

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

на тему:

Система водопостачання міста з аналізом варіантів децентралізації

Пестієнко Олександра Василівна

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
водопостачання та водовідведення
Віктор ХОРУЖИЙ
„___” _____ 2024 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

Система водопостачання міста з аналізом варіантів децентралізації

Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незгоду чи допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач Пестієнко Олександра Василівна

192 Будівництво та цивільна інженерія
Водопостачання та водовідведення

Група ВВМ-23

Керівник Аргатенко Т.В.
к.т.н., доцент

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Ідентичність підтверджую

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем та екології

Випускова кафедра: водопостачання та водовідведення

Ступінь вищої освіти: магістр

Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: Водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
водопостачання та водовідведення
Віктор ХОРУЖИЙ
„___” _____ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

Пестієнко Олександра Василівна

1. Тема роботи Система водопостачання міста з аналізом варіантів децентралізації

затверджена наказом ректора КНУБА № __ від «__» ____ 2024 року

2. Керівник роботи

Аргатенко Тетяна Вікторівна, к.т.н., доцент

3. Термін подання здобувачем роботи до захисту _____

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Водопостачання населеного пункту

Р. 2. Монтаж системи водопостачання

Р. 3. Система автоматичного спринклерного пожежогасіння та внутрішній протипожежний водопровід

Р. 4. Автоматизація підвищувальної насосної станції водопостачання

Р. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Графічний матеріал за розділами

Р. 1. _____

Р. 2. _____

Р. 3. _____

Р. 4. _____

Р. 5. _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Перевірів | |
|-----------|---|-----------|--------|
| | | дата | підпис |
| Розділ 1. | | | |
| Розділ 2. | | | |
| Розділ 3. | | | |
| Розділ 4. | доц. Соболевська Т.Г. | | |
| Розділ 5 | доц. Клімова І.В. | | |

7. Календарний план виконання роботи:

| Види робіт та їх зміст | Дата виконання |
|--|----------------|
| Розділ 1. | |
| Розділ 2. | |
| Розділ 3. | |
| Розділ 4. | |
| Розділ 5 | |
| Остаточне оформлення роботи | |
| Направлення роботи для перевірки на плагіат | |
| Попередній захист роботи на випусковій кафедрі | |
| Направлення роботи на рецензування | |

8. Дата видачі завдання _____

Керівник

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Здобувач

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

| | | | |
|---|---|---|--------------------------------|
| РЕЗЮМЕ (SUMMARY) до кваліфікаційної випускної роботи здобувача: | | <i>Пестієнко Олександра Василівна</i> <i>Pestiienko Oleksandra</i> | |
| <i>ЗВО</i> | <i>Київський національний університет будівництва і архітектури</i> | | |
| <i>Тема</i> <i>(українською та англійською)</i> | <i>Система водопостачання міста з аналізом варіантів децентралізації</i> <i>City water supply system with analysis of decentralization options</i> | | |
| <i>Освітній ступінь</i> | <i>Магістр</i> | | |
| <i>Факультет</i> | <i>Інженерних систем та екології</i> | | |
| <i>Випускова кафедра</i> | <i>Водопостачання та водовідведення</i> | | |
| <i>Спеціальність</i> | <i>192 Будівництво та цивільна інженерія</i> | | |
| <i>Освітня програма</i> | <i>Водопостачання та водовідведення</i> | | |
| <i>Керівник</i> | <i>Аргатенко Тетяна Вікторівна, к.т.н., доцент</i> | | |
| <i>Обсяг роботи:</i> | <i>пояснювальна записка, стор.</i> | <i>розділів</i> | <i>креслень формату A1</i> |
| | <i>134</i> | <i>5</i> | <i>12</i> |
| <i>Розділ 1</i> | <i>Водопостачання населеного пункту</i> | | |
| <i>Розділ 2</i> | <i>Монтаж системи водопостачання</i> | | |
| <i>Розділ 3</i> | <i>Система автоматичного спринклерного пожежогасіння та внутрішній протипожежний водопровід</i> | | |
| <i>Розділ 4</i> | <i>Автоматизація підвищувальної насосної станції водопостачання</i> | | |
| <i>Розділ 5.</i> | <i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i> | | |
| <i>Висновки по роботі:</i> | <i>У даній роботі було розроблено систему водопостачання міста з поверхневого джерела. Запроектовано водозабірні споруди, станцію водопідготовки та розподільчу мережу. Гідравлічним розрахунком показано зміни в системі водопостачання при централізованому та децентралізованому водопостачанні. Описано принципи монтажу системи водопостачання, а також автоматизації підвищувальної насосної станції. Забезпечено систему автоматичного спринклерного пожежогасіння та внутрішній протипожежний водопровід. Проведено розрахунок стійкості сховища цивільного захисту до впливу ударної хвилі, ядерного вибуху та радіації.</i> | | |
| <i>Ключові слова:</i> <i>Keywords:</i> | <i>Система водопостачання міста; розподільна мережа; децентралізована система водопостачання</i> <i>City water supply system; distribution network; decentralized water supply system</i> | | |

Здобувач: _____ / _____ /

Керівник: _____ / _____ /

“ _____ ” _____ 20__

Зміст

| | |
|---|-----|
| ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ | 9 |
| 1.1 Визначення добового водоспоживання населеного пункту..... | 11 |
| 1.2 Водопровідна мережа..... | 17 |
| 1.3 Порівняння централізованих та децентралізованих систем водопостачання..... | 29 |
| 1.4 Водозабірні споруди..... | 52 |
| 1.5 Водопровідні очисні споруди..... | 60 |
| МОНТАЖ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ | 74 |
| 2.1 Підготовчі роботи..... | 75 |
| 2.2 Визначення розмірів траншеї | 76 |
| 2.3 Вибір транспортного засобу для перевезення труб і визначення кількості одночасно перевезених труб. | 76 |
| 2.4 Вибір крану та схеми розвантаження, складування і монтажу | 78 |
| 2.5 Монтаж трубопроводу | 80 |
| 2.6 Технологія монтажу колодязів із збірних залізобетонних елементів. . | 86 |
| 2.7 Визначення будівельно монтажних елементів колодязя..... | 87 |
| 2.8 Вибір крану для монтажу колодязів | 90 |
| 2.9 Гідравлічне випробування трубопроводу | 91 |
| 2.10 Розрахунок нормативів виконання робіт | 95 |
| 2.11 Техніка безпеки..... | 98 |
| СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО СПРИНКЛЕРНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ ТА ВНУТРІШНІЙ ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ВОДОПРОВІД..... | 99 |
| 3.1 Призначення системи..... | 100 |
| 3.2 Основні проєктні рішення | 100 |
| 3.3 Принцип роботи системи..... | 106 |
| 3.4 Відомості до виконання монтажних робіт | 107 |
| АВТОМАТИЗАЦІЯ ПІДВИЩУВАЛЬНОЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ | 109 |
| 4.1 Загальні відомості про підвищувальну насосну станцію водопостачання..... | 110 |

| | | |
|--|--|-----|
| 4.2 | Аналіз режимів функціонування підвищувальної насосної станції водопостачання..... | 112 |
| ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... | | 114 |
| 5.1 | Будівництво захисних споруд цивільного захисту | 115 |
| 5.2 | Визначення захисних властивостей сховища ЦЗ від дії ударної хвилі, ядерного вибуху і радіації | 117 |
| 5.3 | Визначення максимальних значень параметрів факторів ураження ядерного вибуху, які очікуються на об'єкті..... | 118 |
| 5.4 | Оцінка стійкості об'єкта до дії проникаючої радіації та радіоактивного забруднення | 118 |
| 1.2. | Об'ємно-планувальне рішення захисних споруд..... | 121 |
| 5.5 | Розрахунок основних приміщень сховища..... | 122 |
| 5.6 | Розрахунок допоміжних приміщень сховища. | 123 |
| 5.7 | Визначення складу санітарно-технічного обладнання й систем енергопостачання | 125 |
| 5.8 | Графічна частина | 127 |
| 5.9 | Висновки..... | 129 |
| 5.10 | Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при виконанні санітарно-технічних робіт | 130 |
| Список використаної літератури: | | 133 |

Вступ

У даній роботі розроблено систему водопостачання населеного пункту з 61 тис. мешканців. Виконано гідравлічний розрахунок мережі для трьох розрахункових режимів. Побудовано графіки п'єзометричних напорів, запропоновано розглянути зміни в системі водопостачання за рахунок секціонування мережі. Розглянуто порівняння централізованих та децентралізованих систем водопостачання. Запроєктовано водозабірні споруди руслового типу.

Передбачено систему автоматичного спринклерного пожежогасіння та внутрішній протипожежний водопровід. Розглянуто принцип монтажу системи водопостачання, а також автоматизації підвищувальної насосної станції. Розраховано стійкість сховища цивільного захисту до дії ударної хвилі, ядерного вибуху і радіації.

ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

Консультант:

/ доц. Аргатенко Т.В. /

Вихідні дані для проектування:

| № | Параметр | I район | II район |
|---|---|---|--|
| 1 | Населення (осіб) | 37000 | 24000 |
| 2 | Поверховість забудови міста (поверхів) | 6 | 3 |
| 3 | Ступінь благоустрою житлової забудови (ДБН В.2.5-74:2013, табл.1) | з централізованим гарячим водопостачанням | з ваннами та місцевими водонагрівачами |

4. Кліматичний район населеного пункту (ДСТУ-Н Б.В.1.1-27) – II Східний степ

5. Промислові підприємства:

| № | Назва | К-сть змін роботи | Одиниця виміру продукції | Кількість продукції, що випускається | | Норма витрати води на одиницю продукції м ³ | Кількість працівників | | % працівників у гарячих цехах | % працівників, що приймають душ |
|---|------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|----------------|--|-----------------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | | | | за добу | за макс. зміну | | за добу | за макс. зміну | | |
| 1 | Сироварний завод | 1 | т | 250 | 250 | 12 | 140 | 140 | 20 | 50 |
| 2 | Молокозавод | 2 | 1000 банок | 2 | 1 | 600 | 900 | 450 | 50 | 60 |
| 3 | Хлібозавод | 3 | т | 50 | 20 | 80 | 2300 | 800 | 60 | 80 |

6. Довжина напірних водоводів - 1,6 км

7. Відмітка поверхні землі біля насосної станції II підйому - 110,0 м

8. Генплан міста (М 1:10000)

**ПЛАН ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ
М 1:10000**

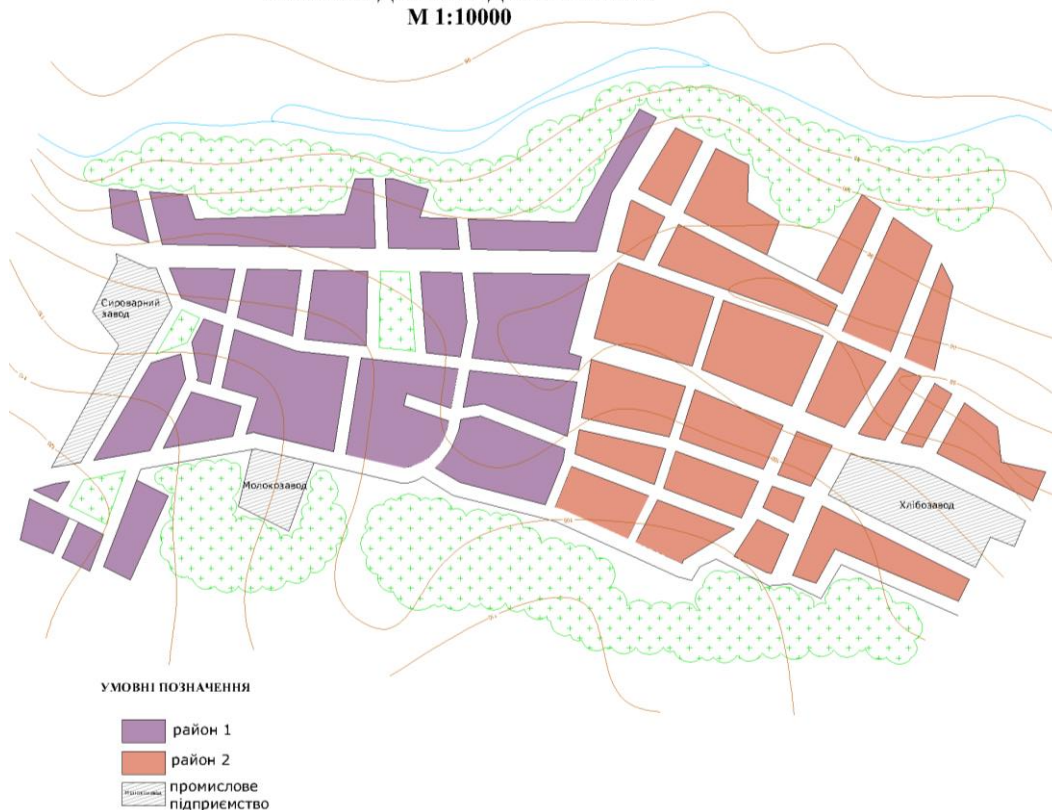


Рис. 1. План міста

1.1 Визначення добового водоспоживання населеного пункту

Розрахункові добові витрати води на господарсько-питні потреби населення:

$$Q_{\text{доб.ср}} = N * q_{\text{ж}} / 1000, \text{ м}^3/\text{добу}$$

Розрахункові витрати води на господарсько-питні потреби населення:

$$Q_{\text{доб.макс}} = K_{\text{доб.макс}} * Q_{\text{доб.ср}}$$

$$Q_{\text{доб.мін}} = K_{\text{доб.мін}} * Q_{\text{доб.ср}}$$

де $K_{\text{доб.макс}} = 1,1-1,3$ і $K_{\text{доб.мін}} = 0,7-0,9$ – коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання [1].

Водоспоживання населення міста

Таблиця 1.

| Райони міста | N, осіб | q _ж , л/ос.добу | Q _{доб.ср} , м ³ /добу | K _{доб.макс} , м ³ /добу | Q _{доб.макс} , м ³ /добу | K _{доб.мін} | Q _{доб.мін} , м ³ /добу |
|--------------|--------------|----------------------------|--|--|--|----------------------|---|
| I | 37000 | 250 | 9250 | 1,2 | 11100 | 0,8 | 7400 |
| II | 24000 | 180 | 4320 | 1,2 | 5184 | 0,8 | 3456 |
| Разом | 61000 | - | 13570 | - | 16284 | - | 10856 |

Водоспоживання на виробничі потреби підприємств

Таблиця 2.

| Назва підприємства | № зміни | Одиниця продукції | q, м ³ /од | N, од./зміну | Q, м ³ /зміну |
|--------------------|---------------|-------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|
| Сироварний завод | 1 | т | 12 | 250 | 3000 |
| | 2 | - | - | - | - |
| | 3 | - | - | - | - |
| | Всього | | | 250 | 3000 |
| Молокозавод | 1 | 1000 банок | 600 | 1 | 600 |
| | 2 | 1000 банок | 600 | 1 | 600 |
| | 3 | - | - | - | - |
| | Всього | | | 2 | 1200 |
| Хлібзавод | 1 | т | 80 | 20 | 1600 |
| | 2 | т | 80 | 15 | 1200 |
| | 3 | т | 80 | 15 | 1200 |
| | Всього | | | 50 | 4000 |
| Разом: | | | | 302 | 8200 |

Витрати води на господарсько-питні потреби робітників на підприємствах у зміну [1]:

- для гарячих цехів q_{Γ} – 45 л/особу;
- для холодних $q_{\text{х}}$ – 25 л/особу.

Водоспоживання на господарсько-питні потреби підприємств та прийняття душу

Таблиця 3.

| № підприємства | № зміни | К-сть працюючих, ос. | Гарячі цехи | | | Холодні цехи | | | Q _{г.п.} , м ³ /зм | Прийом душу | | | |
|----------------|----------|----------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------|-------------------------------|--|-------------|
| | | | N _{г.} , осіб | q _{г.} , л/ос | Q _{г.} , м ³ /зм. | N _{х.} , осіб | q _{х.} , л/ос | Q _{х.} , м ³ /зм. | | N _{душ.} , осіб | Q _{душ.} , л/ос.з м. | Q _{душ.} , м ³ /зм | |
| 1 | 1 | 140 | 28 | 45 | 1,26 | 112 | 25 | 2,8 | 4,06 | 70 | 53,5 | 3,75 | |
| | 2 | - | - | | - | - | | - | - | - | | - | - |
| | 3 | - | - | | - | - | | - | - | - | | - | - |
| | Σ | 140 | 28 | | - | 1,26 | | 112 | - | 2,8 | | 4,06 | 70 |
| 2 | 1 | 450 | 225 | 45 | 10,125 | 225 | 25 | 5,625 | 15,75 | 270 | 53,5 | 14,45 | |
| | 2 | 450 | 225 | | 10,125 | 225 | | 5,625 | 15,75 | 270 | | 14,45 | |
| | 3 | - | - | | - | - | | - | - | - | | - | - |
| | Σ | 900 | 450 | | - | 20,25 | | 450 | - | 11,25 | | 31,5 | 540 |
| 3 | 1 | 800 | 480 | 45 | 21,6 | 320 | 25 | 8 | 29,6 | 640 | 53,5 | 34,24 | |
| | 2 | 750 | 450 | | 20,25 | 300 | | 7,5 | 27,75 | 600 | | 32,1 | |
| | 3 | 750 | 450 | | 20,25 | 300 | | 7,5 | 27,75 | 600 | | 32,1 | |
| | Σ | 2300 | 1380 | | - | 62,1 | | 920 | - | 23 | | 85,1 | 1840 |
| Разом | - | 3340 | 1858 | - | 83,61 | 1482 | - | 37,05 | 120,7 | 2450 | - | 131,08 | |

Витрати води на полив вулиць та зелених насаджень

Таблиця 4.

| Райони міста | Кількість населення, осіб | Питомі витрати води, л/ос.добу | Витрата води, м ³ /добу |
|--------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| I | 37000 | 60 | 2220 |
| II | 24000 | 60 | 1440 |
| Разом | 61000 | - | 3660 |

Баланс добового водоспоживання міста

Таблиця 5.

| № | Споживачі | Витрата води, м ³ /добу | | |
|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|--|
| | | Середньодобове водоспоживанн я | доба максимального водоспоживанн я | доба мінімального водоспоживанн я |
| 1 | Населення I району | 9250 | 11100 | 7400 |
| | Невраховані витрати | 925 | 1110 | 740 |
| | Разом | 10175 | 12210 | 8140 |
| 2 | Населення II району | 4320 | 5184 | 3456 |
| | Невраховані витрати | 432 | 518,4 | 345,6 |
| | Разом | 4752 | 5702,4 | 3801,6 |
| 3 | Підприємство 1 | | | |
| | Виробничі потреби | 3000 | 3000 | 3000 |
| | Господарсько-питні | 4,06 | 4,06 | 4,06 |
| | Душові | 3,745 | 3,745 | 3,745 |
| | Разом | 3007,805 | 3007,805 | 3007,805 |
| 4 | Підприємство 2 | | | |
| | Виробничі потреби | 1200 | 1200 | 1200 |
| | Господарсько-питні | 31,5 | 31,5 | 31,5 |
| | Душові | 28,89 | 28,89 | 28,89 |
| | Разом | 1260,39 | 1260,39 | 1260,39 |
| 5 | Підприємство 3 | | | |
| | Виробничі потреби | 4000 | 4000 | 4000 |
| | Господарсько-питні | 85,1 | 85,1 | 85,1 |
| | Душові | 98,44 | 98,44 | 98,44 |
| | Разом | 4183,54 | 4183,54 | 4183,54 |
| 6 | Полив вулиць і зелених насаджень | | | |
| | I район | 1110 | 2220 | 0 |
| | II район | 720 | 1440 | 0 |
| | Разом | 1830 | 3660 | 0 |
| Всього по місту | | 25208,735 | 30024,135 | 20393,335 |

Визначення погодинних витрат води

Максимальний коефіцієнт погодинної нерівномірності водоспоживання населенням для кожного району [1]:

$$K_{г.маx} = \alpha_{маx} \cdot \beta_{маx} ;$$

де $\alpha_{маx}$ – коефіцієнт, який враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови [1];

β – коефіцієнт, який враховує чисельність мешканців у населеному пункті [1]

$$\text{I район: } K_{г.маx.I} = 1,2 \cdot 1,18 = 1,42; \text{ приймаємо } K_{г.маx} = 1,4;$$

$$\text{II район: } K_{г.маx.II} = 1,3 \cdot 1,19 = 1,55; \text{ приймаємо } K_{г.маx} = 1,5.$$

Загальні витрати води за годинами розраховуємо для доби з максимальним водоспоживанням (табл. 6). Витрати води на виробничі та господарсько-питні потреби підприємств розподіляються рівномірно протягом зміни. Для всіх підприємств приймаємо 8-годинну зміну, яка починається о 8-й годині. Вода для душових витрачається протягом 45 хвилин після закінчення кожної зміни.

