- необхідність влаштування протипожежного водопроводу та пожежних водоймищ на ньому.

Також на першому етапі необхідно скласти план виконання експертизи або перевірки.

**Другий етап** - це саме проведення експертизи Для зручності виконання експертизи проектів (внутрішнього або зовнішнього протипожежних водопроводів) пропонується заповнювати таблицю 13.2).

Таблиця 13.2. Експертиза (перевірка) проекту зовнішнього (внутрішнього) протипожежного водопроводу

№	Що перевіряється	Прийнято у проекті	Посилання на проект	Вимоги НД	Посилання на НД	Висновок
1	2	3	4	5	6	7

**Третій етап** - оформлення результатів експертизи (перевірки). За результатами експертизи складається експертний висновок (див. табл. 13.1). Згідно «Положення про участь органів ДПН в роботі комісій по прийняттю в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів», представники ДПН до початку роботи приймальних комісій повинні перевірити наявність **позитивного** висновку експертизи проектної документації щодо пожежної безпеки.

За результатами перевірки проектів складається припис, який надсилається замовнику, в проектну організацію та місцевому органу ДПН.

### **13.3 Аналіз “Огляду характерних порушень протипожежних вимог норм та правил, що були допущені при проектуванні” за 2002 рік у м. Харкові**

У порядку здійснення функцій держпожнадзора управлінням державної пожежної охорони УМВС в Харківській області проведені експертизи, а також перевірки проектів, виданих більше, ніж 60 проектними організаціями м. Харкова та області. Проконтрольована діяльність адміністрації та ведучих спеціалістів по забезпеченню повноти та якості виконання протипожежних вимог СНиП в процесі проектування.

Характер порушень в частині зовнішніх мереж та споруд для водопостачання:

1. не передбачені джерела водопостачання для пожежогасіння, у тому числі не показані існуючі;
2. відсутні показники пожежних гідрантів, резервуарів, водоймищ;
3. встановлення ПГ на відстані 5 м від стін будівель;
4. встановлення ПГ на відстані більше ніж 2,5 м від проїзду;
5. проектування одного пожежного гідранту замість двох при необхідній (нормативній) витраті води на пожежогасіння 15 л/с та більше

Характер порушень в частині внутрішнього водопостачання:

1. відсутність внутрішнього протипожежного водопроводу в приміщеннях та будівлях, де він повинен передбачатися;

2. встановлення ПК не на висоті 1,35 від підлоги;
3. не забезпечення необхідною кількістю струменів від ПК всіх приміщень;
4. не внесення первинних засобів пожежогасіння до спеціфікацій;
5. відсутність другого вводу водопроводу при кількості ПК в мережі понад 12;
6. немає електрозасувки на обвідній лінії водоміру, який не забезпечує розрахунковий пропуск води при пожежі;
7. не дотримання необхідних розмірів шаф ПК для розміщення в них ручних вогнегасників.

При перевірці інститутів в 46 розглянутих проектах виявлено 212 порушень норм, а при проведенні 815 експертиз проектів, у тому числі 285 повторних, було виявлено 1681 порушення (рис.13.1). При проведенні повторних експертиз знов були випадки неповного усунення в проектах зауважень УПБ УМВДУ в області. За найбільш грубі та повторювані помилки до адміністративної відповідальності у вигляді штрафів притягнуто 32 особи.

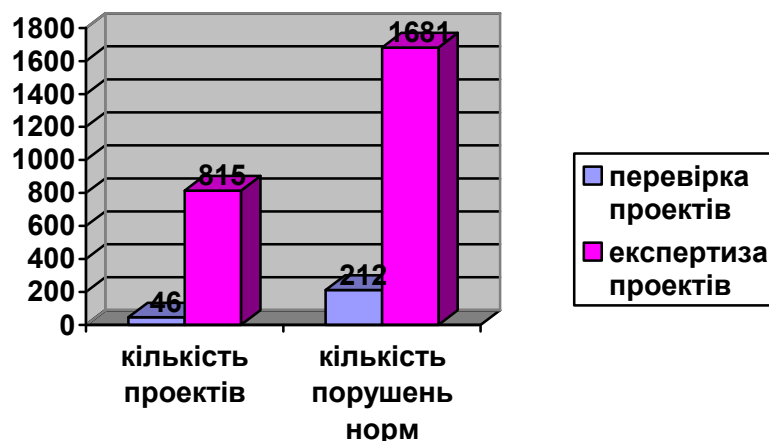


Рис.13.1 – Кількість розглянутих проектів та порушень вимог пожежної безпеки в них

З метою виключення переносу до натури допущених в проектах порушень норм органи припинили реконструкцію та будівництво в м. Харкові більше ніж 390 об'єктів до усунення помилок в документації (рис.13.2).



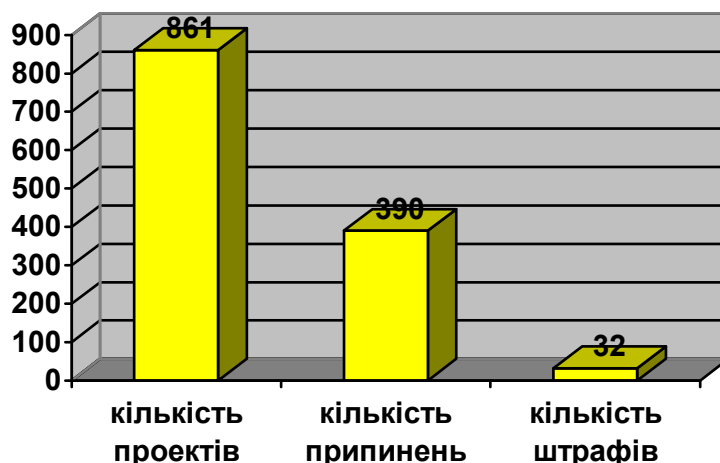


Рис.13.2 – Кількість припинень будівництва та штрафів за результатами перевірки проектів.

### *Контрольні питання та завдання*

1. Який порядок проведення експертизи проектної документації?
2. Як скласти перелік проектно-кошторисної документації, яку намічається розглянути під час перевірки проектної організації?
3. Яка є нормативна база для проведення експертизи або перевірки проектної документації в частині протипожежного водопостачання?
4. Надати пропозиції щодо усунення характерних порушень при проектуванні в частині протипожежного водопостачання.

## **ГЛАВА 14. ПРИЙНЯТТЯ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ОБСТЕЖЕННЯ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Нагляд за протипожежною безпекою проводиться з самого початку будівництва, а саме – з проектування. Усі проекти підлягають обов'язковій експертизі з точки зору дотримання протипожежних норм. Дозвіл на початок будівництва або монтажу одержують тільки після усунення виявлених недоліків проекту. При будівництві робітники протипожежного нагляду повинні не менше ніж два рази на рік проводити перевірки ходу будівництва цього об'єкта.

При прийнятті до експлуатації водопроводу необхідно провести контрольну перевірку його дії - гідравлічні випробування. При цьому зовнішній водопровід низького тиску випробовують на водовіддачу при мінімальному напорі - 10 м.

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 не державної власності).

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 комісії 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 господарчо-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 господарчо-протипожежного або протипожежного водопроводу на водовіддачу.

Випробування водопровідних споруд виконуються при проведенні повного пожежно – технічного обстеження 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 можливо забрати від мережі на пожежогасіння. Мета випробування водопровідних мереж на водовіддачу полягає в тому, щоб визначити фактичний тиск та витрати води, порівняно з нормативними вимогами.

### 14.1 Прилади для проведення випробувань на водовіддачу

Основні прилади, що використовуються для визначення витрат води у водопровідних мережах, це ствол – водомір, трубка Піто, тарована пожежна колонка, манометр, бак визначеного об'єму.

**Ствол – водомір** призначений для вимірювання кількості води, що подається крізь нього.

Ствол-водомір - це звичайний пожежний ствол для одержання компактного струменя, додатково обладнаний манометром і змінними насадками з отворами різних діаметрів (рис.14.1).

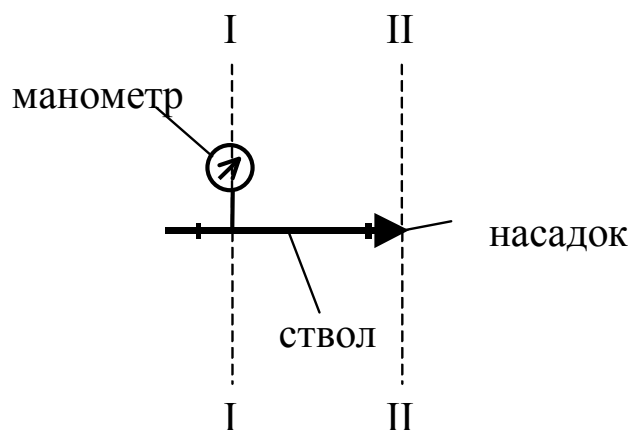


Рис. 14.1 – Розрахункова схема ствола – водоміру

Складемо рівняння Д. Бернуллі для перерізу I-I, при цьому втрати тиску на ділянці між перерізами не враховуємо через їх малий розмір:

$$\frac{p_I}{\rho g} + \frac{v_I^2}{2g} = \frac{p_{II}}{\rho g} + \frac{v_{II}^2}{2g}, \quad (14.1)$$

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 (14.1):

-  $\frac{p_I}{\rho g} = H_M$  - показання манометру;

- 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 з значеннями інших параметрів;

Тоді (14.1) матиме вид:

$$H_M = \frac{v_{II}^2}{2g}. \quad (14.2)$$

З урахуванням умови нерозривності потоку ( $Q = \omega_{II} v_{II}$ ), визначаємо з (14.2) витрату води зі ствола - водоміру

$$Q = \omega_{II} \sqrt{2gH_M}, \quad (14.3)$$

$\omega_{II}$  – площа поперечного перерізу насадка, м<sup>2</sup>;

$H_M$  – тиск перед насадком, м.

Також визначати водовіддачу водопровідної мережі за допомогою ствола – водоміра можливо через провідність –  $p$ , яка, виходячи з (14.3), визначається як  $p = \omega\sqrt{2g}$ , тобто для визначеного діаметра насадка ствола - величина постійна, тоді

$$Q = p\sqrt{H_M} \quad (14.4)$$

де –  $H_M$  – показання манометра, встановленого на стволі-водомірі, м;

$p$  – провідність насадка пожежного ствола, величина якої у залежності від діаметра насадка наведена у таблиці 14.1.

