

**Національний університет цивільного захисту України
Кафедра пожежної профілактики в населених пунктах**

ПРОТИПОЖЕЖНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ
Методичні вказівки для виконання курсового проєкту
на тему «Противопожежне водопостачання
населеного пункту»

**Для здобувачів вищої освіти,
які навчаються на першому (бакалаврському) рівні
у галузі знань 26 «Цивільна безпека»
за освітньо-професійними програмами
«Пожежна безпека»,
«Аудит пожежної та техногенної безпеки»,
«Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи»**

Харків 2023

Рекомендовано до друку кафедрою
пожежної профілактики в
населених пунктах НУЦЗ України
(протокол від 8.05.2023 р. №14)

Укладачі: О. А. Петухова, Р.Е. Черепаха

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент **В. І. Томенко**,
доцент кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок
ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

Протипожежне водопостачання: методичні вказівки для
виконання курсового проєкту на тему «Протипожежне
водопостачання населеного пункту» для здобувачів вищої освіти, які
навчаються на першому (бакалаврському) рівні у галузі знань 26
«Цивільна безпека» за освітньо-професійними програмами
«Пожежна безпека», «Аудит пожежної та техногенної безпеки»,
«Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи» / Укладачі:
О.А. Петухова, Р.Е. Черепаха. – Х.: НУЦЗУ, 2023. – 78 с.

Методичні вказівки для виконання курсового проєкту на тему
«Протипожежне водопостачання населеного пункту» для здобувачів вищої
освіти, які навчаються на першому (бакалаврському) рівні у галузі знань 26
«Цивільна безпека» за освітньо-професійними програмами «Пожежна безпека»,
«Аудит пожежної та техногенної безпеки», «Пожежогасіння та
аварійно-рятувальні роботи». Метою виконання курсового проєкту є формування
у здобувачів вищої освіти навичок роботи з нормативними документами та
здатності до розрахунків та перевірки елементів систем протипожежного
водопостачання, проєктів протипожежного водопостачання щодо відповідності
вимогам пожежної безпеки.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	6
ЗАВДАННЯ	7
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ ...	13
1 Трасування водопровідної мережі	13
2. Визначення розрахункових витрат води на потреби водоспоживачів	15
3. Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі	24
4. Визначення режиму роботи насосної станції другого підйому	43
5. Розрахунок резервуарів чистої води	45
6. Розрахунок водонапірної башти	49
7. Вибір насосів для насосних станцій та визначення їх типу	54
Висновки	58
ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	60
Література	61
Додатки	62

ВСТУП

Метою виконання курсового проєкту з дисципліни “Протипожежне водопостачання” на тему “Протипожежне водопостачання населеного пункту” є формування у здобувачів вищої освіти навичок роботи з нормативними документами та здатності до розрахунків та перевірки елементів систем протипожежного водопостачання, проєктів протипожежного водопостачання щодо відповідності вимогам пожежної безпеки. Відповідно до освітньо-професійних програм «Пожежна безпека» (ПБ), «Аудит пожежної та техногенної безпеки» (АПТБ), «Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи» (ПГАРР) виконання курсового проєкту повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких результатів навчання:

- вибирати та оцінювати параметри систем протипожежного водопостачання; застосовувати знання законів гідравліки, механіки рідини та газів під час перевірки проєктів та контролю систем водопостачання;
- аналізувати вимоги нормативних документів щодо систем зовнішнього протипожежного водопостачання; розробляти та пропонувати обґрунтовані заходи, інженерно-технічні рішення щодо приведення таких систем до відповідності вимогам норм.

Склад та об’єм курсового проєкту

Курсовий проєкт складається з розрахунково-пояснювальної записки (РПЗ) та графічної частини (ГЧ). До РПЗ вносяться розрахунки, обґрунтування прийнятих рішень, необхідні таблиці, графіки та схеми. Графічна частина складається з чотирьох креслень формату А4.

РПЗ та ГЧ виконуються власноручно на стандартних аркушах формату А4 з рамкою та штампом (для розрахунково-пояснювальної записки штамп наведений у додатку 12 а – для змісту, у додатку 12 б – для всіх наступних аркушів; для креслень графічної частини – у додатку 12 в).

Титульний аркуш курсового проєкту та бланк завдання оформлюють за зразком, наведеним в додатку 1.

Всі наведені у РПЗ формули нумеруються, наприклад (1.1) (що означає: перша формула першого розділу), надаються пояснення всіх величин, та одиниці їх виміру. Аналогічно нумерують таблиці та рисунки, які обов’язково повинні мати назви.

Шифр, який вказується в штампі:

НУЦЗУ.4.???-??.ПНП.РПЗ,

або

НУЦЗУ.4.???-??.ПНП.ГЧ,

де **НУЦЗУ** – навчальний заклад; **4** – факультет, на якому навчаєтесь; **??-???** – номер залікової книжки; **ППНП** – кафедра пожежної профілактики в населених пунктах; **РПЗ** – розрахунково-пояснювальна записка; **ГЧ** – графічна частина.

Сторінки нумеруються, починаючи з титульного аркуша, на якому номер не вказується.

Розрахунково-пояснювальна записка повинна бути зшитою.

Графічна частина виконується олівцем.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки курсового проєкту:

Назва розділу	№ сторінки
<i>Вихідні дані</i>	
<i>Зміст</i>	
<i>Вступ</i>	
<i>1. Трасування водопровідної мережі</i>	
<i>2. Визначення розрахункових витрат води на потреби водоспоживачів</i>	
<i>3. Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі</i>	
<i>4. Визначення режиму роботи насосної станції другого підйому</i>	
<i>5. Розрахунок резервуарів чистої води</i>	
<i>6. Розрахунок водонапірної бапти</i>	
<i>7. Вибір насосів для насосних станцій та визначення їх типу</i>	
<i>Висновки</i>	
<i>Список літератури</i>	
<i>Відповіді на контрольні питання</i>	

Графічна частина повинна включати наступні креслення:

- 1 – генеральний план населеного пункту;*
- 2 – схема резервуара чистої води;*
- 3 – схема водонапірної бапти;*
- 4 – план насосної станції **другого** підйому.*

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Порядок накопичування навчальних балів за 100-бальною шкалою для курсового проєкту:

Розрахунково-пояснювальна записка	Графічна частина	Захист	Сума
до 60	до 20	до 20	100

Для курсового проєкту критерії оцінювання знань здобувачів оцінюється від 0 до 100 балів, які складаються з наступного:

Розрахунково-пояснювальна записка – 60 балів:

0-5 балів – кількість балів за розділи 1, 4, 5, 6 та 7, де 0 балів – розділ не виконаний, або виконаний не за варіантом; 5 балів – розділ виконаний правильно, за варіантом, відповідно до методичних вказівок; (загальна кількість балів 0-25 балів);

0-10 балів – кількість балів за розділи 2 та 3, де 0 балів – розділ не виконаний, або виконаний не за варіантом; 10 балів – розділ виконаний правильно, за варіантом, відповідно до методичних вказівок; (загальна кількість балів 0-20 балів);

0-1 бал – кількість балів за титульний аркуш, завдання (2 сторінки), зміст, вступ, література, висновки, де 0 балів – відповідна частина курсового проєкту не виконана, або виконана не за варіантом; 1 бал – відповідна частина курсового проєкту виконана правильно, за варіантом, відповідно до методичних вказівок; (загальна кількість балів 0-6 балів);

0-9 балів – кількість балів за оформлення курсового проєкту, де 0 балів – курсовий проєкт виконаний не за варіантом, оформлений не акуратно, не виконані вимоги методичних вказівок, робота не зшита, графічна частина виконана не олівцем; 9 балів – курсовий проєкт виконаний за варіантом, оформлений акуратно, виконані всі вимоги методичних вказівок, робота зшита, графічна частина виконана олівцем відповідно до зразків додатку 11; (загальна кількість балів 0-9 балів);

Графічна частина – 20 балів:

0-5 балів – кількість балів за виконання 1, 2, 3 та 4 креслення курсового проєкту, де 0 балів – відповідне креслення виконано не за варіантом, оформлено не у відповідності до зразку додатку 11, не олівцем, немає особистого підпису та дати виконання креслення; 5 балів – відповідне креслення виконано за варіантом, оформлено у відповідності до зразку додатку 11, олівцем, особисто підписано та є дата виконання креслення; (загальна кількість балів 0-20 балів);

Захист курсового проекту – 20 балів:

0-4 бали – доповідь, що включає мету курсового проекту, розкриття основних етапів її досягнення, стислу характеристику результатів розрахунків за кожною складовою системи протипожежного водопостачання населеного пункту, перелік виконаних розрахунків та використаних методик, висновок про досягнення мети курсового проекту (за основу доповіді можливо прийняти розділ «Висновки», під час доповіді використання допоміжних матеріалів не дозволяється); (загальна кількість балів 0-4 бали);

0-8 балів – кількість балів за відповіді на контрольні питання, що наведені у додатку 1 (друга сторінка Завдання) (0-1 бал – кількість балів за відповіді на питання Зб, Зв, Зг, Зд; 0-2 бали – кількість балів за відповіді на питання За, Зе; де 0 балів – відповіді не за варіантом, неповні або неправильні, 1 (2) бали – правильні повні відповіді за варіантом); (загальна кількість балів 0-8 балів);

0-8 балів – кількість балів за розв'язання додаткової задачі за одним з розділів курсового проекту, де 0 балів – задача не розв'язана або розв'язана неправильно, 8 балів – задача розв'язана правильно, кожний пункт розв'язання має докладні пояснення, одержані величини наведені з одиницями виміру; (загальна кількість балів 0-8 балів).

ЗАВДАННЯ

При виконанні курсового проекту на тему “Протипожежне водопостачання населеного пункту” необхідно запроектувати:

- водопровідну мережу заданого населеного пункту таким чином, щоб вона змогла подати необхідну кількість води з необхідним напором всім водоспоживачам населеного пункту та виробничого об'єкта при двох режимах її роботи: в звичайному режимі (до пожежі) та під час гасіння пожежі;

- напірні споруди: водонапірну башту та насосні станції першого та другого підйомів;

- регулюючі ємнісні споруди: резервуари чистої води та водонапірну башту.

Вибір вихідних даних для виконання курсового проекту здійснюється відповідно номеру залікової книжки (двох останніх цифр номеру залікової книжки).

Вихідні дані складаються з наступного:

- вихідні дані по населеному пункту (табл. 1) надають номер генерального плану населеного пункту, опис кількості мешканців, кількості поливок зелених насаджень у населеному пункті за добу, поверховість будівель та ступінь благоустрою житлової забудови;

- вихідні дані по виробничому об'єкту (табл. 2) надають тип

виробничого об'єкта з описом одиниць виміру та кількості продукції, що випускається, необхідну кількість води для її виробництва, опис виробничого корпусу та його пожежонебезпеку, а також опис кількості змін та працівників, що працюють протягом кожної зміни.





Таблиця 1 – Вихідні дані по населеному пункту

Остання цифра номеру зал. книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номер генерального плану	1		2			3		4		
Довжина населеного пункту, м	1500	1500	1800	1400	1800	1500	1300	1400	1600	1200
Ширина населеного пункту, м	1200	1400	1800	1100	1200	1500	1300	1400	1500	1200
Кількість мешканців у населеному пункті (N_m), тис. осіб	24	20	12	18	16	14	10	22	8	26
Кількість поливок за добу ($n_{пол}$)	3	2	1	1	3	2	1	1	3	2
Тривалість однієї поливки ($t_{пол}$), ГОДИН	2	3	4	6	2	3	4	6	2	3
Передостання цифра номеру залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Поверховість будівлі (n) (висота одного поверху 3 м)	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3
Ступінь благоустрою житлової забудови	Внутрішній водопровід, каналізація і центральне гаряче водопостачання			Внутрішній водопровід, каналізація і ванни з місцевими водонагрівачами			Внутрішній водопровід, каналізація, без ванн			

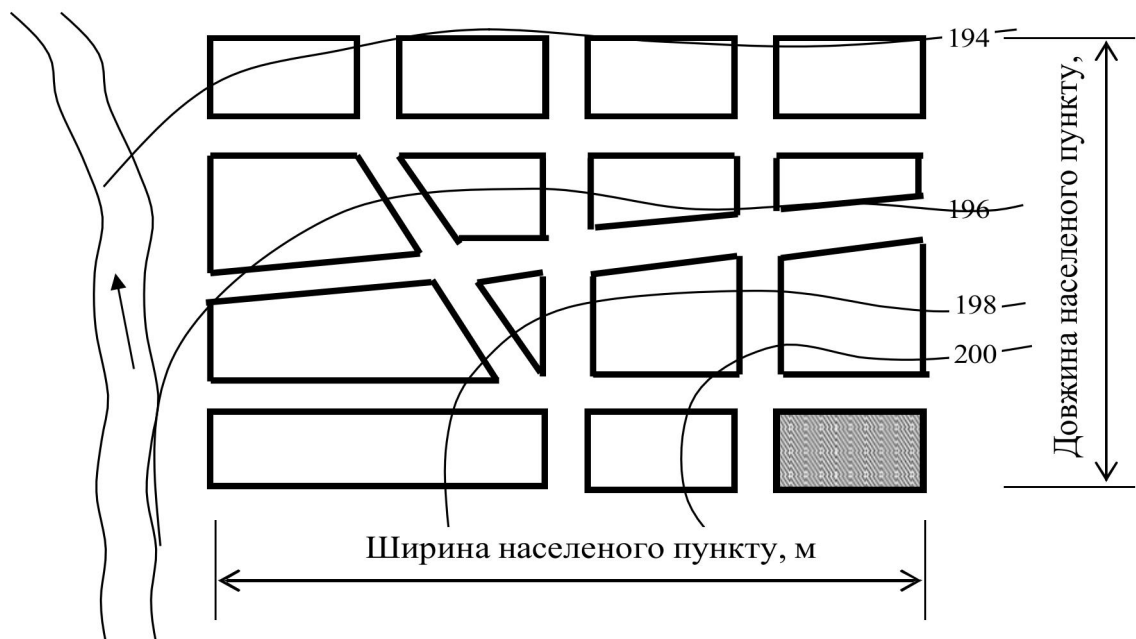
Таблиця 2 – Вихідні дані по виробничому об'єкту

Остання цифра номеру залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Виробничий об'єкт	Деревообробний завод	Пластмасовий завод	Льонокомбінат	Прядильно-ткацька фабрика	Шкіряна фабрика	Борошномельний завод	Хлібопекарня	Молокозавод	Цукровий завод	Авторемонтний завод
Одиниця виміру продукції, що випускається	1 м ³	1 продукції	1 т тканини	1 т пряжи	1 т шкіри	1 т зерна	1 т хліба	1 т молока	1 т буряків	1 автомобіль
Кількість продукції, що випускається за зміну ($N_{\text{прод}}$)	50	20	1	1	1	4	2	2	4	5
Витрати води на виробничі потреби для випуску одиниці продукції ($q_{\text{вир}}$), м ³	5	35	360	480	90	2	5	6	1,5	19
Об'єм виробничого корпусу, тис.м ³	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Категорія виробництва за пожежовибухонебезпекою	Б	Б	В	В	В	Г	В	Г	В	Б
Ступінь вогнестійкості будівлі	I	II	II	III	II	III	II	III	II	I
Передостання цифра номеру залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кількість робочих змін ($n_{\text{зм}}$)	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Кількість працівників, що працюють в зміну ($N_{\text{прац}}$)	400	150	300	250	380	350	400	450	500	55
Кількість працівників в зміну, що приймають душ ($\%_{\text{душ}}$), %	40	60	80	70	80	80	50	50	60	100
Площа виробничого об'єкта, га	< 150									

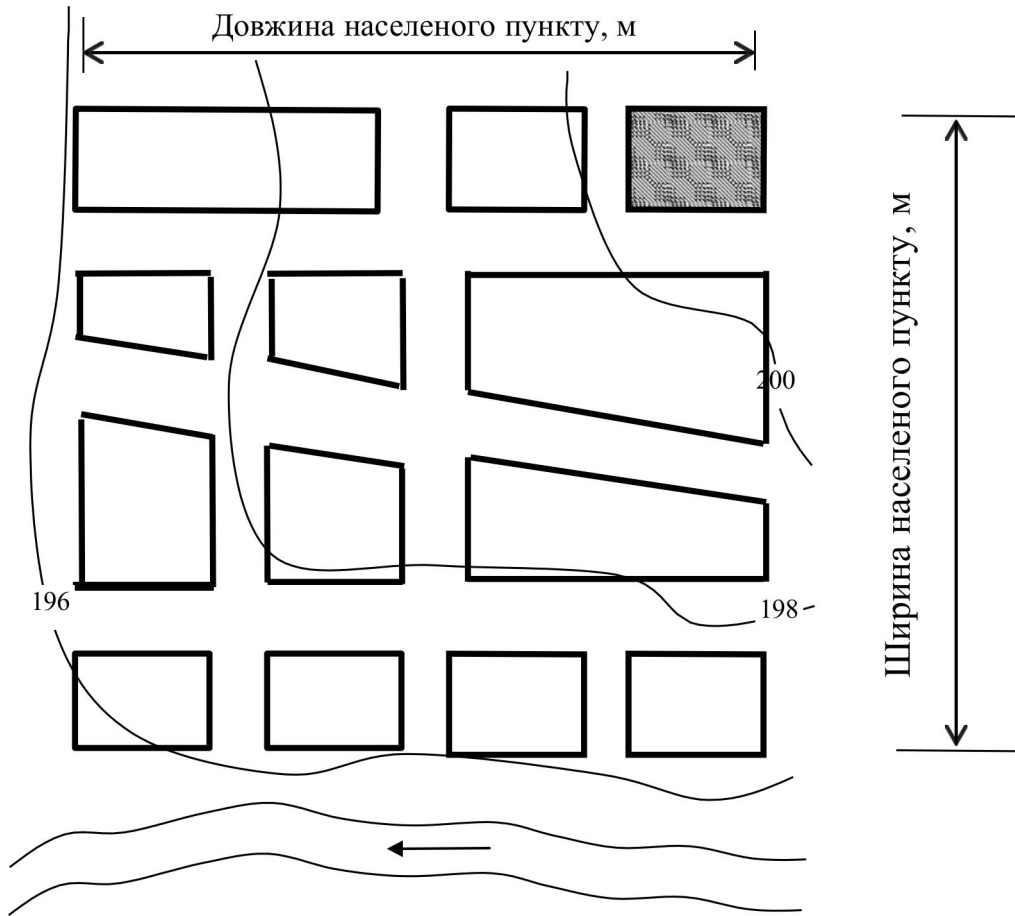
Умовні позначення до генеральних планів

	Житлові квартали населеного пункту
	Виробничий об'єкт
	Річка, що являється вододжерелом для системи водопостачання населеного пункту та виробничого об'єкта
	Відмітки поверхні землі з горизонталями