Витрати води на полив зелених насаджень, вулиць і площ здійснюється з урахуванням вимог [1], згідно з якими полив проводять у години мінімального та середнього водоспоживання.

Визначення погодинних витрат у місті

Таблиця 6.

| Годи- ни добі | Населення І району | | Населення ІІ району | | Разом | Підприємство 1 | | | | Підприємство 2 | | | | Підприємство 3 | | | | ΣQ, м³/год | Полив | | Q _{запас} , м³/год |
|---------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------|----------------|----------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|-------------------|--------------|---------------|-----------------------------|
| | % від Q _{запас} | витрата, м³/год | % від Q _{запас} | витрата, м³/год | | Вироб- ничі | госп- питні | Ду- шові | разом | Вироб- ничі | госп- питні | Ду- шові | разом | Вироб- ничі | госп- питні | Ду- шові | разом | | І ра- йон | ІІ ра- йон | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 0-1 | 2,5 | 305,25 | 1,5 | 85,536 | 390,786 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14,445 | 14,445 | 150 | 3,46875 | 32,1 | 185,56875 | 590,79975 | | | 590,79975 |
| 1-2 | 2,65 | 323,565 | 1,5 | 85,536 | 409,101 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 562,56975 | | | 562,56975 |
| 2-3 | 2,2 | 268,62 | 1,5 | 85,536 | 354,156 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 507,62475 | | | 507,62475 |
| 3-4 | 2,25 | 274,725 | 1,5 | 85,536 | 360,261 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 513,72975 | | | 513,72975 |
| 4-5 | 3,2 | 390,72 | 2,5 | 142,56 | 533,28 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 686,74875 | | | 686,74875 |
| 5-6 | 3,9 | 476,19 | 3,5 | 199,584 | 675,774 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 829,24275 | 277,5 | 240 | 1346,74275 |
| 6-7 | 4,5 | 549,45 | 4,5 | 256,608 | 806,058 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 959,52675 | 277,5 | 240 | 1477,02675 |
| 7-8 | 5,1 | 622,71 | 5,5 | 313,632 | 936,342 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 1089,81075 | 277,5 | 240 | 1607,31075 |
| 8-9 | 5,35 | 653,235 | 6,25 | 356,4 | 1009,635 | 375 | 0,5075 | 0 | 375,5075 | 75 | 1,96875 | 0 | 76,96875 | 200 | 3,7 | 32,1 | 237,94 | 1700,05125 | | | 1700,05125 |
| 9-10 | 5,85 | 714,285 | 6,25 | 356,4 | 1070,685 | 375 | 0,5075 | | 375,5075 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 200 | 3,7 | | 203,7 | 1726,86125 | | | 1726,86125 |
| 10-11 | 5,35 | 653,235 | 6,25 | 356,4 | 1009,635 | 375 | 0,5075 | | 375,5075 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 200 | 3,7 | | 203,7 | 1665,81125 | | | 1665,81125 |
| 11-12 | 5,25 | 641,025 | 6,25 | 356,4 | 997,425 | 375 | 0,5075 | | 375,5075 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 200 | 3,7 | | 203,7 | 1653,60125 | | | 1653,60125 |
| 12-13 | 4,6 | 561,66 | 5 | 285,12 | 846,78 | 375 | 0,5075 | | 375,5075 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 200 | 3,7 | | 203,7 | 1502,95625 | | | 1502,95625 |
| 13-14 | 4,4 | 537,24 | 5 | 285,12 | 822,36 | 375 | 0,5075 | | 375,5075 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 200 | 3,7 | | 203,7 | 1478,53625 | | | 1478,53625 |
| 14-15 | 4,6 | 561,66 | 5,5 | 313,632 | 875,292 | 375 | 0,5075 | | 375,5075 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 200 | 3,7 | | 203,7 | 1531,46825 | | | 1531,46825 |
| 15-16 | 4,6 | 561,66 | 6 | 342,144 | 903,804 | 375 | 0,5075 | | 375,5075 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 200 | 3,7 | | 203,7 | 1559,98025 | | | 1559,98025 |
| 16-17 | 4,9 | 598,29 | 6 | 342,144 | 940,434 | 0 | 0 | 3,745 | 3,745 | 75 | 1,96875 | 14,445 | 91,41375 | 150 | 3,46875 | 34,24 | 185,56875 | 1221,1615 | 277,5 | | 1498,6615 |
| 17-18 | 4,6 | 561,66 | 5,5 | 313,632 | 875,292 | 0 | 0 | | 0 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 1105,7295 | 277,5 | | 1383,2295 |
| 18-19 | 4,7 | 573,87 | 5 | 285,12 | 858,99 | 0 | 0 | | 0 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 1089,4275 | 277,5 | 240 | 1606,9275 |
| 19-20 | 4,5 | 549,45 | 4,5 | 256,608 | 806,058 | 0 | 0 | | 0 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 1036,4955 | 277,5 | 240 | 1553,9955 |
| 20-21 | 4,4 | 537,24 | 4 | 228,096 | 765,336 | 0 | 0 | | 0 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 995,7735 | 277,5 | 240 | 1513,2735 |
| 21-22 | 4,2 | 512,82 | 3 | 171,072 | 683,892 | 0 | 0 | | 0 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 914,3295 | | | 914,3295 |
| 22-23 | 3,7 | 451,77 | 2 | 114,048 | 565,818 | 0 | 0 | | 0 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 796,2555 | | | 796,2555 |
| 23-24 | 2,7 | 329,67 | 1,5 | 85,536 | 415,206 | 0 | 0 | | 0 | 75 | 1,96875 | | 76,96875 | 150 | 3,46875 | | 153,46875 | 645,6435 | | | 645,6435 |
| Всьо- го | 100 | 12210 | 100 | 5702,4 | 17912,4 | 3000 | 4,06 | 3,745 | 3007,805 | 1200 | 31,5 | 28,89 | 1260,39 | 4000 | 85,1 | 98,44 | 4183,54 | 26364,135 | 2220 | 1440 | 30024,135 |

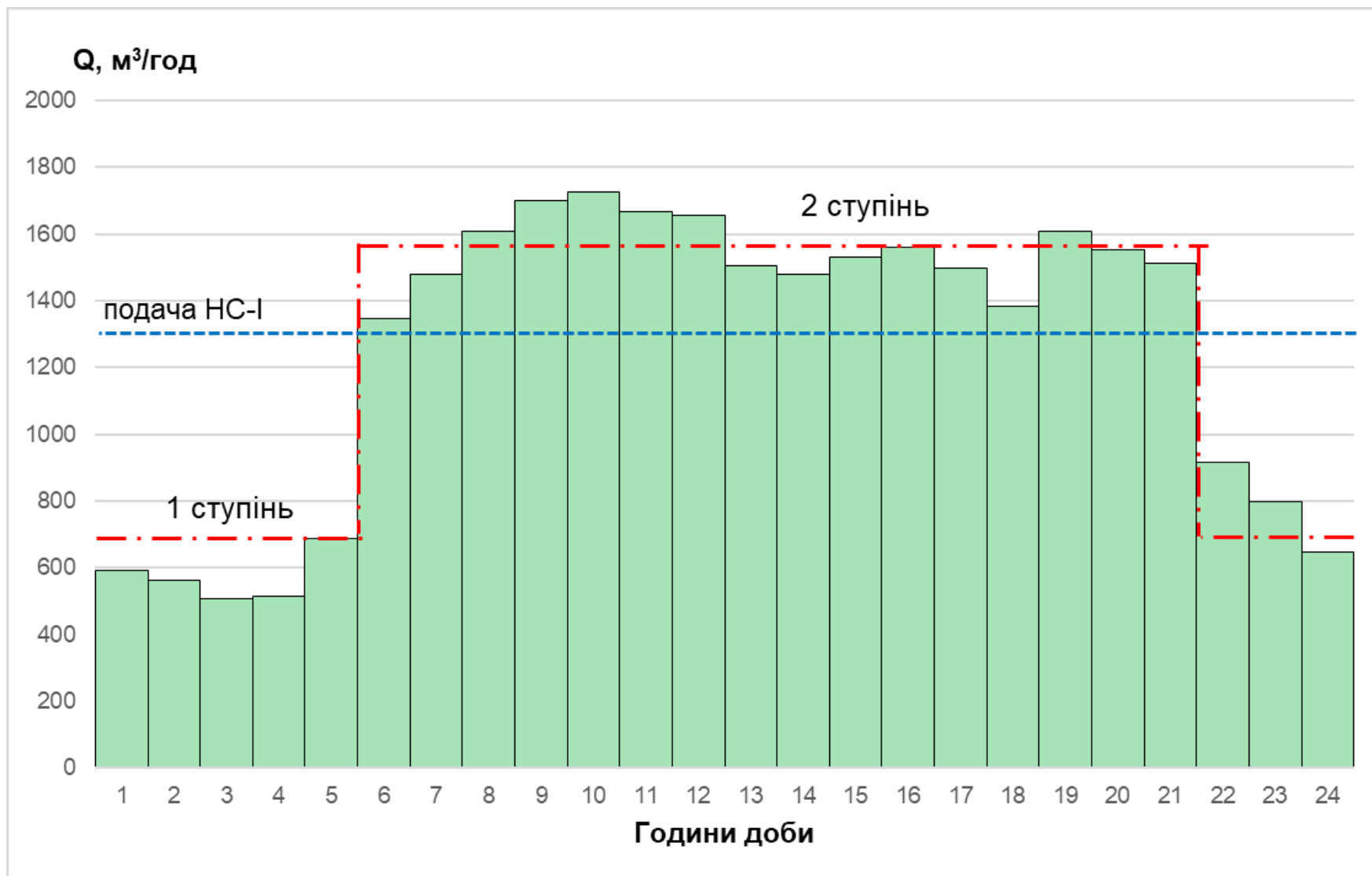


Рис. 2. Добові графіки водоспоживання міста і подачі води насосними станціями

Призначаємо подачу води насосами першого підйому (НС-I) і тривалість роботи кожної ступені на насосній станції другого підйому (НС-II).

Визначення подачі насосів на насосних станціях

Таблиця 7.

| | Тривалість роботи насосів, год. | Витрата м ³ /год | Подача м ³ /добу |
|-----------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 ступінь | 8 | 652,213 | 5217,701 |
| 2 ступінь | 16 | 1550,402 | 24806,433 |
| НС-1 | 24 | 1251,005 | 30024,135 |

1.2 Водопровідна мережа

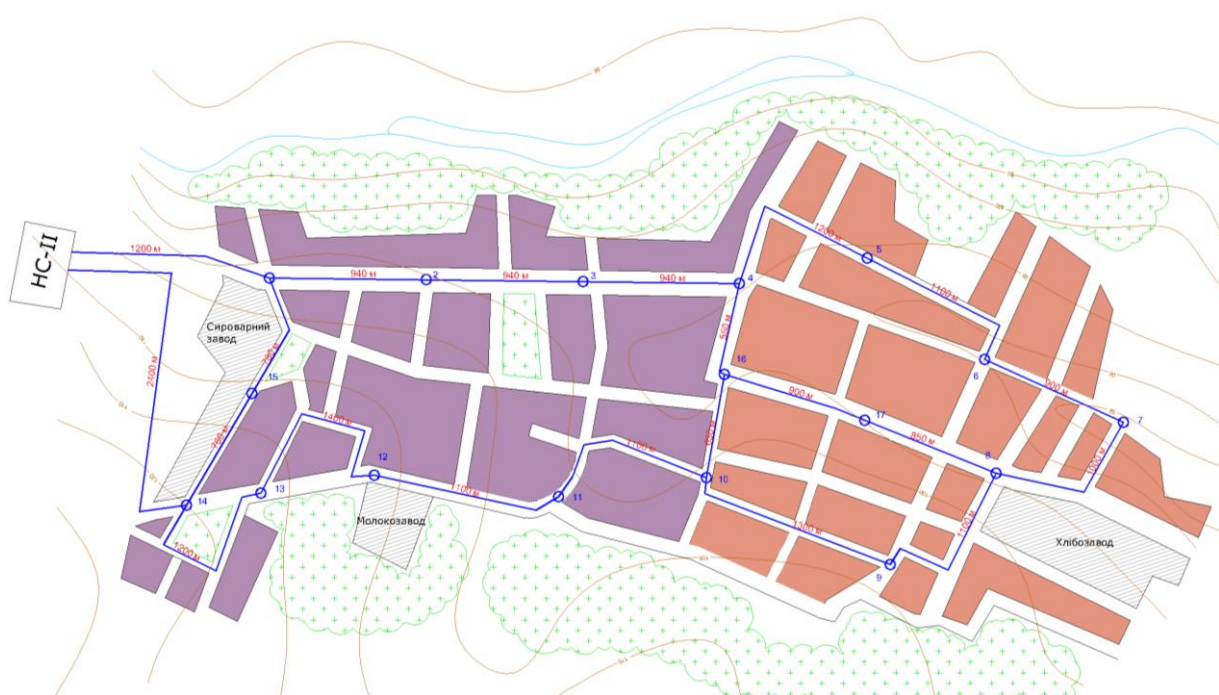


Рис. 3. Трасування водопровідної мережі

Перевіряємо мережу на три розрахункові режими у добу максимального водоспоживання:

- години максимального водовідбору з мережі (година 9-10 табл.6);
- години мінімального водовідбору з мережі (година 2-3 табл.6);
- гасіння пожежі при максимальному водовідборі.

Визначення розрахункових секундних витрат води

Таблиця 8.

| Розмірність | Q _{нас.І} | Q _{нас.ІІ} | Q _{підпр..І} | Q _{підпр..2} | Q _{підпр..3} | Q _{пол..І} | Q _{пол..2} | Всього |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------|
| ГОДИНА МАКСИМАЛЬНОГО ВОДОСПОЖИВАННЯ | | | | | | | | |
| м ³ /год | 714,3 | 356,4 | 375,5 | 77,0 | 203,7 | 0,0 | 0,0 | 1726,9 |
| л/с | 198,4 | 99 | 104,3 | 21,4 | 56,6 | 0,0 | 0,0 | 479,7 |
| ГОДИНА МІНІМАЛЬНОГО ВОДОСПОЖИВАННЯ | | | | | | | | |
| м ³ /год | 268,6 | 85,5 | 0,0 | 0,0 | 153,5 | 277,5 | 0,0 | 507,6 |
| л/с | 74,6 | 23,8 | 0,0 | 0,0 | 42,6 | 77,1 | 0,0 | 141,0 |

Визначення секундних витрат живлення мережі

Таблиця 9.

| Одиниця | Режим | Водоспоживання | Подача насосів |
|---------------------|---------|-----------------|----------------|
| м ³ /год | max | 1726,86 | 1550,40 |
| л/с | | 479,68 | 430,67 |
| м ³ /год | min | 507,62 | 1550,40 |
| л/с | | 141,01 | 430,67 |
| м ³ /год | max+пож | 1978,92 | 1978,92 |
| л/с | | 479,7+70=549,68 | 549,68 |

Питомі витрати води для кожного району:

- при максимальному водоспоживанні:

$$q_{\text{пит.І}} = \frac{q_{\text{нас.І}} + q_{\text{пол.І}}}{L_{\text{І}}} = \frac{198,4 + 0}{9770} = 0,02 \text{ л/с} * \text{м};$$

$$q_{\text{пит.ІІ}} = \frac{q_{\text{нас.ІІ}} + q_{\text{пол.ІІ}}}{L_{\text{ІІ}}} = \frac{99 + 0}{8905} = 0,0111 \text{ л/с} * \text{м};$$

- при мінімальному водоспоживанні:

$$q_{\text{пит.І}} = \frac{74,6+77,1}{9770} = 0,0076 \text{ л/с * м};$$

$$q_{\text{пит.ІІ}} = \frac{23,8+0}{8905} = 0,0027 \text{ л/с * м}.$$

Визначення дорожніх витрат води

Таблиця 10.

| Ділянка | Розрахункова довжина, м | Q _{д.мах} , л/с | Q _{д.мін} , л/с |
|---------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1-2 | 940 | 19,090 | 7,179 |
| 2-3 | 940 | 19,090 | 7,179 |
| 3-4 | 940 | 19,090 | 7,179 |
| 4-16 | 275 | 5,585 | 2,100 |
| 16-10 | 315 | 6,397 | 2,406 |
| 10-11 | 1100 | 22,340 | 8,400 |
| 11-12 | 1100 | 22,340 | 8,400 |
| 12-13 | 1400 | 28,432 | 10,691 |
| 13-14 | 1200 | 24,371 | 9,164 |
| 14-15 | 780 | 15,841 | 5,957 |
| 15-1 | 780 | 15,841 | 5,957 |
| Разом | 9770 | 198,417 | 74,611 |
| 4-5 | 1180 | 13,118 | 3,147 |
| 5-6 | 1110 | 12,340 | 2,960 |
| 6-7 | 915 | 10,172 | 2,440 |
| 7-8 | 1020 | 11,340 | 2,720 |
| 8-9 | 1075 | 11,951 | 2,867 |
| 9-10 | 1280 | 14,230 | 3,414 |
| 10-16 | 315 | 3,502 | 0,840 |
| 16-4 | 275 | 3,057 | 0,733 |
| 16-17 | 885 | 9,839 | 2,360 |
| 17-8 | 850 | 9,450 | 2,267 |
| Разом | 8905 | 99,00 | 23,76 |
| Всього | | 297,417 | 98,361 |