Таблиця 14.1 - Значення провідності та опору насадків стволів

Діаметр насадка, мм	13	16	19	22	28	32	38
Провідність насадка $p$	0,59	0,89	1,26	1,68	2,73	3,56	5,02
Опір насадка $S_H$	2,89	1,26	0,634	0,353	0,134	0,079	0,04

**Примітки:** 1. Для більш якісного визначення величини витрати води необхідно застосовувати стволи з насадками великих діаметрів.

2. Витрати води можуть бути визначені згідно графіків (рис.14.2).

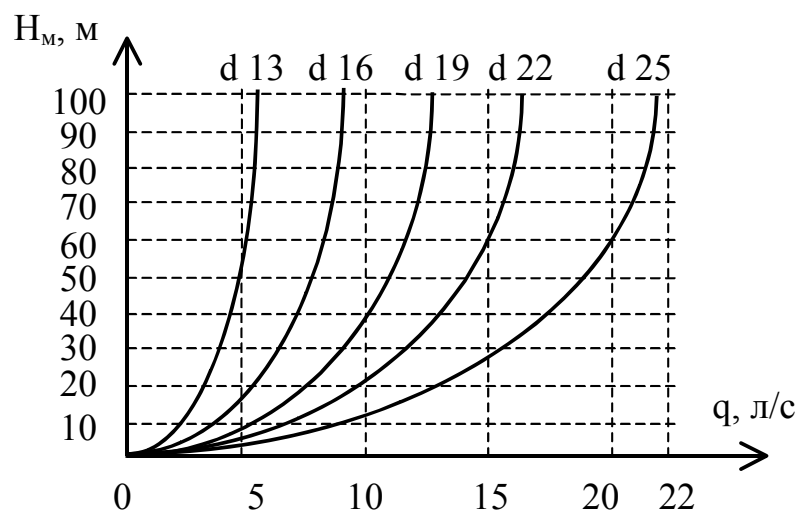


Рис.14.2 - Графіки для визначення витрати води за показаннями манометра ствола – водоміру

**Трубка Піто** призначена для вимірювання витрат води після пожежних стволів (рис.14.3).

Для визначення швидкісного напору за допомогою трубки Піто її необхідно ввести у струмінь на відстань від насадка ствола, що дорівнює половині його діаметра, так, щоб зріз кінця трубки був перпендикулярний до струменя. Надлишковий тиск у струмені на виході зі ствола дорівнює нулю.

Витрати води визначаються за формулою (14.3).

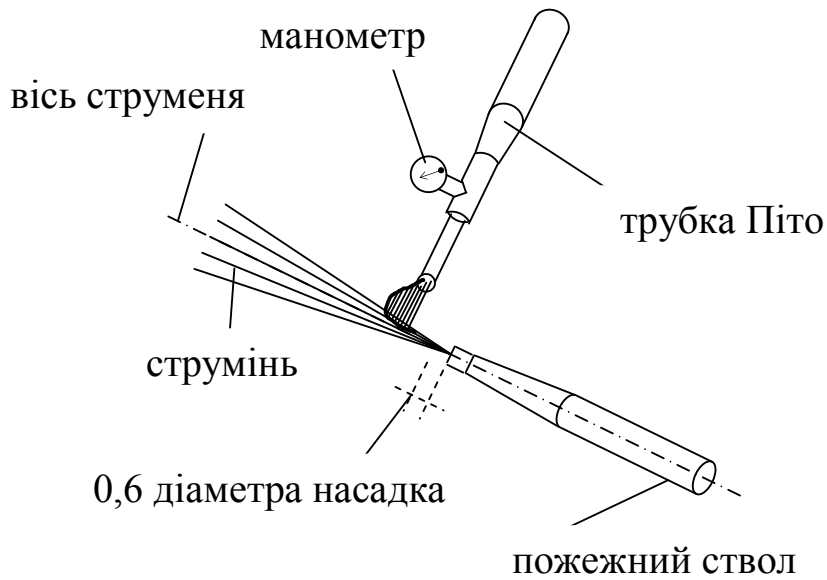


Рис.14.3 – Визначення швидкісного тиску за допомогою трубки Піто

**Тарована пожежна колонка** обладнується патрубками довжиною 0,5 м зі з'єднувальними головками та манометром, за показниками якого визначають витрати води.

Тарування колонки - це визначення зв'язку між показаннями манометра і витратами. Є два способи тарування.

**Перший спосіб** (рис.14.4) – тарування колонки виконується об'ємним способом за допомогою мірного бака; зв'язок між витратами води, об'ємом бака та часом його заповнення описується формулою:

$$Q = \frac{W}{t}, \quad (14.5)$$

де  $W$  – об'єм бака, л;

$t$  – час заповнення бака, с.

Таким чином визначаючи витрати води та відповідні їм показання манометра, визначають залежність між ними, тобто виконують тарування колонки.

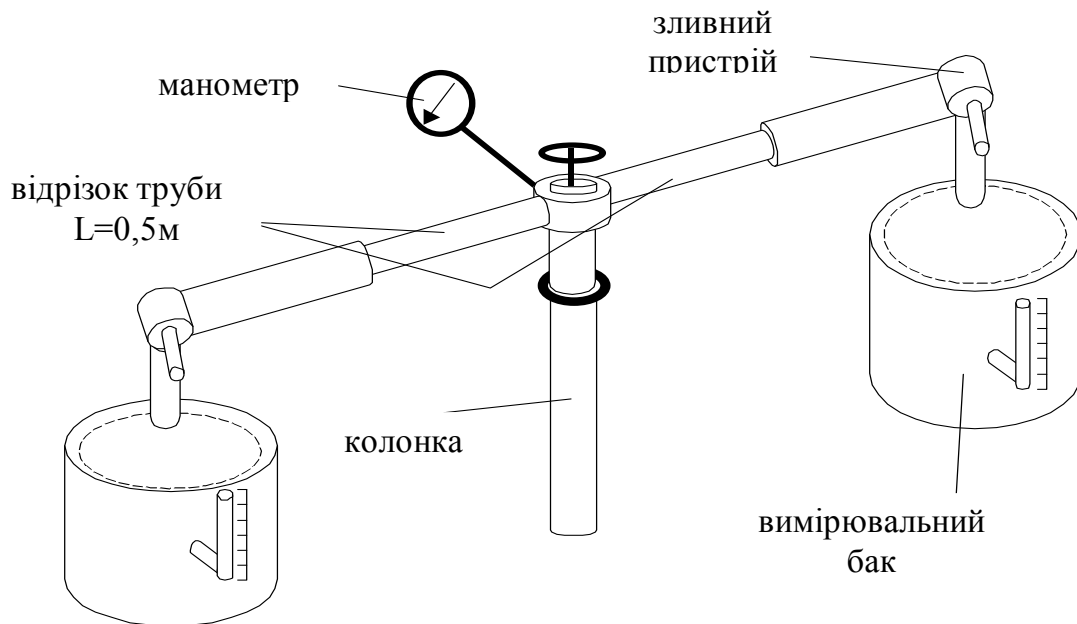


Рис.14.4 - Тарування пожежної колонки (перший спосіб)

**Другий спосіб тарування** колонки виконується на спеціальному стенді, який складається з відрізка водопровідної труби діаметром не менше 100 мм, довжиною приблизно 60 її діаметрів, на якій встановлюється засувка, крильчастий водомір і підставка під гідрант. Труба приєднується до насоса або водопровідної мережі (рис.14.5). При різних фіксованих положеннях відкритої засувки вимірюють витрати за допомогою водоміру та реєструють тиск на манометрі колонки. Результати тарування заносять до протоколу і потім будується графічна або таблична характеристика колонки.

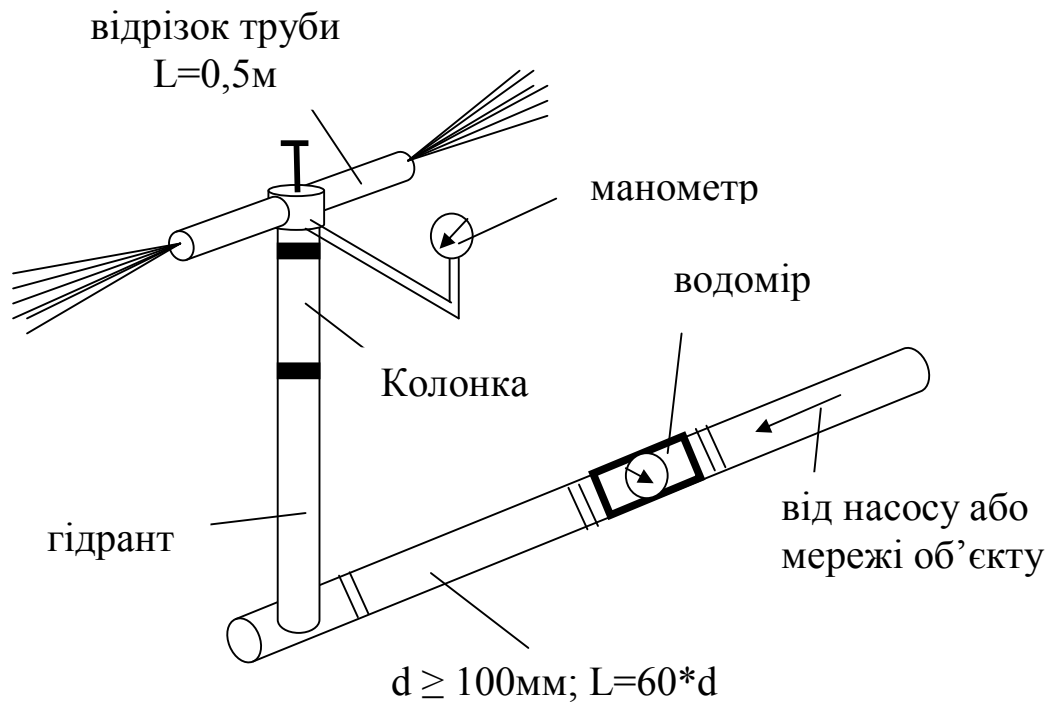


Рис.14.5 - Тарування пожежної колонки (другий спосіб)

Витрати води можуть бути визначені за допомогою **манометра насоса пожежного автомобіля** (рис.14. 6). Показання манометра насоса відповідають водовіддачі мережі, яка розраховується за формулою:

$$Q = 2 \sqrt{\frac{H_M}{nS_p + S_H}}, \quad (14.5)$$

де  $H_M$  – показання манометра, встановленого на насосі пожежного автомобіля, м;

$n$  – кількість рукавів однієї рукавної лінії (рекомендується прокладати в кожній рукавній лінії один рукав, тобто у формулі (14.5) можна прийняти  $n=1$ ;

$S_H$  - опір насадка ствола;

$S_p$  – опір одного пожежного рукава.