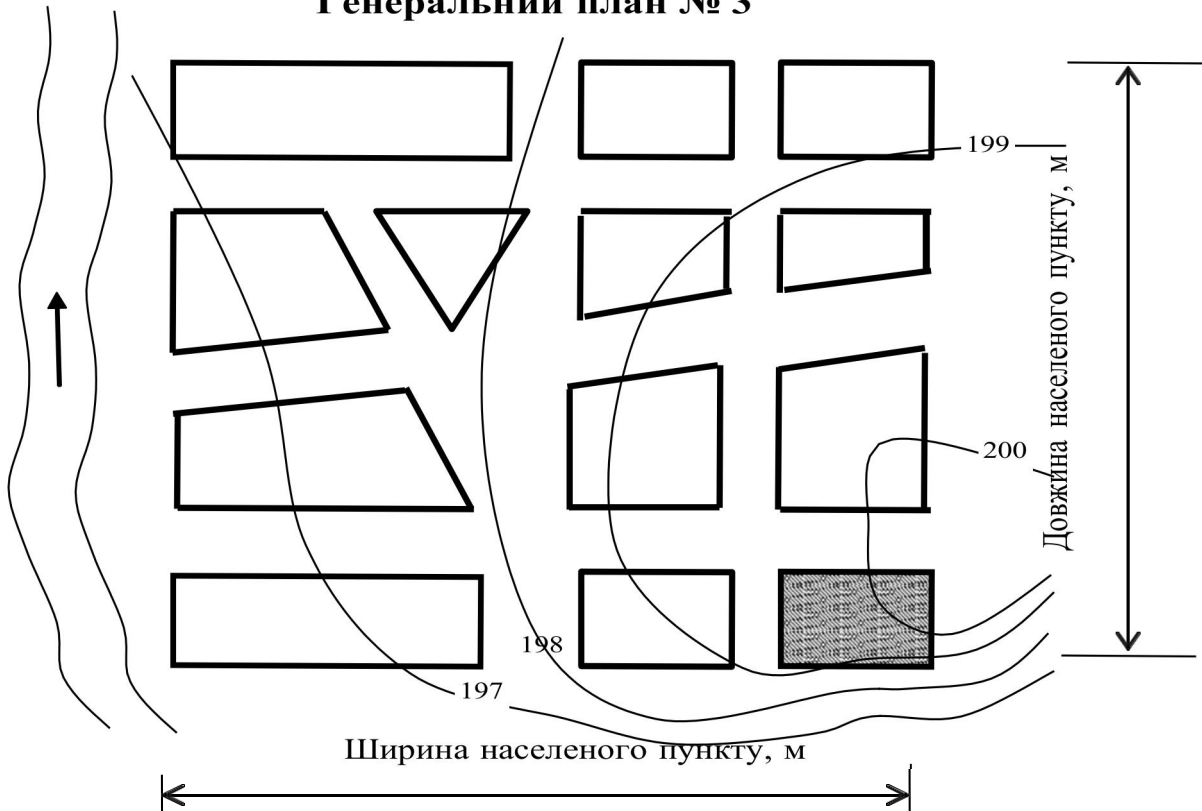
Генеральний план № 1



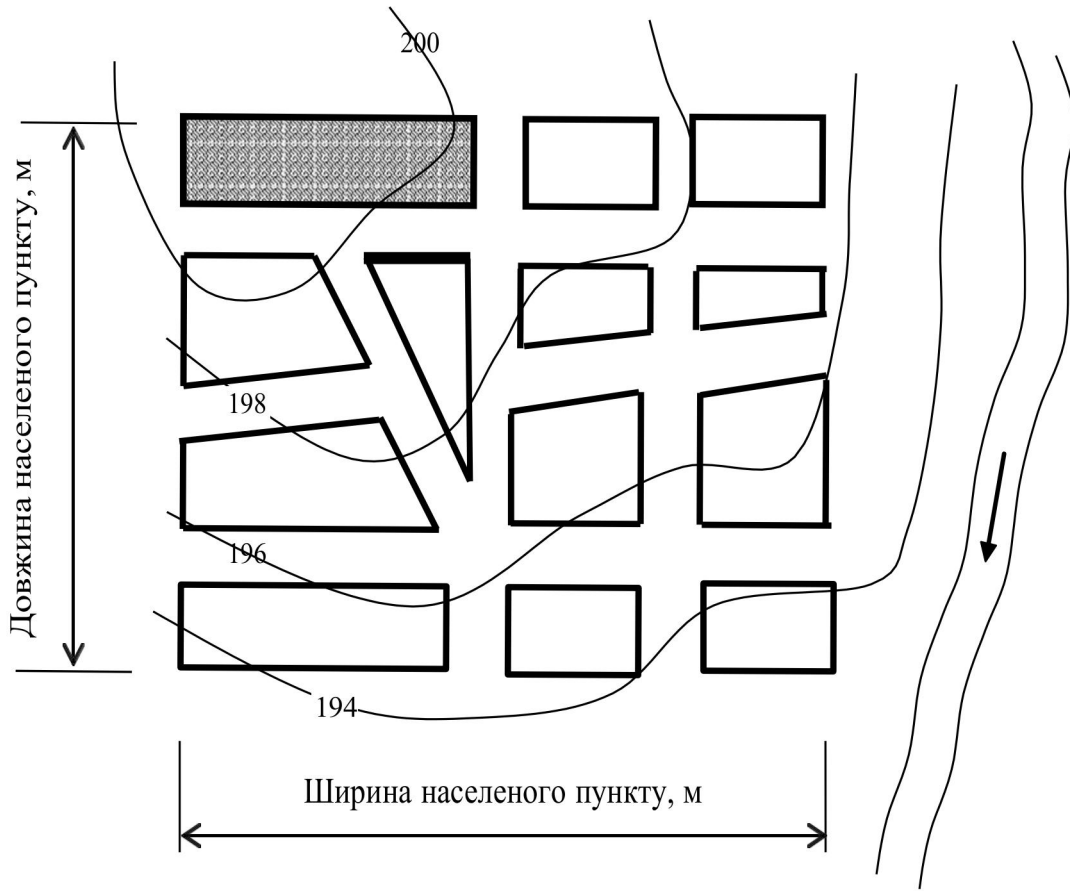
Генеральный план № 2



Генеральный план № 3



Генеральный план № 4



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

1 Трасування водопровідної мережі

Трасування мережі – це надання мережі визначеної геометричної форми в плані. Розташування ліній водопровідної мережі залежить:

- від характеру планування об'єкта, що постачається водою, розміщення окремих споживачів, розташування проїздів, форми і розмірів житлових кварталів, цехів, зелених насаджень;
- від рельєфу місцевості.

Водопровідні мережі розділяються на магістральні та розподільчі. Мережі можуть бути кільцевої або тупикової конфігурації. Найчастіше магістральні мережі влаштовують кільцевими, а розподільчі – тупиковими. Магістральні мережі варто прокладати по найбільш піднятих точках території. При цих умовах наявність достатніх вільних напорів у магістральній мережі забезпечує створення достатніх напорів і в розподільчій (що не розраховується) мережі, яка живиться від магістральної та розташовується на більш низьких позначках.

При виконанні курсового проєкту необхідно виконати гідравлічний розрахунок **магістральних** ліній, які забезпечують подачу води до окремих районів та великих споживачів найкоротшим шляхом. Пожежні гідранти розташовуються на ділянках магістральної мережі на відстані не більш **150 – 200 м** один від одного.

Так, наприклад, для населеного пункту магістральну водопровідну мережу можна прокласти такою, що вона буде складатися з 1 кільця, 5 розрахункових ділянок та 5 вузлів (рис.1.1).

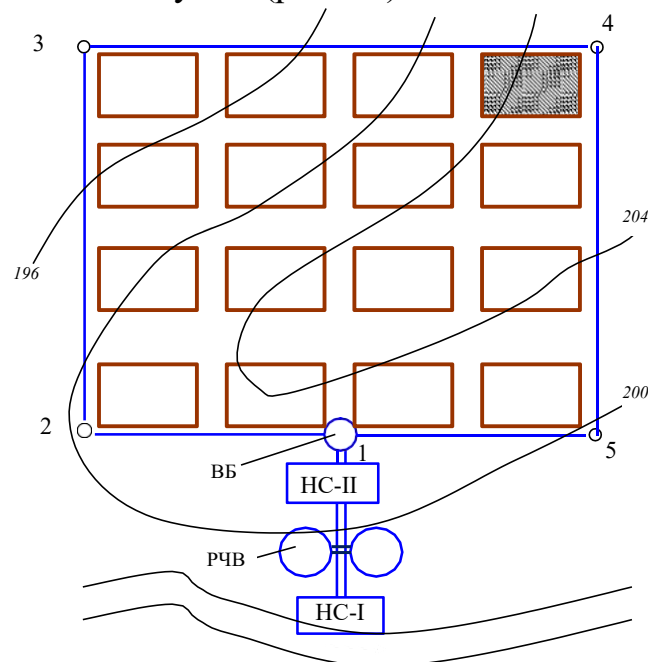


Рис. 1.1 – Трасування водопровідної мережі населеного пункту

За результатами розділу треба написати мету трасування водопровідної мережі, накреслити генеральний план заданого населеного пункту, показати на ньому схему трасування водопровідної мережі, описати її (вказати кількість кілець, ділянок, вузлів).

2. Визначення розрахункових витрат води на потреби водоспоживачів

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

- господарсько-питні потреби населення;
- поливка вулиць та зелених насаджень;
- виробничі потреби виробничого об'єкта;
- господарсько-питні потреби працівників виробничого об'єкта;
- прийняття душу працівниками виробничого об'єкта;
- потреби пожежогасіння (зовнішнього та внутрішнього).

2.1. Господарсько-питні потреби населення

Розрахункова добова витрата води (середня за рік) на господарсько-питні потреби населення визначається відповідно до [3] п. 6.1.1 табл.1, п. 6.1.2 (додаток 2) з урахуванням неврахованих витрат води, які приймаються у відсотках від загального водоспоживання та залежать від кількості населення ([3] п. 6.1.1 прим. 3, 4). Для малих населених пунктів невраховані витрати складають 10 % від загального водоспоживання. Таким чином, середньодобові витрати води на господарсько-питні потреби населення визначаються:

$$Q_{\text{сер.доб}} = 1,1 \cdot \frac{q_{\text{м}} N_{\text{м}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.1)$$

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

$q_{\text{м}}$ – питома середньодобова (за рік) норма питного водоспоживання (додаток 2).

ДБН В.2.5-74:2013 п. 6.1.1

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

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

- на розрахунковий строк: у малих і середніх містах – 10 %, у великих і значних – 15 %, у найзначніших – 20 %.

Примітка 4. Градація міст з визначенням кількості населення в них прийнята згідно з ДБН Б.2.2-12:2018 «Планування і забудова територій»:

- найкрупніші – понад 800 тис. мешканців;

- крупні – понад 500 до 800 тис. включ. мешканців;

- великі – « 250 « 500 «;

- середні – « 50 « 250 «;

- малі – до 50 тис. мешканців.

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

$$Q_{\max \text{ доб}} = K_{\max \text{ доб}} Q_{\text{сер.доб}}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.2)$$

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

Нерівномірність водоспоживання протягом доби враховується коефіцієнтом годинної нерівномірності водоспоживання $K_{\max \text{ год}}$ ([3] п.6.1.2), який визначається за формулою:

$$K_{\max \text{ год}} = \alpha_{\max} \beta_{\max}, \quad (2.3)$$

де $\alpha_{\max} = 1,2 - 1,4$ – коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будівель, режим роботи виробничих об'єктів і ін.([3] п.6.1.2);

β_{\max} – коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у населеному пункті (додаток 3).

Розрахункова годинна максимальна витрата води визначається:

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

2.2. Поливка вулиць та зелених насаджень

Витрати води на поливку вулиць та зелених насаджень визначаються у відповідності з [3] п. 6.1.3, п. 6.1.4 додаток А.1, в залежності від площі території, що вони займають та кліматичних умов. При відсутності цих даних витрата води на поливку та мийку вулиць, поливку зелених насаджень визначається за [3] додаток А.2, що відповідає формулі:

$$Q_{\text{пол. доб}} = \frac{q_{\text{пол}} N_{\text{м}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.5)$$

де $q_{\text{пол}} = 40 - 55$ л/доб – норма витрати води на поливку вулиць та зелених насаджень в перерахунку на одного мешканця для малих населених пунктів (приймається в залежності від кліматичних умов).

Годинна витрата води на поливку визначається за формулою:

$$Q_{\text{пол. год}} = \frac{Q_{\text{пол. доб}}}{n_{\text{пол}} \tau_{\text{пол}}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.6)$$

де $n_{\text{пол}}$ – кількості поливок за добу (за вихідними даними);
 $\tau_{\text{пол}}$ – тривалість однієї поливки (за вихідними даними).

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

2.3. Витрата води на виробничі потреби виробничого об'єкта

Витрата води на виробничі потреби визначається в залежності від кількості продукції $N_{\text{прод}}$, що випускається за зміну, та кількості води $q_{\text{вир}}$, що потрібна для випуску одиниці продукції.

Змінне водоспоживання на виробничі потреби визначається:

$$Q_{\text{вир.зм}} = N_{\text{прод}} q_{\text{вир}}, \text{ м}^3/\text{зм}, \quad (2.7)$$

де $N_{\text{прод}}$ – кількість продукції, що випускається за зміну (за вихідними даними);

$q_{\text{вир}}$ – витрати води на виробничі потреби для випуску одиниці продукції за зміну, м^3 , (за вихідними даними).

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

$$Q_{\text{вир.год}} = \frac{Q_{\text{вир.зм}}}{8}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.8)$$

де 8 – тривалість однієї зміни, год. При цьому необхідно враховувати, що при роботі в три зміни, графік роботи протягом доби пропонується прийняти наступним: перша зміна працює з 8.00 до 16.00, друга зміна – з 16.00 до 24.00, третя – з 0.00 до 8.00. При роботі в дві зміни (за вихідними даними) графік роботи протягом доби такий: перша зміна працює з 8.00 до 16.00, друга зміна – з 16.00 до 24.00, з 0.00 до 8.00 – не працює, тобто витрати води на виробничі та господарсько-питні потреби в ці години дорівнюють 0.

Добове водоспоживання на виробничі потреби визначається:

$$Q_{\text{вир. доб}} = Q_{\text{вир. зм}} n_{\text{зм}}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (2.9)$$

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

2.4. Господарсько-питні потреби працівників на виробничому об'єкті

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

$$Q_{\text{Г-п. зм}} = \frac{N_{\text{прац}} q_{\text{Г-п}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{зм}, \quad (2.10)$$

де $N_{\text{прац}}$ – кількість працівників в зміну (за вихідними даними);
 $q_{\text{Г-п}} = 25 \text{ л}/(\text{зм.} \cdot \text{робоч.})$ – норма водоспоживання на одного працівника [2, А.2].

Рівномірність водоспоживання протягом зміни визначається згідно з коефіцієнтом $K_{\text{год}} = 3$ ([3], п. 6.1.5). Значення погодинних відсотків водоспоживання протягом однієї зміни наведені у додатку 5б.

Добове водоспоживання визначається за формулою:

$$Q_{\text{Г-п. доб}} = Q_{\text{Г-п. зм}} n_{\text{зм}}, \text{ м}^3/\text{доб}. \quad (2.11)$$

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

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

Кількість встановлених душових кабін $N_{\text{душ}}$ визначається:

$$N_{\text{душ}} = \frac{N_{\text{прац}} \cdot \%_{\text{душ}}}{100 N_{\text{прац}}^{\text{душ}}}, \quad (2.12)$$

де $\%_{\text{душ}}$ – відсоток кількості працівників в зміну, що приймають душ (за вихідними даними);

$N_{\text{прац}}^{\text{душ}} = 7 - 15$ – кількість працівників, що одночасно обслуговуються однією душовою кабіною (залежить від санітарно-гігієнічних характеристик виробничого процесу).

Розрахункова витрата води на прийняття душу для зміни визначається:

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

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

Розрахункова витрата води на прийняття душу за добу:

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

2.6. Розрахункова добова витрата води

Розрахунок добового водоспоживання при проектуванні об'єднаної системи водопостачання (подає воду однією мережею на всі потреби населеного пункту та виробничого об'єкта) завершується визначенням добової витрати води всіма водоспоживачами. Витрати води, що використовують постійно протягом кожної доби, складають розрахункову величину, яка являється основою для проектування мережі (визначення діаметрів труб, втрат напору, характеристик ємнісних споруд та ін.) та визначається:

$$Q_{\text{розр}} = Q_{\text{тах.доб}} + Q_{\text{пол.доб}} + Q_{\text{вир.доб}} + Q_{\text{г-п.доб}} + Q_{\text{душ.доб}}, \text{ м}^3/\text{доб}. \quad (2.15)$$

При правильних розрахунках результат формули (2.15) співпадає з результатом рядка «Всього» колонки 9 табл.2.1.

2.7. Визначення погодинного водоспоживання населеного пункту та виробничого об'єкта

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

Для визначення години найбільшого водоспоживання необхідно визначити кількість води, що споживається водоспоживачами кожну годину. Зручно це виконувати табличним способом (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Погодинне водоспоживання в населеному пункті та на виробничому об’єкті*

Години доби	Населений пункт			Виробничий об’єкт				Всього за добу	
	на г-п потреби мешканців		на поливку	на виробничі потреби	на душ	на г-п потреби працівників			
	%,	м ³	м ³	м ³	м ³	%,	м ³	м ³	%
<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>
0–1									
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
23–24									
Всього	100	$Q_{\text{max}} \text{ доб}$	$Q_{\text{пол. доб}}$	$Q_{\text{вир. доб}}$	$Q_{\text{душ. доб}}$	$n_{\text{зм}} \cdot 100$	$Q_{\text{г-п доб}}$	$Q_{\text{розр}}$	100

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

Колонка 2 описує нерівномірність погодинного водоспоживання на господарсько-питні потреби та заповнюється за допомогою додатка 5а в залежності від значення коефіцієнта годинної нерівномірності водоспоживання $K_{\text{max год}}$.

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

Колонка 4 містить дані про години доби, в які здійснюється поливка вулиць та зелених насаджень. Кількість та тривалість поливок вказано у вихідних даних, а годинні та добові витрати визначалися за формулами 2.6 та 2.5 відповідно.

Колонка 5 описує годинні витрати води на виробничі потреби виробничого об’єкта, які визначені за формулою 2.8. При роботі виробничого об’єкта в дві зміни – колонка заповнюється з 8 до 24 годин, а при роботі в три зміни – повністю з 0 до 24 годин.

Колонка 6 містить дані про години доби, в які працівники виробничого об’єкта приймають душ. При двозмінній роботі – душ приймається в години 0–1 та 16–17, а при тризмінній – 0–1, 8–9 та 16–17. Витрати води в ці години визначені за формулою 2.13.

Колонка 7 описує нерівномірність погодинного водоспоживання на господарсько-питні потреби працівників виробничого об’єкта та заповнюється за допомогою додатка 5б. При роботі виробничого об’єкта в дві зміни – колонка за додатком 5б заповнюється з 8 до 16 години та повторюється з 16 до 24 години, а при роботі в три зміни – з 0 до 8 години та повторюється з 8 до 16 та з 16 до 24 години.

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

Колонка 9 є результуючою, її результати у кожному рядку визначаються як сума результатів колонок 3, 4, 5, 6 та 8. Сума колонки 9 повинна дорівнювати формулі 2.15.

Колонка 10 є результатом визначення, який відсоток від добового водоспоживання $Q_{\text{розр}}$ складає витрата у кожен годину доби (колонка 9), з урахуванням того, що за добу сума всіх витрат складає 100 відсотків.

Рядок «Всього» дозволяє перевірити правильність розрахунків – сума відповідних колонок повинна дорівнювати значенням відповідних добових витрат води.

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

За результатами колонки 10 – будується **графік добового водоспоживання** (рис. 2.1), аналіз якого дозволить визначити необхідний режим роботи споруд водопровідної мережі, що забезпечують надійну подачу води водоспоживачам (насосна станція, водонапірна башта, резервуари чистої води та ін.).

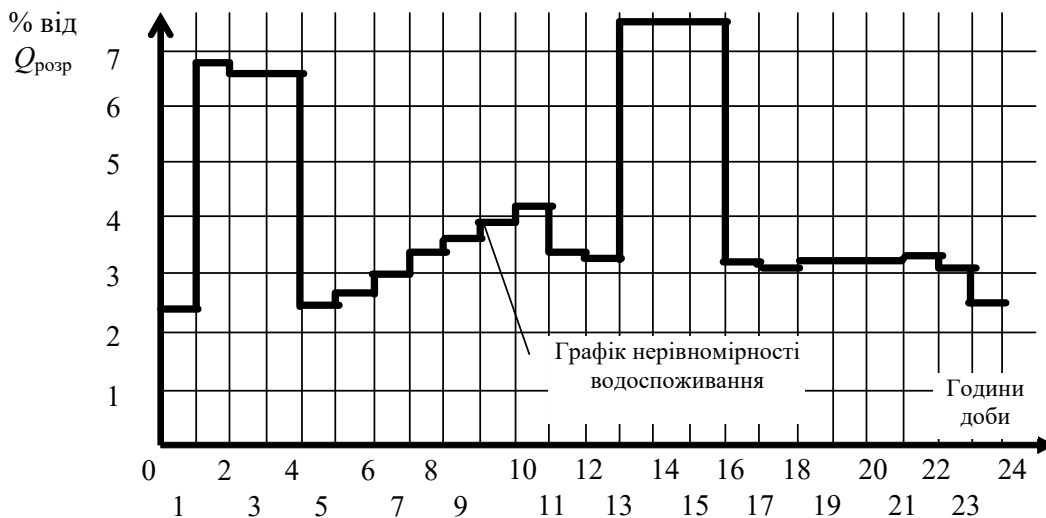


Рис. 2.1 – Графік добової нерівномірності водоспоживання

2.8. Визначення витрат води для пожежогасіння

Витрати води на пожежогасіння умовно розподіляються на чотири складові:

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

Розрахункові витрати води для пожежогасіння $Q_{\text{пож}}$ в населеному пункті та розташованому в ньому виробничому об'єкті визначаються за ДБН В.2.5-74:2013 п. 6.2.12 (додаток 4а).