Визначення вузлових відборів

Таблиця 11.

| № вузла | max | | | max+пож | | min | | |
|--------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | q _{вузл} , л/с | q _{зос} , л/с | Q _{вузл} , л/с | q _{пож} , л/с | Q _{вузл} , л/с | q _{вузл} , л/с | q _{зос} , л/с | Q _{вузл} , л/с |
| 1 | 17,47 | 21,39 | 38,9 | | 38,9 | 6,57 | 0,00 | 6,6 |
| 2 | 19,09 | | 19,1 | | 19,1 | 7,18 | | 7,2 |
| 3 | 19,09 | | 19,1 | | 19,1 | 7,18 | | 7,2 |
| 4 | 20,43 | | 20,4 | | 20,4 | 6,58 | | 6,6 |
| 5 | 12,73 | | 12,7 | | 12,7 | 3,05 | | 3,1 |
| 6 | 11,26 | | 11,3 | | 11,3 | 2,70 | | 2,7 |
| 7 | 10,76 | | 10,8 | | 10,8 | 2,58 | | 2,6 |
| 8 | 16,37 | 56,6 | 73,0 | 35 | 108,0 | 3,93 | 42,6 | 46,6 |
| 9 | 13,09 | | 13,1 | 35 | 48,1 | 3,14 | | 3,1 |
| 10 | 23,23 | | 23,2 | | 23,2 | 7,53 | | 7,5 |
| 11 | 22,34 | | 22,3 | | 22,3 | 8,40 | | 8,4 |
| 12 | 25,39 | 104,3 | 129,7 | | 129,7 | 9,55 | 0,0 | 9,5 |
| 13 | 26,40 | | 26,4 | | 26,4 | 9,93 | | 9,9 |
| 14 | 20,11 | | 20,1 | | 20,1 | 7,56 | | 7,6 |
| 15 | 15,84 | | 15,8 | | 15,8 | 5,96 | | 6,0 |
| 16 | 14,19 | | 14,2 | | 14,2 | 4,22 | | 4,2 |
| 17 | 9,64 | | 9,6 | | 9,6 | 2,31 | | 2,3 |
| Разом | 297,41 | | 479,7 | | 549,7 | 98,4 | | 141,0 |

Гідралічний розрахунок водопровідної мережі

Схеми попереднього поточкорозподілу

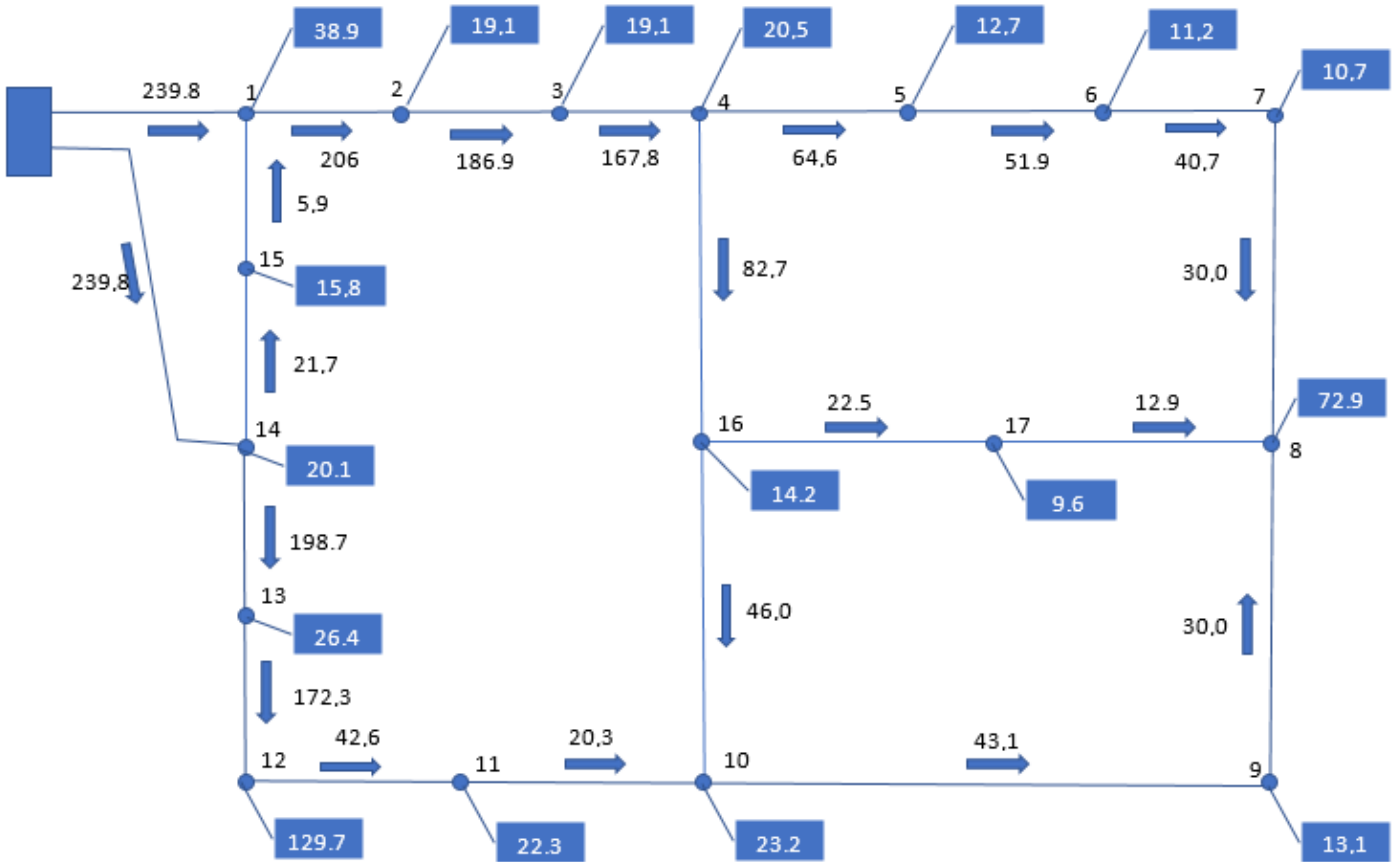


Рис. 4. Попередній розподіл води під час максимального відбору

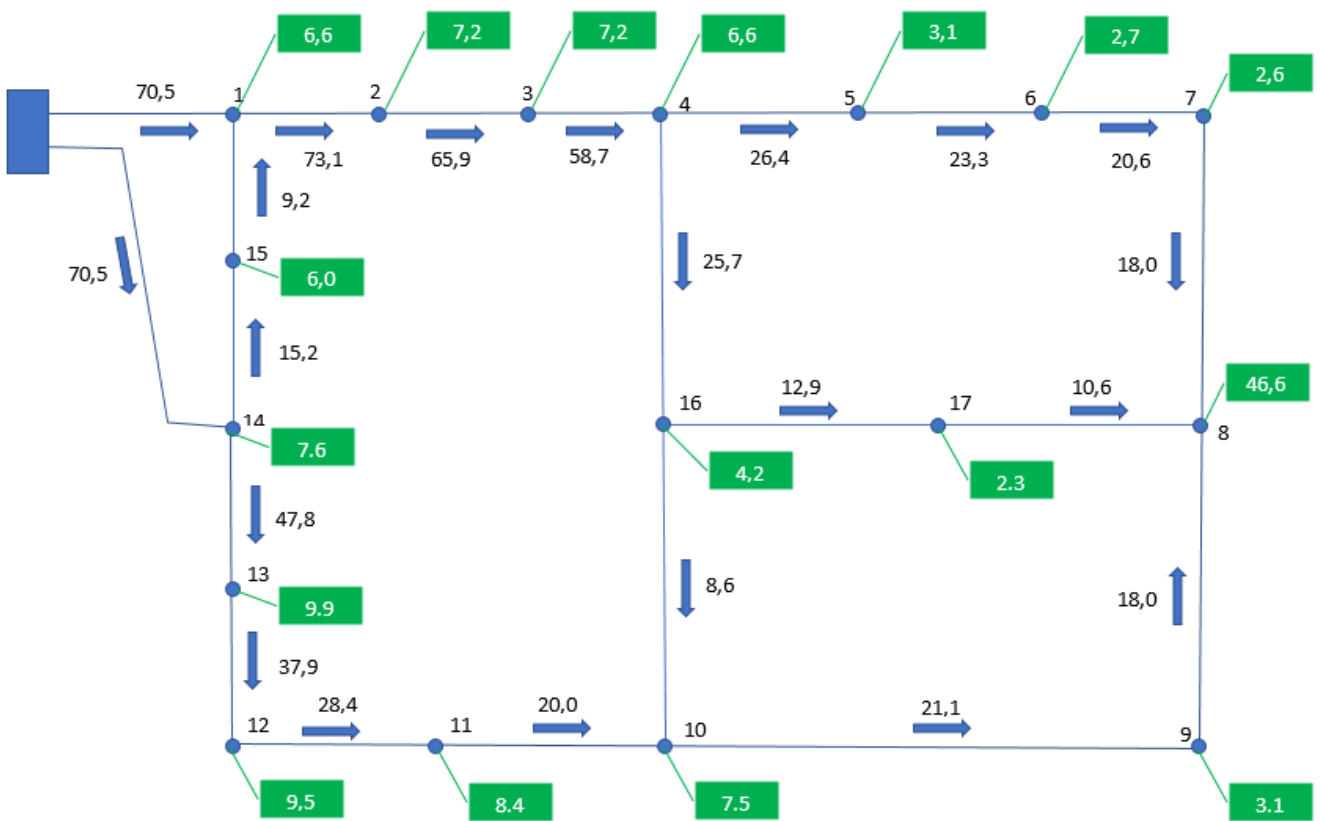


Рис. 5. Попередній розподіл води під час мінімального відбору

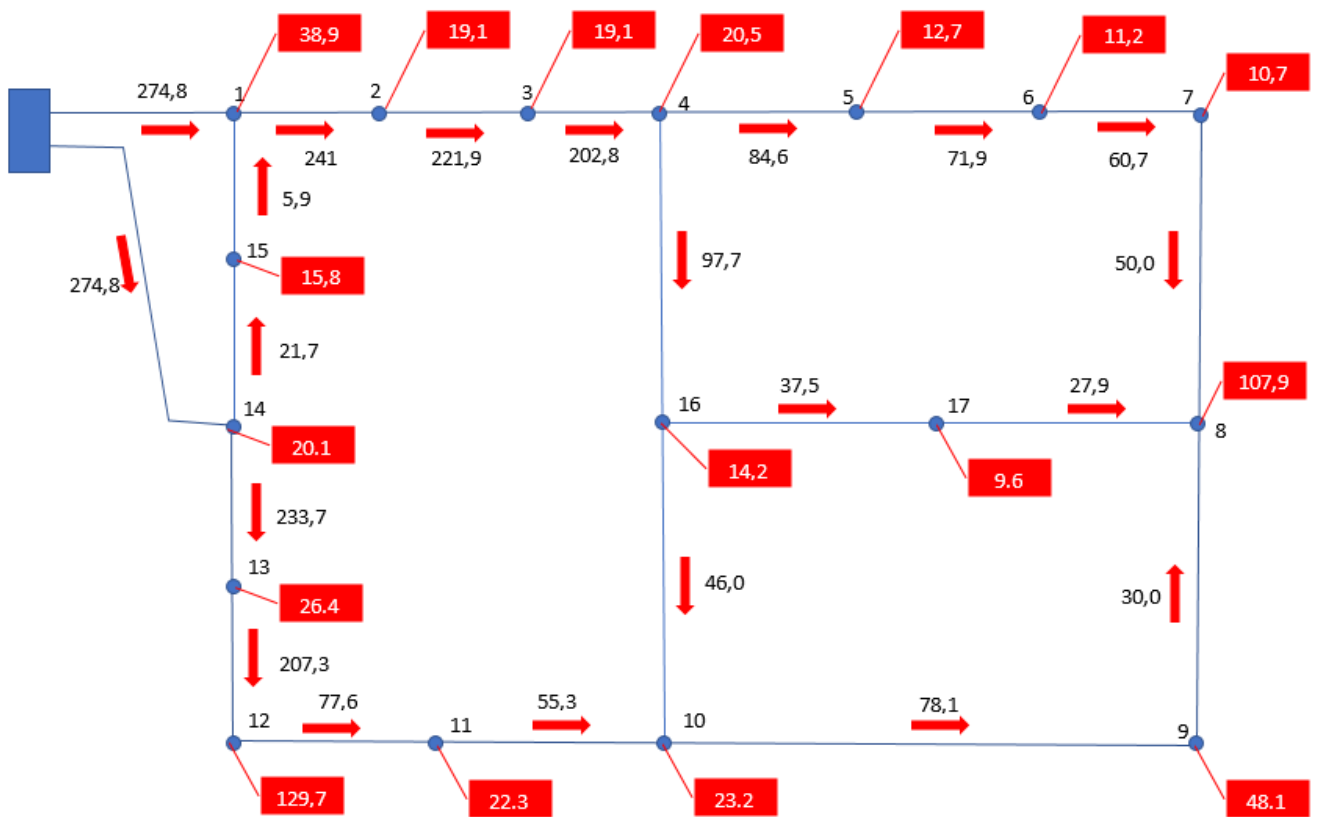


Рис. 6. Попередній розподіл води під час пожежогасіння

Результат гідравлічного розрахунку для максимального водоспоживання

Таблиця 12.

| Ділянка | Довжина | Діаметр | Витрата | Швидкість | Втрати напору |
|---------|---------|---------|---------|-----------|---------------|
| нс-1 | 1200 | 500 | 261,65 | 1,328 | 5,59 |
| нс-14 | 2400 | 500 | 217,95 | 1,106 | 7,75 |
| 1-15 | 780 | 150 | 9,43 | 0,517 | 3,22 |
| 15-14 | 700 | 150 | 6,37 | 0,349 | 1,05 |
| 16-4 | 550 | 300 | 89,88 | 1,235 | 4,26 |
| 4-3 | 940 | 400 | 174,32 | 1,378 | 6,26 |
| 3-2 | 940 | 400 | 193,42 | 1,528 | 7,70 |
| 2-1 | 940 | 450 | 212,52 | 1,333 | 5,05 |
| 14-13 | 1200 | 450 | 192,18 | 1,205 | 5,27 |
| 13-12 | 1400 | 400 | 165,78 | 1,310 | 8,43 |
| 12-11 | 1100 | 200 | 36,08 | 1,119 | 11,58 |
| 11-10 | 1100 | 150 | 13,78 | 0,755 | 7,90 |
| 10-16 | 630 | 200 | 48,68 | 1,510 | 12,08 |
| 4-5 | 1200 | 250 | 63,95 | 1,262 | 12,42 |
| 5-6 | 1100 | 250 | 51,25 | 1,011 | 7,53 |
| 6-7 | 900 | 200 | 40,05 | 1,242 | 11,68 |
| 7-8 | 1000 | 200 | 29,35 | 0,910 | 7,25 |
| 8-17 | 850 | 150 | 17,40 | 0,954 | 10,26 |
| 16-17 | 900 | 150 | 27,00 | 1,480 | 24,34 |
| 8-9 | 1100 | 200 | 26,15 | 0,811 | 6,33 |
| 9-10 | 1300 | 200 | 39,25 | 1,218 | 16,20 |

Результат гідравлічного розрахунку для мінімального водоспоживання

Таблиця 13.

| Ділянка | Довжина | Діаметр | Витрата | Швидкість | Втрати напору |
|---------|---------|---------|---------|-----------|---------------|
| нс-1 | 1200 | 500 | 92,26 | 0,468 | 0,85 |
| нс-14 | 2400 | 500 | 48,74 | 0,247 | 0,47 |
| 1-15 | 780 | 150 | 1,80 | 0,099 | 0,11 |
| 15-14 | 700 | 150 | 4,20 | 0,230 | 0,48 |
| 16-4 | 550 | 300 | 35,97 | 0,494 | 0,82 |
| 4-3 | 940 | 400 | 69,46 | 0,549 | 1,13 |
| 3-2 | 940 | 400 | 76,66 | 0,606 | 1,38 |
| 2-1 | 940 | 450 | 83,86 | 0,526 | 0,90 |
| 14-13 | 1200 | 450 | 37,04 | 0,232 | 0,25 |
| 13-12 | 1400 | 400 | 27,14 | 0,214 | 0,29 |
| 12-11 | 1100 | 200 | 17,64 | 0,547 | 2,88 |
| 11-10 | 1100 | 150 | 9,24 | 0,507 | 3,52 |
| 10-16 | 630 | 200 | 18,74 | 0,581 | 2,33 |
| 4-5 | 1200 | 250 | 26,89 | 0,531 | 2,50 |
| 5-6 | 1100 | 250 | 23,79 | 0,469 | 1,80 |
| 6-7 | 900 | 200 | 21,09 | 0,654 | 3,53 |
| 7-8 | 1000 | 200 | 18,49 | 0,573 | 3,10 |
| 8-17 | 850 | 150 | 10,73 | 0,588 | 4,03 |
| 16-17 | 900 | 150 | 13,03 | 0,714 | 6,07 |
| 8-9 | 1100 | 200 | 17,38 | 0,539 | 3,01 |
| 9-10 | 1300 | 200 | 20,48 | 0,635 | 4,76 |

Результат гідравлічного розрахунку для режиму пожежогасіння

Таблиця 14.