При випробуваннях водопроводу на водовіддачу від кожного пожежного автомобіля прокладають рукавні лінії (рис.14. 6) однакових діаметрів. Витрати води при цьому можуть бути визначені за таблицею 14.2, що складена для схем 1, 2, 3, за формулою (14.5) (рис.14.6), а для схеми 4 – за формулою (14.6)



$$Q = \sqrt{\frac{H_M}{\frac{nS_p}{4} + S_n}} \quad (14.6)$$

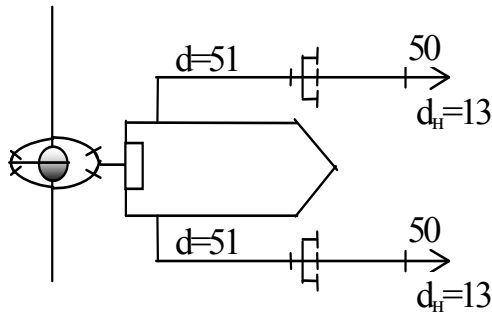


схема 1

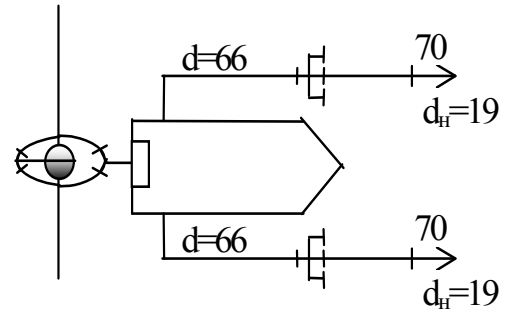


схема 2

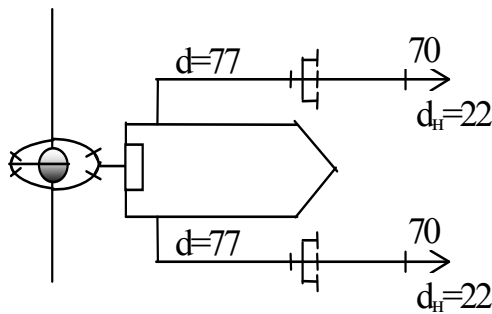


схема 3

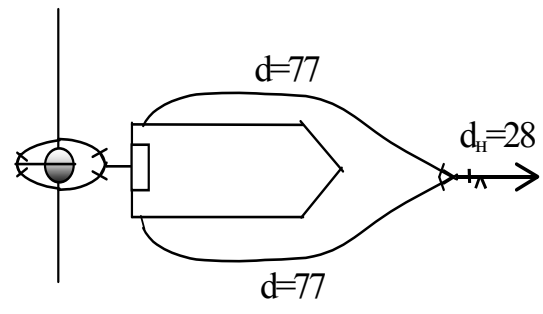


схема 4

Рис.14.6 – Схеми НРС для проведення випробувань на водовіддачу зовнішніх мереж

Найбільш простий та точний спосіб визначення водовіддачі водопровідних мереж - за **часом заповнення бака** або іншої ємності визначеного об'єму (14.5)

$$Q = \frac{W}{t},$$

де  $W$  – об'єм бака, л;

$t$  – час заповнення бака, с.

Об'єм бака повинен дорівнювати 500-1000 л. Для цих цілей можливо використати ємність пожежного автомобіля.

Таблиця 14.2 - Визначення водовіддачі за показаннями манометра насоса

Напір 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

## 14.2 Етапи проведення випробувань

**Перший етап випробувань.** 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, склад водопровідних споруд, ознайомитися з раніше запропонованими заходами ДПН щодо системи ПВ та рівнем їх виконання на час проведення випробувань.

**Другий етап випробувань.** Виконується саме випробування елементів водопроводу на водовіддачу одним з відомих

способів, виконується 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 діаметром труб, окремі ділянки великої довжини, найбільш віддалені від насосних станцій, з великим водоспоживанням на господарчо-питні, виробничі або протипожежні потреби, а також старі ділянки.

Випробування повинні здійснюватися в часи максимального відбору води на господарчо-питні, виробничі потреби, тобто у період максимального навантаження на водопровідну мережу.

**Третій етап випробувань.** 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.

### **14.3 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 наступне.

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).

Від кожного автонасоса прокладають рукавні лінії за схемами, показаними на рис.14.6. При цьому до кожної рукавної

лінії приєднують стволи-водоміри, а за їх відсутності – звичайні стволи.

У протоколі випробувань за показаннями мановакуумметрів фіксується значення початкового тиску водопровідної мережі.

Включають у роботу один з насосів. Створюють максимальний режим його роботи та підтримують такий режим дві хвилини.

У протоколі фіксується час початку випробувань, по закінченні двох хвилин роботи насосів в максимальному режимі - показання мановакуумметра на всмоктувальній лінії та показання манометрів стволів-водомірів.

Випробування закінчуються, якщо тиск на мановакуумметрі дорівнює 3 м, тому що при меншому тиску відбувається зрив роботи насоса та відбір води з мережі неможливий.

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).

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.

У тому 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. Одна із можливих схем встановлення автонасосів на гідранти показана на рис.14. 7.

Для визначення кількості води, яку можливо 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.

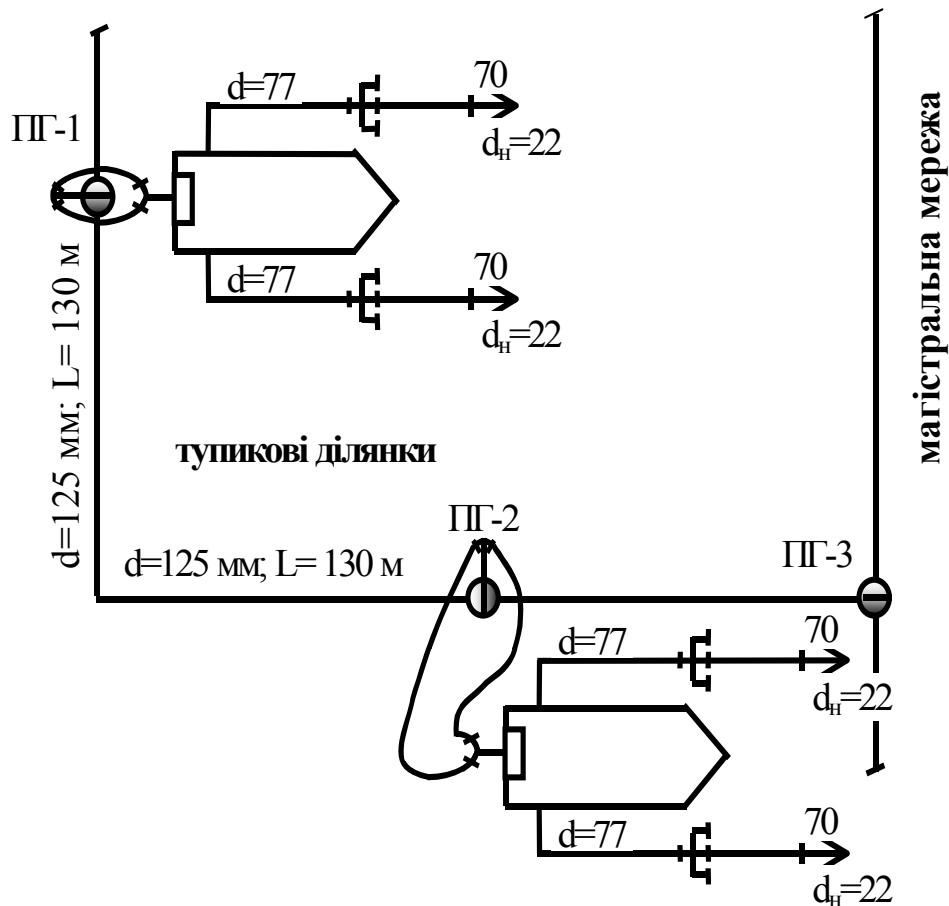


Рис.14.7 – Схема проведення випробувань на водовіддачу зовнішньої мережі низького тиску

#### 14.4 Випробування на водовіддачу водопроводів високого тиску

Може проводитися двома способами:

**1 спосіб:** рукавні лінії зі стволами подаються до найвищої точки найвищого будинку;

**2 спосіб:** рукавні лінії зі стволами прокладаються по поверхні землі.

Місце та час проведення випробувань визначаються з урахуванням стандартних вимог.

**Перший спосіб.** Згідно норм визначають величину витрати води на пожежогасіння.

Визначають кількість пожежних струменів, що потрібно подати від гідрантів:

$$n_c = \frac{Q_{\text{пож}}}{q_1},$$

де  $n_c$  - необхідна кількість пожежних струменів;

$Q_{\text{пож}}$  – витрата води для цілей пожежогасіння, л/с;

$q_1 = 5$  л/с – продуктивність одного пожежного струменя, л/с.

Визначають кількість гідрантів, що необхідно використати для проведення випробувань, з умови, що від кожного з них прокладається по дві рукавні лінії:

$$n_r = \frac{n_c}{2},$$

де  $n_r$  – кількість працюючих гідрантів.

На гідранти встановлюють пожежні колонки і від них прокладають рукавні лінії довжиною 120 м (непрогумовані) зі стволами з діаметром насадка 19 мм. Стволи встановлюють на самій високій точці будівлі (рис.14.8).

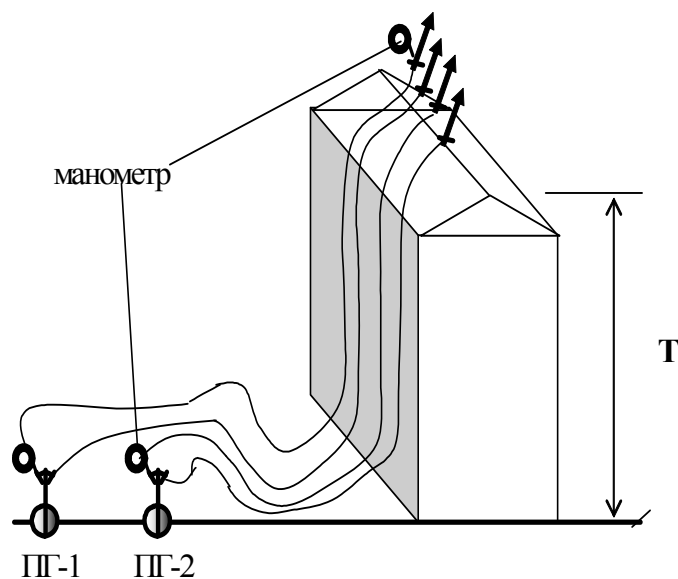


Рис.14.8 – Схема проведення випробувань на водовіддачу зовнішніх мереж високого тиску за першим способом

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 вищевказаних способів.