Витрати води на пожежогасіння населеного пункту визначаються за формулою:

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

де $Q_{н.п.}^{зov.пoж} = n_{пoж} Q_{пoж}$ – витрати води на зовнішнє пожежогасіння для населеного пункту приймаються за табл. 3 ДБН В.2.5-74:2013 (наведена у додатку 4в) залежно від кількості населення та поверховості забудови;

$Q_{н.п.}^{вн.пoж}$ – витрати на внутрішнє пожежогасіння в населеному пункті (від внутрішніх пожежних кран-комплектів житлових будівель – залежить від висоти житлової будівлі) визначають за табл.3 ДБН В.2.5-64:2012 (наведена у додатку 4д).

Витрати води на пожежогасіння виробничого об'єкта визначаються за формулою:

$$Q_{вир}^{пoж} = Q_{вир}^{зov.пoж} + Q_{вир}^{вн.пoж}, \text{ л/с.} \quad (2.17)$$

де $Q_{вир}^{зov.пoж}$ – витрати води на зовнішнє пожежогасіння виробничих будівель визначають за табл. 5 ДБН В.2.5-74:2013 (наведена у додатку 4г) залежно від ступеня вогнестійкості, категорії за пожежовибухонебезпекою, об'єму будівлі (наведені у вихідних даних); при цьому для виробничих об'єктів з площею до 150 га пожежні витрати розраховують на одну пожежу, а для виробничих об'єктів з площею більше 150 га – на дві пожежі (додаток 4б);

$Q_{вир}^{вн.пoж}$ – витрати води на внутрішнє пожежогасіння виробничого об'єкта визначаються за табл.4 ДБН В.2.5-64:2012 (наведена у додатку 4е) в залежності від ступеня вогнестійкості, категорії за пожежовибухонебезпекою, об'єму будівлі (за вихідними даними).

Загальні розрахункові пожежні витрати $Q_{пoж}$ визначаються за умовою, що водопровід забезпечує одночасно гасіння пожеж у населеному пункті та на виробничому об'єкті, тобто за вимогами п. 6.2.12 ДБН В.2.5-74:2013 залежно від площі виробничого об'єкта та кількості населення в населеному пункті (додаток 4а).

ДБН В.2.5-74:2013 п.6.2.12.

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

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

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

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

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

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

Таким чином, загальні розрахункові пожежні витрати $Q_{\text{пож}}$
дорівнюють:

$$Q_{\text{пож}} = \quad , \text{ л/с.} \quad (2.18)$$

3. Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі

Завданням гідравлічного розрахунку мережі є:

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

3.1. Визначення розрахункових витрат води та діаметрів труб на ділянках мережі

3.1.1. До пожежі

Визначення рівномірнорозподілених витрат води по ділянках мережі здійснюється за формулою:

$$Q_{\text{рівн.розп.}} = \sum Q_{\text{мах год}}^{\text{н.п.}} \frac{1000}{3600}, \text{ л/с}, \quad (3.1)$$

де $\sum Q_{\text{мах год}}^{\text{н.п.}}$ – витрати води для всіх водоспоживачів населеного пункту у годину **максимального водоспоживання** (табл. 2.1, сума значень колонок 3 та 4 години **максимального годинного водоспоживання**), м³/год.

Для можливості визначення витрат води, що забираються водоспоживачами з кожного умовного метра водопровідної мережі, визначаються питомі витрати води за формулою:

$$q_{\text{пит}} = \frac{Q_{\text{рівн.розп.}}}{L}, \text{ л/(с}\cdot\text{м)}, \quad (3.2)$$

де L – довжина всієї водопровідної мережі, м, (для прийнятої схеми водопровідної мережі приймається рівною периметру населеного пункту, довжина та ширина населеного пункту наведені у вихідних даних).

Шляхові витрати (витрати води, які необхідні для водоспоживачів ділянки, без урахування транзитних витрат води по цій ділянці) умовно приймаються рівномірнорозподіленими за довжиною ділянки та визначаються за формулою:

$$Q_{\text{шл.і}} = q_{\text{пит}} l_{\text{діл.і}}, \text{ л/с}, \quad (3.3)$$

де $l_{\text{діл.і}}$ – довжина ділянки, яка розраховується, м, (приймається у відповідності з прийнятою схемою водопровідної мережі та довжини і ширини населеного пункту).

Для зручності, пропонується визначені величини звести в таблицю 3.1, а номери ділянок пропонується позначати не за номерами вузлів, між якими знаходиться ділянка, а за окремою нумерацією (рис.3.1).

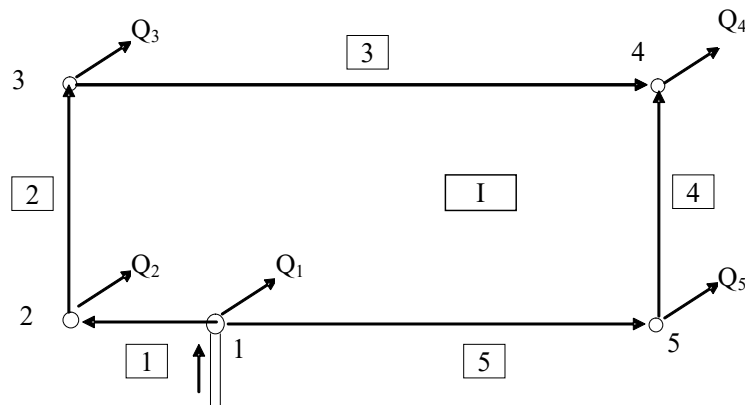


Рис. 3.1 – Нумерація кілець, вузлів та ділянок:

- I - номер кільця;
- 1 - номера вузлів;
- 1 - номера ділянок.

Таблиця 3.1 – Розрахунок шляхових витрат води по ділянках мережі

№ ділянки *	Питома витрата води $q_{\text{пит}}$, л/(с·м)	Довжина ділянки $l_{\text{діл.і}}$, м	Шляхові витрати $Q_{\text{шл.і}}$, л/с
1	2	3	4

Всього **	–	$\sum l_{\text{діл.і}} =$	$\sum Q_{\text{шл.і}} =$

Примітки: * – для прийнятої схеми водопровідної мережі (рис. 3.1) табл. 3.1 буде мати п'ять рядків, що дорівнює п'яти ділянкам мережі; при цьому шляхові витрати кожної ділянки визначаються за формулою (3.3);

** – перевіркою правильності розрахунків є визначення сум колонок: сума колонки 3 повинна дорівнювати L (довжина всієї водопровідної мережі), а сума колонки 4 повинна дорівнювати $Q_{\text{рівн.розп}}$.

Для визначення фактичних витрат води по ділянках мережі (складаються з суми шляхової витрати води ділянки, що розглядається, та витрат води всіх вищерозташованих ділянок, які транзитом проходять через цю ділянку) необхідно шляхові витрати води ділянок умовно розподілити по вузлам, які належать цій ділянці. Тоді вузлові витрати води визначатимуться як півсума шляхових витрат на ділянках мережі, що складають вузол:

$$Q_{\text{вузл.і}} = \frac{\sum Q_{\text{шл.і}}}{2} + Q_{\text{зос}}^{\text{max год}}, \text{ л/с}, \quad (3.4)$$

де $\sum Q_{\text{шл.і}}$ – сума шляхових витрат води на ділянках, що складають вузол, л/с;

$Q_{\text{зос}}^{\text{max год}}$ – зосереджені витрати води в годину максимального водоспоживання, які забираються з вузла, а не розподіляються по ділянках – витрати води на потреби виробничого об'єкта (приймаються за даними таблиці 2.1, як сума значень з колонок 5, 6 та 8 у **годину максимального годинного водоспоживання**), л/с. Для прийнятої схеми водопровідної мережі виробничий об'єкт розташований у вузлі 4, тому **лише для вузла 4** необхідно у формулі (3.4) додати $Q_{\text{зос}}^{\text{max год}}$, а для інших вузлів – прийняти рівним нулю.

Для зручності, пропонується визначенні величини звести в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок вузлових витрат води

№ вузла*	Номера ділянок, що складають вузол	$Q_{\text{зос}}^{\text{max год}} \cdot \frac{1000}{3600}$, л/с	Вузлові витрати $Q_{\text{вузл.і}}$, л/с	
			за формулою (3.4)	округлені до цілого значення
1	2	3	4	5**
1	1, 5	–	$Q_1 = \frac{Q_{\text{шл.1}} + Q_{\text{шл.5}}}{2}$	
2	1, 2	–	$Q_2 = \frac{Q_{\text{шл.1}} + Q_{\text{шл.2}}}{2}$	
3	2, 3	–	$Q_3 = \frac{Q_{\text{шл.2}} + Q_{\text{шл.3}}}{2}$	
4	3, 4	$Q_{\text{зос}}^{\text{max год}} \cdot \frac{1000}{3600}$	$Q_4 = \frac{Q_{\text{шл.3}} + Q_{\text{шл.4}}}{2} + \left(Q_{\text{зос}}^{\text{max год}} \cdot \frac{1000}{3600} \right)$	
5	4, 5	–	$Q_5 = \frac{Q_{\text{шл.4}} + Q_{\text{шл.5}}}{2}$	
Всього***	–	$\Sigma =$	$\Sigma Q_{\text{вузл}} =$	

Примітки: * – для прийнятої схеми водопровідної мережі (рис. 3.1) табл. 3.2 буде мати п'ять рядків, що дорівнює п'яти вузлам мережі; при цьому вузлові витрати кожного вузла визначаються за формулою (3.4);

** – до колонки 5 заносяться округлені до цілих значень вузлові витрати води з колонки 4;

*** – перевіркою правильності розрахунків є визначення суми колонки 4, яка повинна бути більшою за $Q_{\text{рівн.розп.}}$ на суму колонки 3.

Витрати води по ділянках пропонується визначати графічним способом. Для цього на схемі водопровідної мережі:

– підписують вузли та вузлові витрати води (за результатами колонки 5 табл. 3.2),

– намічаються напрямки руху води в мережі від точки живлення до диктуючої точки (в диктуючій точці зустрічаються потоки води та виконується забір води для потреб виробничого об'єкта).

Для кожного вузла повинен виконуватися **перший закон Кірхгофа**: сума витрат води у вузлі дорівнює нулю, якщо вхідна до вузла витрата приймається умовно позитивною, а вихідна – умовно негативною, тобто $\sum q = 0$.

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

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

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

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

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

При визначенні витрат води ділянок, що примикають до диктуючої точки, їх витрати приймають приблизно однаковими.

Вузлові витрати води (колонка 5 табл. 3.2) кожного вузла приймаються умовно негативними, тобто вони виходять з вузла.

На рис. 3.2 наведений приклад визначення витрат води по ділянках мережі для генерального плану першого розділу (рис. 1.1).

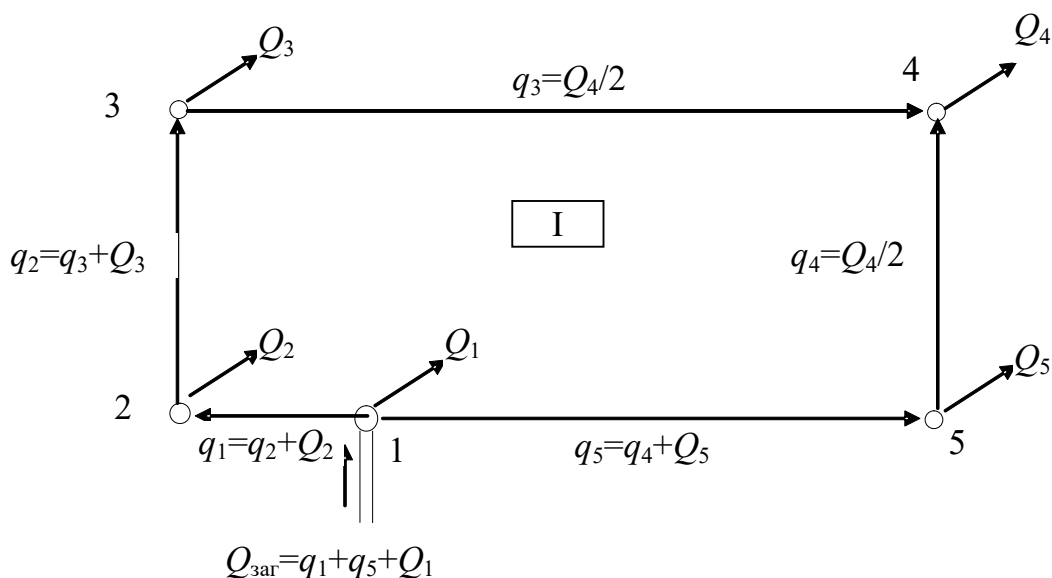


Рис. 3.2* - Визначення витрат води по ділянках мережі до пожежі

Примітка: * – перевіркою правильності розрахунків є визначення загальних витрат води $Q_{\text{заг}}$, які подаються до вузла 1 (точки живлення мережі); $Q_{\text{заг}}$ повинні дорівнювати $\sum Q_{\text{вузл}}$ – сумі колонки 4 (або сумі колонки 5) таблиці 3.2.

Визначення діаметрів труб на ділянках мережі

Діаметри труб на ділянках визначаються:

$$d_{\text{діл}} = \sqrt{\frac{4q_{\text{діл}}}{1000 \cdot \pi \cdot v}}, \text{ м}, \quad (3.5)$$

де $q_{\text{діл}}$ – витрата води по ділянці, л/с, (визначаються за результатами розрахунку, зведеного до рис.3.2);

$v = 0,7 - 1,2$ м/с – швидкість руху води по ділянці.

Для зручності, пропонується визначенні величини звести в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Визначення діаметрів труб

№ ділянки*	Витрата води по ділянці** $q_{\text{діл}}$, л/с	Діаметр труб ділянки $d_{\text{діл}}$	
		за формулою (3.5), м	відповідно до сортаменту, мм
1	2	3	4***
1			

Примітки: * – для прийнятої схеми водопровідної мережі (рис. 3.1) табл. 3.3 буде мати п'ять рядків, що дорівнює п'яти ділянкам мережі;

** – витрати води по ділянках $q_{\text{діл}}$ розраховані на рис. 3.2.

*** – до колонки 4 заносяться фактичні діаметри труб з колонки 3, які переведені до мм та приймаються кратними 50 з заокругленням у більший бік.

3.1.2. Під час пожежі

При проектуванні об'єднаної водопровідної мережі її гідравлічний розрахунок під час пожежі зводиться до перевірки визначених при розрахунку мережі до пожежі діаметрів труб на можливість пропуску необхідної кількості води для цілей пожежогасіння.

При розрахунку необхідно прийняти, що пожежа виникне в найвіддаленішій точці мережі, тобто в диктуючій точці. В такому випадку під час пожежі витрати води, які забирають з цієї точки, збільшуються на величину розрахункових пожежних витрат води $Q_{\text{пож}}$, що визначалися за формулою (2.18). При цьому загальна кількість води, яка подається до точки живлення, так само збільшується на величину розрахункових пожежних витрат води. Всі *інші вузлові витрати води залишаються такими самими*, як і при роботі мережі до пожежі.

Розрахунок виконується графічним способом аналогічно до розрахунку витрат води по ділянках мережі до пожежі. Приклад виконання цього розрахунку для генерального плану розділу 1 наведений на рис. 3.3.

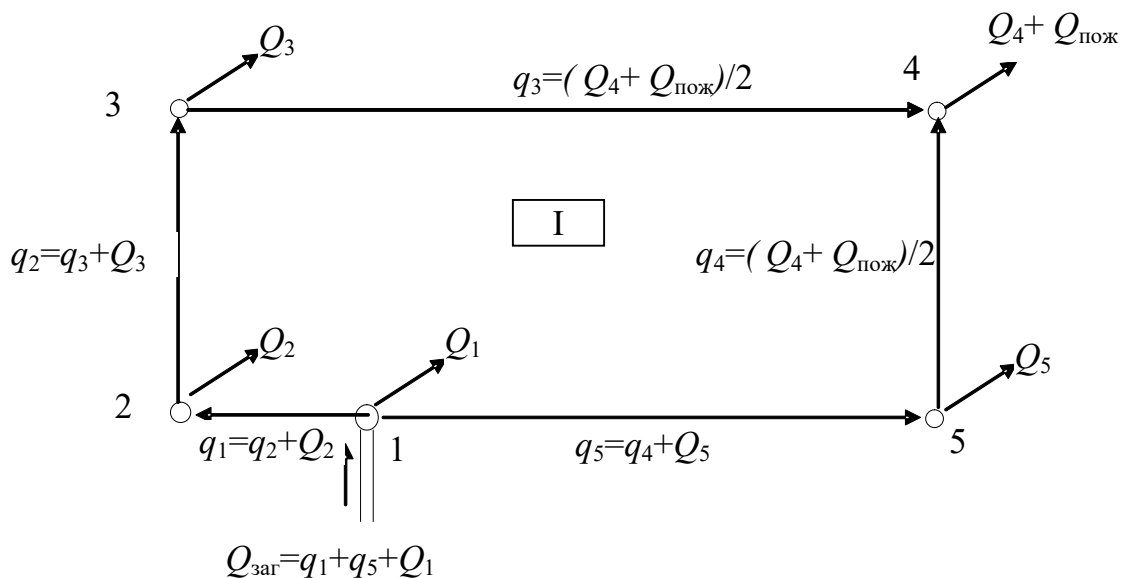


Рис. 3.3 - Визначення витрат води по ділянках мережі при пожежі

Визначені при розрахунку мережі до пожежі діаметри труб перевіряються на можливість пропуску пожежних витрат води, при цьому швидкість руху води по ділянці повинна бути не більше 2,5 м/с, тобто

$$v_{\text{діл.і}} = \frac{4q_{\text{діл.і}} \cdot 1000}{\pi d_{\text{діл.і}}^2}, \text{ м.} \quad (3.6)$$

де $q_{\text{діл.і}}$ – витрата води відповідної ділянки мережі при пожежі (розраховані на рис.3.3), л/с;

$d_{\text{діл.і}}$ – діаметр труб відповідної ділянки (табл. 3.3), мм.

Результати перевірки оформлюються у вигляді таблиці (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Визначення швидкості руху води по ділянках мережі під час пожежі

№ ділянки	Витрата води по ділянці $q_{\text{діл}}$, л/с (рис. 3.3)	Діаметр труб ділянки $d_{\text{діл}}$, мм (табл. 3.3)	Швидкості руху води по ділянках мережі під час пожежі $v_{\text{діл}}$, м/с
1*	2	3	4

Примітки: * – для прийнятої схеми водопровідної мережі (рис. 3.1) табл. 3.4 буде мати п'ять рядків, що дорівнює п'яти ділянкам мережі.

Якщо швидкість руху води по деякій ділянці перебільшує 2,5 м/с, тоді необхідно **збільшити діаметри труб** на цій ділянці та в подальших розрахунках використовувати збільшені діаметри труб.

3.2. Ув'язка мережі та визначення втрат напору

Для кожного кільця повинен виконуватися **другий закон Кірхгофа**: сума втрат напору у кільці дорівнює нулю, якщо втрати напору ділянок, на яких вода рухається за годинниковою стрілкою, вважаються умовно позитивними, а проти – умовно негативними:

$$\sum h = 0,$$

де h – втрати напору в півкільце, визначаються як сума втрат напору на ділянках, що його складають, м.

Втрати напору на ділянці визначаються:

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

де A – питомий опір труб (додаток 8);

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

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

Допускається невиконання **другого закону Кірхгофа** на величину нев'язки Δh . Для різних режимів роботи мережі величина нев'язки повинна бути:

- до пожежі – не більше 0,5 м;
- при пожежі – не більше 1 м.