| Ділянка | Довжина | Діаметр | Витрата | Швидкість | Втрати напору |
|---------|---------|---------|---------|-----------|---------------|
| нс-1 | 1200 | 500 | 317,93 | 1,614 | 8,25 |
| нс-14 | 2400 | 500 | 231,67 | 1,176 | 8,76 |
| 1-15 | 780 | 150 | 7,94 | 0,436 | 2,21 |
| 15-14 | 700 | 150 | 7,86 | 0,431 | 1,70 |
| 16-4 | 550 | 300 | 123,65 | 1,699 | 7,99 |
| 4-3 | 940 | 400 | 232,08 | 1,834 | 11,09 |
| 3-2 | 940 | 400 | 251,18 | 1,985 | 12,99 |
| 2-1 | 940 | 450 | 270,28 | 1,695 | 8,17 |
| 14-13 | 1200 | 450 | 204,42 | 1,282 | 5,97 |
| 13-12 | 1400 | 400 | 178,02 | 1,407 | 9,72 |
| 12-11 | 1100 | 200 | 48,32 | 1,499 | 20,77 |
| 11-10 | 1100 | 150 | 26,02 | 1,426 | 27,62 |
| 4-5 | 1200 | 250 | 87,93 | 1,735 | 23,47 |
| 5-6 | 1100 | 250 | 75,23 | 1,485 | 15,75 |
| 6-7 | 900 | 200 | 64,03 | 1,986 | 29,85 |
| 7-8 | 1000 | 200 | 53,33 | 1,654 | 23,01 |
| 8-17 | 850 | 150 | 30,73 | 1,685 | 29,78 |
| 10-16 | 630 | 200 | 69,12 | 2,144 | 24,35 |
| 16-17 | 900 | 150 | 40,33 | 2,211 | 54,31 |
| 8-9 | 1100 | 200 | 23,84 | 0,740 | 5,31 |
| 9-10 | 1300 | 200 | 71,94 | 2,232 | 54,43 |

Визначення фактичних п'єзометричних напорів в мережі

Максимальне водоспоживання

Таблиця 15.

| № ділянки | Втрати напору | № вузла | Необхідний вільний напір, м | Поверхня землі, м | П'єзометричний напір, м | Фактичний вільний напір, м |
|-----------|---------------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| нс-1 | 5,59 | нс | | 115 | 178,13 | 63,13 |
| 1-2 | 5,05 | 1 | 30 | 102 | 172,55 | 70,55 |
| 2-3 | 7,70 | 2 | 30 | 100 | 167,50 | 67,50 |
| 3-4 | 6,26 | 3 | 30 | 100 | 159,79 | 59,79 |
| 4-5 | 12,42 | 4 | 30 | 96 | 153,54 | 57,54 |
| 5-6 | 7,53 | 5 | 18 | 94 | 141,12 | 47,12 |
| 6-7 | 11,68 | 6 | 18 | 90 | 133,59 | 43,59 |
| 7-8 | 7,25 | 7 | 18 | 85 | 121,92 | 36,92 |
| 8-9 | 6,33 | 8 | 18 | 94 | 114,67 | 20,67 |
| 9-10 | 16,20 | 9 | 18 | 103 | 121,00 | 18,00 |
| 10-11 | 7,90 | 10 | 30 | 101 | 137,20 | 36,20 |
| 11-12 | 11,58 | 11 | 30 | 102 | 145,10 | 43,10 |
| 12-13 | 8,43 | 12 | 30 | 112 | 156,69 | 44,69 |
| 13-14 | 5,27 | 13 | 30 | 117 | 165,11 | 48,11 |
| 14-нс | 7,75 | 14 | 30 | 120 | 170,39 | 50,39 |
| | | нс | | 115 | 178,14 | 63,14 |

Мінімальне водоспоживання

Таблиця 16.

| № ділянки | Втрати напору | № вузла | Необхідний вільний напір, м | Поверхня землі, м | Гідрометричний напір, м | Фактичний вільний напір, м |
|-----------|---------------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| нс-1 | 15,18 | нс | | 115 | 150,47 | 35,47 |
| 1-2 | 0,85 | 1 | 30 | 102 | 149,62 | 47,62 |
| 2-3 | 0,90 | 2 | 30 | 100 | 148,73 | 48,73 |
| 3-4 | 1,38 | 3 | 30 | 100 | 147,35 | 47,35 |
| 4-5 | 1,13 | 4 | 30 | 96 | 146,21 | 50,21 |
| 5-6 | 2,50 | 5 | 18 | 94 | 143,71 | 49,71 |
| 6-7 | 1,80 | 6 | 18 | 90 | 141,92 | 51,92 |
| 7-8 | 3,53 | 7 | 18 | 85 | 138,39 | 52,39 |
| 8-9 | 3,01 | 8 | 18 | 94 | 135,29 | 41,29 |
| 9-10 | 4,76 | 9 | 18 | 103 | 138,30 | 35,30 |
| 10-11 | 3,52 | 10 | 30 | 101 | 143,06 | 42,06 |
| 11-12 | 2,88 | 11 | 30 | 102 | 146,58 | 44,58 |
| 12-13 | 0,29 | 12 | 30 | 112 | 149,46 | 37,46 |
| 13-14 | 0,25 | 13 | 30 | 117 | 149,75 | 32,75 |
| 14-нс | 0,47 | 14 | 30 | 120 | 150,00 | 30,00 |
| | | нс | | 115 | 150,47 | 35,47 |

Пожежогасіння

Таблиця 17.

| № ділянки | Втрати напору | № вузла | Необхідний вільний напір, м | Поверхня землі, м | П'єзометричний напір, м | Фактичний вільний напір, м |
|-----------|---------------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| нс-1 | 8,25 | нс | | 115 | 240,27 | 125,27 |
| 1-2 | 8,17 | 1 | 10 | 102 | 232,02 | 130,02 |
| 2-3 | 12,99 | 2 | 10 | 100 | 223,85 | 123,85 |
| 3-4 | 11,09 | 3 | 10 | 100 | 210,86 | 110,86 |
| 4-5 | 23,47 | 4 | 10 | 96 | 199,77 | 103,77 |
| 5-6 | 15,75 | 5 | 10 | 94 | 176,30 | 82,30 |
| 6-7 | 29,85 | 6 | 10 | 90 | 160,55 | 70,55 |
| 7-8 | 23,01 | 7 | 10 | 85 | 130,70 | 45,70 |
| 8-9 | 5,31 | 8 | 10 | 94 | 107,69 | 13,69 |
| 9-10 | 54,43 | 9 | 10 | 103 | 113,00 | 10,00 |
| 10-11 | 27,62 | 10 | 10 | 101 | 167,43 | 66,43 |
| 11-12 | 20,77 | 11 | 10 | 102 | 195,05 | 93,05 |
| 12-13 | 9,72 | 12 | 10 | 112 | 215,83 | 103,83 |
| 13-14 | 5,97 | 13 | 10 | 117 | 225,54 | 108,54 |
| 14-нс | 8,76 | 14 | 10 | 120 | 231,51 | 111,51 |
| | | нс | | 115 | 240,27 | 125,27 |

Графіки п'єзометричних напорів у водопровідній мережі при максимальному водоспоживанні, мінімальному водоспоживанні та під час пожежогасіння представлені в графічній частині роботи.

1.3 Порівняння централізованих та децентралізованих систем водопостачання

Водопостачання є ключовим компонентом для підтримки життя людини та розвитку інфраструктури населених пунктів. Водна безпека є складною та багатогранною проблемою через постійне зростання населення, зміни землекористування, міграцію до міст, повені, посухи та інші гідрологічні наслідки, пов'язані зі зміною клімату, які впливають на наявність води, її якість та кількість. В умовах надзвичайних ситуацій, таких як стихійні лиха, техногенні катастрофи або воєнні дії, системи водопостачання стикаються з серйозними викликами. Надійне постачання води є критичним для забезпечення гігієни, харчування та медичного обслуговування в кризових умовах.

З другої половини 19 століття централізовані системи водопостачання поширюються по всьому світу. Однак обмеження цієї моделі стають все більш очевидними, і останнім часом відроджується інтерес до децентралізованих підходів завдяки їх здатності підвищувати водну безпеку.

Централізоване водопостачання та водовідведення відносяться до систем життєзабезпечення, від сталого функціонування яких, насамперед, залежить здоров'я та добробут населення. Нормальній роботі систем водопостачання можуть перешкоджати такі фактори, як руйнування об'єктів або пошкодження їх окремих частин; дефіцит реагентів і матеріалів для очищення води; відсутність необхідних машин, устаткування, засобів для ремонту та ін., а також відключення електроенергії [18]. Реальний досвід, зокрема пов'язаний з воєнними діями на території України, вказує на необхідність підготовки населених пунктів до можливого припинення централізованого водопостачання.

Централізоване водопостачання забезпечує надійну подачу води жителям міст, проте такі системи у великих містах є вразливими до зовнішніх факторів під час воєнних дій та надзвичайних ситуацій. Основні ризики полягають у

руйнуванні або пошкодженні ключових об'єктів інфраструктури: водозабірних споруд, насосних станцій, очисних споруд та трубопроводів.

Багато систем водопостачання, задуманих для централізованого функціонування, стикаються з труднощами в адаптації до динамічних змін, таких як зростання населення, розширення міста та промисловий розвиток. Ефективним рішенням може бути децентралізація цих систем. Перетворення централізованих систем водопостачання на децентралізовані є одним із дієвих методів підвищення надійності водозабезпечення особливо в умовах надзвичайних ситуація, зокрема і воєнних дій. Децентралізована водна інфраструктура є альтернативою традиційним централізованим системам для впровадження стійкої водної інфраструктури в міських умовах. Така система водопостачання являє собою групу водопровідних підсистем з певним ступенем автономності від усієї системи. Децентралізована система дозволяє краще керувати тиском у мережі, що сприяє зменшенню витоків, полегшує виявлення, локалізацію та контроль аномалій у постачанні, визначаючи сфери, в яких капітальні інвестиції будуть найкраще використані, захищає мережу від можливих атак через випадкове або зловмисне забруднення.

Децентралізовані системи постачання пропонують можливість забезпечити безпечну питну воду там, де централізовані системи постачання неможливі. Вибір децентралізованої системи постачання залежить від місцевого контексту та включає такі фактори, як простота використання, потреби в обслуговуванні, залежність від інших комунальних послуг (наприклад, електрика, постачання палива) і вартість [19].

Перевагами децентралізованих систем є зниження вартості інфраструктури для транспортування на великі відстані та очищення води; більш ефективне використання ресурсу; підвищення безпеки обслуговування; зниження ризику виходу з ладу систем водопостачання; зміцнення місцевої

економіки; відновлення та захист природного середовища; зміцнення добробуту громади.

Відомі методи поділу розподільної мережі на сектори можуть допомогти досягти такої мети. В літературі розглядаються різні методології децентралізації системи водопостачання, зокрема шляхом поділу розподільної мережі на сектори [20].

Децентралізовані системи постачання та відведення води розглядаються в сучасному контексті сталого управління водними ресурсами як умова підвищення безвідмовності роботи систем життєзабезпечення населених пунктів [19]. Дослідження останніх років [21-24] свідчать, що децентралізовані системи мають більш високий показник безвідмовності та стійкості в умовах надзвичайних ситуацій в порівнянні з традиційними централізованими системами.

Принципово система децентралізованого водопостачання повинна включати три обов'язкові складові – джерело, систему доставки води споживачам, система роздачі води споживачам.

Джерелами води у системах децентралізованого водопостачання можуть бути:

- підземні свердловини з водою задовільної якості; в цьому випадку потрібне лише знезараження води;
- некондиційні підземні та поверхневі джерела; в цьому випадку потрібні засоби забору і підготовки води;
- системи централізованого водопостачання інших населених пунктів.

Системи забору і очищення води можуть бути стаціонарними, контейнерного типу, пересувними.

Для транспортування води до споживачів можуть використовуватись спеціалізовані водовозні машини, спеціалізовані системи транспортування води на неспеціалізованому автотранспорті, неспеціалізовані автоцистерни, ємності для транспортування води, встановлені на неспеціалізованому автотранспорті.

Оперативна та ефективна організація децентралізованого водопостачання можлива лише на основі геопросторового плану, який включає визначення джерел водопостачання, кількості і типу водоочисних систем, оптимальних місць розташування точок роздачі води, кількості водовозного транспорту і маршрутів доставки води.

Результатом зростаючих інвестицій в децентралізовані інфраструктурні рішення при збереженні централізованих схем є процес гібридизації, де співіснують централізовані та децентралізовані системи. Зокрема, дослідження [25] рекомендує інтегрувати децентралізовану та централізовану системи.

Інфраструктура водопостачання має бути більш гнучкою та адаптованою, щоб бути стійкою. Комбіновані системи поєднують риси централізованого та децентралізованого водопостачання. Вони можуть забезпечувати централізоване постачання води у густонаселених районах і використовувати децентралізовані рішення для віддалених районів.

Централізовано-децентралізовані системи зменшують споживання ресурсів через менші вимоги до транспортування та потребу обробляти всю воду за однаковими високими стандартами. Інтегрований децентралізований-централізований підхід може запропонувати гнучкі рішення скрізь, де перевищуються певні порогові значення щільності населення. Крім того, різні комбінації централізованих і децентралізованих систем можуть мати позитивні результати з точки зору сталого водопостачання.

В той час, як централізовані системи є економічно ефективними та надійними, децентралізовані системи базуються на принципі екологічної

стійкості та можуть керувати водним циклом, захищаючи природне середовище, вони є більш гнучкими. Комбіновані системи водопостачання поєднують в собі переваги як централізованих, так і децентралізованих систем.

За завданням кафедри в роботі виконано порівняння деяких варіантів децентралізації водопостачання міста:

- подачу води з кількох різних джерел;
- секціонування мережі.

Постачання води з трьох джерел

Приймаємо схему подачі води до міста з трьох джерел – основного водозабору (в т.1 та 14), двох додаткових (до т.7 та 10).

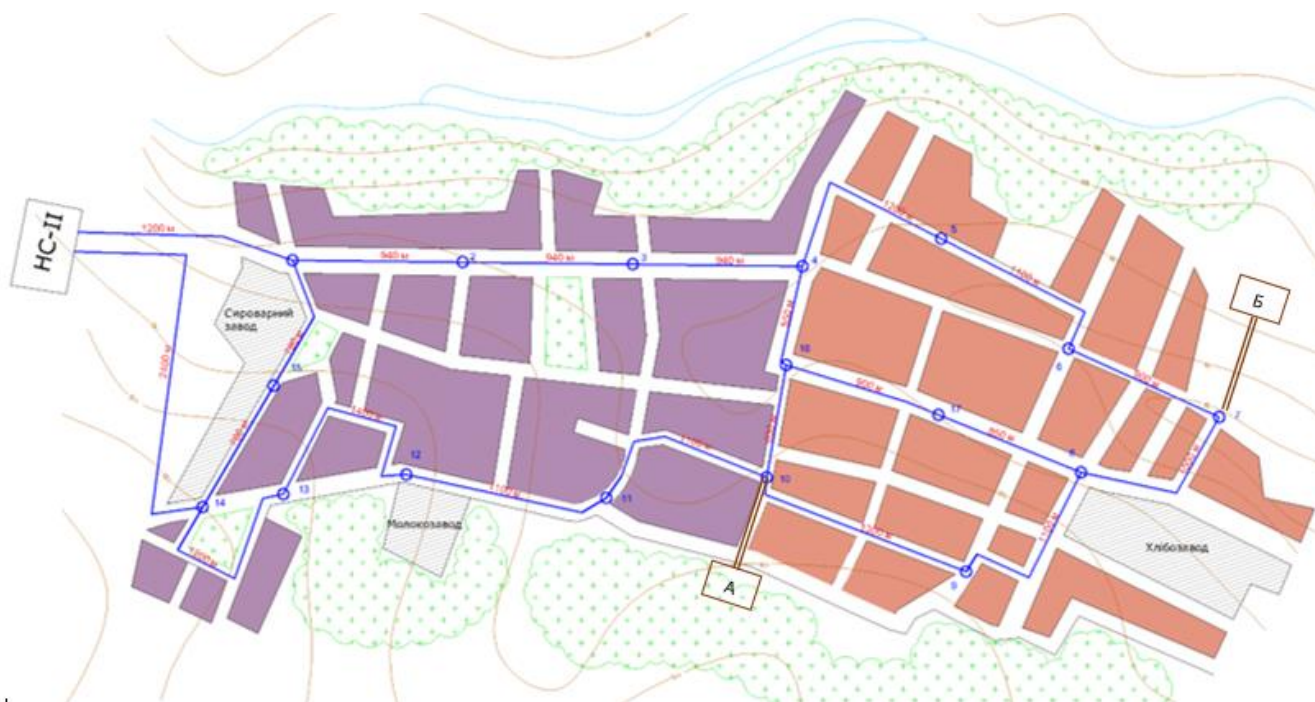


Рис.7. Схема розташування додаткових джерел води

Визначення подачі води:

- основне джерело $Q_{НС} = 319,8 \text{ л/с} = 1151,3 \text{ м}^3/\text{год}$;
- джерела А та Б $Q_A = Q_B = 79,95 \text{ л/с} = 287,82 \text{ м}^3/\text{год}$.