Витрати води можуть бути розраховані при визначенні показань манометрів, розміщених на колонці:

- для рукавних ліній діаметром 66 мм (н) з стволами діаметром насадка 19 мм

$$Q = 1.9\sqrt{H_K - T};$$

де  $Q$  – повні витрати води від гідранта, л/с;

$H_K$  – показання манометра колонки, м;

$T$  – висота розташування стволів (дорівнює висоті будівлі), м;

- для рукавних ліній діаметром 77 мм (н) з стволами насадка 19 мм

$$Q = 2.2\sqrt{H_K - T}.$$

**Другий спосіб.** Підготовка і проведення випробувань здійснюється у тій же послідовності, що і для першого способу з тією лише різницею, що рукавні лінії прокладають по поверхні землі.

Витрату води від ствола визначають:

- для рукавних ліній діаметром 66 мм (н) з стволами діаметром насадка 19 мм

$$Q = 1.9\sqrt{H_K};$$

- для рукавних ліній діаметром 77 мм (н) з стволами діаметром насадка 19 мм:

$$Q = 2.2\sqrt{H_K}.$$

Результати вимірювань заносять до протоколу випробувань та роблять висновки про водовіддачу водопроводу.

При цьому треба зазначити, що водопровід високого тиску зможе забезпечити подачу розрахункової кількості води на пожежогасіння, якщо при випробуваннях:

- кількість води з кожного ствола - не менш 5 л/с;
- сумарні витрати - не менш  $Q_{\text{норм.}}$ ;
- довжина компактної частини струменя від кожного ствола - не менше 10 м.

#### **14.5 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 крани, що повинні брати участь у випробуваннях, кількість пожежних кранів для випробувань дорівнює кількості струменів на кожну точку приміщення (вони повинні бути найбільш віддалені від вводу в будівлю);

- випробування виконують у години мінімального тиску у зовнішній мережі та максимальних витрат на господарчо-питні або виробничі потреби;

- від пожежних кранів прокладають рукава зі стволами та вимірюють витрати води, при цьому злив води проводять на зовні через віконні отвори;

- порівнюються витрати води, визначені при випробуванні, з нормативними та робиться висновок про відповідність водовіддачі водопроводу вимогам норм.

Водопровід відповідає вимогам норм, якщо витрати води не менше нормативних для цієї споруди.

#### **14.6 Причини зниження водовіддачі та способи поліпшення протипожежного водопостачання**

Причинами зниження водовіддачі є недоліки при проектуванні, експлуатації окремих споруд водопровідної мережі. Розглянемо окремо різні елементи системи водопостачання та причини зниження водовіддачі, що пов'язані з ними.

**Насосні станції.** Не забезпечують розрахункову подачу води, внаслідок старіння насосів, наявності таких несправностей, як



нешільності у фланцевих з'єднаннях, заклинювання зворотних клапанів або мале їх відкриття, сильна вібрація насоса внаслідок поганого центрування осей самого насоса і двигуна, погане кріплення до фундаменту, нагрів сальників насоса через погане охолодження.

**Пожежні резервуари та водонапірні башти.** Зменшення недоторканого запасу води через порушення гідроізоляції стінок та несправності пристроїв збереження недоторканого запасу.

**Водопровідні мережі.** До загальних причин можна віднести втрати води, внаслідок нещільності стиків труб, несправності водопровідної арматури, аварій на мережі; а також збільшення втрат напору через корозії, заростання, утворення відкладень опадів та солей, неякісний монтаж труб та вузлів.

Причинами зниження водовіддачі зовнішніх мереж можуть бути зростання водоспоживання без впровадження відповідних заходів щодо розширення та перебудови мереж або окремих споруд; замерзання окремих ділянок та вузлів мережі, пожежних гідрантів внаслідок неякісної підготовки їх до зими.

Для внутрішніх мереж неможливість подачі необхідної кількості води створюється внаслідок відключення окремих стояків, несправності засувки на обвідних лініях водомірних вузлів, невірному розрахунку діафрагм біля пожежних кранів.

В якості заходів щодо поліпшення протипожежного водопостачання можна використовувати наступні:

- **підтримання у справному стані всіх споруд** шляхом проведення заходів щодо забезпечення оптимальних режимів роботи, проведення планово-попереджувальних ремонтів; своєчасна заміна обладнання; якісна підготовка споруд та мереж до роботи в зимових умовах; проведення робіт з механізації та автоматизації роботи споруд; своєчасне проведення пожежно – технічних обстежень з обов'язковим випробуванням на водовіддачу;

- **підвищення тиску у водопровідній мережі** проводиться встановленням більш потужних насосів, зменшенням втрат напору в мережі, очищенням труб від відкладень на стінках, нанесенням на стінки труб захисних покриттів, посиленням контролю за дотриманням технічних вимог до якості монтажних робіт;

- **боротьба з втратами води** здійснюється за допомогою зниження її витрат на власні потреби водного господарства, виявлення та ліквідації аварій, спостереження за справністю контрольно-вимірювальної апаратури та своєчасним її ремонтом.

#### **14.7 Методика обстеження систем протипожежного водопостачання**

Пожежно – технічні обстеження (ПТО) проводяться з метою здійснення контролю за виконанням вимог пожежної безпеки, встановлених законодавчими та іншими нормативно – правовими актами (стандартами, нормами, правилами, положеннями, інструкціями тощо).

Під час ПТО системи протипожежного водопостачання нормативними документами є:

- Правила пожежної безпеки України;
- СНиП 2.04.01 – 85\* “Внутренний водопровод и канализация зданий”;
- СНиП 2.04.02 – 84\* “Водоснабжение. Наружные сети и сооружения”;
- відповідні будівельні норми та правила.

ПТО підлягають населені пункти, підприємства, установи, організації, суб’єкти підприємницької діяльності незалежно від їх організаційно – правових форм та форм власності.

За періодичністю виконання пожежно – технічні обстеження можуть бути **плановими** (в ході яких виконуються випробування систем, наприклад, випробування системи протипожежного водопостачання на водовіддачу):

- щорічно перевіряються об’єкти I-ї групи (промислові та складські об’єкти категорії “А” і “Б”, об’єкти з масовим перебуванням людей, житлові будинки підвищеної поверховості та інші об’єкти, що визначені Переліком об’єктів та промислових підприємств з підвищеним рівнем вибухопожежонебезпеки, затвердженим наказом МВС України від 05.09.98 № 65);
- один раз в три роки перевіряються об’єкти II-ї групи (усі державні, відомчі та кооперативні житлові будинки до 9-ти поверхів включно, дачні, садівницькі, гаражні кооперативи та інші дрібні об’єкти, які не увійшли в I групу);

**або позапланові:**

- контрольні (цільові) – в ході яких контролюється відповідність технічного стану систем вимогам нормативних документів та виконання заходів попередніх ПТО;

- нічні (для об'єктів з цілодобовим перебуванням людей).

Як правило, виконується комплексне обстеження– одночасно перевіряється виконання вимог пожежних правил з пожежної безпеки та будівельних норм для систем електропостачання, опалення, вентиляції та водопостачання.

Однак іноді проводиться часткове обстеження, наприклад, тільки водопостачання об'єкта при здачі в експлуатацію водопроводу після реконструкції або капітального ремонту. В цьому випадку після загального огляду необхідно виконати випробування водопровідних мереж на водовіддачу.

Кожне пожежно - технічне обстеження складається з трьох етапів:

- підготовчого періоду;

- заходів з огляду та перевірки об'єкта;

- оформлення результатів обстеження.

У підготовчий період необхідно підібрати відповідну літературу, вивчити технологічний процес, специфіку водопостачання даного об'єкта, ознайомитись з водопостачанням об'єкта за документацією, наявною на об'єкті, ознайомитись з раніше запропонованими заходами держпожнадзора та ходом їх виконання, організувати комісію з обстеження протипожежного водопостачання об'єкта.

При ознайомленні з водопостачанням необхідно з'ясувати вид вододжерела, призначення водопроводу (протипожежний або об'єднаний), низького або високого тиску, розглянути схему, склад споруд, розрахункові витрати води до пожежі та при пожежі.

При виконанні другого етапу обстеження особливу увагу приділяють перевірці надійності роботи водопровідних споруд та знання обслуговуючого персоналу своїх обов'язків на випадок пожежі.

При обстеженні необхідно визначити особливості об'єкта та його фактичну пожежну небезпеку, загальну схему водопостачання та склад споруд, провести обстеження у визначеній

послідовності, найбільш цілеспрямовано за напрямком руху води (наприклад, в системі зовнішнього водоспоживання – від вододжерела, у системі внутрішніх водопроводів – від введів в будівлю).

За результатами ПТО керівникам та власникам підприємств, установ, організацій і громадянам даються письмові приписи на усунення порушень вимог пожежної безпеки. Запропоновані приписами заходи повинні обґрунтовуватися вимогами нормативних документів.

**Припис** – обов’язкове для виконання у визначені терміни письмове розпорядження уповноваженої посадової особи відповідним керівникам (власникам), посадовим особам та громадянам щодо усунення порушень вимог пожежної безпеки. Припис має два розділи:

- перший розділ включає перелік невиконаних заходів з попереднього припису із зазначенням минулих термінів їх виконання;

- другий розділ включає нові запропоновані заходи і терміни їх виконання.

Припис складається в двох примірниках:

- перший – не пізніше 5-ти робочих днів після закінчення обстеження вручається керівнику об’єкта для виконання;

- другий – з підписом керівника щодо погоджених термінів та одержання залишається у перевіряючого для здійснення контролю.

Припис підписується інспекторами, які проводили обстеження. Він зберігається в наглядовій справі до часу повного його виконання, але не менше 5 років.

Приписи можуть бути оскаржені до вищого органу чи посадової особи ДПН в 10-денний термін з дня їх вручення.

При проведенні ПТО в попередньому приписі інспектор зобов’язаний зробити відмітки. При виконанні протипожежних заходів напроти кожного з них робиться позначка “виконано”, при невиконанні вказуються заходи, вжиті до винних осіб, та запобіжні заходи.

### *Контрольні питання та завдання*

1. Які прилади використовуються при проведенні випробувань на водовіддачу?
2. Назвіть порядок проведення ПТО та прийняття до експлуатації закінчених будівництвом об'єктів.
3. Які особливості проведення випробувань на водовіддачу зовнішніх мереж низького тиску.
4. Назвіть порядок проведення випробувань на водовіддачу внутрішніх протипожежних водопроводів.
5. Які причини зниження водовіддачі та способи її поліпшення.
6. Як вибрати місце та час проведення випробувань для зовнішніх та внутрішніх мереж?