Якщо $\Delta h > 0$, то сума умовно позитивних втрат напору більша за суму умовно негативних втрат напору. Це означає, що для зменшення величини нев'язки Δh (наближення її до нуля) необхідно витрати на ділянках з умовно позитивними втратами напору зменшити, а на ділянках з умовно негативними втратами напору збільшити на величину поправочних витрат.

Якщо $\Delta h < 0$, то, навпаки, витрати на ділянках з умовно позитивними втратами напору необхідно збільшити, а на ділянках з умовно негативними втратами напору зменшити на величину поправочних витрат.

Поправочні витрати визначаються за формулою:

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{2 \sum_{i=1}^n S_i q_i}, \text{ л/с}, \quad (3.7)$$

де S_i – опір ділянки мережі;

q_i - витрати води по ділянці мережі, л/с.

Ув'язка мережі може виконуватися декілька разів, поки величина нев'язки не буде перебільшувати максимально допустимих значень **одночасно для всіх кілець**.

3.2.1. До пожежі

Ув'язка мережі табличним способом

Для зручності ув'язку мережі пропонується виконувати, заповнюючи таблицю 3.5 (заповнена для наведеного на рис. 3.2 прикладу). Кількість виправлень в таблиці 3.5 дорівнює двом (перше та наступне), припускаючи, що нев'язка буде знаходитися в допустимих межах, а саме:

$$\Delta h = [-0,5; + 0,5].$$

Але можливо, що нев'язка досягне допустимого значення за одне виправлення, тоді подальше заповнення таблиці (заповнення колонок 13 – 15) не потрібно.

Якщо за результатами другого виправлення (колонки 13 – 15) нев'язка буде перебільшувати допустиме значення, необхідно продовжити ув'язку мережі продовжуючи таблицю колонками 16 – 18, які заповнюються аналогічно колонкам 13 – 15.

Таблиця 3.5 – Ув’язка мережі при її роботі до пожежі

Номер ділянки мережі	Напрямки руху води по ділянках в кільці (за годинниковою стрілкою «+», проти – «-»)	Витрати води, q , л/с (табл. 3.3)	Діаметр труб, d , мм (табл. 3.3 з урахуванням табл. 3.4)	Довжина ділянки, l , м (табл. 3.1)	Питомий опір труб, $A \times 10^{-6}$ (додаток 8)	Опір ділянки, $S=Al$	Sq	Втрати напору на ділянці, $h=Sq^2$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	q_1	d_1	l_1	A_1	$S_1=A_1 \times l_1$	$S_1 \times q_1$	$h_1 = S_1 \times q_1^2$
2	+	q_2	d_2	l_2	A_2	$S_2=A_2 \times l_2$	$S_2 \times q_2$	$h_2 = S_2 \times q_2^2$
3	+	q_3	d_3	l_3	A_3	$S_3=A_3 \times l_3$	$S_3 \times q_3$	$h_3 = S_3 \times q_3^2$
4	-	q_4	d_4	l_4	A_4	$S_4=A_4 \times l_4$	$S_4 \times q_4$	$h_4 = S_4 \times q_4^2$
5	-	q_5	d_5	l_5	A_5	$S_5=A_5 \times l_5$	$S_5 \times q_5$	$h_5 = S_5 \times q_5^2$
							$\sum(Sq) =$	$\Delta h = h_1 + h_2 + h_3 - h_4 - h_5$
$\Delta q = \Delta h / (2\sum(Sq)) =$								

Продовження таблиці 3.5

Номер ділянки мережі	Перше виправлення			Наступні виправлення			
	Виправлені витрати води $q' = q \pm \Delta q$, л/с	$S \times q'$	Втрати напору на ділянці, $h' = S(q')^2$, м	Виправлені витрати води $q'' = q' \pm \Delta q'$, л/с	$S \times q''$	Втрати напору на ділянці, $h'' = S(q'')^2$, м	
	10	11	12	13	14	15	
1	$q'_1 = q_1 - \Delta q$	$S_1 \times q'_1$	$h'_1 = S_1 \times (q'_1)^2$	$q''_1 = q'_1 - \Delta q'$	$S_1 \times q''_1$	$h''_1 = S_1 \times (q''_1)^2$	
2	$q'_2 = q_2 - \Delta q$	$S_2 \times q'_2$	$h'_2 = S_2 \times (q'_2)^2$	$q''_2 = q'_2 - \Delta q'$	$S_2 \times q''_2$	$h''_2 = S_2 \times (q''_2)^2$	
3	$q'_3 = q_3 - \Delta q$	$S_3 \times q'_3$	$h'_3 = S_3 \times (q'_3)^2$	$q''_3 = q'_3 - \Delta q'$	$S_3 \times q''_3$	$h''_3 = S_3 \times (q''_3)^2$	
4	$q'_4 = q_4 + \Delta q$	$S_4 \times q'_4$	$h'_4 = S_4 \times (q'_4)^2$	$q''_4 = q'_4 + \Delta q'$	$S_4 \times q''_4$	$h''_4 = S_4 \times (q''_4)^2$	
5	$q'_5 = q_5 + \Delta q$	$S_5 \times q'_5$	$h'_5 = S_5 \times (q'_5)^2$	$q''_5 = q'_5 + \Delta q'$	$S_5 \times q''_5$	$h''_5 = S_5 \times (q''_5)^2$	
		$\sum(Sq') =$	$\Delta h' = h'_1 + h'_2 + h'_3 - h'_4 - h'_5$			$\sum(Sq'') =$	$\Delta h'' = h''_1 + h''_2 + h''_3 - h''_4 - h''_5$
$\Delta q' = \Delta h' / (2\sum(Sq')) =$							

Ув'язка мережі за допомогою комп'ютерної програми «Kolca»

Ув'язку водопровідної мережі, визначення втрат напору ділянки та визначення дійсної витрати води на ділянці пропонується виконувати за допомогою комп'ютерної програми "Kolca". Для цього треба підготувати наступні дані (таблиці 3.6 – 3.9).

До таблиці 3.6 вносяться загальні дані про водопровідну мережу (кількість ділянок, кілець, вузлів), а також умови, за якими буде виконуватися розрахунок (нев'язка в мережі, кількість ітерацій). Для прийнятої схеми табл. 3.6 може мати наступний вигляд.

Таблиця 3.6 – Загальні дані

Варіант	...
Кількість ділянок	5
Кількість кілець в мережі	1
Кількість вузлів в мережі	5
Нев'язка в мережі	0.5
Кількість ітерацій	100

В таблиці 3.7 наводиться опис кілець, з яких складається водопровідна мережа, з зазначенням номерів ділянок та напрямків руху води по цим ділянкам в межах відповідного кільця. Для прийнятої схеми водопровідної мережі (рис.3.1) кількість кілець – одне. Це кільце складається з п'яти ділянок. На ділянках 1, 2 та 3 вода рухається за годинниковою стрілкою, тому в таблицю їх номери заносяться зі знаком «+» (або без знака), а на ділянках 4 та 5 вода рухається проти годинникової стрілки, тому до таблиці їх номери заносяться зі знаком «-». Таким чином, табл. 3.7 може мати наступний вигляд.

Таблиця 3.7 – Таблиця опису кілець

Номер кільця	Кількість ділянок в кільці	Номера ділянок, що складають кільце з відповідними знаками				
		<i>(ділянки, на яких вода рухається за годинниковою стрілкою, вважаються умовно позитивними, а проти – умовно негативними)</i>				
1	5	+1	+2	+3	-4	-5

Опис ділянок мережі здійснюється заповненням таблиці 3.8, яка для прийнятої мережі буде складатися з п'яти рядків, що дорівнює п'яти ділянкам мережі. До кожного рядка входить опис відповідної ділянки, а саме:

- колонка 1 – номер ділянки;
- колонка 2 – довжина ділянки, м, (табл. 3.1);
- колонка 3 – діаметр труб, мм, (табл. 3.3 з урахуванням таблиці 3.4; повинні бути однаковими з діаметрами, що занесені до табл. 3.5);
- колонка 4 – витрати води по ділянці (табл. 3.3);

– колонка 5 – матеріал труб (рекомендується прийняти чавунні труби).

Таблиця 3.8– Таблиця опису ділянок

№ ділянки	Довжина ділянки, м	Діаметр труб ділянки, мм	Витрати води на ділянці, л/с	Матеріал труб
1	2	3	4	5

Табл. 3.9 здійснює опис вузлів мережі. Для прийнятої схеми табл. 3.9 бути складатися з п'яти рядків, що відповідає п'яти вузлам мережі.

Витрати води вузла 1 дорівнюють різниці між загальними витратами води $Q_{\text{заг}}$ (рис. 3.2), що входять до мережі, та вузловими витратами цього вузла Q_1 (табл. 3.2), та мають позитивне значення. Вузол 1 знаходиться на перетині двох ділянок, які виходять з вузла 1. Тому до колонки 3 першого рядка заноситься кількість ділянок: 2, а в наступних колонках описуються ці ділянки: «-1», «-5».

Вузол 2 має лише вузлові витрати Q_2 (табл.3.2), які виходяться з нього, тобто до другої колонки другого рядка Q_2 заноситься зі знаком «-». Вузол 2 знаходиться на перетині двох ділянок, тому до колонки 3 заноситься кількість ділянок: 2. Ділянка 1 входить до вузла 2, а ділянка 2 – виходить з нього. Тому в наступних колонках описуються ці ділянки: «+1», «-2».

Аналогічно вузлу 2 описуються вузли 3, 4, 5. При правильному заповненні другої колонки таблиці, сума вузлових витрат вузлів 2, 3, 4 та 5 буде дорівнювати вузловій витраті (з протилежним знаком) вузла 1, яка занесена до колонки 2 першого рядка.

Таким чином, табл. 3.9 може мати вигляд.

Таблиця 3.9 – Таблиця опису вузлів

Номер вузла	Вузлові витрати води зі знаками (рис.3.2)	Кількість ділянок, що складають вузол	Номера ділянок, що складають вузол з відповідними знаками (вхідні до вузла – умовно позитивні, а вихідні – умовно негативні)	
1	2	3	4	5
1	$Q_{\text{заг}} - Q_1$	2	-1	-5
2	$-Q_2$	2	+1	-2
3	$-Q_3$	2	+2	-3
4	$-Q_4$	2	+3	+4
5	$-Q_5$	2	+5	-4

Для ув'язки кільцевої мережі за допомогою комп'ютерної програми «Kolca» необхідно запуснути програму на комп'ютері, ввести вихідні дані у закладці «Редактор», виконати розрахунок та вивести на екран результати

розрахунку (закладка «Выполнение»), які оцінити на правильність та у випадку правильності переписати.

Послідовність роботи з програмою «Kolca».

—Запустити програму “Kolca.exe” (на екрані появилася назва цієї частини курсового проєкту. Для подальшої роботи необхідно натиснути “Enter”).

—З меню, що з’явилося на екрані (меню складається з “Файлы”, “Редактор”, “Выполнение”, “Завершение”) вибрати “Файлы” (для цього навести “бар” – блакитний прямокутник, який рухається стрілками управління курсору) та натиснути “Enter”.

—Якщо мережа розраховується перший раз, тоді з запропонованих дій (“Новая задача”, “Загрузить задачу”, “Записать задачу”) вибрати “Новая задача”. Для цього навести “бар” на пункт “Новая задача” та натиснути “Enter”. На екрані знов появиться меню.

—Навести “бар” на пункт меню “Редактор” та натиснути “Enter”. На екрані з’явиться перелік вихідних даних, що необхідно заповнити або виправити: “Общие данные”, “Таблица 1”, “Таблица 2”, “Таблица 3”.

—Навести “бар” на таблицю, що буде заповнюватися або корегуватися, та натиснути “Enter”. На екрані з’явиться форма відповідної таблиці (такі самі як таблиці 3.6 – 3.9). При цьому одне з чисел на екрані обведено прямокутною рамкою, яку можна переміщувати стрілками управління курсору. Ввід вихідних даних необхідно обов’язково починати з групи загальних даних.

—Для введення або виправлення будь-якого числа, необхідно навести на нього прямокутну рамку та натиснути “Enter”. При цьому в рамці з’являється заштрихований прямокутник до якого за допомогою клавіатури можна вводити необхідне число (в десяткових дробах замість коми необхідно використовувати крапку). Після цього необхідно натиснути “Enter” (заштрихований прямокутник зникає та в рамці, замість нього, залишається набране число).

—Необхідно мати на увазі, що рух рамки по вертикалі в таблицях можливий лише по першій колонці.

—Перехід з однієї таблиці до іншої здійснюється натисканням спочатку “Esc”, а потім, при наведеному “барі” на необхідну таблицю, натисканням “Enter”.

—Після введення всіх вихідних даних (загальних даних, таблиць опису кілець, ділянок та вузлів) необхідно вийти в меню, навести “бар” на пункт “Выполнение” та натиснути “Enter”. На екрані з’являються пропозиції про дві можливі дії: “Выполнить задачу” та “Выдача результатов”.

—Навести “бар” на пункт “Выполнить задачу” та натиснути “Enter”.

—Після виконання розрахунку необхідно в пункті меню “Выполнение” вибрати дію “Выдача результатов” та натиснути “Enter”. На екрані з’явиться запитання про те, який результат Вас цікавить: “Общие данные”, “Таблица 1”, “Таблица 2”, “Таблица 3”, “Результаты”.

—Навести “бар” на “Результаты” (або, якщо треба, на будь-яку таблицю) та натиснути “Enter”. На екрані з’явиться запитання про адресу виводу: “На печать”, “На экран”, “На диск”.

—Навести “бар” “На экран” та натиснути “Enter”. На екрані з’явиться результат розрахунку або перелік помилок (їх необхідно ліквідувати та повторити розрахунок спочатку).

—По закінченні розрахунку, вихідні дані необхідно записати на диск для подальшої роботи з ними (для виконання ув’язки мережі під час її роботи при пожежі). Для цього в меню “Файлы” вибрати пункт “Записать задачу” та натиснути “Enter”. В відповідь на запитання набрати ім’я, під яким Ви бажаєте записати данні, та натиснути “Enter”.

—Для виходу з програми в меню необхідно вибрати пункт “Завершение” та натиснути “Enter”. На екрані з’явиться “Выход” та натисканням “Enter” Ви завершите роботу з програмою.

Результатом ув’язки мережі за допомогою комп’ютерної програми «Kolca» є фактичні витрати води по ділянках та втрати напору на кожній ділянці мережі, при цьому досягнута в результаті розрахунку нев’язка не перебільшує задану (якщо нев’язка перебільшує задану величину в таблиці “Общие данные”, необхідно збільшити кількість ітерацій та виконати розрахунок спочатку). Результати розрахунку представляються у вигляді таблиць 3.10 та 3.11.

Таблиця 3.10 – Таблиця результатів ув’язки мережі за допомогою комп’ютерної програми «Kolca»

№ ділянки	Витрати води по ділянці q , л/с	Втрати напору на ділянці h , м
I^*	2	3^{**}

Примітки: * – для прийнятої схеми водопровідної мережі (рис. 3.1) таблиця 3.10 буде мати п’ять рядків, що дорівнює п’яти ділянкам мережі;

** – втрати напору на кожній ділянці h повинні бути не більше 3 м, при більших втратах напору, пропонується повернутися до таблиці 3.8, збільшити діаметри труб на відповідних ділянках та знов виконати розрахунок.

Таблиця 3.11 – Таблиця результатів одержаної нев’язки по кільцям мережі

№ кільця	Нев’язка по кільцю
I^*	2
1	

Примітки: * – для прийнятої схеми водопровідної мережі (рис. 3.1) табл. 3.11 буде складатися з одного рядка, що дорівнює одному кільцю прийнятої мережі.

Визначення втрат напору в мережі до пожежі

Втрати напору в мережі визначаються окремо за результатами табличного та комп’ютерного розрахунків за формулою:

$$h_M = 1,05 \frac{\sum_{i=1}^k h_i}{k}, \text{ м,}$$

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

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

$h_{\text{діл.}i}$ – втрати напору на ділянках, що складають один з k напрямків руху води від точки живлення мережі до диктуючої точки, м, (табл. 3.5 або табл. 3.10);

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

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

Для прийнятої схеми водопровідної мережі від вузла 1 до вузла 4 (рис. 3.2) вода може рухатись за двома напрямками, які знаходяться між вузлами: 1–2–3–4 та 1–5–4, тобто втрати напору в кожному напрямку складаються з втрат напору на ділянках, що складають ці напрямки:

– перший напрямок:

$$h_a = h_1 + h_2 + h_3, \text{ м};$$

– другий напрямок:

$$h_b = h_5 + h_4, \text{ м};$$

де h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 – втрати напору на ділянках мережі, які є результатом розрахунку наведеному у табл. 3.5 (колонка 15 або колонка 12).

Таким чином, втрати напору в мережі при табличній ув'язці визначаються:

$$h_M = 1,05 \cdot \frac{h_a + h_b}{2}, \text{ м}. \quad (3.8)$$

Так саме розраховуються втрати напору в мережі при її ув'язці за допомогою комп'ютерної програми «Kolca»:

$$h_M = 1,05 \cdot \frac{h_a + h_b}{2}, \text{ м}, \quad (3.9)$$

де h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 – втрати напору на ділянках мережі, які є результатом комп'ютерного розрахунку наведеному у табл. 3.10 (колонка 3).

Для подальших розрахунків доцільно використовувати більші втрати напору в мережі, визначені за формулами (3.8) та (3.9).

3.2.2. При пожежі

Ув'язка мережі табличним способом

Для зручності ув'язку мережі пропонується виконувати, заповнюючи таблицю 3.12 (заповнена для наведеного на рис. 3.3 прикладу). Кількість виправлень в таблиці 3.12 обумовлюється виконанням наступного – нев'язка при розрахунку мережі при пожежі повинна знаходитися в допустимих межах, а саме:

$$\Delta h = [-1; +1].$$

Таблиця 3.12 – Ув’язка мережі при її роботі при пожежі

Номер ділянки мережі	Напрямки руху води по ділянках в кільці (за годинниковою стрілкою «+», проти – «-»)	Витрати води, q , л/с (рис. 3.3 або табл. 3.4)	Діаметр труб, d , мм (табл. 3.3 з урахуванням табл. 3.4)	Довжина ділянки, l , м (табл. 3.1)	Питомий опір труб, $A \times 10^{-6}$ (додаток 8)	Опір ділянки, $S=Al$	Sq	Втрати напору на ділянці, $h=Sq^2$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	q_1	d_1	l_1	A_1	$S_1=A_1 \times l_1$	$S_1 \times q_1$	$h_1 = S_1 \times q_1^2$
2	+	q_2	d_2	l_2	A_2	$S_2=A_2 \times l_2$	$S_2 \times q_2$	$h_2 = S_2 \times q_2^2$
3	+	q_3	d_3	l_3	A_3	$S_3=A_3 \times l_3$	$S_3 \times q_3$	$h_3 = S_3 \times q_3^2$
4	-	q_4	d_4	l_4	A_4	$S_4=A_4 \times l_4$	$S_4 \times q_4$	$h_4 = S_4 \times q_4^2$
5	-	q_5	d_5	l_5	A_5	$S_5=A_5 \times l_5$	$S_5 \times q_5$	$h_5 = S_5 \times q_5^2$
							$\sum(Sq) =$	$\Delta h = h_1 + h_2 + h_3 - h_4 - h_5$
$\Delta q = \Delta h / (2\sum(Sq)) =$								

Продовження таблиці 3.12

Номер ділянки мережі	Перше виправлення			Наступні виправлення		
	Виправлені витрати води $q' = q \pm \Delta q$, л/с	$S \times q'$	Втрати напору на ділянці, $h' = S(q')^2$, м	Виправлені витрати води $q'' = q' \pm \Delta q'$, л/с	$S \times q''$	Втрати напору на ділянці, $h'' = S(q'')^2$, м
	10	11	12	13	14	15
1	$q'_1 = q_1 - \Delta q$	$S_1 \times q'_1$	$h'_1 = S_1 \times (q'_1)^2$	$q''_1 = q'_1 - \Delta q'$	$S_1 \times q''_1$	$h''_1 = S_1 \times (q''_1)^2$
2	$q'_2 = q_2 - \Delta q$	$S_2 \times q'_2$	$h'_2 = S_2 \times (q'_2)^2$	$q''_2 = q'_2 - \Delta q'$	$S_2 \times q''_2$	$h''_2 = S_2 \times (q''_2)^2$
3	$q'_3 = q_3 - \Delta q$	$S_3 \times q'_3$	$h'_3 = S_3 \times (q'_3)^2$	$q''_3 = q'_3 - \Delta q'$	$S_3 \times q''_3$	$h''_3 = S_3 \times (q''_3)^2$
4	$q'_4 = q_4 + \Delta q$	$S_4 \times q'_4$	$h'_4 = S_4 \times (q'_4)^2$	$q''_4 = q'_4 + \Delta q'$	$S_4 \times q''_4$	$h''_4 = S_4 \times (q''_4)^2$
5	$q'_5 = q_5 + \Delta q$	$S_5 \times q'_5$	$h'_5 = S_5 \times (q'_5)^2$	$q''_5 = q'_5 + \Delta q'$	$S_5 \times q''_5$	$h''_5 = S_5 \times (q''_5)^2$
		$\sum(Sq') =$	$\Delta h' = h'_1 + h'_2 + h'_3 - h'_4 - h'_5$		$\sum(Sq'') =$	$\Delta h'' = h''_1 + h''_2 + h''_3 - h''_4 - h''_5$
$\Delta q' = \Delta h' / (2\sum(Sq')) =$						

Ув'язка мережі за допомогою комп'ютерної програми «Kolca»

Для ув'язки мережі під час пожежі необхідно підготувати та ввести (виправити) вихідні дані – таблиці 3.13 – 3.16.