Попередній поточкорозподіл

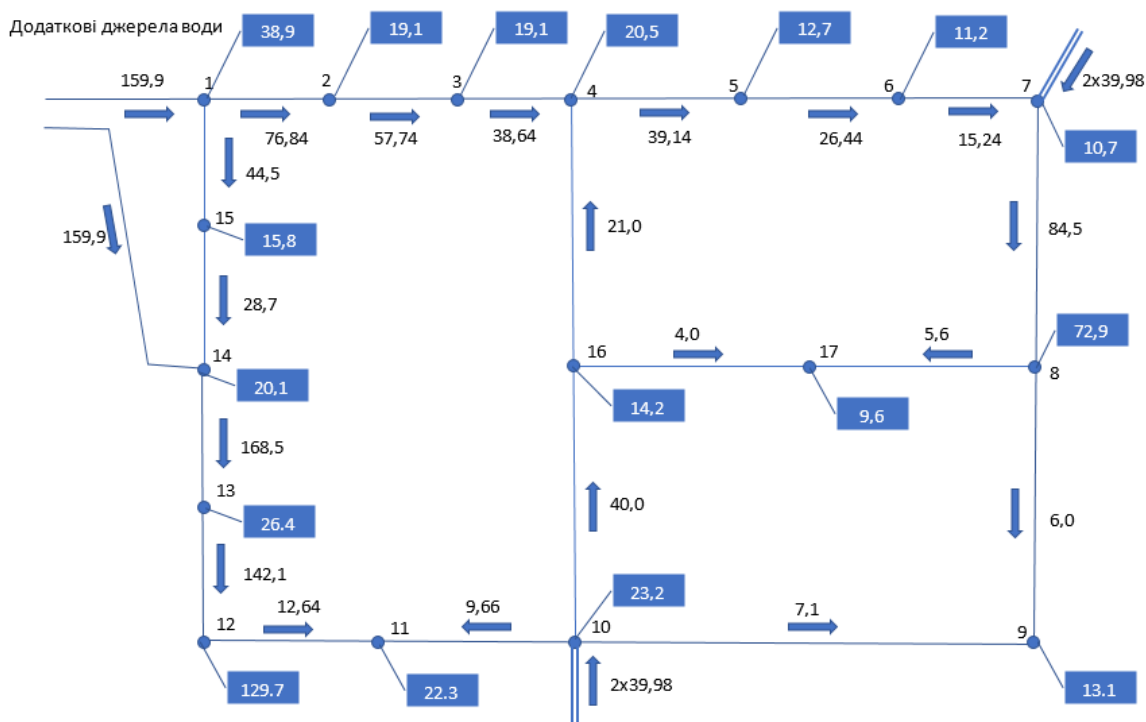


Рис.8. Схема попереднього розподілу води з трьох джерел при максимальному водовідборі

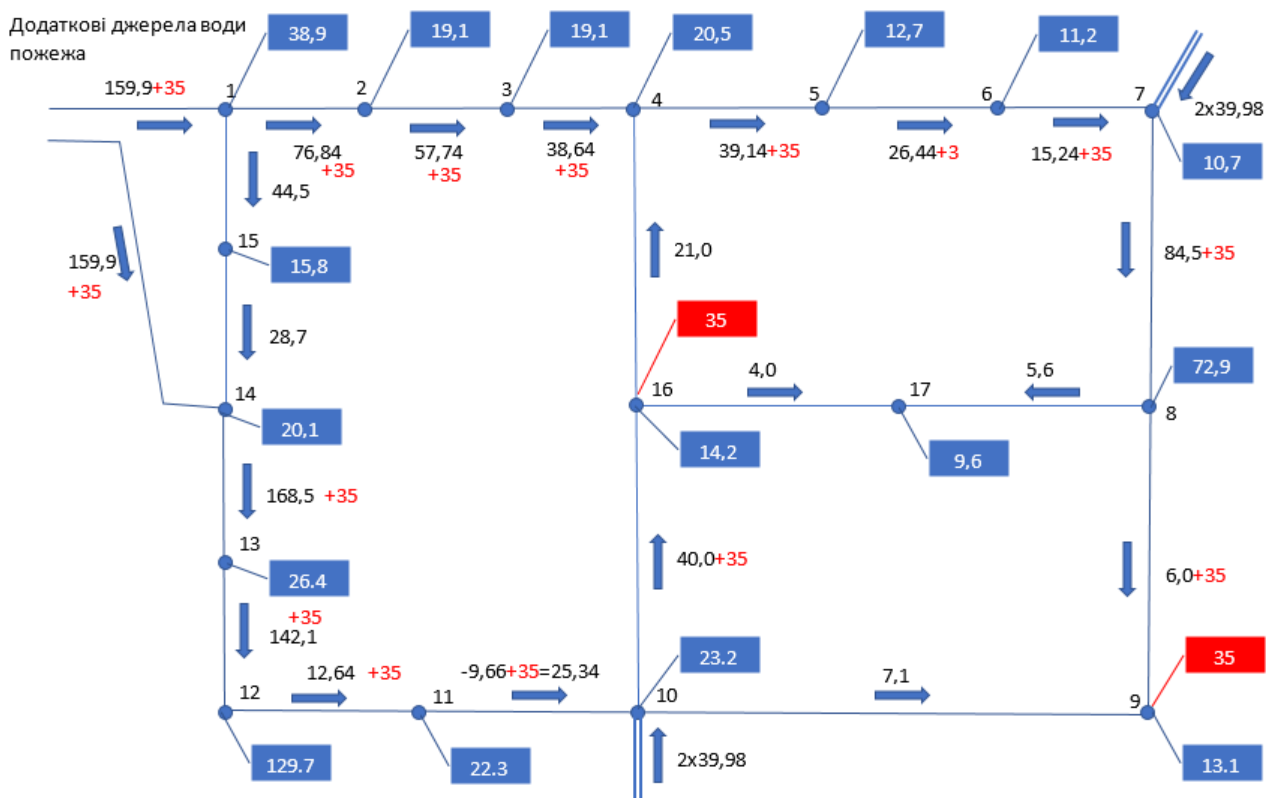


Рис.9. Схема попереднього розподілу води з трьох джерел під час пожежогасіння

Результат гідравлічного розрахунку для максимального водоспоживання

Таблиця 18.

| Ділянка | Довжина | Діаметр | Витрата | Швидкість | Втрати напору |
|---------|---------|---------|---------|-----------|---------------|
| нс-1 | 1200 | 400 | 150,7 | 1,191 | 5,97 |
| нс-14 | 2400 | 400 | 169,1 | 1,336 | 15,02 |
| 1-15 | 780 | 200 | 33,7 | 1,045 | 7,15 |
| 15-14 | 700 | 200 | 17,9 | 0,554 | 1,90 |
| 16-4 | 550 | 150 | 0,5 | 0,027 | 0,01 |
| 4-3 | 940 | 200 | 40,3 | 1,250 | 12,35 |
| 3-2 | 940 | 250 | 59,4 | 1,172 | 8,47 |
| 2-1 | 940 | 300 | 78,5 | 1,079 | 5,61 |
| 14-13 | 1200 | 400 | 166,8 | 1,318 | 7,32 |
| 13-12 | 1400 | 400 | 140,4 | 1,110 | 6,11 |
| 12-11 | 1100 | 150 | 11,0 | 0,602 | 5,30 |
| 11-10 | 1100 | 150 | 11,3 | 0,620 | 5,85 |
| 10-16 | 630 | 200 | 29,7 | 0,922 | 4,50 |
| 4-5 | 1200 | 200 | 20,3 | 0,630 | 4,00 |
| 5-6 | 1100 | 150 | 7,6 | 0,416 | 2,35 |
| 6-7 | 900 | 150 | 3,6 | 0,198 | 0,46 |
| 7-8 | 1000 | 300 | 65,7 | 0,902 | 4,14 |
| 8-17 | 850 | 150 | 4,6 | 0,253 | 0,85 |
| 16-17 | 900 | 150 | 14,2 | 0,780 | 9,19 |
| 8-9 | 1100 | 150 | 2,6 | 0,144 | 0,35 |
| 9-10 | 1300 | 150 | 15,7 | 0,862 | 14,19 |

Результат гідравлічного розрахунку для пожежогасіння

Таблиця 19.

| Ділянка | Довжина | Діаметр | Витрата | Швидкість | Втрати напору |
|---------|---------|---------|---------|-----------|---------------|
| нс-1 | 1200 | 400 | 195,14 | 1,542 | 10,01 |
| нс-14 | 2400 | 400 | 194,66 | 1,538 | 19,92 |
| 1-15 | 780 | 200 | 34,98 | 1,085 | 7,72 |
| 15-14 | 700 | 200 | 19,18 | 0,595 | 2,19 |
| 16-4 | 550 | 150 | 28,09 | 1,540 | 16,26 |
| 4-3 | 940 | 200 | 83,39 | 2,587 | 52,89 |
| 3-2 | 940 | 250 | 102,49 | 2,023 | 24,98 |
| 2-1 | 940 | 300 | 121,59 | 1,671 | 13,20 |
| 14-13 | 1200 | 400 | 203,75 | 1,610 | 10,91 |
| 13-12 | 1400 | 400 | 167,35 | 1,322 | 8,59 |
| 12-11 | 1100 | 150 | 37,89 | 2,077 | 58,58 |
| 11-10 | 1100 | 150 | 15,59 | 0,854 | 9,91 |
| 10-16 | 630 | 200 | 43,03 | 1,335 | 9,44 |
| 4-5 | 1200 | 200 | 34,80 | 1,080 | 11,76 |
| 5-6 | 1100 | 150 | 22,10 | 1,212 | 19,94 |
| 6-7 | 900 | 150 | 10,90 | 0,598 | 3,97 |
| 7-8 | 1000 | 300 | 80,16 | 1,102 | 6,11 |
| 8-17 | 850 | 150 | 11,51 | 0,631 | 5,27 |
| 16-17 | 900 | 150 | 21,11 | 1,158 | 20,25 |
| 8-9 | 1100 | 150 | 18,78 | 1,029 | 14,39 |
| 9-10 | 1300 | 150 | 29,32 | 1,607 | 49,34 |

**Визначення фактичних п'єзометричних напорів в мережі при постачанні
води з трьох різних джерел**

Максимальне водоспоживання

Таблиця 20.

| № ділянки | Втрати напору | № вузла | Необхідний вільний напір, м | Поверхня землі, м | П'єзометричний напір, м | Фактичний вільний напір, м |
|-----------|---------------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| нс-1 | 5,97 | нс | | 115 | 170,44 | 55,44 |
| 1-2 | 5,61 | 1 | 30 | 102 | 164,47 | 62,47 |
| 2-3 | 8,47 | 2 | 30 | 100 | 158,86 | 58,86 |
| 3-4 | 12,35 | 3 | 30 | 100 | 150,39 | 50,39 |
| 4-5 | 4,00 | 4 | 30 | 96 | 138,04 | 42,04 |
| 5-6 | 2,35 | 5 | 18 | 94 | 134,04 | 40,04 |
| 6-7 | 0,46 | 6 | 18 | 90 | 131,69 | 41,69 |
| 7-8 | 4,14 | 7 | 18 | 85 | 132,15 | 47,15 |
| 8-9 | 0,35 | 8 | 18 | 94 | 128,01 | 34,01 |
| 9-10 | 14,19 | 9 | 18 | 103 | 128,36 | 25,36 |
| 10-11 | 5,85 | 10 | 30 | 101 | 142,55 | 41,55 |
| 11-12 | 5,30 | 11 | 30 | 102 | 136,70 | 34,70 |
| 12-13 | 6,11 | 12 | 30 | 112 | 142,00 | 30,00 |
| 13-14 | 7,32 | 13 | 30 | 117 | 148,10 | 31,10 |
| 14-нс | 15,02 | 14 | 30 | 120 | 155,42 | 35,42 |
| | | нс | | 115 | 170,44 | 55,44 |

Пожежогасіння

Таблиця 21.

| № ділянки | Втрати напору | № вузла | Необхідний вільний напір, м | Поверхня землі, м | П'єзометричний напір, м | Фактичний вільний напір, м |
|-----------|---------------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| нс-1 | 10,01 | нс | | 115 | 270,39 | 155,24 |
| 1-2 | 13,20 | 1 | 10 | 102 | 260,24 | 158,24 |
| 2-3 | 24,98 | 2 | 10 | 100 | 247,03 | 147,03 |
| 3-4 | 52,89 | 3 | 10 | 100 | 222,05 | 122,05 |
| 4-5 | 11,76 | 4 | 10 | 96 | 169,16 | 73,16 |
| 5-6 | 19,94 | 5 | 10 | 94 | 157,41 | 63,41 |
| 6-7 | 3,97 | 6 | 10 | 90 | 137,47 | 47,47 |
| 7-8 | 6,11 | 7 | 10 | 85 | 133,50 | 48,50 |
| 8-9 | 14,39 | 8 | 10 | 94 | 127,39 | 33,39 |
| 9-10 | 49,34 | 9 | 10 | 103 | 113,00 | 10,00 |
| 10-11 | 9,91 | 10 | 10 | 101 | 162,34 | 61,34 |
| 11-12 | 58,58 | 11 | 10 | 102 | 172,25 | 70,25 |
| 12-13 | 8,59 | 12 | 10 | 112 | 230,83 | 118,83 |
| 13-14 | 10,91 | 13 | 10 | 117 | 239,42 | 122,42 |
| 14-нс | 19,92 | 14 | 10 | 120 | 250,33 | 130,33 |
| | | нс | | 115 | 270,24 | 155,24 |

Графіки п'єзометричних напорів у водопровідній мережі представлені в графічній частині роботи.

Розрахунки показали, що надмірні напори під час пожежогасіння зберіглися, отже пропонується також розглянути варіант забезпечення пожежогасіння з трьох джерел.

Попередній потік розподіл

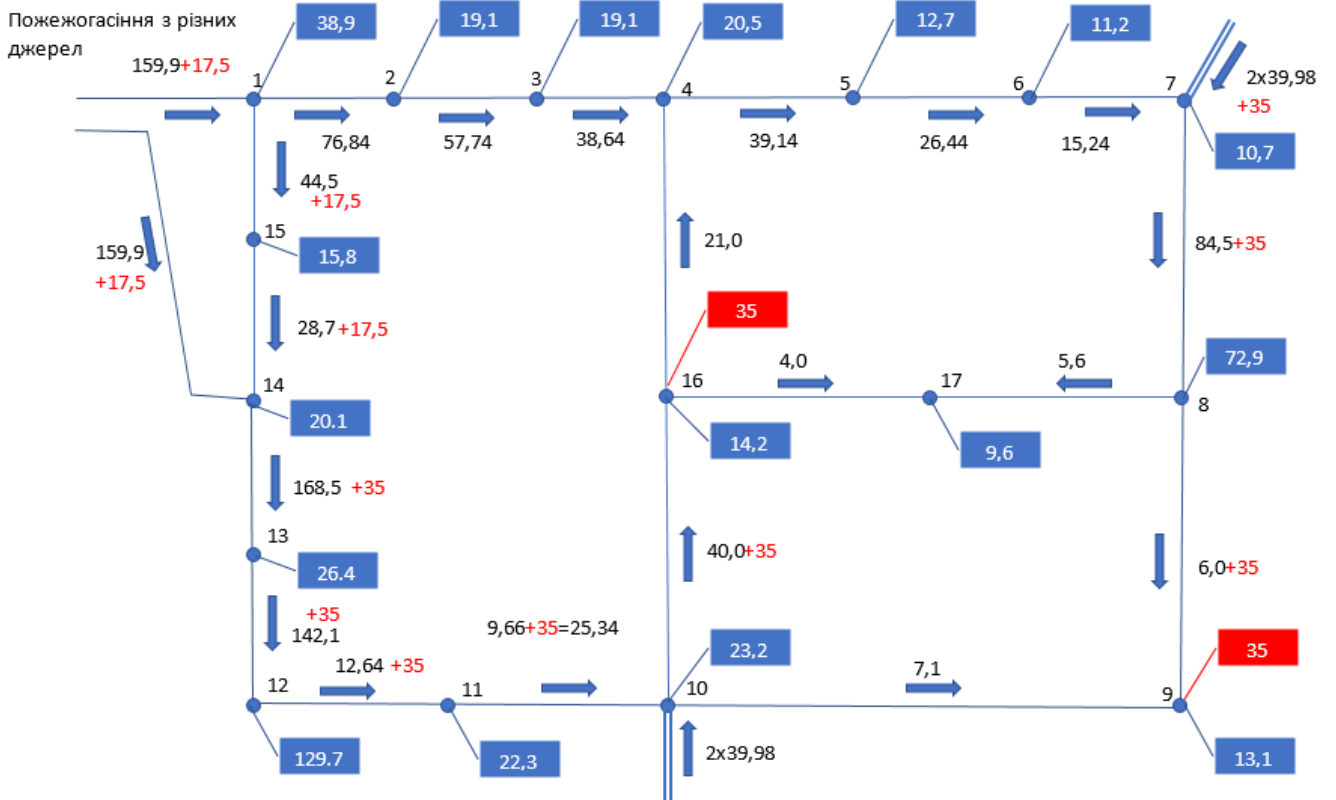


Рис.10. Схема попереднього розподілу води під час пожежогасіння з двох джерел

Результат гідравлічного розрахунку для пожежогасіння з різних джерел

Таблиця 22.

| Ділянка | Довжина | Діаметр | Витрата | Швидкість | Втрати напору |
|---------|---------|---------|---------|-----------|---------------|
| нс-1 | 1200 | 400 | 172,07 | 1,360 | 7,78 |
| нс-14 | 2400 | 400 | 182,73 | 1,444 | 17,55 |
| 1-15 | 780 | 200 | 34,93 | 1,083 | 7,70 |
| 15-14 | 700 | 200 | 19,13 | 0,593 | 2,07 |
| 16-4 | 550 | 150 | 21,71 | 1,190 | 9,72 |
| 4-3 | 940 | 200 | 60,38 | 1,873 | 27,72 |
| 3-2 | 940 | 250 | 79,48 | 1,569 | 15,17 |
| 2-1 | 940 | 300 | 98,58 | 1,355 | 8,85 |
| 14-13 | 1200 | 400 | 191,76 | 1,515 | 9,66 |
| 13-12 | 1400 | 400 | 155,36 | 1,228 | 7,40 |
| 12-11 | 1100 | 150 | 25,90 | 1,420 | 27,38 |
| 11-10 | 1100 | 150 | 3,60 | 0,197 | 0,53 |
| 10-16 | 630 | 200 | 36,32 | 1,127 | 6,72 |
| 4-5 | 1200 | 200 | 18,17 | 0,564 | 3,20 |
| 5-6 | 1100 | 150 | 5,47 | 0,300 | 1,22 |
| 6-7 | 900 | 150 | 5,73 | 0,314 | 1,10 |
| 7-8 | 1000 | 300 | 98,53 | 1,354 | 9,22 |
| 8-17 | 850 | 150 | 1,57 | 0,086 | 0,10 |
| 16-17 | 900 | 150 | 8,03 | 0,440 | 2,93 |
| 8-9 | 1100 | 150 | 24,06 | 1,319 | 23,62 |
| 9-10 | 1300 | 150 | 24,04 | 1,318 | 33,17 |

Визначення фактичних п'єзометричних напорів

Пожжежогасіння з різних джерел

Таблиця 23.

| № ділянки | Втрати напору | № вузла | Необхідний вільний напір, м | Поверхня землі, м | П'єзометричний напір, м | Фактичний вільний напір, м |
|-----------|---------------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| нс-1 | 7,78 | нс | | 115 | 208,70 | 93,70 |
| 1-2 | 8,85 | 1 | 10 | 102 | 200,92 | 98,92 |
| 2-3 | 15,17 | 2 | 10 | 100 | 192,06 | 92,06 |
| 3-4 | 27,72 | 3 | 10 | 100 | 176,89 | 76,89 |
| 4-5 | 3,20 | 4 | 10 | 96 | 149,17 | 53,17 |
| 5-6 | 1,22 | 5 | 10 | 94 | 145,96 | 51,96 |
| 6-7 | 1,10 | 6 | 10 | 90 | 144,74 | 54,74 |
| 7-8 | 9,22 | 7 | 10 | 85 | 145,84 | 60,84 |
| 8-9 | 23,62 | 8 | 10 | 94 | 136,62 | 42,62 |
| 9-10 | 33,17 | 9 | 10 | 103 | 113,00 | 10,00 |
| 10-11 | 0,53 | 10 | 10 | 101 | 146,17 | 45,17 |
| 11-12 | 27,38 | 11 | 10 | 102 | 146,70 | 44,70 |
| 12-13 | 7,40 | 12 | 10 | 112 | 174,08 | 62,08 |
| 13-14 | 9,66 | 13 | 10 | 117 | 181,48 | 64,48 |
| 14-нс | 17,55 | 14 | 10 | 120 | 191,15 | 71,15 |
| | | нс | | 115 | 208,70 | 93,70 |

Графіки п'єзометричних напорів у водопровідній мережі представлені в графічній частині роботи.

Секціонування мережі

Запропоновано розглянути зміни в системі водопостачання за рахунок розділення мережі на дві частини – по районах 1 і 2. При цьому в першому районі передбачено ділянку мережі 3-11 з довжиною 1365 м.