## ГЛАВА 15. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

### 15.1 Постановка економічної задачі

Для розрахунків з визначення економічної ефективності варіантів протипожежного водопостачання використовують загальні положення “Типової методики визначення економічної ефективності капітальних вкладень”. Згідно цієї методики при проектуванні систем протипожежного водопостачання проводиться порівняння декількох варіантів відповідних рішень.

Економічна оцінка систем протипожежного водопостачання проводиться у наступній послідовності.

1. Постановка задачі економічної оцінки.
2. Визначення основних та додаткових показників при проектуванні.
3. Порівняння варіантів та вибір економічно ефективнішого.
4. Визначення розміру економічного ефекту.

При розгляді першого питання – постановки задачі – необхідно виконати наступне:

1) проаналізувати техніко–економічний стан промислового об’єкта або населеного пункту (важливість об’єкта, виробнича потужність, вартість продукції, площа об’єкта, архітектурно – планувальні рішення, ступінь вогнестійкості будівель, їх об’єм, кількість мешканців у населеному пункті та поверховість будівель);

2) кошторисна та балансова вартість об’єкта;

3) пожежонебезпека технологічного процесу виробництва;

4) стисла характеристика системи протипожежного водопостачання, що існує або пропонується, з аналізом капітальних та експлуатаційних затрат;

5) статистичні дані про витрати води на пожежогасіння та збитки від пожеж на даному та подібних об’єктах та населених пунктах;

6) стисла характеристика варіанта протипожежного водопостачання, що пропонується, з обґрунтуванням доцільності його впровадження.

## **15.2 Загальна характеристика затрат на протипожежне водопостачання**

У системі протипожежного водопостачання основним елементом є водопровідна мережа, яка займає перше місце за економічними затратами на її будівництво та експлуатацію. Одноразові затрати на будівництво протипожежного водопроводу становлять близько 30 % всіх затрат на протипожежний захист об'єкта.

Наприклад, зовнішній водопровід, який забезпечує подачу води кількістю 15 л/с на підприємство категорії за пожежовибухонебезпекою В з будівлями III ступеня вогнестійкості об'ємом 3 – 5 тис. м<sup>3</sup> потрібні одночасні затрати на прокладання мережі у сумі близько декількох тисяч грн. на кожний метр. Тому створення водопровідної мережі навіть невеликої довжини потребує значних матеріальних вкладень.

Однак відомо, що подача води на пожежогасіння має епізодичний характер. У зв'язку з цим, за деяким винятком, нема необхідності щодо влаштування окремого від загальної мережі об'єкта або населеного пункту протипожежного водопроводу. Економічно доцільно, щоб водопровідні мережі, які призначені для господарчо–питних або виробничих потреб, одночасно забезпечували подачу води на цілі пожежогасіння. Водопровідна мережа протипожежного водопостачання складається з труб більшого діаметра, насосні станції мають додаткові пожежні насоси, запасні резервуари та водонапірні башти зберігають додатковий запас води на пожежні потреби. У деяких випадках необхідно мати природні та штучні водоймища з влаштуванням під'їздів до них, що значно дешевше, ніж будівництво спеціальних пожежних резервуарів.

Таким чином, для забезпечення подачі води до споживача можна побудувати водопровідну мережу та споруди на ній за декількома варіантами. Порівняння всіх можливих варіантів дозволить запропонувати систему з кращими робочими характеристиками та найефективнішу з економічної точки зору.

## **15.3 Затрати на зовнішній протипожежний водопровід**

**Капітальні затрати.** Визначення капітальних затрат на будівництво протипожежного водопроводу, відокремленого від

загальної системи водопостачання об'єкта або населеного пункту, вміщує у себе кошторисно–фінансовий розрахунок або приблизний розрахунок, виконаний за емпіричними формулами. Розрахунки за цими формулами дозволяють забезпечити точність, достатню для попереднього економічного аналізу, який виконується при курсовому та дипломному проектуванні.

Затрати на прокладку водопровідної мережі визначаються:

$$K = (a_0 + bd^m)\lambda, \quad (15.1)$$

де  $K$  – капітальні затрати, грн/м;

$a_0$  – коефіцієнт, який залежить від умов виконання будівельно–монтажних робіт, типу та діаметра водопровідних труб (таблиці 15.4 – 15.6);

$b, m$  – коефіцієнти, які залежать від умов виконання будівельно–монтажних робіт, типу та діаметра водопровідних труб (таблиця 15.1);

$d$  – внутрішній діаметр труб, м;

$\lambda$  - коефіцієнт, який приймається:

- для чавунних труб – 1, 126;

- для азбестоцементних – 1, 094;

- для сталевих – 1,0.

Діаметр труб визначається з урахуванням витрат води на пожежогасіння:

$$d = V^{0,145} q^{0,42}, \quad (15.2)$$

де  $q$  – витрати води, м<sup>3</sup>/с;

$V$  – безрозмірна величина, значення якої знаходяться так:

$$V = k \frac{\sigma\gamma}{\eta b}, \quad (15.3)$$

де  $k$  – постійна величина, яка залежить від матеріалу труб (таблиця 15.1);

$\sigma$  - тариф на електроенергію, яка споживається насосами, грн.;

$\gamma$  - коефіцієнт нерівномірності витрачання енергії (табл. 15.2);

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії насосних агрегатів ( $\eta=0,7 - 0,8$ ).



Таблиця 15.1 - Значення коефіцієнтів b, k, m для водопровідних труб

Тип труб	Клас труб	b	k	m
чавунні: - для водоводів - для мережі	Л, ЛА, Б	86,14 97,85	2800	1,15 1,23
сталеві: - для водоводів - для мережі	за рекомендаціями сортamentу	53,45 59,49	2980	0,94 0,85
азбестоцементні - для водоводів - для мережі	ВТ-3	- 46,42	- 1180	- 0,91

Таблиця 15.2 - Значення коефіцієнта нерівномірності витрачання енергії від кількості мешканців

Кількість мешканців, тис. чол.	$\gamma$	Кількість мешканців, тис. чол.	$\gamma$
10	0,108	300	0,210
20	0,137	350	0,212
30	0,151	400	0,215
40	0,160	500	0,218
50	0,168	600	0,220
100	0,187	700	0,222
150	0,197	800	0,224
200	0,203	900	0,255
250	0,208	1000	0,266

Знаючи затрати на прокладання мережі, можна визначити суму затрат на спорудження інших елементів водопроводу. Це можливо зробити шляхом кошторисно-фінансового розрахунку або виходячи з питомої вартості капітальних затрат на окремі елементи водопроводу (таблиця 15.3).

Таблиця 15.3 - Капітальні затрати на будівництво окремих елементів водопроводу в % від загальної суми затрат

Джерело водопостачання	Водозабірні споруди	Насосні станції	Очисні споруди	Водонапірні башти	Мережа	Допоміжні споруди
поверхневий	2 - 4	3 - 5	15 - 20	1,5 - 4	60 - 70	4 - 9
підземний	5 - 10	2 - 5	-	3 - 5	70 - 85	5 - 10

Таблиця 15.4 - Значення  $a_0$  для водопровідної мережі

Райони	1 - 6			7 - 8, 11 - 12			9			10			2А		
	Глибина залягання, м														
d, мм	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Чавунні труби															
50 - 75	5,7	7,7	11,7	6,3	8,5	12,0	6,3	8,6	12,4	6,8	9,3	13,0	6,9	9,6	14,1
100 - 125	4,5	6,6	10,5	5,1	7,6	10,7	5,2	7,7	10,8	5,9	8,5	11,8	5,8	8,6	12,5
150	3,9	6,0	9,9	4,5	6,8	10,0	4,6	6,9	10,4	5,8	8,3	11,7	5,2	7,9	12,1
200	2,7	4,7	8,5	3,2	5,4	9,1	3,3	5,6	9,5	5,0	7,4	11,2	4,0	6,6	11,2
250	1,6	3,6	7,5	2,1	4,5	8,0	2,2	4,7	8,6	3,9	6,9	10,7	2,9	5,7	10,3
300 - 350	0,3	1,9	6,1	0,9	2,6	6,6	1,4	3,3	7,3	5,6	7,6	11,6	2,0	4,3	9,1
400	1,2	3,2	7,0	1,8	5,0	7,5	2,2	4,5	8,2	6,1	8,4	12,1	2,8	5,7	10,0
450 - 500	0,0	2,0	5,8	0,5	2,7	7,3	0,9	3,1	7,8	5,3	7,6	13,1	1,5	4,1	9,9
600	-0,2	2,8	5,8	0,5	3,7	7,0	0,6	4,5	8,1	7,8	11,3	15,0	2,0	5,8	10,3
700	-0,1	2,9	6,9	1,4	4,7	8,7	1,4	5,0	9,5	10,9	14,4	19,1	2,6	6,5	12,0
800	0,6	3,6	6,6	1,2	4,5	8,1	2,3	5,8	9,5	12,6	16,0	19,9	3,4	7,3	11,9
900	4,0	6,0	10,0	4,6	6,9	11,4	5,8	8,2	12,8	20,1	22,6	27,3	6,9	9,9	15,4
1000	6,1	8,1	12,1	6,8	9,1	13,9	8,1	10,4	15,0	24,3	26,9	31,5	9,2	12,2	17,7

Продовження таблиці 15.4

Райони	1 - 6			7 - 8, 11 - 12			9			10			2А		
	Глибина залягання, м														
d, мм	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Сталеві труби															
50	3,2	5,2	9,2	3,8	6,2	10,7	4,0	6,4	11,1	4,4	6,8	11,6	4,7	7,4	13,0
75	1,8	3,8	7,8	2,5	4,8	9,3	2,7	5,0	9,7	3,1	5,5	10,3	3,3	6,0	11,6
100	1,1	3,2	7,2	2,0	4,2	8,8	2,1	4,4	9,3	2,6	5,1	9,9	2,9	5,6	11,2
125	0,0	2,1	6,5	0,9	3,1	7,7	1,1	3,3	8,1	2,6	4,1	8,9	1,7	4,4	10,0
150	0,7	2,8	6,8	1,7	4,0	7,5	1,9	4,2	8,0	2,7	5,2	10,0	2,5	5,3	10,9
200	-0,4	1,6	5,6	0,5	2,7	7,5	0,8	2,9	7,9	2,0	4,4	9,2	1,6	4,2	9,8
250	-1,6	0,5	4,4	-1,3	1,6	6,2	-0,2	1,8	6,8	0,9	3,4	8,2	0,5	3,1	8,7
300	-3,5	-1,4	2,5	-2,5	-0,2	4,1	-2,0	0,3	4,8	-0,6	1,8	6,5	-1,6	1,2	6,6
350	-2,6	-0,6	3,3	-1,6	0,7	4,4	-1,1	1,3	5,1	0,8	3,2	7,1	-0,5	2,3	6,9
400	0,0	1,9	5,8	1,1	3,4	7,3	1,1	3,9	7,9	4,3	6,7	10,8	2,1	4,9	9,7
500	2,6	4,8	8,5	3,7	6,1	10,5	4,2	6,7	11,2	9,0	11,6	16,2	5,0	7,9	13,3
600	3,3	5,7	9,4	4,5	7,2	11,4	5,0	7,8	12,2	11,2	14,1	18,6	5,8	9,1	14,4
700	1,4	3,8	8,1	2,6	5,4	10,3	3,1	6,0	10,9	10,2	13,2	18,3	4,0	7,4	13,3
800	5,8	7,8	11,8	7,0	9,3	13,9	7,8	10,2	14,9	16,3	18,8	23,6	8,8	11,8	17,4
900	9,6	12,6	15,6	11,3	14,6	18,2	12,5	15,9	19,6	21,7	25,3	29,1	13,6	17,5	22,2
1000	8,5	11,5	14,5	10,2	13,6	17,2	11,5	14,9	18,7	21,7	25,3	29,2	12,6	16,7	21,4