Таблиця 3.13 – Загальні дані (при пожежі)

Варіант	...
Кількість ділянок	5
Кількість кілець в мережі	1
Кількість вузлів в мережі	5
Нев'язка в мережі	1
Кількість ітерацій	100

Таблиця 3.14 – Таблиця опису кілець (при пожежі)

Номер кільця	Кількість ділянок в кільці	Номера ділянок, що складають кільце з відповідними знаками (ділянки, на яких вода рухається за годинниковою стрілкою, вважаються умовно позитивними, а проти – умовно негативними)				
		+1	+2	+3	-4	-5
1	5	+1	+2	+3	-4	-5

Таблиця 3.15 – Таблиця опису ділянок (при пожежі)

№ ділянки	Довжина ділянки, м (табл. 3.1)	Діаметр труб ділянки, мм (табл. 3.3 з урахуванням табл. 3.4)	Витрати води на ділянці, л/с (рис. 3.3 або табл. 3.4)	Матеріал труб
1	2	3	4	5

Таблиця 3.16 – Таблиця опису вузлів

Номер вузла	Вузлові витрати води зі знаками (рис.3.3)	Кількість ділянок, що складають вузол	Номера ділянок, що складають вузол з відповідними знаками (вхідні до вузла – умовно позитивні, а вихідні – умовно негативні)	
			4	5
1	$Q_{\text{заг}} - Q_1$	2	-1	-5
2	$-Q_2$	2	+1	-2
3	$-Q_3$	2	+2	-3
4	$-(Q_4 + Q_{\text{пож}})$	2	+3	+4
5	$-Q_5$	2	+5	-4

Виконати розрахунок за допомогою комп'ютерної програми «Kolca» (методика роботи з програмою описана в розділі ув'язки мережі до пожежі) та переписати результати ув'язки у вигляді табл. 3.17 та табл. 3.18.

Таблиця 3.17 – Таблиця результатів ув'язки мережі при пожежі за допомогою комп'ютерної програми «Kolca»

№ ділянки	Витрати води по ділянці q , л/с	Втрати напору на ділянці h , м
1^*	2	3^{**}

Примітки: * – для прийнятої схеми водопровідної мережі (рис. 3.1) таблиця 3.17 буде мати п'ять рядків, що дорівнює п'яти ділянкам мережі;

** – втрати напору на кожній ділянці h повинні бути не більше 10 м, при більших втратах напору, пропонується повернутися до таблиці 3.15, збільшити діаметри труб на відповідних ділянках та знов виконати розрахунок при пожежі, а також **виконати ув'язку мережі до пожежі з виправленими діаметрами труб!!!**.

Таблиця 3.18 – Таблиця результатів одержаної нев'язки по кільцям мережі при пожежі

№ кільця	Нев'язка по кільцю
1^*	2
1	

Примітки: * – для прийнятої схеми водопровідної мережі (рис. 3.1) табл. 3.18 буде складатися з одного рядка, що дорівнює одному кільцю прийнятої мережі.

Визначення втрат напору в мережі під час пропуску витрат води на пожежогасіння

Втрати напору в мережі під час пожежі визначаються аналогічно з розрахунком формул (3.8), (3.9), але для втрат напору по ділянках мережі при пожежі. Таким чином, втрати напору в мережі при табличній ув'язці визначаються:

$$h_{\text{м}}^{\text{пож}} = 1,05 \cdot \frac{h_{\text{а}} + h_{\text{б}}}{2}, \text{ м.} \quad (3.10)$$

де $h_{\text{а}} = h_1 + h_2 + h_3$; $h_{\text{б}} = h_5 + h_4$ – втрати напору на ділянках мережі при пожежі, які є результатом розрахунку наведеному у табл. 3.12 (колонка 15 або колонка 12), м.

Так саме розраховуються втрати напору в мережі при пожежі при її ув'язці за допомогою комп'ютерної програми «Колса»:

$$h_{\text{м}}^{\text{пож}} = 1,05 \cdot \frac{h_{\text{а}} + h_{\text{б}}}{2}, \text{ м}, \quad (3.11)$$

де $h_{\text{а}} = h_1 + h_2 + h_3$; $h_{\text{б}} = h_5 + h_4$ – втрати напору на ділянках мережі при пожежі, які є результатом комп'ютерного розрахунку наведеному у табл. 3.17 (колонка 3), м.

Для подальших розрахунків доцільно використовувати більші втрати напору в мережі при пожежі, визначені за формулами (3.10) та (3.11).

4. Визначення режиму роботи насосної станції другого підйому

Насосна станція другого підйому до пожежі подає воду до водонапірної башти, а під час гасіння пожежі – до диктуючої точки.

Насосна станція другого підйому, як правило, працює в ступеневому режимі, тобто насоси першого ступеня подають воду цілодобово, а в години, коли потрібно збільшити кількість води, що подається в мережу, додатково включаються до роботи насоси наступного (другого, а потім за необхідністю і третього) ступеня. Водоспоживання у системах водопостачання дуже нерівномірне, тому, якщо прийняти режим включення насосів у відповідності до режиму водоспоживання, то знадобиться дуже часто вмикати та вимикати насосні агрегати, що ускладнить експлуатацію насосної станції та швидко виведе з ладу її обладнання. Бажано прийняти роботу станції *двоступеневою (або тріступеневою)*.

Насосна станція другого підйому працює наступним чином:

- до пожежі насоси подають воду до водонапірної башти в кількості, необхідній всім водоспоживачам населеного пункту та виробничого об'єкта;
- при пожежі насоси подають воду безпосередньо в мережу, в обхід водонапірної башти, в кількості, необхідній всім водоспоживачам населеного пункту, виробничого об'єкта та на потреби пожежогасіння.

Подача насосами $n_{(i)\%}$ та тривалість роботи кожного ступеня $n_{(i)\text{год}}$ залежить від графіка водоспоживання. При цьому необхідно досягти того, щоб *графік подачі води насосами максимально наближався до графіка водоспоживання* (табл. 2.1, колонка 10 або рис. 2.1). При цьому необхідно виконання умови, що сумарний час роботи насосів повинен складати 24 години, а сумарна кількість води, що подається насосами насосної станції за цей час повинна бути 100 % (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Таблиця визначення режиму роботи насосної станції другого підйому

Ступінь роботи НС-II	Години роботи ступеня	Тривалість ступеня, $n_{(i)\text{год}}$, год		Відсоток, який подається кожну годину ступеня, $n_{(i)\%}$, %		Відсоток, який подається протягом ступеня, $N_{(i)\%}$, %
Перший ступінь		$n_{(1)\text{год}}$	×	$n_{(1)\%}$	=	$N_{(1)\%}$
Другий ступінь		$n_{(2)\text{год}}$	×	$n_{(2)\%}$	=	$N_{(2)\%}$
...	
Всього	–	24 години	–	–	–	100%

За одержаними результатами будується графік роботи насосної станції другого підйому (рис. 4.1), на якому по осі абсцис відкладаються години доби (від 0 до 24 годин), а по осі ординат – $n_{(i)}\%$ – відсоток подачі води насосами у відповідні години. Графік будується сумісно з графіком добового водоспоживання, наведеного на рис. 2.1.

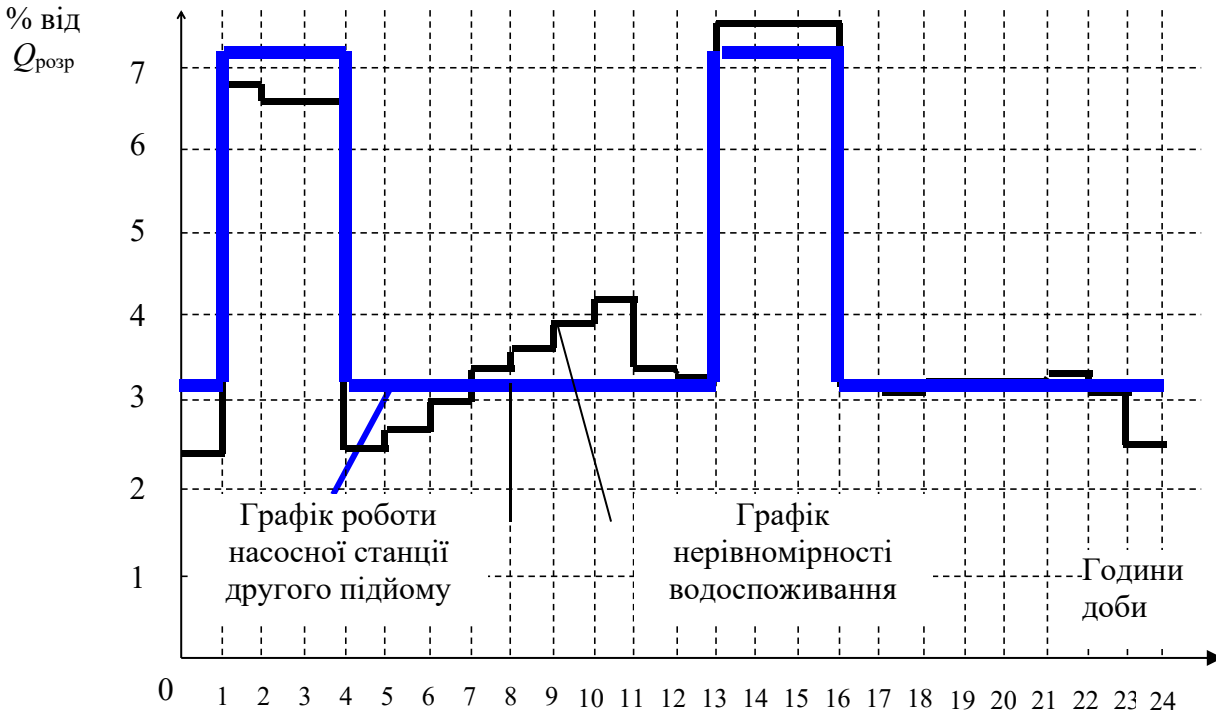


Рис. 4.1 – Графіки нерівномірності водоспоживання та режиму роботи насосної станції II підйому

5. Розрахунок резервуарів чистої води

Резервуари чистої води (РЧВ) призначені для:

- регулювання нерівномірності роботи споруд, які подають та забирають воду з РЧВ;
- збереження недоторканного запасу води на потреби пожежогасіння.

Визначення регулюючого об'єму резервуарів чистої води

За умовою розміщення резервуарів чистої води між насосними станціями першого та другого підйомів, використання регулюючого об'єму резервуарів здійснюється наступним чином: до резервуарів вода подається від насосної станції першого підйому, яка працює в рівномірному режимі, а забирається – насосною станцією другого підйому, яка працює в ступеневому режимі. Тобто в деякі години надлишок води накопичується у резервуарах, а у години, коли насосна станція другого підйому забирає більше води, ніж подається, недостатня кількість води забирається з резервуарів. Отже, чим значніша різниця між подачею та забором води насосними станціями, тим більший регулюючий об'єм резервуарів.

Визначення регулюючого об'єму резервуарів здійснюється табличним або аналітичним способами.

Для визначення регулюючого об'єму резервуарів табличним способом проводиться аналіз режиму роботи насосних станцій та заповнюється табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Визначення регулюючого об'єму резервуарів чистої води табличним способом*

Години доби	Режим роботи НС-I*, %	Режим роботи НС-II, %	Подача (+) до РЧВ, % або забір (-) з РЧВ, %	Залишок у РЧВ, %
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
0 – 1	4,16	$n_{(i)}\%$	$4,16 - n_{(i)}\%$	
1 – 2	4,16	$n_{(i)}\%$	$4,16 - n_{(i)}\%$	
2 – 3	4,16	$n_{(i)}\%$	$4,16 - n_{(i)}\%$	
3 – 4	4,16	$n_{(i)}\%$	$4,16 - n_{(i)}\%$	
4 – 5	4,16	$n_{(i)}\%$	$4,16 - n_{(i)}\%$	
5 – 6	4,16	$n_{(i)}\%$	$4,16 - n_{(i)}\%$	
6 – 7	4,16	$n_{(i)}\%$	$4,16 - n_{(i)}\%$	
7 – 8	4,16	$n_{(i)}\%$	$4,16 - n_{(i)}\%$	
8 – 9	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
9 – 10	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
10 – 11	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
11 – 12	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
12 – 13	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
13 – 14	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
14 – 15	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
15 – 16	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
16 – 17	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
17 – 18	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
18 – 19	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
19 – 20	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
20 – 21	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
21 – 22	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
22 – 23	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
23 – 24	4,17	$n_{(i)}\%$	$4,17 - n_{(i)}\%$	
Всього	100	100	–	–

Примітки: * – при заповненні табл. 5.1 необхідно враховувати наступне:

– колонка 2 заповнюється згідно з графіком роботи насосної станції першого підйому, яка, як правило, працює в рівномірному режимі, тобто кожну годину подає близько 4,17 % від добового водоспоживання;

– колонка 3 заповнюється згідно з графіком роботи насосної станції другого підйому – $n_{(i)}\%$ (рис.4.1 та табл. 4.1);

– для розрахунку колонки 4 необхідно із колонки 2 відняти колонку 3 та записати результат до колонки 4 з відповідним знаком; позитивний результат свідчить про те, що в дану годину подача води насосною станцією першого підйому перебільшує забір води насосною станцією другого підйому; від'ємний результат свідчить про те, що в дану годину води забирається більше, ніж подається;

– колонку 5 починають заповнювати виходячи з припущення, що резервуар до години 0 – 1 був порожнім; в першу годину доби (0 – 1) до РЧВ додали (якщо в колонці 4 в цю годину позитивне число) або з РЧВ забрали (якщо в колонці 4 в цю годину негативне число) відповідну кількість води, тому результатом колонці 5 в цю годину є визначена різниця між 0 та результатом колонці 4; потім РЧВ кожен годину заповнюється або спорожнюється в відношенні до результатів колонці 5 попередньої години.

За результатами розрахунку з таблиці 5.1 із колонки 5 вибирається два числа:

- найбільше позитивне – $\max^+ "$;
- найбільше за модулем негативне – $\max^- "$.

Регулюючий об'єм РЧВ визначається:

$$W_{\text{рег}} = \frac{KQ_{\text{розн}}}{100}, \text{ м}^3, \quad (5.1)$$

де $K = (\max^+) + (|\max^- |)$ – коефіцієнт, що складається зі значень, які визначені за результатами табл. 5.1;

$Q_{\text{розн}}$ – розрахункові витрати води за добу максимального водоспоживання (формула 2.15), м³/доб.

Визначення недоторканного запасу води в резервуарах чистої води

Недоторканний запас (НЗ) води в резервуарах чистої води визначається як сума недоторканного запасу для пожежогасіння з гідрантів та внутрішніх пожежних кран-комплектів, спеціальних засобів пожежогасіння (спринклерів, дренчерів та інших засобів, що не мають власних резервуарів) та недоторканного запасу води на максимальні господарсько-питні потреби на весь період пожежогасіння:

$$W_{\text{НЗ}} = W_{\text{НПЗ}} + W_{\text{НЗГ-П}}, \text{ м}^3, \quad (5.2)$$

де $W_{\text{НПЗ}} = \frac{3600 \cdot \tau \cdot Q_{\text{пож}}}{1000}$ – запас води, необхідний на $\tau=3$ години гасіння

пожежі, м³; $Q_{\text{пож}}$ – витрати води на пожежогасіння (формула 2.18), л/с;

$W_{\text{НЗГ-П}} = (Q_{\text{макс год}} - Q_{\text{душ}}) \cdot \tau$ – запас води, що необхідний на потреби населеного пункту та виробничого об'єкта за годину максимального водоспоживання (без урахування витрат води на прийняття душу працівниками на об'єкті) протягом 3 годин гасіння пожежі, м³; $Q_{\text{макс.год}}$ – розрахункова максимальна годинна витрата води для всіх водоспоживачів водопровідної мережі (табл. 2.1, **максимальне значення з колонки 9**), м³/год; $Q_{\text{душ}}$ – витрата води на прийняття душу, якщо прийняття душу припадає на годину максимального водоспоживання, м³/год.

Визначення типових резервуарів чистої води

Загальний об'єм резервуарів чистої води $W_{РЧВ}$ визначається:

$$W_{РЧВ} = W_{рег} + W_{НЗ}, \text{ м}^3, \quad (5.3)$$

де $W_{рег}$ – регулюючий об'єм резервуарів, м^3 ;

$W_{НЗ}$ – об'єм недоторканного запасу води, м^3 .

Відповідно до п. 13.2.10 ДБН В.2.5-74:2013 загальна кількість резервуарів в одному вузлі повинна бути **не менше двох**.

Вибір **типового резервуара** здійснюється за допомогою додатку 6:

- типовий проєкт –
- об'єм резервуара –
- довжина резервуара –
- ширина резервуара –
- глибина резервуара –

Визначення рівнів води в резервуарах чистої води

Рівень недоторканного запасу води в РЧВ визначається за формулою:

$$h_{НЗ} = \frac{W_{НЗ}}{n \times S_{РЧВ}}, \text{ м}, \quad (5.4)$$

де $W_{НЗ}$ – недоторканний запас води в РЧВ (формула 5.2), м^3 ;

$S_{РЧВ}$ – площа резервуару, визначається множенням довжини та ширини типового РЧВ, м^2 ;

n – кількість резервуарів, що прийнято у проєкті (рекомендується приймати два РЧВ).

Максимальний рівень води в РЧВ визначається за формулою:

$$H_{\max} = \frac{W_{РЧВ}}{n \times S_{РЧВ}}, \text{ м}. \quad (5.5)$$

де $W_{РЧВ}$ – загальний об'єм РЧВ (формула 5.3), м^3 ;

$S_{РЧВ}$ – площа резервуару, визначається множенням довжини та ширини типового РЧВ, м^2 ;

n – кількість резервуарів, що прийнято у проєкті (рекомендується приймати два РЧВ).

6. Розрахунок водонапірної башти

Водонапірна башта призначена для:

– регулювання нерівномірності роботи споруд, що подають та забирають воду з башти;

– збереження недоторканного запасу води на перші 10 хвилин гасіння пожежі (за цей час включаються до роботи пожежні насоси насосної станції другого підйому, які забезпечують подачу пожежних витрат води до мережі під час гасіння пожежі);

– створення необхідного напору у водопровідній мережі при її роботі до пожежі та в перші 10 хвилин гасіння пожежі.

Водонапірна башта встановлюється в найвищій точці мережі, завдяки чому з урахування рельєфу місцевості фактична висота башти проектується меншою.

Необхідну висоту водонапірної башти визначають, виходячи з умови, що в годину максимального водоспоживання повинний бути забезпечений необхідний вільний напір H_v у найбільше віддаленій точці водопровідної мережі, тобто в диктуючій точці.

Визначення регулюючого об'єму баку водонапірної башти

При подачі води насосною станцією другого підйому надлишок її поступає до баку водонапірної башти. У часи, коли водоспоживання перевищує подачу насосів, недостатня кількість води береться з баку башти. Отже, чим значніше різниця між подачею насосів та водоспоживанням, тим більше повинний бути регулюючий об'єм баку водонапірної башти.