Рис.11. Схема секціонування мережі

Питомі витрати води для кожного району:

- при максимальному водоспоживанні:

$$q_{\text{пит.І}} = \frac{q_{\text{нас.І}} + q_{\text{пол.І}}}{L_{\text{І}}} = \frac{198,4 + 0}{8505} = 0,023 \text{ л/с} * \text{м};$$

$$q_{\text{пит.ІІ}} = \frac{q_{\text{нас.ІІ}} + q_{\text{пол.ІІ}}}{L_{\text{ІІ}}} = \frac{99 + 0}{9530} = 0,0104 \text{ л/с} * \text{м};$$

Визначення дорожніх витрат води

Таблиця 24.

| Ділянка | Розрахункова довжина, м | Q _{д.мах} , л/с |
|---------------|-------------------------|--------------------------|
| 1-2 | 940 | 21,930 |
| 2-3 | 940 | 21,930 |
| 3-11 | 1365 | 31,845 |
| 11-12 | 1100 | 25,662 |
| 12-13 | 1400 | 32,661 |
| 13-14 | 1200 | 27,995 |
| 14-15 | 780 | 18,197 |
| 15-1 | 780 | 18,197 |
| Разом | 8505 | 198,417 |
| 4-5 | 1200 | 12,466 |
| 5-6 | 1100 | 11,427 |
| 6-7 | 900 | 9,349 |
| 7-8 | 1000 | 10,388 |
| 8-9 | 1100 | 11,427 |
| 9-10 | 1300 | 13,505 |
| 10-16 | 630 | 6,545 |
| 16-17 | 900 | 9,349 |
| 17-8 | 850 | 8,830 |
| 16-4 | 550 | 5,714 |
| Разом | 9530 | 99,00 |
| Всього | | 297,417 |

Визначення вузлових відборів

Таблиця 25.

| № вузла | max | | | max+пож | |
|--------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|
| | Q _{вузл} , л/с | Q _{зос} , л/с | Q _{вузл} , л/с | Q _{пож} , л/с | Q _{вузл} , л/с |
| 1 | 20,06 | 21,39 | 41,5 | | 41,5 |
| 2 | 21,93 | | 21,9 | | 21,9 |
| 3 | 26,89 | | 26,9 | | 26,9 |
| 4 | 9,09 | | 9,1 | 15 | 24,1 |
| 5 | 11,95 | | 11,9 | | 11,9 |
| 6 | 10,39 | | 10,4 | | 10,4 |
| 7 | 9,87 | | 9,9 | | 9,9 |
| 8 | 15,32 | 56,6 | 71,9 | 15 | 86,9 |
| 9 | 12,47 | | 12,5 | | 12,5 |
| 10 | 10,02 | | 10,0 | | 10,0 |
| 11 | 28,75 | | 28,8 | 25 | 53,8 |
| 12 | 29,16 | 104,3 | 133,5 | 25 | 158,5 |
| 13 | 30,33 | | 30,3 | | 30,3 |
| 14 | 23,10 | | 23,1 | | 23,1 |
| 15 | 18,20 | | 18,2 | | 18,2 |
| 16 | 10,80 | | 10,8 | | 10,8 |
| 17 | 9,09 | | 9,1 | | 9,1 |
| Разом | 297,41 | | 479,7 | | 559,7 |

Попередній потік розподіл

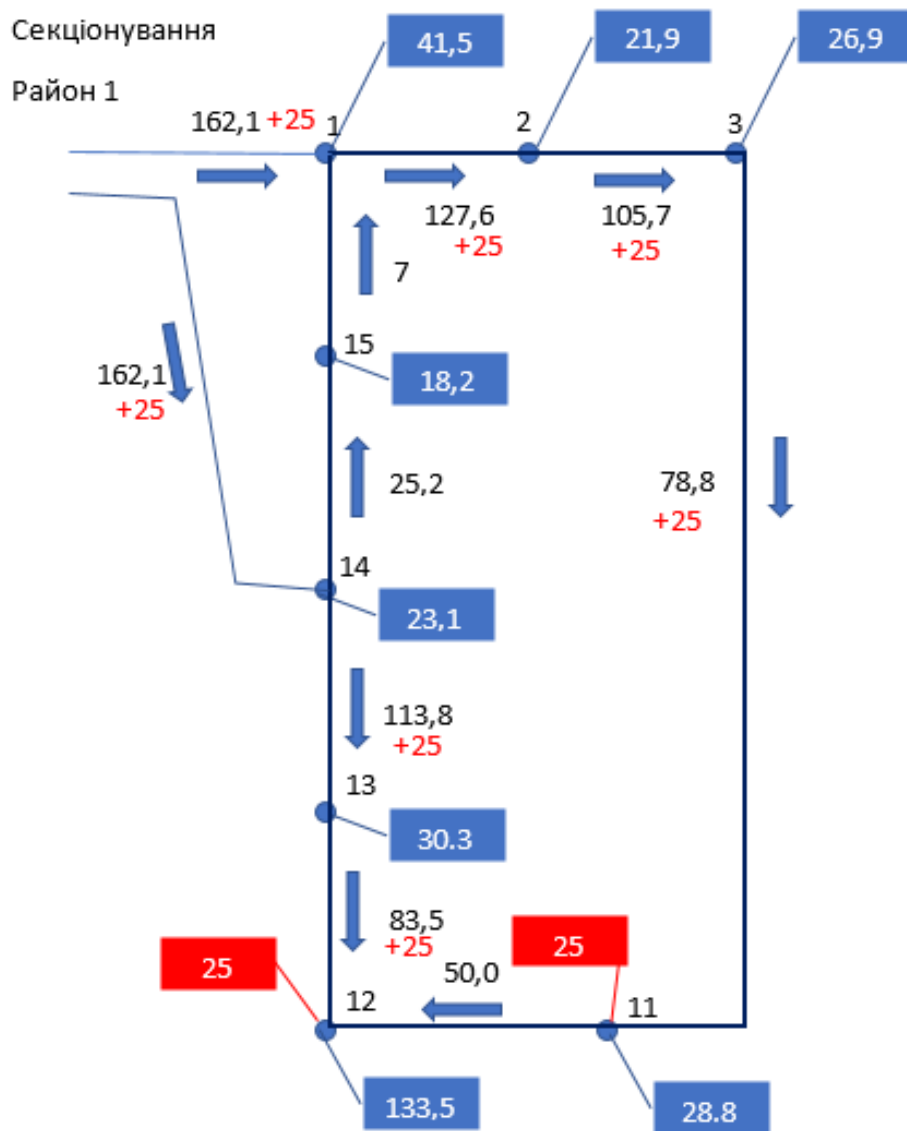


Рис.12. Схема попереднього потік розподілу для району 1

Секціонування
Район 2

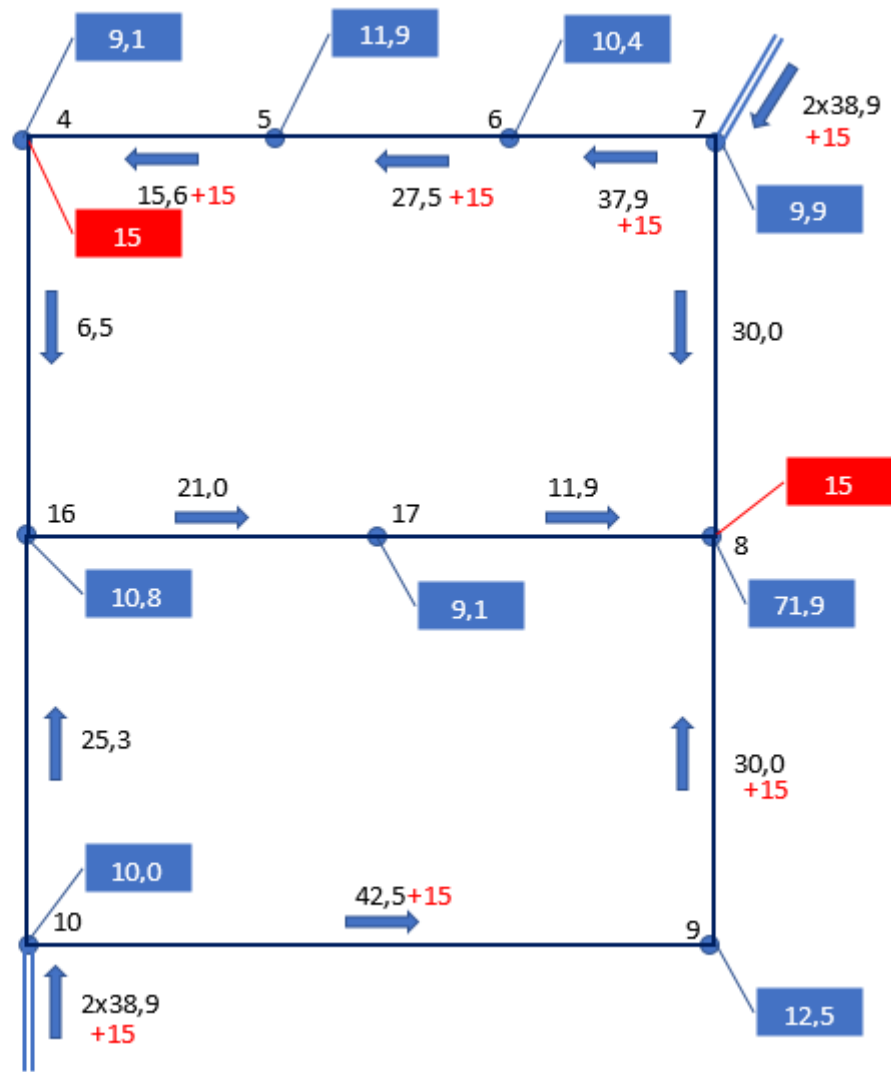


Рис.13. Схема попереднього поточкорозподілу для району 2

Результат гідравлічного розрахунку для максимального водоспоживання

Таблиця 26.

| Ділянка | Довжина | Діаметр | Витрата | Швидкість | Втрати напору |
|---------|---------|---------|---------|-----------|---------------|
| нс-1 | 1200 | 400 | 154,4 | 1,220 | 6,26 |
| нс-14 | 2400 | 400 | 169,8 | 1,342 | 15,16 |
| 1-15 | 780 | 150 | 16,1 | 0,883 | 9,01 |
| 15-14 | 700 | 150 | 2,1 | 0,115 | 0,11 |
| 3-11 | 1365 | 300 | 78,8 | 1,083 | 8,21 |
| 3-2 | 940 | 300 | 74,8 | 1,028 | 5,00 |
| 2-1 | 940 | 350 | 96,7 | 0,992 | 3,84 |
| 14-13 | 1200 | 400 | 144,7 | 1,143 | 5,72 |
| 13-12 | 1400 | 300 | 114,4 | 1,571 | 17,39 |
| 12-11 | 1100 | 150 | 19,1 | 1,050 | 14,96 |
| 4-5 | 1200 | 150 | 4,2 | 0,232 | 0,84 |
| 5-6 | 1100 | 200 | 16,1 | 0,500 | 2,43 |
| 6-7 | 900 | 200 | 26,5 | 0,823 | 5,13 |
| 7-8 | 1000 | 200 | 41,4 | 1,283 | 14,40 |
| 8-17 | 850 | 150 | 3,2 | 0,173 | 0,34 |
| 16-4 | 550 | 150 | 4,9 | 0,267 | 0,59 |
| 10-16 | 630 | 150 | 27,9 | 1,531 | 18,24 |
| 16-17 | 900 | 150 | 12,3 | 0,672 | 5,07 |
| 8-9 | 1100 | 200 | 27,4 | 0,849 | 6,93 |
| 9-10 | 1300 | 200 | 39,9 | 1,237 | 16,72 |

Результат гідравлічного розрахунку для пожежогасіння

Таблиця 27.

| Ділянка | Довжина | Діаметр | Витрата | Швидкість | Втрати напору |
|---------|---------|---------|---------|-----------|---------------|
| нс-1 | 1200 | 400 | 181,20 | 1,432 | 8,63 |
| нс-14 | 2400 | 400 | 193,00 | 1,525 | 19,58 |
| 1-15 | 780 | 150 | 17,76 | 0,974 | 10,95 |
| 15-14 | 700 | 150 | 0,44 | 0,024 | 0,01 |
| 3-11 | 1365 | 300 | 103,80 | 1,426 | 14,25 |
| 3-2 | 940 | 300 | 100,04 | 1,375 | 8,94 |
| 2-1 | 940 | 350 | 121,94 | 1,250 | 6,09 |
| 14-13 | 1200 | 400 | 169,46 | 1,339 | 7,85 |
| 13-12 | 1400 | 300 | 139,16 | 1,912 | 25,76 |
| 12-11 | 1100 | 150 | 19,34 | 1,060 | 15,27 |
| 4-5 | 1200 | 150 | 8,42 | 0,462 | 3,16 |
| 5-6 | 1100 | 200 | 20,32 | 0,630 | 3,67 |
| 6-7 | 900 | 200 | 30,72 | 0,953 | 6,87 |
| 7-8 | 1000 | 200 | 52,18 | 1,619 | 22,91 |
| 8-17 | 850 | 150 | 0,46 | 0,025 | 0,01 |
| 16-4 | 550 | 150 | 15,68 | 0,860 | 6,12 |
| 10-16 | 630 | 150 | 36,04 | 1,976 | 30,36 |
| 16-17 | 900 | 150 | 9,56 | 0,524 | 3,08 |
| 8-9 | 1100 | 200 | 34,26 | 1,063 | 10,45 |
| 9-10 | 1300 | 200 | 46,76 | 1,451 | 23,00 |

Визначення фактичних п'єзометричних напорів

Район 1

Максимальне водоспоживання

Таблиця 28.

| № ділянки | Втрати напору | № вузла | Необхідний вільний напір, м | Поверхня землі, м | П'єзометричний напір, м | Фактичний вільний напір, м |
|-----------|---------------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| нс-1 | 6,26 | нс | | 115 | 180,27 | 65,27 |
| 1-2 | 3,84 | 1 | 30 | 102 | 174,01 | 72,01 |
| 2-3 | 5,00 | 2 | 30 | 100 | 170,18 | 70,18 |
| 3-11 | 8,21 | 3 | 30 | 100 | 165,17 | 65,17 |
| 11-12 | 14,96 | 11 | 30 | 102 | 156,96 | 54,96 |
| 12-13 | 17,39 | 12 | 30 | 112 | 142,00 | 30,00 |
| 13-14 | 5,72 | 13 | 30 | 117 | 159,39 | 42,39 |
| 14-нс | 15,16 | 14 | 30 | 120 | 165,11 | 45,11 |
| | | нс | | 115 | 180,27 | 65,27 |

Пожжежогасіння

Таблиця 29.

| № ділянки | Втрати напору | № вузла | Необхідний вільний напір, м | Поверхня землі, м | П'єзометричний напір, м | Фактичний вільний напір, м |
|-----------|---------------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| нс-1 | 8,63 | нс | | 115 | 175,18 | 60,18 |
| 1-2 | 6,09 | 1 | 10 | 102 | 166,55 | 64,55 |
| 2-3 | 8,94 | 2 | 10 | 100 | 160,46 | 60,46 |
| 3-11 | 14,25 | 3 | 10 | 100 | 151,52 | 51,52 |
| 11-12 | 15,27 | 11 | 10 | 102 | 137,27 | 35,27 |
| 12-13 | 25,76 | 12 | 10 | 112 | 122,00 | 10,00 |
| 13-14 | 7,85 | 13 | 10 | 117 | 147,76 | 30,76 |
| 14-нс | 19,58 | 14 | 10 | 120 | 155,60 | 35,60 |
| | | нс | | 115 | 175,18 | 60,18 |

Район 2

Максимальне водоспоживання

Таблиця 30.

| № ділянки | Втрати напору | № вузла | Необхідний вільний напір, м | Поверхня землі, м | П'єзометричний напір, м | Фактичний вільний напір, м |
|-----------|---------------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| 7-8 | 14,40 | 7 | 18 | 85 | 128,47 | 43,47 |
| 8-9 | 6,93 | 8 | 18 | 94 | 114,07 | 20,07 |
| 9-10 | 16,72 | 9 | 18 | 103 | 121,00 | 18,00 |
| 10-16 | 18,24 | 10 | 18 | 101 | 137,72 | 36,72 |
| 16-4 | 0,59 | 16 | 18 | 94 | 119,48 | 25,48 |
| 4-5 | 0,84 | 4 | 18 | 96 | 120,07 | 24,07 |
| 5-6 | 2,43 | 5 | 18 | 95 | 120,91 | 26,91 |
| 6-7 | 5,13 | 6 | 18 | 90 | 123,34 | 33,34 |
| | | 7 | 18 | 85 | 128,47 | 43,47 |

Пожежогашіння

Таблиця 31.

| № ділянки | Втрати напору | № вузла | Необхідний вільний напір, м | Поверхня землі, м | П'єзометричний напір, м | Фактичний вільний напір, м |
|-----------|---------------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| 7-8 | 22,91 | 7 | 10 | 85 | 126,91 | 41,91 |
| 8-9 | 10,45 | 8 | 10 | 94 | 104,00 | 10,00 |
| 9-10 | 23,00 | 9 | 10 | 103 | 114,45 | 11,45 |
| 10-16 | 30,36 | 10 | 10 | 101 | 137,44 | 36,44 |
| 16-4 | 6,12 | 16 | 10 | 94 | 107,08 | 13,08 |
| 4-5 | 3,16 | 4 | 10 | 96 | 113,21 | 17,21 |
| 5-6 | 3,67 | 5 | 10 | 95 | 116,36 | 22,36 |
| 6-7 | 6,87 | 6 | 10 | 90 | 120,04 | 30,04 |
| | | 7 | 10 | 85 | 126,91 | 41,91 |

Графіки п'єзометричних напорів у водопровідній мережі представлені в графічній частині роботи.

Висновки

Секціонування водопровідної мережі дозволило знизити напори в мережі до допустимих значень, що в комплексі зі зменшенням діаметрів трубопроводів, ймовірно, може привести до зниження затрат на спорудження та експлуатацію мережі. Для підвищення надійності функціонування системи слід передбачити можливість об'єднання районів за рахунок перетікання потоків ділянками 3-4 та 10-11 за необхідності.

1.4 Водозабірні споруди

В роботі прийнято поверхневий водозабір, розташований на лівому березі, при максимальному водоспоживанні $\Sigma Q_{\max} = 30024$ тис. м³. П'єзометрична позначка подачі води 25 м, ділянка під водозабір №1. Найвища каламутність дорівнює $\rho = 0,5$ кг/м³, товщина льоду $h_{\text{л}} = 0,8$ м, шуга 1 бал, середній діаметр зависі $d \cdot 10^{-4} = 1,4$ м.

Відповідно до [1]: категорія системи водопостачання – I категорія.

Умови забору води з поверхневих джерел – Легкі.