Таблиця 15.5 - Значення  $a_0$  для водопровідної мережі

Райони	1			2			3 - 6			7 - 8			11		
	Глибина залягання, м														
d, мм	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Азбестоцементні труби ВТ-3															
50	3,8	5,9	9,8	3,9	6,0	9,9	3,7	5,9	9,8	4,2	6,6	11,2	4,3	6,7	11,3
75	2,7	4,8	8,8	2,8	4,9	8,9	2,6	4,7	8,7	3,1	5,6	10,2	3,2	5,7	10,2
100	1,8	3,8	7,8	1,9	3,9	7,9	1,6	3,7	7,7	2,2	4,5	9,2	2,3	4,6	9,2
125	0,8	2,8	6,8	0,9	2,9	6,9	0,6	2,7	6,7	1,2	3,5	8,2	1,3	3,6	8,3
150	0,7	2,7	6,6	0,8	2,9	6,8	0,5	2,6	6,5	1,1	3,4	8,0	1,3	3,6	8,1
200	-1,3	1,0	4,8	-1,2	1,2	5,0	-1,5	0,8	4,6	-0,9	1,7	6,1	-0,7	1,9	6,3
250	-2,2	-0,2	3,7	-1,9	0,1	4,0	-2,4	-0,4	3,5	-2,1	0,5	5,0	-1,8	0,8	5,3
300	-3,8	-1,8	2,1	-3,5	-1,5	2,4	-4,1	-2,1	1,8	-3,4	-1,1	3,4	-3,1	-0,8	3,7
400	-3,1	-1,1	2,7	-2,4	-0,4	3,4	-3,5	-1,5	2,3	-3,3	-0,4	4,1	-2,6	0,3	4,8
500	-4,1	-1,7	2,1	-3,1	-0,7	3,1	-4,4	-2,0	1,8	-3,2	-0,4	4,1	-2,7	0,1	4,6
600	-3,2	-0,6	3,2	-1,9	0,7	4,5	-3,7	-1,1	2,7	-2,0	1,0	5,4	-1,4	1,6	6,0
700	-1,8	0,9	4,6	0,4	3,1	6,8	-2,3	0,4	4,1	0,0	3,0	7,3	1,0	4,0	8,3
800	0,2	3,0	6,7	2,6	5,4	9,1	-0,6	2,2	5,9	1,9	5,1	9,4	3,2	6,4	10,7
900	3,7	6,7	9,8	7,0	10,0	13,1	2,7	5,7	8,8	6,0	9,4	13,1	7,7	11,1	14,8
1000	4,6	7,6	11,6	8,3	11,3	15,3	3,5	6,5	10,5	7,1	10,6	15,2	9,0	12,5	17,1
50	4,4	6,8	11,6	4,6	6,9	11,7	4,8	7,3	12,1	5,0	7,8	13,4			
75	3,3	5,8	10,5	3,5	5,9	10,7	3,7	6,3	11,1	3,9	6,7	12,3			
100	2,4	4,7	9,5	2,6	5,0	9,8	3,0	5,4	10,2	3,1	5,7	11,6			
125	1,4	3,7	8,6	1,8	4,1	8,9	2,1	4,5	9,3	2,1	4,7	10,3			
150	1,4	3,7	8,4	1,8	4,1	8,8	2,1	4,6	9,3	2,0	4,7	10,2			
200	-0,6	2,0	6,6	0,0	2,5	7,1	0,3	3,0	7,6	0,0	3,0	8,4			

Продовження таблиці 15.5.

Райони	12			9			10			2А		
	Глибина залягання, м											
d, мм	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
250	-1,7	0,9	5,6	-1,0	1,6	6,3	-0,5	1,7	6,9	-1,1	1,3	
300	-2,9	-0,6	3,9	-2,2	0,2	4,7	-1,6	0,8	5,4	-2,4	0,4	
400	-2,5	0,5	5,0	-1,0	2,0	5,8	-0,2	2,8	7,3	-1,8	1,5	
500	-2,0	0,9	5,1	0,2	3,1	7,6	0,9	3,8	8,4	-1,0	2,3	
600	-0,5	2,6	7,0	2,4	5,5	9,9	3,3	6,5	11,1	0,6	4,0	
700	2,3	5,4	9,8	7,1	10,2	14,6	8,3	11,5	16,0	3,3	7,0	
800	4,3	7,8	12,2	10,4	13,6	18,0	11,7	15,1	19,6	5,7	9,5	
900	9,3	12,8	16,7	17,2	20,7	24,6	18,7	22,3	26,3	10,5	14,6	
1000	11,2	14,7	19,5	19,9	23,4	27,7	22,2	25,9	30,7	12,5	16,6	

Таблиця 15.6 - Значення для водоводів

Райони	1 - 6			7 - 8, 11 - 12			9			10			2А		
	Глибина залягання, м														
d, мм	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Чавунні труби</b>															
100	1,4	3,1	7,9	1,9	3,6	8,4	2,1	3,8	8,6	2,6	4,3	9,1	2,4	4,1	7,4
125 - 150	0,6	1,8	6,2	1,0	2,2	6,6	1,3	2,5	6,9	2,1	3,3	7,7	1,9	3,1	5,5
200	-0,8	0,5	4,3	-0,4	0,9	4,7	-0,3	1,0	4,8	1,3	2,6	6,4	0,3	2,3	4,4
250	-1,6	-0,3	3,4	-1,2	0,1	3,8	-1,0	0,3	4,0	0,3	1,3	5,0	-0,4	0,6	4,0
300; 400	-2,6	-1,6	2,2	-2,3	-1,3	2,5	-2,1	-1,1	2,7	0,6	1,6	5,4	-1,5	-0,5	4,4
350	-3,1	-1,4	2,3	-2,7	-1,0	2,7	-2,2	-0,5	3,2	0,8	2,5	6,2	-1,6	0,1	4,5
450 - 500	-3,3	-1,4	2,1	-2,8	-0,8	2,7	-2,4	-0,4	3,1	1,7	3,7	7,2	-1,8	0,2	5,2
600	-1,9	0,1	3,1	-1,4	0,6	3,6	-0,9	1,1	4,1	5,6	7,6	10,6	-0,1	1,9	8,6
700	-0,2	1,8	5,8	0,4	2,6	6,6	0,5	2,7	6,7	9,6	12,1	16,1	1,3	3,8	13,6
800	1,3	4,3	7,3	2,0	5,0	8,0	2,0	5,0	8,0	12,2	15,2	18,2	2,9	5,5	15,6
900	5,7	8,7	11,7	6,4	9,4	12,4	6,4	9,4	12,4	20,0	25,0	28,0	7,5	12,5	16,0
1000	9,9	11,9	15,9	10,7	12,7	16,7	10,7	12,7	14,7	27,0	29,0	31,0	11,9	13,9	25,0
1200	19,8	22,8	25,8	20,8	23,8	26,8	22,8	26,6	29,6	43,0	46,8	49,8	24,1	27,9	31,7
<b>Сталеві труби</b>															
100	-0,1	1,7	5,5	0,4	2,2	6,0	0,4	2,2	6,0	0,9	2,7	6,5	1,1	2,9	6,7
125 - 150	-1,0	0,7	4,4	-0,4	1,3	5,0	-0,5	1,2	4,9	0,2	1,9	5,6	0,1	1,8	5,5
200	-1,9	-0,2	3,2	-1,3	0,4	3,8	-1,1	0,8	4,2	-0,2	1,5	4,9	-0,5	1,2	4,6
250	-2,8	-1,1	2,1	-2,2	-0,5	2,8	-2,2	-0,5	2,8	-0,9	0,8	4,0	-1,5	0,2	3,4
300	-3,4	-1,6	1,8	-2,6	-0,8	2,6	-2,4	-0,6	2,8	-1,0	0,8	4,2	-1,9	-0,1	3,3
350	-2,9	-1,3	2,1	-2,0	-0,4	3,0	-1,8	-0,2	3,2	0,3	1,9	5,3	-1,3	0,3	3,7
400	-1,2	0,4	4,2	-0,2	1,4	5,2	-0,1	1,5	5,3	2,5	4,1	7,9	0,4	2,0	5,8

Райони	1 - 6			7 – 8, 11 - 12			9			10			2А		
	Глибина залягання, м														
d, мм	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
500	0,6	2,5	6,1	1,3	3,2	6,8	1,5	3,4	7,0	6,6	8,5	12,1	2,4	4,3	7,9
600	0,9	2,9	6,4	2,0	4,0	7,5	2,2	4,2	7,7	8,1	10,1	13,6	2,9	4,9	8,4
700	-0,2	1,8	3,8	0,7	2,7	4,7	1,2	3,2	5,2	7,9	9,9	11,9	2,1	4,1	6,1
800	4,1	6,3	9,7	5,0	7,2	10,6	5,8	8,0	11,4	14,3	16,5	19,9	6,7	8,9	12,3
900	7,6	8,6	13,6	8,5	9,5	14,5	9,2	10,2	15,2	18,8	19,8	24,8	10,2	11,2	16,2
1000	5,5	8,5	11,5	6,1	9,1	12,1	7,4	10,4	13,4	17,6	20,6	23,6	8,5	11,5	14,5
1200	10,6	13,6	16,6	10,6	13,6	19,6	12,6	15,6	18,6	28,8	31,8	34,8	12,9	15,9	18,9

**Поточні затрати.** Поточні затрати (експлуатаційні) на систему водопостачання вміщують у себе вартість реагентів та хімікатів для роботи очисних споруд (при аналізі затрат на протипожежне водопостачання її не потрібно враховувати), вартість активної електроенергії для підйому та транспортування води з мережі, заробітну платню робочих та адміністративно – керівного персоналу, суму річних амортизаційних відрахувань та вартість поточного ремонту.