Для визначення регулюючого об'єму баку водонапірної башти проводиться аналіз режиму роботи насосної станції (що подає воду до башти при режимі роботи мережі до пожежі) та водоспоживання з мережі за добу (табл. 2.1 колонка 10) шляхом сумісної побудови цих графіків, або табличним способом (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Визначення регулюючого об'єму бака водонапірної башти табличним способом*

Години доби	Режим роботи НС-II*, %	Режим водоспоживання, %	Подача (+) до ВБ, % або забір (-) з ВБ, %	Залишок у ВБ, %
1	2	3	4	5
0 – 1	$n_{(i)}\%$	$\%_{00-1}$	$n_{(i)}\% - \%_{00-1}$	
1 – 2	$n_{(i)}\%$	$\%_{01-2}$	$n_{(i)}\% - \%_{01-2}$	
2 – 3	$n_{(i)}\%$	$\%_{02-3}$	$n_{(i)}\% - \%_{02-3}$	
3 – 4	$n_{(i)}\%$	$\%_{03-4}$	$n_{(i)}\% - \%_{03-4}$	
4 – 5	$n_{(i)}\%$	$\%_{04-5}$	$n_{(i)}\% - \%_{04-5}$	
5 – 6	$n_{(i)}\%$	$\%_{05-1}$	$n_{(i)}\% - \%_{05-6}$	
6 – 7	$n_{(i)}\%$	$\%_{06-7}$	$n_{(i)}\% - \%_{06-7}$	
7 – 8	$n_{(i)}\%$	$\%_{07-8}$	$n_{(i)}\% - \%_{07-8}$	
8 – 9	$n_{(i)}\%$	$\%_{08-9}$	$n_{(i)}\% - \%_{08-9}$	
9 – 10	$n_{(i)}\%$	$\%_{09-10}$	$n_{(i)}\% - \%_{09-10}$	
10 – 11	$n_{(i)}\%$	$\%_{010-11}$	$n_{(i)}\% - \%_{010-11}$	
11 – 12	$n_{(i)}\%$	$\%_{011-12}$	$n_{(i)}\% - \%_{011-12}$	
12 – 13	$n_{(i)}\%$	$\%_{012-13}$	$n_{(i)}\% - \%_{012-13}$	
13 – 14	$n_{(i)}\%$	$\%_{013-14}$	$n_{(i)}\% - \%_{013-14}$	
14 – 15	$n_{(i)}\%$	$\%_{014-15}$	$n_{(i)}\% - \%_{014-15}$	
15 – 16	$n_{(i)}\%$	$\%_{015-16}$	$n_{(i)}\% - \%_{015-16}$	
16 – 17	$n_{(i)}\%$	$\%_{016-17}$	$n_{(i)}\% - \%_{016-17}$	
17 – 18	$n_{(i)}\%$	$\%_{017-18}$	$n_{(i)}\% - \%_{017-18}$	
18 – 19	$n_{(i)}\%$	$\%_{018-19}$	$n_{(i)}\% - \%_{018-19}$	
19 – 20	$n_{(i)}\%$	$\%_{019-20}$	$n_{(i)}\% - \%_{019-20}$	
20 – 21	$n_{(i)}\%$	$\%_{020-21}$	$n_{(i)}\% - \%_{020-21}$	
21 – 22	$n_{(i)}\%$	$\%_{021-22}$	$n_{(i)}\% - \%_{021-22}$	
22 – 23	$n_{(i)}\%$	$\%_{022-23}$	$n_{(i)}\% - \%_{022-23}$	
23 – 24	$n_{(i)}\%$	$\%_{023-24}$	$n_{(i)}\% - \%_{023-24}$	
Всього	100	100	–	–

Примітки: * – при заповненні табл. 6.1 необхідно враховувати наступне:

– колонка 2 заповнюється згідно з графіком роботи насосної станції другого підйому – $n_{(i)}\%$ (рис.4.1 та табл. 4.1);

– колонка 3 описує режим водоспоживання, який є результатом розрахунку колонки 10 табл. 2.1;

– для розрахунку колонки 4 необхідно із колонки 2 відняти колонку 3 та записати результат до колонки 4 з відповідним знаком; позитивний результат свідчить про те, що в дану годину подача води насосною станцією другого підйому перебільшує забір води водоспоживачами; від'ємний результат свідчить про те, що в дану годину води забирається більше, ніж подається;

– колонку 5 починають заповнювати виходячи з припущення, що ВБ до години 0 – 1 була порожньою; в першу годину доби (0 – 1) до ВБ додали (якщо в колонці 4 в цю

годину позитивне число) або з ВБ забрали (якщо в колонці 4 в цю годину негативне число) відповідну кількість води, тому результатом колонці 5 в цю годину є визначена різниця між 0 та результатом колонці 4; потім ВБ кожен годину заповнюється або спорожняється в відношенні до результатів колонці 5 попередньої години.

За результатами розрахунку з табл. 6.1 із колонки 5 вибирається два числа:

- найбільше позитивне – $\max "+" "$;
- найбільше за модулем негативне – $\max "-" "$.

Тоді регулюючий об'єм баку водонапірної башти визначається:

$$W_{\text{рег}} = \frac{KQ_{\text{розр}}}{100}, \text{ м}^3, \quad (6.1)$$

де $K = (\max "+" ") + (|\max "-" |)$ – коефіцієнт, що складається зі значень, які визначені за результатами табл. 6.1;

$Q_{\text{розр}}$ – розрахункові витрати води за добу максимального водоспоживання (формула 2.15), $\text{м}^3/\text{доб}$.

Визначення недоторканного запасу води в водонапірній башті

Недоторканний запас води бака водонапірної башти складається з двох величин:

$$W_{\text{НЗ}} = W_{\text{НПЗ}} + W_{\text{НЗГ-П}}, \text{ м}^3, \quad (6.2)$$

де $W_{\text{НПЗ}} = \frac{(Q_{\text{ПОЖ}}^{\text{ВН}} + Q_{\text{ПОЖ}}^{\text{ЗОВН}}) \cdot \tau \cdot 60}{1000}$ – запас води, необхідний

на $\tau = 10$ хвилин гасіння пожежі, поки не включаться до роботи пожежні насоси-підвищувачі, що забезпечать подачу пожежних витрат води в мережу (п. 13.1.5 [3]), м^3 ; $Q_{\text{ПОЖ}}^{\text{ВН}}$, $Q_{\text{ПОЖ}}^{\text{ЗОВН}}$ – максимальна (в населеному пункті або на виробничому об'єкті) витрата води на внутрішнє та відповідно зовнішнє пожежогасіння, л/с;

$W_{\text{НЗГ-П}} = \frac{(Q_{\text{макс год}} - Q_{\text{душ}}) \cdot \tau}{60}$ – запас води, що необхідний на потреби

населеного пункту та виробничого об'єкта **в годину максимального водоспоживання** (без урахування витрат води на прийняття душу працівниками на виробничому об'єкті) протягом $\tau = 10$ хвилин ([3] п. 13.1.5), м^3 ; $Q_{\text{макс год}}$ – розрахункова максимальна годинна витрати води для всіх водоспоживачів населеного пункту та виробничого об'єкта (табл. 2.1, максимальне значення з колонки 9), $\text{м}^3/\text{год}$; $Q_{\text{душ}}$ – витрата води на

прийняття душу, якщо вона припадає на годину максимального водоспоживання, м³/год.

Визначення об'єму бака водонапірній башті

Загальний об'єм бака водонапірної башти визначається відповідно до п. 13.1.1 [3]:

$$W_{\text{бВБ}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{НЗ}}, \text{ м}^3, \quad (6.3)$$

де $W_{\text{рег}}$ – регулюючий об'єм баку (формула 6.1), м³;
 $W_{\text{НЗ}}$ – об'єм недоторканного запасу води (формула 6.2), м³.

Розрахунок висоти водонапірної башти

Висоту водонапірної башти визначають:

$$H_{\text{ВБ}} = h_{\text{м}} + H_{\text{в}} + (z_{\text{д.т.}} - z_{\text{ВБ}}), \text{ м}, \quad (6.4)$$

де $h_{\text{м}}$ – втрати напору в мережі при її роботі до пожежі (визначалось за формулою 3.8 або 3.9), м;

$H_{\text{в}} = 10 + 4 \cdot (n - 1)$ – вільний напір в диктуючій точці, м; n – поверховість будівель (за вихідними даними);

$z_{\text{д.т.}}$ – геодезична відмітка диктуючої точки (визначаються за генеральним планом), м;

$z_{\text{ВБ}}$ – геодезична відмітка встановлення водонапірної башти (визначаються за генеральним планом), м.

Вибір типової конструкції водонапірної башти

Типова конструкція башти вибирається по її висоті (формула 6.4) та об'єму баку (формула 6.3) за допомогою додатка 7:

- типовий проект –
- об'єм баку ВБ –
- висота ВБ –

Знаючи об'єм **бака типової** водонапірної башти, визначають діаметр цього бака:

$$D_{\text{бВБ}} = 1,2 \sqrt[3]{W_{\text{бВБ}}^{\text{типовий}}}, \text{ м}, \quad (6.5)$$

де $W_{\text{бВБ}}^{\text{типовий}}$ – об'єм бака типової водонапірної башти, м³.

Знаючи діаметр **бака**, визначають його висоту:

$$H_{\text{бВБ}} = \frac{4W_{\text{бВБ}}^{\text{типовий}}}{\pi(D_{\text{бВБ}})^2}, \text{ м.} \quad (6.6)$$

Рівень недоторканного запасу води в ВБ визначається за формулою:

$$h_{\text{НЗ}} = \frac{4W_{\text{НЗ}}}{\pi(D_{\text{бВБ}})^2}, \text{ м,} \quad (6.7)$$

де $W_{\text{НЗ}}$ – недоторканий запас води в ВБ (формула 6.2), м³;

$D_{\text{бВБ}}$ – діаметр бака ВБ (формула 6.5), м.

Максимальний рівень води в ВБ визначається за формулою:

$$H_{\text{max}} = \frac{4W_{\text{бВБ}}}{\pi(D_{\text{бВБ}})^2}, \text{ м.} \quad (6.8)$$

де $W_{\text{бВБ}}$ – загальний об'єм бака водонапірної башти (формула 6.3), м³;

$D_{\text{бВБ}}$ – діаметр бака ВБ (формула 6.5), м.

7. Вибір насосів для насосних станцій та визначення їх типу

7.1. Розрахунок насосної станції першого підйому

Насосна станція першого підйому працює в рівномірному режимі та подає воду від джерела водопостачання через очисні споруди до резервуарів чистої води. При цьому за добу насоси повинні подати 100% води ($Q_{\text{розр.}}$). Тобто кожний час насоси подають $100/24 \approx 4,17\%$. **Режим роботи НС-I під час пожежі не змінюється.**

Для вибору насосів необхідно знати їх розрахункові параметри: розрахункову витрату води $Q_{\text{НС-I}}$ та розрахунковий напір $H_{\text{НС-I}}$.

Розрахункові витрати для насосів насосної станції першого підйому визначаються:

$$Q_{\text{НС-I}} = \frac{4,17Q_{\text{розр.}}}{100}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (7.1)$$

де 4,17 – щогодинна подача води насосами, %;

$Q_{\text{розр.}}$ – розрахункові витрати води за добу максимального водоспоживання (формула 2.15), $\text{м}^3/\text{доб.}$

Напір насосів насосної станції першого підйому повинен забезпечити подачу води по водоводах від НС-I до НС-II. Тобто під час розрахунку враховуються різниця відміток встановлення НС-I та НС-II та втрати напору в водоводах.

Водоводи прокладаються в дві лінії, при цьому кожна розраховується на пропуск 70% розрахункової кількості води, таким чином витрати води в водоводах визначаються:

$$q_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}} = 0,7Q_{\text{НС-I}} \frac{1000}{3600}, \text{ л/с}, \quad (7.2)$$

де 0,7 – коефіцієнт, який враховує 70% витрат води.

Знаючи витрати води водоводів, визначається діаметр їх труб:

$$d_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}} = \sqrt{\frac{4q_{\text{вод}}^{\text{НС-I}-\text{НС-II}}}{1000\pi v}}, \text{ м}, \quad (7.3)$$

де v – швидкість руху води в трубах водоводів, приймається в інтервалі 0,7 – 1,2 м/с.

Втрати напору в трубах водоводів визначаються:

$$h_{\text{вод}}^{\text{НС-I-НС-II}} = A \cdot l_{\text{вод}}^{\text{НС-I-НС-II}} \left(q_{\text{вод}}^{\text{НС-I-НС-II}} \right)^2, \text{ м}, \quad (7.4)$$

де A – питомий опір труб водоводу (додаток 8), приймається в залежності від діаметра труб водоводу $d_{\text{вод}}^{\text{НС-I-НС-II}}$;

$l_{\text{вод}}^{\text{НС-I-НС-II}}$ – довжина водоводу між насосними станціями (приймається приблизно за генеральним планом), м.

Необхідний напір насосів насосної станції першого підйому визначається:

$$H_{\text{НС-I}} = h_{\text{вод}}^{\text{НС-I-НС-II}} + (z_{\text{НС-II}} - z_{\text{НС-I}}), \text{ м}, \quad (7.5)$$

де $z_{\text{НС-I}}$ – геодезична відмітка встановлення насосної станції першого підйому (визначаються за генеральним планом), м;

$z_{\text{НС-II}}$ – геодезична відмітка встановлення насосної станції другого підйому (визначаються за генеральним планом), м.

Насоси насосних станцій підключаються між собою за паралельною схемою. Кожний з насосів повинен створювати розрахунковий напір, а загальна подача насосів приймається як сума подачі кожного. Параметри типових насосів надані у додатку 9.

Кількість резервних насосів визначається залежно від кількості робочих за додатком 10 або табл. 33 [3].

Таблиця 7.1 – Вибір насосів насосної станції першого підйому

Група насосів	Розрахункові параметри насосів		Прийняті насоси та їх параметри			Кількість
	Витрати, м ³ /год	Напір, м	Марка насоса	Витрати, м ³ /год	Напір, м	
1*	2	3	4	5	6	7
<i>Робочі</i>	$Q_{\text{НС-I}}$	$H_{\text{НС-I}}$				
<i>Резервні</i>	–	–				2

Примітки: * – при заповненні табл. 7.1 необхідно враховувати наступне:

– колонки 2 та 3 для робочої групи насосів заповнюються за результатами розрахунків (колонка 2 – формула 7.1; колонка 3 – формула 7.5); для резервної групи насосів колонки 2 та 3 не заповнюються;

– колонки 4, 5 та 6 заповнюються за допомогою додатку 9 та 10; при цьому необхідно враховувати, що насоси працюють паралельно, тобто вибір марки насосів здійснюється за необхідним **напором**;

– до колонки 7 заносять необхідну кількість насосів кожної групи, що зможе забезпечити необхідну **подачу** води.

7.2. Розрахунок насосної станції другого підйому

Насосна станція другого підйому до пожежі подає воду до водонапірної башти, а під час гасіння пожежі – до диктуючої точки.

До пожежі розрахунковий напір насосів для насосної станції другого підйому визначається:

$$H_{\text{НС-II}} = H_{\text{ВБ}} + H_{\text{бВБ}} + h^{\text{НС-II-ВБ}} + (z_{\text{ВБ}} - z_{\text{НС-II}}), \text{ м}, \quad (7.6)$$

де $H_{\text{ВБ}}$ – висота водонапірної башти, що прийнята за типовим проектом (додаток 7), м;

$H_{\text{бВБ}}$ – висота баку водонапірної башти (формула 6.6), м;

$z_{\text{ВБ}}$ – геодезична відмітка встановлення водонапірної башти (визначається за генеральним планом), м;

$z_{\text{НС-II}}$ – геодезична відмітка встановлення насосної станції другого підйому (визначається за генеральним планом), м.

$h^{\text{НС-II-ВБ}}$ – втрати напору в частині мережі між НС-II та водонапірною баштою (для прийнятої схеми системи водопостачання дорівнюють 0), м.

При пожежі розрахунковий напір насосів для насосної станції другого підйому визначається:

$$H_{\text{НС-II}}^{\text{пож}} = h_{\text{М}}^{\text{пож}} + H_{\text{В}}^{\text{пож}} + (z_{\text{д.т.}} - z_{\text{НС-II}}), \text{ м}, \quad (7.7)$$

де $h_{\text{М}}^{\text{пож}}$ – втрати напору в водопровідній мережі при її роботі під час пожежі (формула 3.10 або 3.11), м;

$H_{\text{В}}^{\text{пож}} = 10$ – вільний напір на пожежному гідранті, встановленому в диктуючій точці, м;

$z_{\text{д.т.}}$ – геодезична відмітка диктуючої точки (визначається за генеральним планом), м.

Визначається **тип насосної станції другого підйому**:

– при $H_{\text{НС-II}} \geq H_{\text{НС-II}}^{\text{пож}}$ – насосна станція проектується за принципом

низького тиску, тобто до пожежі насосна станція забезпечує подачу води на потреби всіх водоспоживачів при звичайному режимі роботи (до пожежі) з необхідним при цьому тиском, а під час пожежі в насосній станції додатково включаються пожежні насоси, які забезпечують подачу лише пожежних витрат води з тиском звичайного режиму роботи;

– при $H_{\text{НС-II}} < H_{\text{НС-II}}^{\text{пож}}$ – насосна станція проєктується за принципом **високого тиску**, тобто до пожежі насосна станція забезпечує подачу води на потреби всіх водоспоживачів при звичайному режимі роботи (до пожежі) з необхідним при цьому тиском, а під час пожежі в насосній станції всі насоси звичайного режиму відключаються, а замість них в роботу включаються пожежні насоси, які забезпечують подачу пожежних витрат води та всіх витрат звичайного режиму з тиском, який необхідний при пожежі.

Розрахункові витрати насосів насосної станції другого підйому визначаються для двох режимів роботи мережі.

До пожежі:

– для першого ступеня витрати води визначаються за формулою:

$$Q_{\text{НС-II}_1} = \frac{n_{(1)\%} \cdot Q_{\text{розр}}}{100}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (7.8)$$

де $n_{(1)\%}$ – відсоток, який подається насосами кожну годину першого ступеня (табл. 4.1), %;

$Q_{\text{розр}}$ – розрахункові витрати води за добу максимального водоспоживання (формула 2.15), м³/доб;

– для другого ступеня* витрати води визначаються за формулою:

$$Q_{\text{НС-II}_2} = \frac{(n_{(2)\%} - n_{(1)\%}) \cdot Q_{\text{розр}}}{100}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (7.9)$$

де $n_{(2)\%}$ – відсоток, який подається насосами кожну годину другого ступеня (табл. 4.1).

Примітки: * – якщо насосна станція працює в **треступеновому** режимі, тоді для третього ступеня витрати води визначаються за формулою:

$$Q_{\text{НС-II}_3} = \frac{(n_{(3)\%} - n_{(2)\%}) \cdot Q_{\text{розр}}}{100}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де $n_{(3)\%}$ – відсоток, який подається насосами кожну годину третього ступеня (табл. 4.1).

При пожежі витрати води визначаються в залежності від того, якого типу проєктується насосна станція – високого або низького тиску.

Для насосних станцій **низького тиску** витрати визначаються:

$$Q_{\text{НС-II}}^{\text{пож}} = Q_{\text{пож}} \frac{3600}{1000}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (7.10)$$

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

Для насосних станцій **високого тиску** витрати визначаються:

$$Q_{\text{НС-II}}^{\text{пож}} = \frac{n_{(\text{max})}\% \cdot Q_{\text{розр}}}{100} + Q_{\text{пож}} \cdot \frac{3600}{1000}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (7.11)$$

Кількість резервних насосів, що встановлюються в насосній станції, визначається за [3] табл. 33, або додатком 10.