Необхідна продуктивність водозабору на розрахунковий період:

$$Q_{\text{роз}} = Q_{\text{max}} \times k_1 \times k_2$$

$$k_{1,2} = 1.1;$$

$$Q_{\text{роз}} = Q_{\text{max}} \times k_1 \times k_2 = 30024 \times 1.1 \times 1.1 = 36329 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$q_{\text{роз}} = \frac{36329}{24 \times 3600} = 0,42 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{перс}} = Q_{\text{роз}} \times k_{\text{персп}} = 36329 \times 1.2 = 43594,8 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$q_{\text{перс}} = \frac{43594,8}{24 \times 3600} = 0,50 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Необхідна продуктивність водозабору:

Загальна потреба водоспоживання **розрахункового періоду:**

$$Q = 36329 \text{ тис. м}^3/\text{добу} = 0,42 \text{ м}^3/\text{с}$$

Загальна потреба водоспоживання **перспективного періоду:**

$$Q = 43594,8 \text{ тис. м}^3/\text{добу} = 0,50 \text{ м}^3/\text{с}$$

Таблиця 32.

| Категорія систем водопостачання по ступеням забезпечення подачі води | Забезпеченість розрахункових параметрів поверхневого джерела, % | | |
|--|---|-------------------------|------------|
| | Мінімальні середньомісячні витрати води | Розрахункові рівні води | |
| | | Максимальні | Мінімальні |
| I | 95 | 1 | 97 |

Витратні режими в створі водозабору, м³/с

Таблиця 33.

| Номер ділянки | Відсоток забезпеченості середньомісячної витрати річки | | | | |
|---------------|--|-----|-----|-------|-------|
| | 95 | 1 | 10 | 50 | 97 |
| 1 | 43/26 | 220 | 160 | 60/50 | 35/20 |

Значення розрахункових витрат

$$Q_{\text{роз водозабору}} = 0,42 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{\text{персп водозабору}} = 0,50 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{95\%} = 26 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{97\%} = 20 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{\text{роз}}^{\text{сан}} \text{ річки} = 19,58 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{\text{персп}}^{\text{сан}} \text{ річки} = 19,5 \text{ м}^3/\text{с}$$

Перевірка виконання вимоги:

$$Q_{\text{роз}}^{\text{сан}} = Q_p - Q_{\text{роз}} \geq Q_{95\%} * K_{\text{сан}};$$

$$19,58 = 20 - 0,42 \geq 26 * 0,35 = 9,1.$$

Отже, річка може бути джерелом водопостачання без регулювання.

Річка належить до стрічково-грядового типу деформації русла, що передбачає процес сповзання піщаних або гравійних гряд, які поступово переміщуються вниз за течією. При цьому відсутні значні зміни у вигляді русла з точки зору берегової лінії, тобто деформації берегів в плані є мінімальними. За графіком $Q = f(Z)$ визначаємо позначки рівнів води в річці.

Відмітка дна річки:

$$Z_{\text{відм.мін}}^{\text{русла}} - 0,5 = 107 - 0,5 = 106,5 \text{ м.}$$

Глибини води в річці

Таблиця 34.

| Категорія надійності і | Забезпеченість, % | Витрати зимові / літні | Позначки рівнів води/глибини, м | | |
|---------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|
| | | | Зимові | Літні | Весняні |
| І | 95 | 35/20 | $\frac{13,2}{3,7}$ | $\frac{12,5}{3}$ | - |
| | 90 | 43/26 | $\frac{13,6}{4,1}$ | $\frac{12,8}{3,3}$ | - |
| | 50 | 60/50 | $\frac{14}{4,5}$ | $\frac{13,8}{4,3}$ | - |
| | 3 | 220 | - | - | $\frac{16,6}{7,1}$ |
| | 10 | 160 | $\frac{15,7}{6,2}$ | $\frac{15,7}{6,2}$ | - |

Приймаємо *русловий водозабір*. Приймаємо затоплені водоприймачі усіх типів, які віддалені від берега, практично недоступні в окремі періоди року за схемою а [1].

Поздовжній профіль по осі водозабірних споруд
споруд Мз 1:500 МВ 1:200

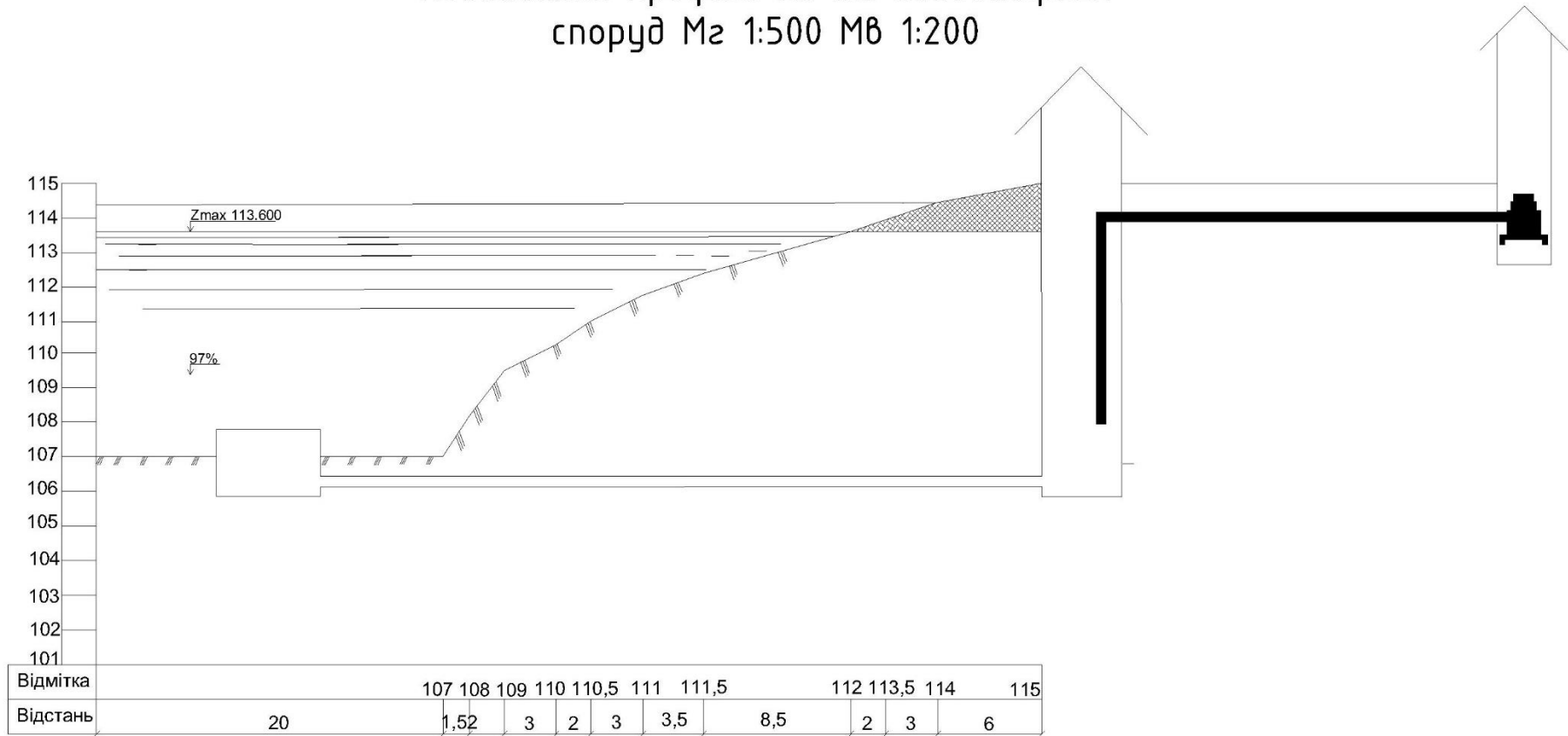


Рис. 14. Поздовжній профіль по осі водозабірних споруд

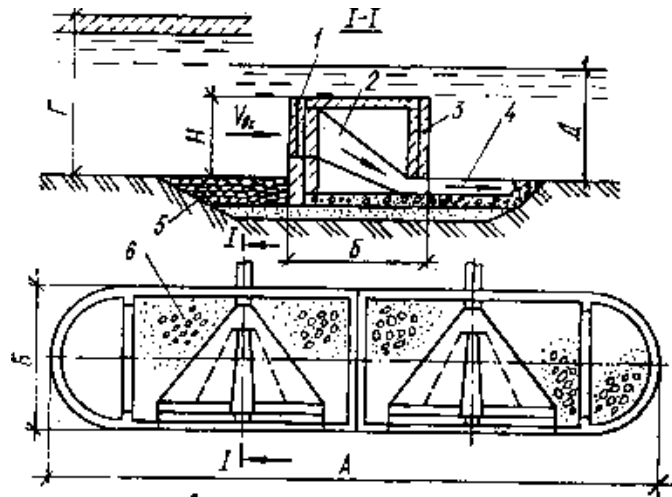


Рис. 15. Залізобетонний розтрубний захищений оголовок з боковим прийомом води

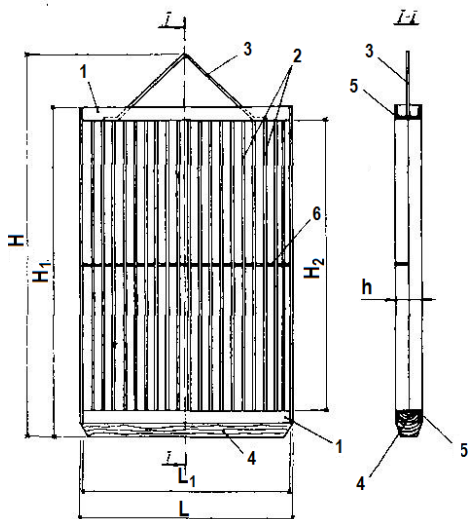
Площа отворів решітки:

$$W_{бр}^{реш} = 1,25 * \frac{q_{роз}}{V_{втік}} * k_{ст}, \text{ м}^2$$

$$W_{бр}^{реш} = 1,25 * \frac{0,25}{0,25} * 1,2 = 1,5 \text{ м}^2;$$

$$k_{ст} = \frac{с + а}{а} = \frac{10 + 50}{50} = 1,2;$$

$V_{втік}$ – швидкість витікання води через решітку $\leq 0,25$ м/с [1].



- 1 – металева рама;
- 2 – стержні решітки;
- 3 – скоба для монтажу;
- 4 – дерев'яний брус;
- 5 – швелер;
- 6 – стальна поперечина

Рис. 16. Сміттєзатримувальні решітки

Приймаємо 2 решітки - 800x81000 мм , загальною площею $S = 1,6 \text{ м}^2$

Таблиця 35.

| Розміри водоприймального вікна, мм | Площа вікна, м ² | Основні розміри, мм | | | | | | | Маса, кг |
|--|--------------------------------|---------------------|------|------|----|----|-----|-----|----------|
| | | H | H1 | H2 | h | H1 | L | L1 | |
| 800 x 1000 | 0,8 | 1255 | 1130 | 1000 | 65 | 50 | 930 | 800 | 52 |

Втрати напору в решітці:

$$h_{\text{реш}} = \zeta_{\text{реш}} \frac{V_{\text{реш}}^2}{2g} = 0.1 \text{ м.}$$

$$H_{\text{отв}} = (13,2 - 9,5) - 0,9 \times 0,8 - 0,2 - 0,5 = 2,28 \text{ м}$$

$$H_{\text{отв}} = (12,5 - 9,5) - 0,2 - 0,5 = 2,3 \text{ м}$$

Приймаємо плоскі сітки [1].

$$w_{\text{бр}}^{\text{сіт}} = 1,25 * \frac{0,25}{0,3} * 1,65 = 1,71 \text{ м}^2;$$

$$k_{\text{ст}} = \left(\frac{3,5 + 1}{3,5} \right)^2 = 1,65;$$

$V_{\text{втік}}$ – приймаємо ≤ 1 м/с; втрати напору приймаємо конструктивно 0.1.

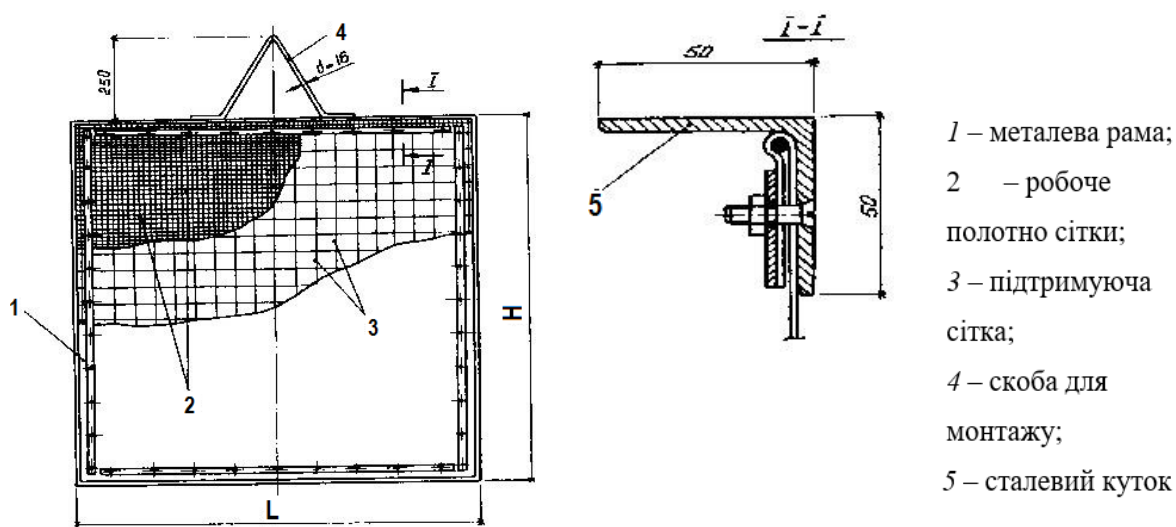


Рис. 17. Плоскі сітки

Таблиця 36.

| Розміри отвору, мм | | Загальна маса сіток із дроту, кг | | |
|-----------------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Ширина, L | Висота, H | d = 1,2 мм; вічко 2x2 мм | d = 1 мм; вічко 3,5x3,5 мм | d = 1 мм; вічко 4,5x4,5 мм |
| 1 250 | 1 500 | 9 0,0 | 8 2,0 | 8 0,0 |

Діаметр самопливних трубопроводів

$$V_{\text{сам}} = 1,4 \text{ м/с} > V_{\text{роз}} = 1,25 \text{ м/с};$$

Діаметр самопливних ліній:

$$d = \sqrt{\frac{q_{\text{роз}}}{0,785 * V_{\text{роз}}}}, \text{ м};$$

$$d = \sqrt{\frac{0,42}{0,785 * 1,4}} = 0,62, \text{ м}$$

Приймаємо діаметр 600 мм.

V та 1000i (за таблицями Шевелева):

- В паводок по одній трубі: $V = 1,68 \text{ м/с}$; $1000i = 5,65$;
- В межінь у дві труби: $V = 0,84 \text{ м/с}$; $1000i = 1,49$.

Втрати напору: $h = 1000i * L$;

- В паводок: $h_l = 5.65 * 0.04 = 0,226 \text{ м}$;
- Втрати в решітці: $h_p = 0,1 \text{ м}$;
- Сума місцевих втрат: $\sum h_m^1 = 2,5 \frac{1,68^2}{2 * 9,81} = 0,36 \text{ м}$;

Загальна сума втрат: $\sum h = 0,06 + 0,1 + 0,09 = 0,25 \text{ м}$.

Визначення рівнів води у береговому колодязі

- товщина плити днища d та зовнішніх стінок водоприймального колодязя дорівнює 1 м.
- товщина внутрішніх стінок - 0,6 м.
- внутрішній діаметр водоприймального колодязя - 7,5 м.

| Z_0 | Z_{\max} | Z_1 | Z_2 | Z_3 | Z_4 | Z_5 | Z_6 |
|-------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 114,4 | 113,6 | 112,91 | 109,25 | 108,81 | 112,81 | 109,15 | 108,71 |

Розрахунок подачі та напору насосної станції

Приймаємо 2 робочих насоса. Кількість резервних насосів = 2.

Подача насосної станції $Q_{\text{НС}} = 0,42 \text{ м}^3/\text{с}$.

Напір насосів: $H_{\text{Н}} = H_{\text{Г}} + \sum h + H_{\text{ВИЛИВ}}$,

$$H_{\text{Г}} = z_{\text{СМ}} - z_{\text{min,BC}}$$

$$H_{\text{Г}} = 25 - 11,71 = 13,29 \text{ м};$$

$$\sum h = h_{\text{BC}} + h_{\text{КОМ}} + h_{\text{ВОДОМ}} + \sum h_{\text{б.к.-о.с.}}$$

$$\sum h = 0,5 + 3 + 1 + 5 = 9,5 \approx 10 \text{ м};$$

$$H_{\text{Н}} = 13,29 + 10 + 1,5 = 24,8 \text{ м}$$

Витрата на один насос:

$$q = \frac{Q_{\text{перс}}}{2} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ м}^3/\text{с}$$

Приймаємо насос 1Д1250-63 ($n = 980 \text{ об/хв}$) – 2 шт.

1.5 Водопровідні очисні споруди

| Показник | Дані |
|---|----------------------------------|
| Територіальна полоса, де знаходиться водопровід | Південна |
| Максимальна відмітка майданчику очисної станції над рівнем моря, м | 43 |
| Ухил майданчику очисної станції, м | Від річки 0,05 |
| Характеристика ґрунтів майданчику, від 0 - 5,0м: - 0,5-3,0 м від 3,0 і нижче, м | Рослинний шар Глина Супісь |
| Глибина рівня ґрунтових вод, м | -3,2 |
| Корисна продуктивність очисної станції, тис.м ³ /добу на першу чергу на розрахунковий період | <u>15</u> 30 |
| Каламутність води у джерелі, мг/л Найбільша Найменша | <u>40</u> 25 |
| Колірність води в джерелі, град, | 100 |
| Жорсткість води мг-екв./л загальна карбонатна | <u>3,7</u> 1,5 |
| Смак, балів | 3 |
| Запах, балів | 2 |
| Перманганатна окислюваність, мг/л | 6,8 |
| Лужність, мг-екв./л | 1,5 |
| Фтор, мг/л | 0,4 |
| Колі-індекс, шт/л | 2,0 |

Визначення витрат водоочисної станції

Витрати води для забезпечення власних потреб станції та додаткові витрати на відновлення протипожежного запасу:

$$Q_{ос\ повн} = Q_{ос} + \alpha Q_{max.доб} + Q_{дон} = 30024 + 312,25 + 2106 = 32442,25 \text{ м}^3/\text{доб} = \\ = 1351,76 \text{ м}^3/\text{год} = 375,49 \text{ л/с.}$$

Кількість жителів:

$$N_{ж} = (30024/210) \cdot 1000 = 142,97 \text{ тис.}$$

Витрати води на пожежогасіння:

$$Q_{дон} = 3,6 \cdot t_{пож} \cdot (m \cdot q_{пож} + m' \cdot q'_{пож}) = 3,6 \cdot 3 \cdot (3 \cdot 55 + 1 \cdot 30) = 2106 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Приймаємо технологічну схему з **Горизонтальними відстійниками і швидкими фільтрами** [1], [3].