**Вартість електроенергії** на потреби водопостачання визначається:

$$C'_{\text{ел}} = \frac{2,72}{\eta_1 \eta_2} Q H \Pi_T, \quad (15.4)$$

де 2,72 – коефіцієнт, що враховує затрати питомої енергії на підйом 1000 м<sup>3</sup> води на 1 м при коефіцієнті корисної дії електродвигунів та насосів, що дорівнює одиниці;

$Q = \frac{q \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}{1000 \cdot 1000}$  – кількість води, що споживається за рік, тис. м<sup>3</sup>;

$H$  – середньорічна висота підйому води насосами, м;

$\eta_1, \eta_2$  - коефіцієнти корисної дії насосів та електродвигунів;

$\Pi_T$  – тариф на електроенергію, що потребляється, грн/(кВт·год).

Якщо споживачі користуються електроенергією приладами, потужність яких визначена та становить 750 кВт·А та більше, затрати на електроенергію визначаються:

$$C_{\text{ел}} = \frac{2,72}{\eta_1 \eta_2} Q H \Pi_T^D + N_{\text{кВт}} \Pi_T^{\text{ос}}, \quad (15.5)$$

де  $N_{\text{кВт}}$  - паспортна потужність електроагрегату, кВт;

$\Pi_T^D, \Pi_T^{\text{ос}}$  – тарифи двоставочної системи сплати, відповідно додаткової та основної.

**Затрати на заробітну платню** визначаються множенням середньомісячної ставки оплати праці на приблизну кількість



робітників (робочих та осіб адміністративно – керівної ланки), що зайняті забезпеченням нормальної експлуатації систем водопостачання. Річний фонд заробітної платні становить:

$$C_{з.п.} = 12k_{сс} \left[ \left( z_{пл}^p + \frac{D \cdot z_{пл}^p}{100} \right) N_p + \left( z_{пл}^k + \frac{D \cdot z_{пл}^k}{100} \right) N_k \right], \quad (15.6)$$

де  $C_{з.п.}$  – затрати на заробітну платню, грн/рік;

$k_{сс} = 1,051$  – коефіцієнт, що враховує соціально – страхові нарахування до річного фонду заробітної платні;

$z_{пл}^p, z_{пл}^k$  – середньомісячна ставка одного робочого та одного робітника адміністративно – керівної ланки, грн/міс;

$D$  – відсоток надбавки до заробітної платні (для робочих – 15 %, для керівників – 25 %);

$N_p, N_k$  – кількість робочих та керівників.

**Затрати на амортизацію** визначаються:

$$C_{ам} = \frac{КН}{100} a, \quad (15.7)$$

де  $C_{ам}$  – затрати на амортизацію, грн/рік;

$N_a$  – норма амортизаційних відрахувань (таблиця 15.7), %.

Таблиця 15.7 - Приблизна норма амортизаційних відрахувань на елементи системи водопостачання

Елемент системи водопостачання	Норма амортизаційних відрахувань, %
водозабірні споруди	6,8
очисні споруди	4,6
насоси відцентрові водопровідні	19,3
водонапірні башти:	
- металеві	5,9
- цегляні з металевими резервуарами	3,4
резервуари чистої води:	
- залізобетонні	2,7
- цегляні	3,9
- металеві	8,6

Елемент системи водопостачання	Норма амортизаційних відрахувань, %
водопровідні мережі, включаючи водоводи:	
- сталеві та азбестоцементні	5,5
- чавунні	2,4
- залізобетонні	4

**Затрати на поточний ремонт** приймаються рівними 4,5 % від суми капітальних затрат.

**Затрати на внутрішній протипожежний водопровід** визначають як суму капітальних та поточних затрат, однак вони складаються зі значно меншої кількості елементів.

Капітальні затрати складаються з:

- затрат на придбання обладнання та матеріалів (з урахуванням затрат на транспортування), що необхідні для встановлення пожежних кранів;
- вартості монтажних робіт;
- вартості насоса – підвищувача (за необхідності його встановлення).

Тобто, капітальні затрати можна визначити:

$$K = N_3 n_{\text{ПК}} + C_{\text{Н}} k_{\text{ТЗ}} k_{\text{М}}, \quad (15.8)$$

де  $N_3$  – норма затрат на встановлення одного вентиля пожежного крану, грн/од.;

$n_{\text{ПК}}$  – кількість пожежних кранів в системі протипожежного водопостачання;

$C_{\text{Н}}$  – оптова ціна насоса – підвищувача, грн/од.;

$k_{\text{ТЗ}} = 1,04$  – коефіцієнт транспортно – заготівельних затрат;

$k_{\text{М}} = 1,15$  – коефіцієнт, що враховує вартість монтажних робіт при встановленні насоса (насосів).

Поточні затрати складаються з:

- вартості електроенергії, що споживається насосами (15.9);

- амортизаційних відрахувань на елементи протипожежного водопостачання (15.10).

Затрати на електроенергію визначають так:

$$C_{\text{ел}} = C_{\text{T}} m, \quad (15.9)$$

де  $m = N_{\text{кВт}} n_{\text{год}}$  – кількість електроенергії, що споживається насосами – підвищувачами за рік, кВт·годин;

$n_{\text{год}}$  – середньорічна кількість годин роботи електроприводу насосів – підвищувачів;  $n_{\text{год}} = 8$  годин – для житлових та громадських будівель,  $n_{\text{год}} = 10$  годин – для виробничих будівель.

Амортизаційні відрахування складаються з суми амортизаційних відрахувань для насосів – підвищувачів та пожежних кранів за формулою (15.7) з урахуванням таблиці 15.7, при цьому норма для пожежних кранів приймається рівною 5,5 %.

**Затрати на функціонування пожежних водоймищ (резервуарів)** складаються з вартості їх будування та амортизаційних відрахувань.

Вартість будування водоймища визначається кошторисно – фінансовим розрахунком за формулою:

$$K = 1,245 \cdot C_{\text{буд}}, \quad (15.10)$$

де  $C_{\text{буд}}$  – вартість будування водоймища, грн;  
1,245 – коефіцієнт, що враховує величину планових накопичень та накладних затрат.

#### **15.4 Порівняння варіантів протипожежного водопостачання та вибір економічно ефективного**

Порівняння декількох варіантів протипожежного водопостачання та вибір оптимального варіанту необхідно виконувати за мінімумом приведених затрат  $\Pi$ , що розраховуються для кожного варіанту.

Приведені затрати – це сума експлуатаційних затрат  $C$ , капітальних вкладень  $K$  та збитків від пожеж  $У$ , що приведені до однакової розмірності у відповідності до нормативу ефективності  $E_{\text{н}}$ , який встановлюється в межах  $0,07 \leq E_{\text{н}} \leq 0,25$ .

Таким чином:

$$\Pi_i = E_H K_i + C_i + Y_i. \quad (15.11)$$

Якщо при оцінці економічної ефективності неможливо врахувати збитки від пожеж, то величина  $Y$  (15.11) приймається рівною нулю.

Варіант, для якого приведені затрати будуть найменшими, є більш вигідним, тобто можна порівнювати одночасно декілька варіантів.

Приведені затрати можна визначити через нормативний термін окупності  $T_H$  за формулою:

$$\Pi_i = K_i + T_H (C_i + Y_i). \quad (15.12)$$

При економічній оцінці додаткових капіталовкладень в системі протипожежного водопостачання ефективний варіант можна визначити із залежностей:

$$E_p = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1} = \frac{\Delta C}{\Delta K} > E_H \quad (15.13)$$

або

$$T_p = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} = \frac{\Delta K}{\Delta C} < T_H, \quad (15.14)$$

де  $C_1, C_2$  – експлуатаційні затрати по варіантах, що порівнюються, грн/рік;

$K_1, K_2$  – капітальні затрати по варіантах, що порівнюються, грн;

$\Delta C$  – річна економія експлуатаційних затрат від впровадження другого варіанту, грн;

$\Delta K$  – додаткові капітальні затрати, що необхідні для здійснення другого варіанту, грн;

$E_p, E_H$  – розрахунковий та нормативний коефіцієнти порівняної економічної ефективності 1/ рік;

$T_p, T_H$  – розрахунковий та нормативний термін окупності ( $T_H=1/E_H$ ).

### Приклад

Виконати техніко – економічне порівняння трьох варіантів систем протипожежного водопостачання з наступними показниками капітальних вкладень  $K$  та експлуатаційних затрат  $C$  при  $E_H=0,12$ ,  $T_H=8,3$  років.

#### Перший варіант

$K_1=100000$  грн,  $C_1=30000$  грн.

#### Другий варіант

$K_2=130000$  грн,  $C_2=20000$  грн.

#### Третій варіант

$K_3=110000$  грн,  $C_3=25000$  грн.

#### Розв'язання

Для економічного порівняння варіантів необхідно визначити розрахунковий термін окупності (15.14) за кожним варіантом:

$$T_{P_1} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} = \frac{130 - 100}{30 - 20} = 3 \text{ роки} < 8,3 \text{ років},$$

$$T_{P_2} = \frac{K_3 - K_1}{C_1 - C_3} = \frac{110 - 100}{30 - 25} = 2 \text{ роки} < 8,3 \text{ років},$$

$$T_{P_3} = \frac{K_2 - K_3}{C_3 - C_2} = \frac{130 - 110}{25 - 20} = 4 \text{ роки} < 8,3 \text{ років},$$

а також розрахунковий коефіцієнт порівняної економічної ефективності (15.13) за кожним варіантом:

$$E_{P_1} = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1} = \frac{30 - 20}{130 - 100} = 0,33 > 0,12,$$

$$E_{P_2} = \frac{C_1 - C_3}{K_3 - K_1} = \frac{30 - 25}{110 - 100} = 0,5 > 0,12,$$

$$E_{P_3} = \frac{C_3 - C_2}{K_2 - K_3} = \frac{25 - 20}{130 - 110} = 0,25 > 0,12.$$

Аналіз розрахунків показує, що другий варіант є більш економічно вигідним.