Прийняті насоси, їх характеристики та кількість заносяться до таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Вибір насосів насосної станції другого підйому*

Група насосів	Розрахункові параметри насосів		Прийняті насоси та їх параметри			Кількість
	Витрати, м ³ /год	Напір, м	Марка насоса	Витрати, м ³ /год	Напір, м	
1	2	3	4	5	6	7
г-п першого ступеня						
г-п другого ступеня						
г-п третього ступеня						
пожежні резервні	–	–				

Примітки: * – при заповненні табл. 7.2 необхідно враховувати наступне:

– до колонки 1 (табл. 7.2) в окремі рядки заносяться:

– робочі насоси:

– господарсько-питні насоси першого ступеня;

– господарсько-питні насоси другого ступеня,

– господарсько-питні насоси третього ступеня (якщо насосна станція працює в триступеновому режимі),

– пожежні насоси,

– резервні насоси;

– колонки 2 та 3 для робочої групи насосів заповнюються за результатами розрахунків; для резервної групи насосів колонки 2 та 3 не заповнюються;

– колонки 4, 5 та 6 заповнюються за допомогою додатку 9 та 10; при цьому необхідно враховувати, що насоси працюють паралельно, тобто вибір насосів здійснюється за необхідним напором, а подача необхідної кількості води забезпечується встановленням в насосній станції декількох насосів;

– до колонки 7 заносять необхідну кількість насосів кожної групи, що зможе забезпечити необхідну подачу води.

Висновки

До висновків необхідно включити наступне:

1. У відповідності з метою виконання курсового проєкту, зробити висновок про її досягнення.

2. Описати схему системи водопостачання населеного пункту та вказати всі споруди, що забезпечують подачу води всім водоспоживачам.
3. Перечислити всі розрахунки, які виконувались протягом курсового проєктування.

Приклад:

При виконанні курсового проєкту була запроектована водопровідна мережа, що подає воду для потреб населеного пункту (господарсько-питні та поливка) та авторемонтного заводу (виробничі, господарсько-питні працівників, душові), а під час виникнення пожежі – на потреби пожежогасіння.

Водопровідна мережа має кільцеву конфігурацію, складається з 1 кільця, 5 ділянок та 5 вузлів.

Вододжерелом для населеного пункту являється річка, з якої вода, після відповідної водопідготовки, подається насосною станцією першого підйому до резервуарів чистої води (запроектовано два типових залізобетонних резервуари (проєкт Союзводоканалпроєкт) розмірами кожного: об'єм – 1500 м³; довжина – 18 м; ширина – 18 м; глибина – 4,84 м).

Насосна станція першого підйому розрахована на встановлення 3 робочих та 2 резервних насосів марки K90/20.

З резервуарів чистої води вода забирається насосною станцією другого підйому та подається під час роботи мережі до пожежі до водонапірної башти (типова шатрова залізобетонна башта зі стальним баком (проєкт ЦНДІЕП), висота 21 м, об'єм бака 500 м³), а під час пожежі – до диктуючої точки.

Насосна станція другого підйому запроектована за принципом низького тиску, та розрахована на встановлення 8 робочих та 2 резервних насосів марки K-100-65-200.

При виконанні курсового проєкту було розраховано:

- розрахунок необхідних витрат води для споживачів населеного пункту, виробничого об'єкта та пожежогасіння;
- гідравлічний розрахунок водопровідних мереж до пожежі та під час пожежі (розрахунок за допомогою комп'ютерної програми “Kolca” та табличним способом);
- розрахунок резервуарів чистої води;
- розрахунок водонапірної башти;
- розрахунок насосної станції першого та другого підйомів (до пожежі та під час пожежі).

Метою виконання курсового проєкту було запроектувати водопровідну мережу та відповідні споруди, що забезпечать подачу води від річки до кожного водоспоживача населеного пункту та виробничого об'єкта – мета досягнута.

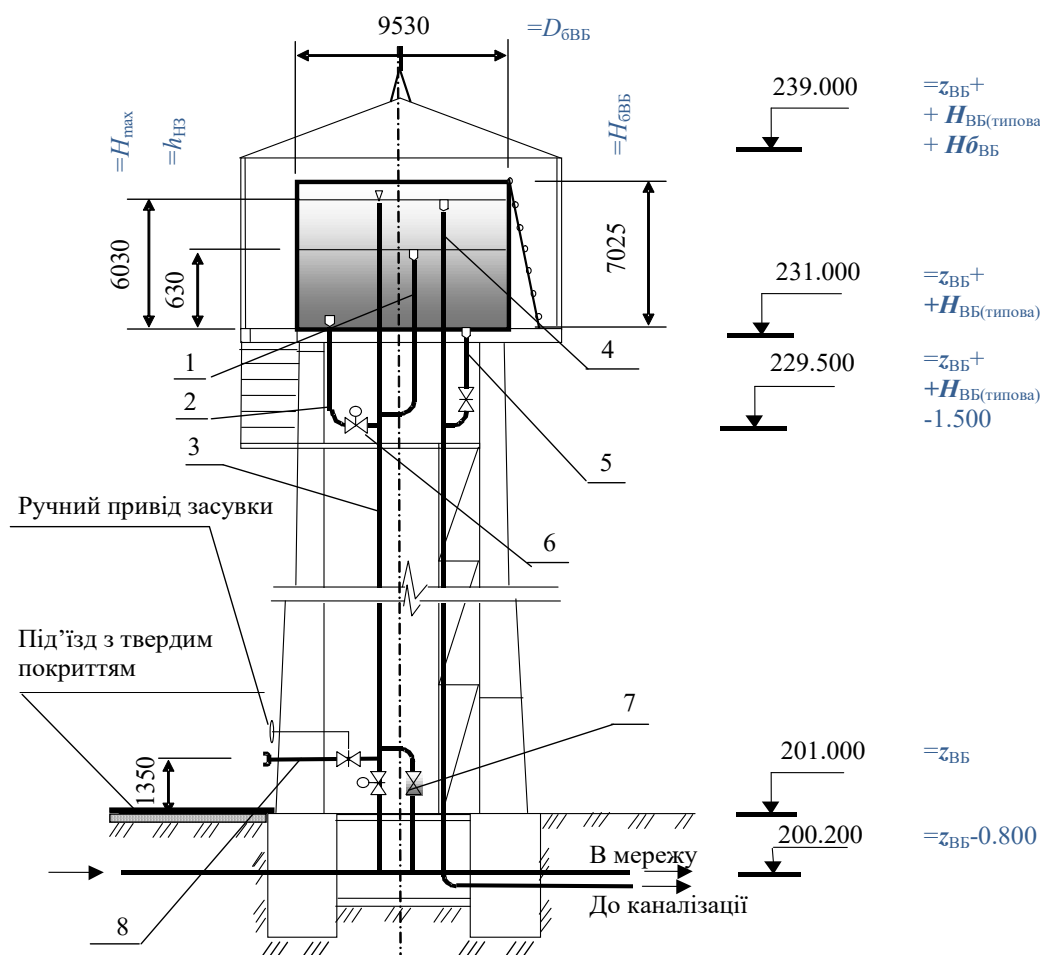
ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Графічна частина курсового проєкту виконується олівцем на окремих аркушах формату А4. *Приклад виконання графічної частини наведений у додатку 11.*

Кожне креслення повинно мати:

- рамка;
- штамп (додаток 12 в);
- назва креслення (в верхній частині аркуша та в штампі);
- умовні позначення (для генерального плану) або примітки із розрахунками (для РЧВ, ВБ, НС-II);
- експлікації (для генерального плану) або специфікації (для РЧВ, ВБ, НС-II).

Пояснення (з прикладом) щодо розмірів та відміток висот на кресленні водонапірної башти:



Література

1. Протипожежне водопостачання : Підручник / О.А. Петухова, В.А. Андронов, С.А. Горносталь, Р.Е. Черепаха. - Х.: Друкарня Мадрид, 2022 . - 280 с.
2. ДБН В.2.5-64:2012 "Внутрішній водопровід та каналізація"
3. ДБН В.2.5-74:2013 "Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди"
4. Протипожежне водопостачання: методичні вказівки для виконання курсового проєкту на тему «Протипожежне водопостачання населеного пункту» для здобувачів вищої освіти, які навчаються на першому (бакалаврському) рівні у галузі знань 26 «Цивільна безпека» за освітньо-професійними програмами «Пожежна безпека», «Аудит пожежної та техногенної безпеки», «Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи» / Укладачі: О. А. Петухова, Р.Е. Черепаха. – Х.: НУЦЗУ, 2023. – 78 с.

Додатки

Додаток 1

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
Кафедра пожежної профілактики в населених пунктах

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

з дисципліни «Протипожежне водопостачання»
на тему: «*Протипожежне водопостачання населеного пункту*»

Здобувача вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
у галузі знань 26 «Цивільна безпека»
за освітньо-професійною програмою _____
_____ курсу _____ групи

(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь,

прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Харків - 20 __ рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
ЗАВДАННЯ

на виконання курсового проєкту
з дисципліни «Протипожежне водопостачання»
на тему: «Протипожежне водопостачання населеного пункту»
№ залікової книжки _____

Вихідні дані по населеному пункту

<i>Остання цифра номеру зал. книжки</i>	
Номер генерального плану	
Довжина населеного пункту, м	
Ширина населеного пункту, м	
Кількість мешканців у населеному пункті (N_M), тис. осіб	
Кількість поливок за добу ($n_{пол}$)	
Тривалість однієї поливки ($t_{пол}$), годин	
<i>Передостання цифра номеру залікової книжки</i>	
Поверховість будівлі (n) (висота одного поверху 3 м)	
Ступінь благоустрою житлової забудови	

Вихідні дані по виробничому об'єкту

<i>Остання цифра номеру залікової книжки</i>	
Виробничий об'єкт	
Одиниця виміру продукції, що випускається	
Кількість продукції, що випускається за зміну ($N_{прод}$)	
Витрати води на виробничі потреби для випуску одиниці продукції ($q_{вир}$), м ³	
Об'єм виробничого корпусу, тис.м ³	
Категорія виробництва за пожежовибухонебезпекою	
Ступінь вогнестійкості будівлі	
<i>Передостання цифра номеру залікової книжки</i>	
Кількість робочих змін ($n_{зм}$)	
Кількість працівників, що працюють в зміну ($N_{прац}$)	
Кількість працівників в зміну, що приймають душ (% _{душ}), %	
Площа виробничого об'єкта, га	

Перелік графічного матеріалу:

- 1 – генеральний план населеного пункту;
- 2 – схема резервуара чистої води;
- 3 – схема водонапірної бапти;
- 4 – план насосної станції **другого** підйому.

Завдання видав: _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання отримав: _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ _____ ” 20__ р.

1) Курсовий проєкт виконаний за варіантом у відповідності до методичних вказівок

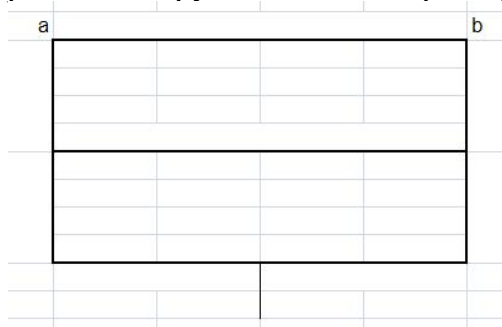
2) Зауваження:

– РПЗ: с. _____

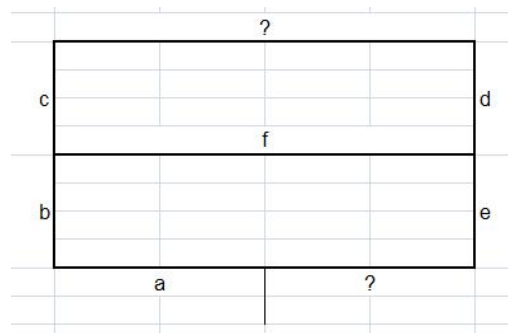
– ГЧ: _____

3) Контрольні питання:

а) Перший та другий закони Кірхгофа



$q_{\text{діл}} - ?$



$h_{\text{діл}}$ (до пожежі та при пожежі) – ?

Остання цифра № залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a	6	15	12	40	22	4	14	8	42	30
b	10	20	14	38	20	8	16	12	24	60
c	14	25	16	36	18	4	6	15	28	33
d	18	30	18	34	16	8	8	10	4	3
e	20	35	20	32	14	4	5	7	9	2
f	8	40	22	30	12	8	33	15	18	13

б) Як визначаються діаметри труб для режимів роботи мережі до пожежі та при пожежі?

в) На який час гасіння пожежі розраховуються РЧВ, ВБ?

г) Способи збереження НЗ в РЧВ, ВБ (надати пояснення та показати на кресленнях)

д) Способи забору води на пожежогасіння з РЧВ, ВБ

е) Розрахувати $Q_{\text{пож}}$ для:

Остання цифра № залікової книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кількість мешканців у населеному пункті, тис. осіб	7	26	8	28	6	27	17	9	23	20
Поверховість будівлі (висота одного поверху 3 м)	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3
Об'єм виробничого корпусу, тис.м ³	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Категорія за пожежовибухонебезпекою	Б	Б	В	В	В	Г	В	Г	В	Б
Ступінь вогнестійкості будівлі	І	ІІ	ІІ	ІІІ	ІІ	ІІІ	ІІ	ІІІ	ІІ	І
Площа виробничого об'єкта, га	< 150									

ДБН В.2.5-74:2013 таблиця 1 – Питома середньодобова (за рік) норма питного водоспоживання

Ступінь благоустрою житлової забудови	Питома середньодобова (за рік) норма питного водоспоживання, л/добу на одного мешканця
Житлова забудова, обладнана внутрішнім водопроводом та каналізацією:	
без ванн	100 – 135
з ваннами та місцевими водонагрівачами	150 – 230
з центральним гарячим водопостачанням	230 – 285

ДБН В.2.5-74:2013 таблиця 2 – Значення коефіцієнту β_{\max} , що враховує кількість мешканців у населеному пункті

Кількість мешканців, тис. осіб	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
β_{\max}	1,35	1,3	1,28	1,26	1,24	1,22	1,2	1,2	1,2	1,2

ДБН В.2.5-74:2013 п. 6.2.12:

При об'єднаному протипожежному водопроводі населеного пункту та виробничого об'єкта, який розташований поза межами населеного пункту, розрахункову кількість одночасних пожеж необхідно приймати:

Площа території виробничого об'єкта	Кількість мешканців у населеному пункті		
	до 10 тис.	св. 10 тис. до 25 тис.	св. 25 тис.
до 150 га	одна пожежа (на виробничому об'єкті або в населеному пункті по найбільшій витраті води)	дві пожежі (одна в населеному пункті та одна на виробничому об'єкті)	За ДБН В.2.5-74:2013 п.6.2.11 та табл.3 при цьому витрата води визначається як сума необхідного більшого (на виробничому об'єкті або в населеному пункті) та 50% необхідного меншого (на виробничому об'єкті або в населеному пункті)
св. 150 га	дві пожежі (дві в населеному пункті або дві на виробничому об'єкті по найбільшій витраті води)		

ДБН В.2.5-74:2013 п. 6.2.11:

Розрахункова кількість одночасних пожеж на виробничому об'єкті приймається в залежності від його площі:

- одна пожежа при площі до 150 га;
- дві пожежі – більш 150 га.

ДБН В.2.5-74:2013 таблиця 3 – Витрати води з водопровідної мережі на зовнішнє пожежогасіння в населених пунктах

Кількість населення в населеному пункті, тис. мешканців	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрата води на зовнішнє пожежогасіння в населеному пункті на одну пожежу, л/с	
		забудова будівлями висотою до двох поверхів включно незалежно від ступеня їхньої вогнестійкості	забудова будівлями висотою три поверхи і вище незалежно від ступеня їхньої вогнестійкості
До 1 включ.	1	5	10
Від 1 до 5 включ.	1	10	10
Те саме 5 « 10 включ.	1	10	15
« 10 « 25 включ.	2	10	15
« 25 « 50 включ.	2	20	25
« 50 « 100 включ.	2	25	35
« 100 « 200 включ.	3	не нормується	40
« 200 « 300 включ.	3	«	55
« 300 « 400 включ.	3	«	70
« 400 « 500 включ.	3	«	80
« 500 « 600 включ.	3	«	85
« 600 « 700 включ.	3	«	90
« 700 « 800 включ.	3	«	95
« 800 « 1000 включ.	3	«	100

ДБН В.2.5-74:2013 таблиця 5 – Витрати води на зовнішнє пожежогасіння будівель виробничого або складського призначення шириною не більше ніж 60 метрів

Ступінь вогнестійкості будівель	Категорія будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпечністю	Витрата води на зовнішнє пожежогасіння будівель виробничого або складського призначення з ліхтарями, а також без ліхтарів шириною не більше ніж 60 м на одну пожежу, л/с, при об'ємах будівель, тис. м ³						
		до 3 включ.	від 3 до 5 включ.	від 5 до 20 включ.	від 20 до 50 включ.	від 50 до 200 включ.	від 200 до 400 включ.	від 400 до 600 включ.
I, II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
I, II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	35	—	—
III	В	10	15	20	30	40	—	—
IIIа	Г, Д	10	10	15	15	20	—	—
IIIа	А, Б, В	15	15	20	25	35	—	—
IIIб	Г, Д	15	20	25	35	—	—	—
IIIб	В	20	25	30	45	—	—	—
IV	Г, Д	10	15	20	30	—	—	—
IV, V	В, Д	15	20	25	40	—	—	—
IVа	Г, Д	20	25	30	40	—	—	—
IVа	В	25	30	35	50	—	—	—

ДБН В.2.5-64:2012 таблиця 3 – Витрати води на внутрішнє пожежогасіння житлових та громадських будівель

Тип будинку, будівлі, споруди	Кількість струменів	Мінімальна витрата води на внутрішнє пожежогасіння, л/с, на один струмінь
1. Житлові будинки		
підвищеної поверховості умовною висотою $26,5 \text{ м} < H \leq 47 \text{ м}$	1	2,5
висотні умовною висотою $47 \text{ м} < H \leq 73,5 \text{ м}$	2	2,5
висотні умовною висотою $73,5 \text{ м} < H \leq 100 \text{ м}$	Відповідно до ДБН В.2.2-41	

ДБН В.2.5-64:2012 таблиця 4 – Витрати води на внутрішнє пожежогасіння виробничих будівель

Ступінь вогнестійкості виробничих та складських будівель	Категорія будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпекою	Кількість струменів і мінімальна витрата води, л/с, на один струмінь, на внутрішнє пожежогасіння у виробничих та складських будівлях висотою до 47 м і об'ємом, тис. м ³							
		0,5–5	від 5–10	від 10–50	від 50–100	від 100–200	від 200–300	від 300–400	від 400–500
I, II, IIIa	A, B, B	2×2,5	2×5	2×5	2×5	2×5	3×5	3×5	4×5
III	B	2×2,5	2×5	2×5	2×5	2×5			
III	Г, Д		2×2,5	2×2,5	2×2,5	2×2,5			
IIIб, IV, IVa, V	B	2×2,5	2×5						
IIIб, IV, IVa, V	Г, Д		2×2,5	2×2,5					

Розподіл добових витрат води по годинах для населеного пункту в залежності від коефіцієнту годинної нерівномірності водоспоживання –

$K_{\max \text{ год}}$

Годин и добы	Витрати води по годинах доби в залежності від коефіцієнту годинної нерівномірності водоспоживання – $K_{\max \text{ год}}$											
	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,5
0–1	3,5	3,35	3,2	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,9	0,85	0,75	0,6
1–2	3,45	3,25	3,2	3,2	2,65	2,1	1,5	1,0	0,9	0,85	0,75	0,6
2–3	3,45	3,3	2,9	2,5	2,2	1,85	1,5	1,0	0,9	0,85	1,0	1,2
3–4	3,4	3,2	2,9	2,6	2,25	1,9	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0
4–5	3,4	3,25	3,3	3,5	3,2	2,85	2,5	2,0	1,35	2,7	3,0	3,5
5–6	3,55	3,4	3,7	4,1	3,9	3,7	3,5	3,0	3,85	4,7	5,5	3,5
6–7	4,0	3,85	4,1	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,2	5,35	5,5	4,5
7–8	4,4	4,45	4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	6,5	6,2	5,85	5,5	10,2
8–9	5,0	5,2	5,0	4,9	5,35	5,8	6,25	6,5	5,5	4,5	3,5	8,8
9–10	4,8	5,05	5,4	5,0	5,85	6,05	6,25	5,5	5,85	4,2	3,5	6,5
10–11	4,7	4,85	5,8	4,9	5,35	5,8	6,25	4,5	5,0	5,5	6,0	4,1
11–12	4,55	4,6	4,6	4,7	5,25	5,7	6,25	5,5	6,5	7,5	8,5	4,1
12–13	4,55	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5,0	7,0	7,5	7,9	8,5	3,5
13–14	4,45	4,55	4,3	4,1	4,4	4,7	5,0	7,0	6,7	6,35	6,0	3,5
14–15	4,6	4,75	4,3	4,1	4,6	5,05	5,5	5,5	5,35	5,2	5,0	4,7
15–16	4,6	4,7	4,3	4,4	4,6	5,3	6,0	4,5	4,65	4,8	5,0	6,2
16–17	4,6	4,5	4,3	4,9	4,9	5,45	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	10,4
17–18	4,3	4,5	4,2	4,1	4,6	5,05	5,5	6,5	5,5	4,5	3,5	9,4
18–19	4,35	4,4	4,4	4,5	4,7	4,85	5,0	6,5	6,3	6,2	6,0	7,3
19–20	4,25	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,35	5,7	6,0	1,6
20–21	4,25	4,3	4,4	4,5	4,4	4,2	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	1,6
21–22	4,15	4,2	4,5	4,8	4,2	3,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0
22–23	3,9	3,75	4,2	4,6	3,7	2,85	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,6
23–24	3,8	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6
Всього	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Розподіл витрат води на господарсько-питні потреби працівників по годинах зміни в залежності від коефіцієнту годинної нерівномірності водоспоживання – $K_{год}$