Такий самий результат можна одержати при розрахунку приведених затрат за формулою (15.11) без урахування збитків від пожеж, а саме:

$$\begin{aligned} \Pi_1 &= E_{H_1} K_1 + C_1 = 30 + 0,12 \cdot 100 = 42, \\ \Pi_2 &= E_{H_2} K_2 + C_2 = 20 + 0,12 \cdot 130 = 35,6, \\ \Pi_3 &= E_{H_3} K_3 + C_3 = 25 + 0,12 \cdot 110 = 38,2. \end{aligned}$$

Таким чином, другий варіант є найбільш економічним.

### **15.5 Визначення розміру економічного ефекту від впровадження систем протипожежного водопостачання**

Оцінка величини економічного ефекту  $E$  від впровадження запропонованого варіанту системи протипожежного водопостачання визначається різницею приведених затрат, а саме:

$$\begin{aligned} E &= \Pi_1 - \Pi_2 = (E_H K_1 + C_1 + Y_1) - (E_H K_2 + C_2 + Y_2) = \\ &= E_H (K_1 - K_2) + (C_1 - C_2) + (Y_1 - Y_2). \end{aligned} \quad (15.15)$$

Величина економічного ефекту за нормативний термін окупності додаткових капітальних вкладень визначається:

$$E = T_H [(C_1 - C_2) + (Y_1 - Y_2)] + (K_1 - K_2). \quad (15.16)$$

При визначенні величини економічного ефекту необхідно пам'ятати, що в системах протипожежного водопостачання основним фактором є надійність роботи системи. Тому в деяких випадках варіанту з більшими капітальними вкладеннями та з меншою економічною ефективністю, але з більшою надійністю віддається перевага.

### *Контрольні питання та завдання*

1. Який порядок проведення економічної оцінки систем водопостачання.
2. З яких величин складаються затрати на водопостачання.
3. Як визначається найефективніший варіант водопостачання.

## СЛОВНИК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ

- ав. – аварійний  
АПБУ – академія пожежної безпеки України  
АСУ – автоматизована система управління  
БПП – будівлі підвищеної поверховості  
БМПЛ – будівлі з масовим перебуванням людей  
ВБ – водонапірна башта  
ВВТ – водопровід високого тиску  
вир. – виробничий, промисловий  
ВНТ – водопровід низького тиску  
ВПВ – внутрішній протипожежний водопровід  
ВЦН - відцентровий насос  
ГК – гідроколона  
ГМ - гідромашина  
госп. – господарчий (господарчо - питний)  
ГПУ – гідропневмоустановка  
г.пит - господарчий (господарчо - питний)  
г – п - господарчий (господарчо - питний)  
ДБН – державні будівельні норми  
ДПН – державний пожежний нагляд  
душ – душовий  
д.т. – диктуюча точка  
ЗПВ – зовнішній протипожежний водопровід  
ЗСО – зона санітарної охорони  
ККД - коефіцієнт корисної дії  
ЛПМ - лісопиломатеріали  
ЛС – лафетний ствол  
макс. – максимальний  
НРС – насосно – рукавна система  
НЗ – недоторканий запас води  
НПЗ – недоторканий протипожежний запас води  
НС – насосна станція  
НС – I – насосна станція першого підйому  
НС – II – насосна станція другого підйому  
ПВ – пожежне водоймище (пожежний резервуар) або протипожежне водопостачання  
ПГ – пожежний гідрант



ПК – пожежний кран  
ПН – пожежний насос  
пож. – пожежний  
ПП – плаваюча покрівля (для резервуарів СНН)  
рег. – регулюючий  
розр – розрахунковий  
РЧВ – резервуар чистої води  
СНН – склади нафти та нафтопродуктів  
СПП – стаціонарна покрівля з понтоном (для резервуарів  
СНН)  
СП - стаціонарна покрівля без понтону (для резервуарів  
СНН)  
ТВП – театральна – видовищне підприємство  
ТВК – театральна – видовищний комплекс  
УАПГ – установка автоматичного пожежогасіння

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України про Пожежну охорону
2. “Настанова з організації роботи органів ДПН” затверджена наказом МВС України від 15.01.2001 року № 28
3. Правила пожежної безпеки України
4. Качалов А.А. Противопожарное водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1985. – 286 с.
5. Гидравлика и противопожарное водоснабжение /Под ред. Кошмарова Ю.А. – М.:ВИПТШ МВД СССР, 1985. – 384 с.
6. СНиП 2.04.02-84\* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
7. СНиП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий.

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Глава 1. Основи теорії насосів .....	6
1.1 Класифікація насосів, які використовуються при пожежогашінні .....	6
1.2 Принципова схема відцентрового насоса.....	10
1.3 Основні робочі параметри відцентрових насосів .....	11
1.4 Статичні характеристики відцентрових насосів .....	18
1.5 Робота відцентрових насосів на зовнішню мережу.	
Визначення робочої точки насоса .....	21
Глава 2. Втрати напору в водопровідних мережах ....	25
2.1 Втрати напору за довжиною трубопроводу .....	25
2.2 Втрати напору у пожежних рукавах .....	27
2.3 Втрати напору у місцевих опорах .....	28
2.4 Компактні водяні струмені .....	31
Глава 3. Насосно-рукавні системи.....	35
3.1 Схеми насосно-рукавних систем.....	35
3.2 Гідравлічний розрахунок насосно-рукавних систем	36
3.3 Визначення витрат води за довжиною польоту компактної частини струменя.....	45
Глава 4. Витрати води та напори у протипожежних водопроводах. Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж та головних споруд.....	53
4.1 Норми господарчо-питного водоспоживання .....	53
4.2 Норми витрат води на виробничі потреби промислових підприємств та сільськогосподарських об'єктів.....	57
4.3 Загальні витрати води на пожежогашіння. Методика розрахунку витрат води на зовнішнє пожежогашіння населених пунктів та промислових підприємств.....	57
4.4 Вільні напори у системах протипожежного водопостачання .....	62
4.5 Режим водоспоживання.....	64
ГЛАВА 5. Проектування регулюючих, .....	71
запасних та напірних споруд.....	71
5.1 Проектування резервуарів чистої води.....	71
5.2 Проектування водонапірних башт, гідроколон та гідропневмоустановок.....	77
5.2.1 Проектування водонапірних башт .....	77

5.2.2	Проектування гідроколон .....	83
5.2.3	Гідропневматична установка.....	84
ГЛАВА 6.	Насосні станції .....	88
6.1	Класифікація насосних станцій .....	88
6.2	Конструкція та експлуатація насосних станцій .....	90
6.3	Забезпечення надійності насосних станцій .....	94
ГЛАВА 7.	Гідравлічний розрахунок.....	98
водопровідних мереж.....		98
7.1	Послідовність розрахунку зовнішньої водопровідної мережі.....	98
7.2	Гідравлічний розрахунок тупикової мережі.....	104
7.3	Гідравлічний розрахунок кільцевої мережі .....	105
ГЛАВА 8.	Системи та схеми водопостачання .....	109
8.1	Класифікація систем водопостачання.....	109
8.2	Схеми водопостачання населених пунктів.....	111
8.3	Схеми водопостачання промислових підприємств ....	117
ГЛАВА 9.	Джерела водопостачання та водозабірні споруди .....	120
9.1	Джерела водопостачання.....	120
9.2.	Споруди для забору підземних вод .....	120
9.3	Споруди для забору води від поверхневих джерел	126
9.4	Протипожежні вимоги до водозабірних споруд .....	128
Глава 10.	Спеціальні зовнішні протипожежні водопроводи високого тиску .....	131
10.1	Область використання протипожежних водопроводів високого тиску.....	131
10.2	Способи збереження лісних матеріалів .....	132
10.3	Особливості влаштування системи протипожежного водопостачання складів лісних матеріалів .....	134
10.4	Способи збереження нафти та нафтопродуктів ....	140
10.5	Засоби та установки пожежогасіння .....	141
та охолодження .....		141
10.6	Основні розрахункові параметри системи протипожежного водопостачання СНН.....	145
ГЛАВА 11.	Внутрішній протипожежний водопровід.....	146
11.1	Призначення, класифікація та основні елементи внутрішнього протипожежного водопроводу .....	146
11.2	Схеми внутрішніх водопроводів .....	162

11.3 Розрахунок внутрішнього протипожежного водопроводу .....	165
ГЛАВА 12. Особливості протипожежного водопостачання будівель підвищеної поверховості та з масовим перебуванням людей .....	173
12.1 Влаштування протипожежних водопроводів у будівлях підвищеної поверховості .....	173
12.2 Влаштування протипожежних водопроводів у будівлях з масовим перебуванням людей.....	181
Глава 13. Експертиза проектів протипожежного водопостачання.....	193
13.1 Організація роботи органів ДПН при проведенні експертиз проектів .....	194
13.2 Розгляд та експертиза проектної документації .....	194
13.3 Аналіз “Огляду характерних порушень протипожежних вимог норм та правил, що були допущені при проектуванні” за 2002 рік у м. Харкові .	197
ГЛАВА 14. Прийняття до експлуатації та обстеження систем протипожежного водопостачання .....	200
14.1 Прилади для проведення випробувань на водовіддачу .....	201
14.2 Етапи проведення випробувань .....	208
14.3 Випробування на водовіддачу зовнішніх мереж низького тиску.....	209
14.4 Випробування на водовіддачу водопроводів високого тиску .....	211
14.5 Випробування на водовіддачу внутрішніх водопровідних мереж .....	214
14.6 Причини зниження водовіддачі та способи поліпшення протипожежного водопостачання.....	214
14.7 Методика обстеження систем протипожежного водопостачання .....	216
ГЛАВА 15. Економічна оцінка систем протипожежного водопостачання.....	220
15.1 Постановка економічної задачі.....	220
15.2 Загальна характеристика затрат на протипожежне водопостачання .....	221

15.3 Затрати на зовнішній протипожежний водопровід.....	221
15.4 Порівняння варіантів протипожежного водопостачання та вибір економічно ефективного.....	233
15.5 Визначення розміру економічного ефекту від впровадження систем протипожежного водопостачання .....	236

*Навчальне видання*

**Антіпов** Ігор Аркадійович  
**Кулешов** Микола Миколайович  
**Петухова** Олена Анатоліївна

## **ПРОТИПОЖЕЖНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Підручник  
для студентів вищих навчальних закладів

Коректор *К.В.Хорошилова*  
Комп'ютерна верстка *М.А.Ковревська*  
Редактор *Т.О.Філіна*

Підписано до друку 23.01.2004р. Формат 60x84/8.  
Папір офсетний 80 г/см<sup>2</sup>. Друк ризограф. Ум.друк. арк. 15,93.  
Тираж 1000 прим. Вид.№ 22/03. Зам.№

Розмножувально-копіювальний сектор  
Академії цивільного захисту України  
61023 м. Харків, вул. Чернишевського, 94