Години доби	Витрати води по годинах зміни в залежності від коефіцієнту годинної нерівномірності – $K_{год}$
	3 („холодні” цеха)
0–1	12,5
1–2	6,25
2–3	6,25
3–4	6,25
4–5	18,75
5–6	37,5
6–7	6,25
7–8	6,25
Всього	100

Додаток 6

Характеристики резервуарів чистої води
(залізобетонні, проєкт Союзводоканалпроєкт)

Об'єм, м ³	Розміри, м		
	довжина	ширина	глибина
500	12	12	3,64
1000	24	12	3,64
1500	18	18	4,84
2000	24	18	4,84
2500	30	18	4,84
3000	27	24	4,84
4000	26	24	4,84

Додаток 7

Характеристики водонапірних башт

Об'єм бака, м ³	Висота ствола башти, м	Тип башти
100	18; 21; 24; 30; 36; 42; 48; 54	Шатрова башта зі стволом із збірною залізобетону та сталевим баком. Проєкт ДПІ Київпромбуд
200	18; 21; 24; 30; 36; 42; 48; 54	Шатрова башта зі стволом із збірною залізобетону та сталевим баком. Проєкт ДПІ Київпромбуд
500	18; 21; 24; 30; 36; 42; 48; 54	Шатрова залізобетонна башта з сталевим баком. Проєкт ЦНДІЕП
800	18; 21; 24; 30; 36; 42; 48; 54	Шатрова залізобетонна башта з сталевим баком. Проєкт ЦНДІЕП
1000	18; 21; 24; 30; 36; 42; 48; 54	Шатрова залізобетонна башта з сталевим баком. Проєкт ЦНДІЕП
1200	18; 21; 24; 30; 36; 42; 48; 54	Шатрова залізобетонна башта з сталевим баком. Проєкт ЦНДІЕП

Таблиця опорів сталевих та чавунних труб в залежності від їх діаметру

d , мм	Сталеві труби A (для Q м ³ /с)	Чавунні труби A (для Q м ³ /с)
50	11080	13360
70	2893	–
80	1168	1044
100	267	339,1
125	86,2	103,5
150	33,9	39,54
175	20,79	–
200	6,959	8,608
250	2,187	2,638
300	0,8466	0,9863
350	0,3731	0,4368
400	0,1859	0,2191
450	0,09928	0,1187
500	0,05784	0,06782

Характеристики насосів

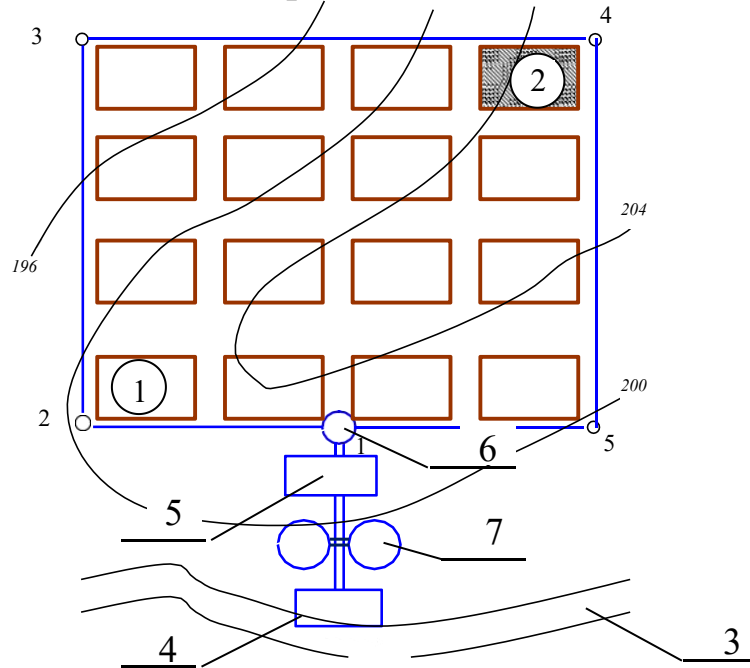
Марка насоса	Напір насоса, м	Подача (витрата) насоса, м³/год
Відцентрові насоси консольного типу		
К20	18	20
К90/20	20	90
К20/30	30	20
К45/30	30	45
К-80-50-200	50	50
К-100-65-200	50	100
К-100-65-250	80	100
Відцентрові насоси консольного типу КМ		
КМ 50-32-125	20	12,5
КМ 65-50-160	32	25
КМ 100-80-160	32	100
КМ 80-50-200	50	50
КМ 100-65-200	50	100
Відцентрово – вихрові насоси		
ЦВК 4/85	85	14,4
ЦВК 5/120	120	18
ЦВК 100/120	120	100
ЦВК 200/140	140	200
ЦВК 6,3/160	160	22,7
Відцентрові насоси типу Д		
Д200-95	23	100
Д200-36	36	200
Д320-50	50	320
Д800-57	57	800
Д500-65	65	500
Д1250-65	65	1250
Д320-70	70	320
Д630-90	90	630

ДБН В.2.5-74:2013 таблиця 33

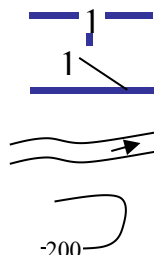
Кількість робочих агрегатів однієї групи	Кількість резервних агрегатів в насосних станціях в залежності від їх категорії		
	I	II	III
До 6 включ.	2	1	1
Від 6 до 9 включ.	2	1	-
Понад 9	2	2	-

Примітка: 1. Насосні станції, що подають воду безпосередньо в мережу протипожежного та об'єднаного протипожежного водопроводу, необхідно відносити до I категорії.

Генеральний план



Умовні позначення



Номери вузлів

Номери ділянок

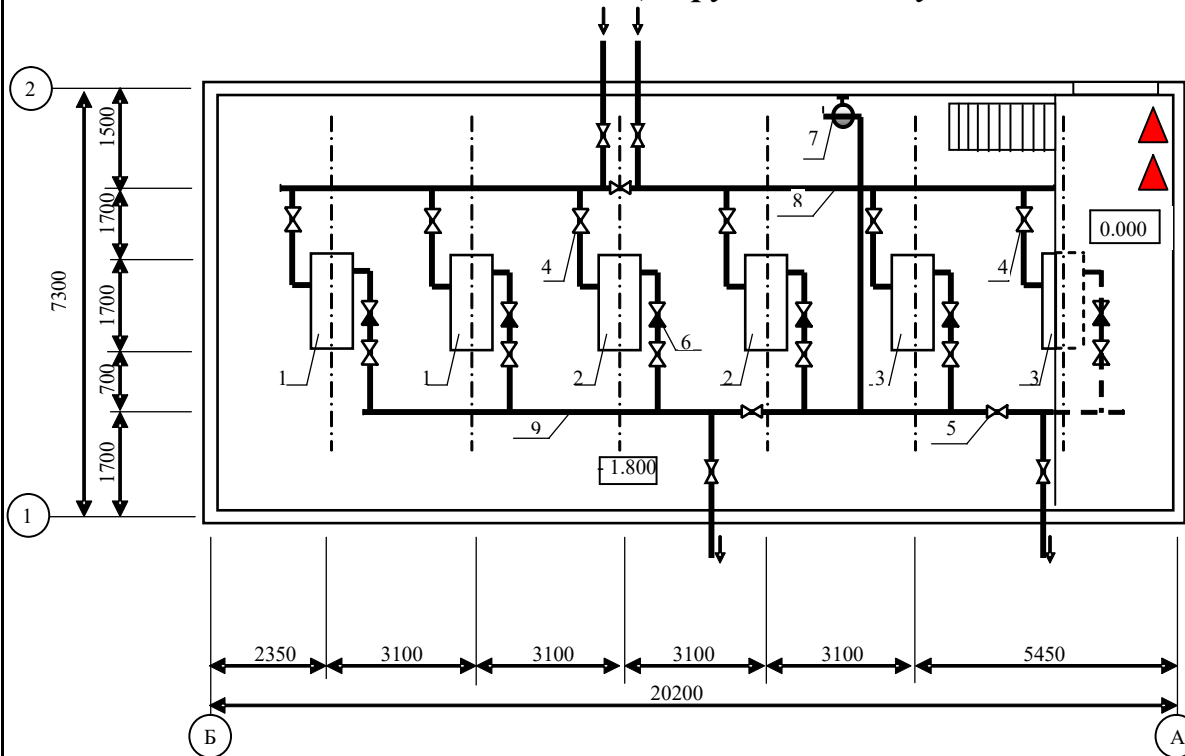
Річка, що являється вододжерелом для системи водопостачання населеного пункту та виробничого об'єкта

Відмітки поверхні землі з горизонталями

Експлікація

№ поз.	Найменування	Кількість	Примітка
1	Житлові квартали населеного пункту	15	
2	Виробничий об'єкт - ???	1	
3	Річка	1	
4	Насосна станція першого підйому	1	
5	Насосна станція другого підйому	1	
6	Водонапірна башта	1	
7	Резервуари чистої води	2	
НУЦЗУ.4.??-???.ППНП.ГЧ			
		Літ.	Аркуш
			Аркушів
	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.			
Перевір.	Петухова О.А.		
Т.контр			
Н.контр			
Затв.			
Противопожежне водопостачання населеного пункту		1	4
Генеральний план		Група	

План насосної станції другого підйому



Примітки:

1. Діаметри всмоктуючих трубопроводів дорівнюють діаметру водоводів між НС-I та НС-II

$$(d_{вод}^{НС-I-НС-II} = \sqrt{\frac{4q_{вод}}{1000 \cdot \pi \cdot v}} = ??? \text{ мм}).$$

2. Діаметри напірних трубопроводів дорівнюють діаметру ділянок, що примикають до точки живлення мережі – вузла №1 ($d=??? \text{ мм}$).

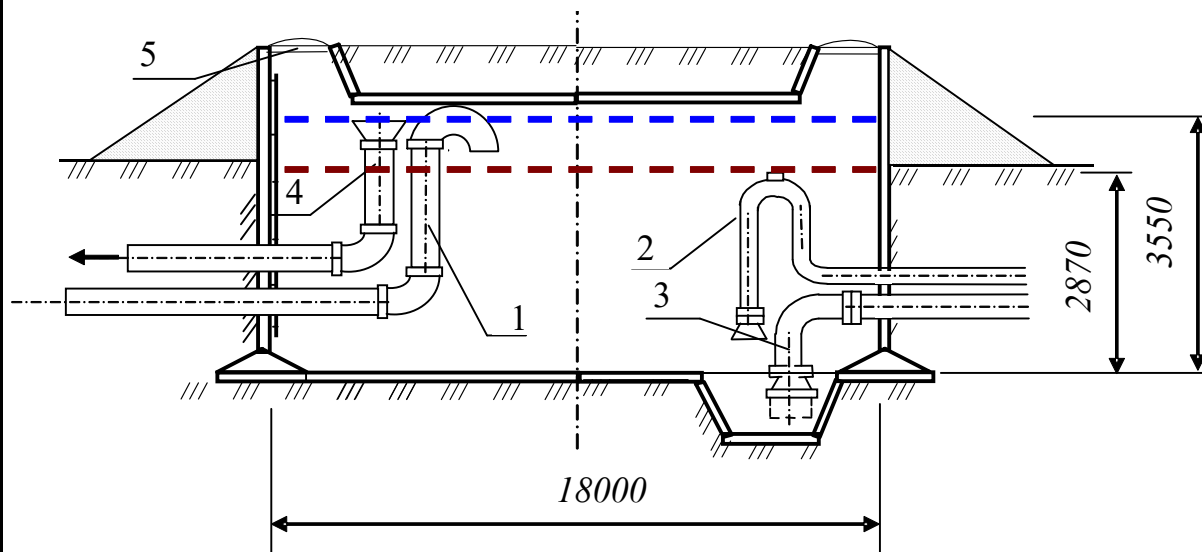
Специфікація

№ поз.	Найменування обладнання	Одиниці виміру	Кількість
1	Насос господарсько-питний марки К 200-65 (робочий першої та другої ступені)	од	2
2	Насос пожежний марки К 200-65 (робочий)	од	2
3	Насос марки К 200-65 (резервний)	од	2
4	Засувка $d = 300 \text{ мм}$	од	9
5	Засувка $d = 200 \text{ мм}$	од	10
6	Клапан регулюючий зворотній $d = 200 \text{ мм}$	од	6
7	Кран-комплект пожежний	од	1
8	Трубопровід всмоктуючий $d = 300 \text{ мм}$	од	2
9	Трубопровід напірний $d = 200 \text{ мм}$	од	2

НУЦЗУ.4.??-???.ППНП.ГЧ

				Противопожарное водопостачання населеного пункту	Літ.	Аркуш	Аркушів
№ докум.	Підп.	Дата					
Розроб.						1	4
Перевір.	Петухова О.А.						
Т.контр							
				План насосної станції другого підйому	Група		
Н.контр							
Затв.							

Схема резервуара чистої води



Примітки:

1. Максимальний рівень води в РЧВ:

$$H_{\max} = \frac{W_{\text{РЧВ}}}{n \times S_{\text{РЧВ}}} = \frac{2300}{2 \times (18 \times 18)} = 3,55 \text{ м}$$

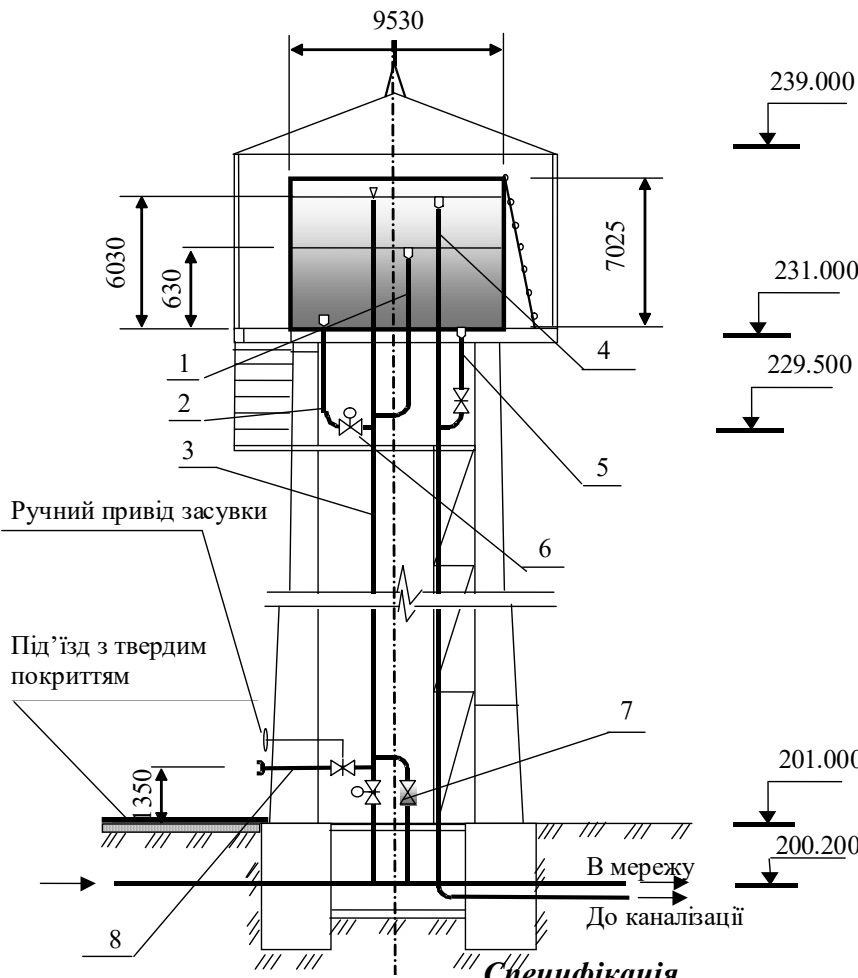
2. Рівень недоторканного запасу води в РЧВ:

$$h_{\text{НЗ}} = \frac{W_{\text{НЗ}}}{n \times S_{\text{РЧВ}}} = \frac{1860}{2 \times (18 \times 18)} = 2,87 \text{ м}$$

Специфікація

№ поз.	Найменування обладнання	Одиниці виміру	Кількість
1	Трубопровід подавальний	од	1
2	Трубопровід забірний (на господарсько-питні потреби)	од	1
3	Трубопровід забірний (на пожежні потреби)	од	1
4	Трубопровід переливний	од	1
5	Горловина РЧВ	од	2
НУЦЗУ.4.??-???.ППНП.ГЧ			
		Літ.	Аркуш
	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.			
Перевір.	Петухова О.А.		
Т.контр			
Н.контр			
Затв.			
Противопожежне водопостачання населеного пункту		3	4
Схема резервуара чистої води		Група	

Схема водонапірної бапти



Примітки:

1. Максимальний рівень води в ВБ:

$$H_{\max} = \frac{4 \times W_{\text{ВБ}}}{\pi \times D_{\text{ВБ}}^2} = \frac{4 \times 430}{3,14 \times 9,53^2} = 6,03 \text{ м}$$

2. Рівень недоторканного запасу води в ВБ:

$$h_{\text{НЗ}} = \frac{4 \times W_{\text{НЗ}}}{\pi \times D_{\text{ВБ}}^2} = \frac{180}{3,14 \times 9,53^2} = 0,63 \text{ м}$$

№ поз.	Найменування обладнання	Одиниці виміру	Кількість
1	Трубопровід забору води на господарсько-питні потреби	од	1
2	Трубопровід забору води на пожежні потреби	од	1
3	Трубопровід подавальний	од	1
4	Трубопровід переливний	од	1
5	Трубопровід грязьовий	од	1
6	Електрозасувка	од	2
7	Зворотній клапан	од	1
8	Патрубки для приєднання пожежної техніки	од	2

НУЦЗУ.4.??-???.ППНП.ГЧ							
				Протипожежне водопостачання населеного пункту	Літ.	Аркуш	Аркушів
	№ докум.	Підп.	Дата			3	4
Розроб.							
Перевір.	Петухова О.А.						
Т.контр							
Н.контр				Схема водонапірної бапти	Група		
Затв.							

Додаток 12 а

**Форма основного напису (штампу) на першому аркуші (зміст)
розрахунково-пояснювальної записки**

8 x 5 = 40					НУЦЗУ.4.??-???.ППНП.РПЗ				
		<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	Тема КП				
	Розроб.								
	Перевір.				5	5	5	15	20
	Н.контр				→ ← <i>група</i>				
Затв.									
	17	23	15	10	185				

Додаток 12 б

**Форма основного напису (штампу) на наступних аркушах
розрахунково-пояснювальної записки**

15					НУЦЗУ.4.??-???.ППНП.РПЗ					<i>Аркуш</i>
		<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>						
	17	23	15	10	185					

Додаток 12 в

Форма основного напису (штампу) на кресленнях графічної частини

11 x 5 = 55					НУЦЗУ.4.??-???.ППНП.ГЧ				
		<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	Тема КП				
	Розроб.								
	Перевір.				5	5	5	17	18
	Т.контр				→ ← <i>група</i>				
Н.контр				<i>Назва креслення</i>					
Затв.									
	17	23	15	10	185				