Розрахунок споруд і обладнання реагентного господарства

Приймаємо коагулянт - **сульфат алюмінію** $Al_2(SO_4)_3$.

$$D_k = 4 \sqrt{\text{Колірн}} = 4 \sqrt{100} = 40 \text{ мг/л.}$$

У якості флокулянта приймаємо поліакриламід (ПАА). Доза флокулянту дорівнює 0,4 мг/л [1].

Доза реагента для штучного підлужнення:

$$D_l = (40/57 - 0,8 + 1) \cdot 28 = 25,2 \text{ мг/л.}$$

Приймаємо фторування фторним натрієм (NaF), оскільки вміст фтору у воді 0,4 < 0,7.

Доза фторовмісного реагенту:

$$D_f = [1,1 \cdot 0,8 - 0,4] \cdot 100/45 \cdot 100/94 = 1,13 \text{ мг/л.}$$

Приготування реагентів

Оскільки продуктивність станції понад 30000 м³/доб, приймаємо вологе зберігання (норма поставки складає 60 т).

Добова витрата товарного коагулянту:

$$Q_k^{доб} = \frac{32442,25 \cdot 40}{10^4 \cdot 51} = 2,54 \text{ т/доб;}$$

30-ти добовий запас коагулянту: $Q_k^1 = Q_k^{доб} \cdot 30 = 2,54 \cdot 30 = 76,2 \text{ т}$

Кількість вагонів , яка забезпечує разову поставку:

$$n = \frac{76,2}{60} = 1,27 = 2;$$

Обсяг разової поставки:

$$Q_{\text{к}}^{\text{раз}} = 60 * 2 = 120 \text{ т.}$$

Об'єм баків для зберігання коагулянту:

$$W_{\text{к}}^{\text{зб}} = Q_{\text{к}}^{\text{раз}} \cdot C_{\text{к}} = 120 \cdot 2 = 240 \text{ м}^3;$$

Кількість розчинних баків не менше 3.

$$W_{\text{лк}}^{\text{зб}} = \frac{W_{\text{к}}^{\text{зб}}}{3} = \frac{240}{3} = 80 \text{ м}^3; r = 4; h = 3; W = 84,82 \text{ м}^3$$

$$F = 28,27 \text{ м}^2$$

Приймаємо 5 баків:

- 3 баки для разової поставки коагулянту;
- 1 бак для зберігання концентрованого розчину для забезпечення безперебійної роботи водоочисної станції;
- 1 бак резервний.

$$\text{Ємність витратних баків: } W_{\text{к}}^{\text{витр}} = \frac{1351,76 \cdot 10 \cdot 40}{10^4 \cdot 8 \cdot 1,083} = 6,24 \text{ м}^3.$$

Кількість витратних баків приймаємо не менше 2.

Об'єм одного баку:

$$W_{\text{лк}}^{\text{витр}} = \frac{6,24}{2} = 3,12 \text{ м}^3;$$

$$W = 3,14 \cdot r^2 \cdot h; r = 1; h = 1,2; W = 3,76 \text{ м}^3; F = 3,14 \text{ м}^2$$

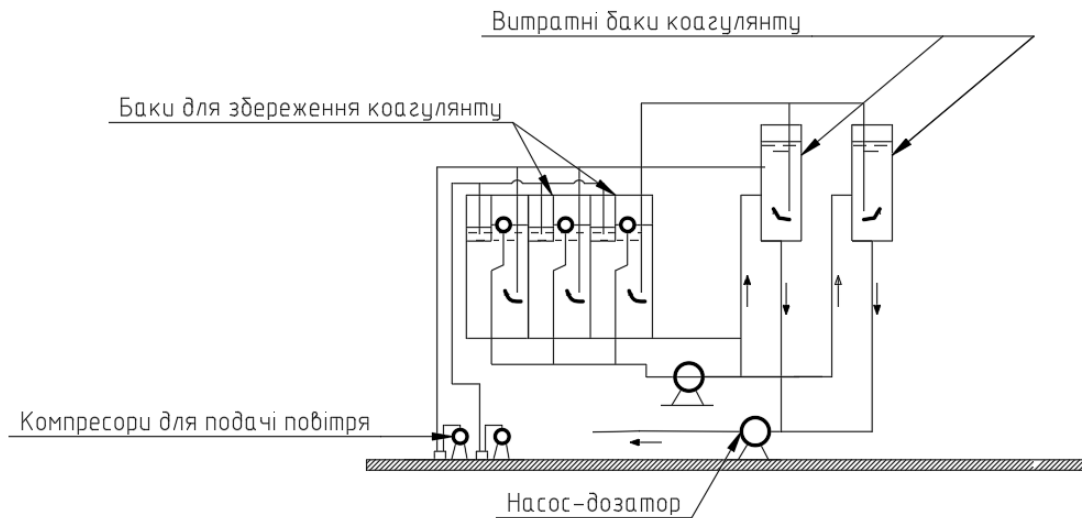


Рис. 18. Схема приготування розчину коагулянту при «мокрому» зберіганні

Повітродувні станції

Витрата повітря: $Q_{\text{ПОВ}} = \Sigma f \cdot n \cdot a$.

- в розчинних баках: $Q_{\text{ПОВ}}^{\text{РОЗ}} = 28,27 \cdot 3 \cdot 9 = 763,29 \text{ л/с}$;
- в баках-сховищах: $Q_{\text{ПОВ}}^{\text{BT}} = 1,88 \cdot 2 \cdot 5 = 18,8 \text{ л/с}$;
- всього: $Q_{\text{РГ}} = Q_{\text{ПОВ}}^{\text{РОЗ}} + Q_{\text{ПОВ}}^{\text{СХ}} = 763,29 + 18,8 = 782,09 \text{ л/с}$

$$W = 46,93 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Приймаємо 3 повітродувки: 2 робочих, 1 резервна

ІА32-30-8А = 160 м³/хв

потужність 11 кВт, Р = 3 МПа.

Швидкість руху повітря:

$$v = \frac{46,93}{60(10 \cdot 30,59 + 1) \cdot 0,785 \cdot 0,015^2} = 14,7 \text{ м/с.}$$

Зберігання флокулянту (ПАА)

Місячна потреба в ПАА:

$$P_{\text{ПАА}}^{\text{МІС}} = 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 32442,25 \cdot 30 = 389,3 \text{ кг.}$$

Добова потреба у флокулянті:

$$P_{\text{ПАА}}^{\text{ДОБ}} = P_{\text{ПАА}}^{\text{МІС}}/30 = 389,3/30 = 12,98 \text{ кг/доб},$$

Об'єм витратних баків:

$$W_{\text{ПАА}}^{\text{ВИТ}} = 100 \cdot 1,1 \cdot 12,98 \cdot 3/0,2 \cdot 1000 = 21,42 \text{ м}^3,$$

Об'єм одного витратного баку:

$$W_{\text{ПАА}}^{\text{БАК}} = 21,42/3 = 7,14 \text{ м}^3.$$

$$W = 3,14 \cdot r^2 \cdot h; r = 3; h = 0,6; W = 16,96 \text{ м}^3$$

Зберігання і приготування вапна

Добова витрата товарного коагулянту:

$$Q_{\text{к}}^{\text{ДОБ}} = \frac{32442,25 \cdot 25,2}{10^4 \cdot 78} = 1,048 \text{ т/доб};$$

16-ти добовий запас вапна:

$$Q_{\text{л}}^1 = Q_{\text{л}}^{\text{ДОБ}} \cdot 16 = 1,048 \cdot 16 = 16,77 \text{ т};$$

Об'єм баків для вапняного молока :

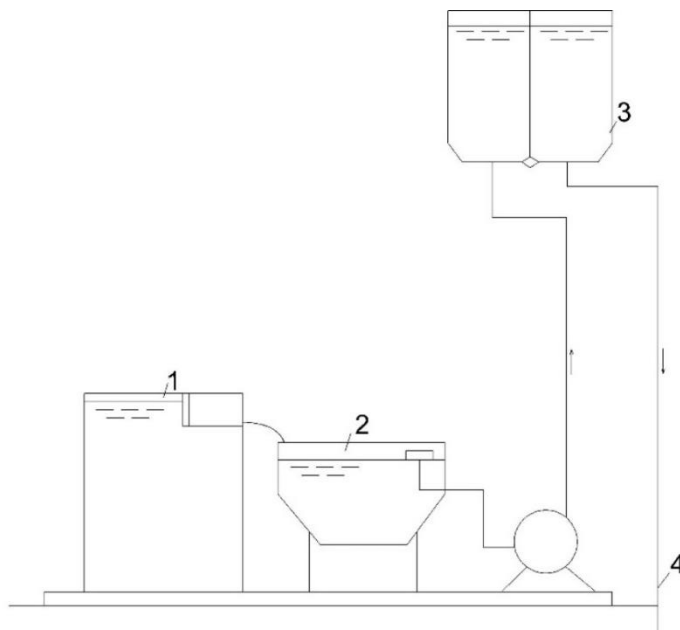
$$W_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{год}} n D_{\text{л}}}{10^4 \cdot v_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}}} = \frac{1351,76 \cdot 10 \cdot 25,2}{10^4 \cdot 5 \cdot 1} = 6,81 \text{ м}^3;$$

$$W = 3,14 \cdot r^2 \cdot h; r = 2 \text{ м}; h = 0,6 \text{ м}; W = 7,54 \text{ м}^3$$

Приймаємо один бак $r = 2 \text{ м}; h = 0,6 \text{ м}$.

бак

воду



для погашення вапна

2. гідралічний
змішувач

3. дозатор вапняного
молока

4. трубопровід
подачі лугу в оброблювану

Рис. 19. Схема приготування вапняного молока

Зберігання і приготування фторовмісних реагентів

Об'єм баків:

$$W_{\phi} = \frac{Q_{oc} D_{\phi}^{\text{ч}}}{n \cdot 10^4 \cdot b_{\phi} \cdot \rho_{\phi}} = \frac{32442,25 \cdot 1,09}{4 \cdot 10^4 \cdot 2,5 \cdot 1} = 0,46 \text{ м}^3;$$

$$D_{\phi}^{\text{ч}} = D_{\phi} \cdot \frac{100}{c_{\phi}} = 1,13 \cdot \frac{100}{94} = 1,2 \text{ г/м}^3$$

Витрата фторовмісного реагенту за добу:

$$Q_{\phi}^{\text{доб}} = \frac{Q_{oc} \cdot D_{\phi}^{\text{ч}}}{10^6} = \frac{32442,25 \cdot 1,2}{10^6} = 0,039 \text{ т/доб};$$

30-ти добовий запас фторовмісного реагенту:

$$Q_{\phi}^1 = 0,039 \cdot 30 = 1,17 \text{ т.}$$

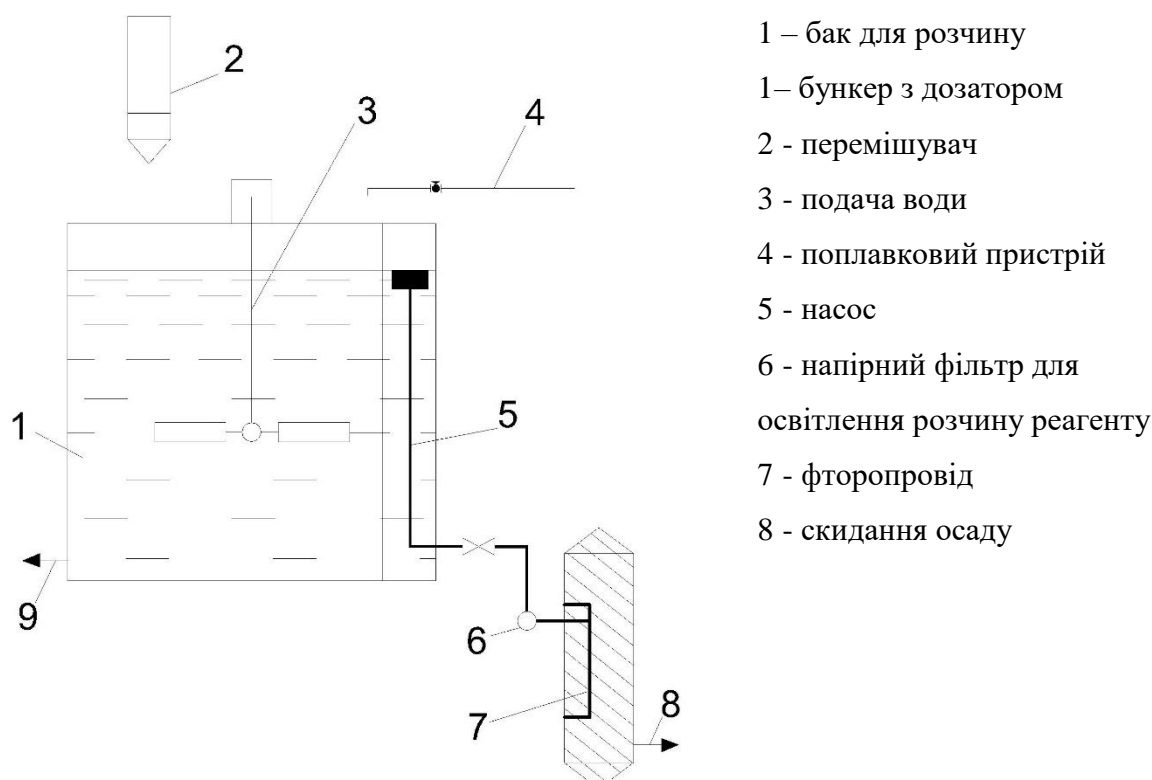


Рис. 20. Схема приготування ненасиченого розчину у витратних баках

Приготування розчину NaOCl

Для знезаражування поверхневих вод застосовуємо дозу активного хлору 2-3 мг/л. У разі промивання або ремонту резервуарів цю дозу подвоюємо до 4-6 мг/л.

Добова витрата активного хлору:

$$Q_{\text{ХЛ}} = 18489,8 \cdot 3 = 55469,4 \text{ г} / \text{доб} = 2311,2 \text{ г} / \text{год} = 2,3 \text{ кг} / \text{год};$$

При промиванні та ремонті одного з резервуарів:

$$Q_{\text{ХЛ}} = 55469,4 \cdot 2 = 110938,8 \text{ г} / \text{доб} = 4622,45 \text{ г} / \text{год} = 4,6 \text{ кг} / \text{год}.$$

Приймаємо метод електролітичного виробництва гіпохлориту натрію з розчину кухонної солі, використовуючи установку знезаражування типу ЕП-10-12 із номінальною продуктивністю 12,6 кг активного хлору на добу.

Система включає три установки ЕП-10-12: дві робочі та одну резервну (для першої черги передбачено одну робочу і одну резервну). Витрати кухонної солі харчової якості для отримання 1 кг активного хлору на годину становлять 3 кг, згідно з технічними характеристиками установки ЕП-10-12.

- Добова витрата кухонної солі харчової якості:

$$2,3 \text{ кг} \cdot 3 \text{ кг} / \text{год} \cdot 24 \text{ год} = 165,6 \text{ кг} / \text{доб}.$$

- При промиванні та ремонті одного з резервуарів:

$$4,6 \text{ кг} \cdot 3 \text{ кг} / \text{год} \cdot 24 \text{ год} = 331,2 \text{ кг} / \text{доб}.$$

- Місячна потреба у кухонній солі харчової якості:

$$331,2 \text{ кг} / \text{доб} \times 30 \text{ діб} = 9936 \text{ кг}$$

- Кількість мішків місячної потреби:

$$9936 : 50 = 199 \text{ шт.}$$

Приймаємо склад технічної солі сухого зберігання по 15 мішків на 14 піддонах [1].

Мішки розміром 400x700x200 мм та вагою 50 кг викладаються на піддони у 5 рядів. Розмір піддона приймаємо 1200x800 мм.

Потреба у кухонній солі харчової якості на 15 діб:

$$331,2 \text{ кг} / \text{доб} \times 15 \text{ діб} = 4968 \text{ кг}.$$

Кількість мішків на 15 діб: $4968 : 50 = 100 \text{ шт.}$

Розрахунки окремих апаратів і споруд

- Вихровий змішувач

Приймаємо кількість змішувачів – 3 шт.

Внутрішні діаметри труб на виході зі змішувача, м: $d_{ВХ} = \sqrt{\frac{4Q_{ДОБ}}{86400 \cdot \pi \cdot n \cdot V_{тр}}}$

Площа верхньої частини: $F_B = \frac{Q_{ДОБ}}{24 \cdot n \cdot V_{ЗМШ}}$

Площа нижньої частини: $F_H = \frac{\pi(1,02 \cdot d_{ВХ})^2}{4}$

Об'єм верхньої частини: $W_B = 1,5 \cdot F_B$

Діаметр верхньої частини: $d_B = \sqrt{\frac{4 \cdot F_B}{\pi}}$

Повний об'єм змішувача: $W = \frac{Q_{ДОБ} \cdot t_{ЗМШ}}{1440 \cdot n}$

Об'єм нижньої частини змішувача: $W_H = W - W_B$

Висота нижньої частини змішувача:

$$h_H = \frac{12 \cdot W_H}{\pi \cdot [(1,02 \cdot d_{ВХ})^2 + d_B^2 + 1,02 \cdot d_{ВХ} \cdot d_B]}$$

| $d_{ВХ}$ | $d_{ЗОВН}$ | F_B | F_H | W_B | d_B | W | W_H | h_H |
|----------|------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------|----------------------|----------------------|--------|
| 400 мм | 416 мм | 3,75 м ² | 0,13 м ² | 5,625 м ³ | 2,5 м. | 14,23 м ³ | 8,605 м ³ | 4,42 м |

Перевірка співвідношення висоти нижньої частини до сторони або діаметру верхньої: $h_H/d_B = 4,42/2,5 = 1,76$.

Повний об'єм змішувача:

$$W = 8,605 + 5,625 = 14,23 \text{ м}^3$$

Після вихрових змішувачів встановлюємо 2 повітровіддільника.

- Горизонтальні відстійники

Площа відстійника: $F_{ВД} = 1351,76 \cdot 1,3 / (3,6 \cdot 0,5) = 976,27 \text{ м}^2$

Розрахункова довжина відстійника: $L = 3 \cdot 8,5 / 0,5 = 51 \text{ м}$.

Будівельна довжина відстійника – 51 м.

Кількість робочих секцій відстійника при ширині секції 6 м:

$$N_p = 976,27 / (6 \cdot 51) = 3,2 = 4 \text{ м}$$

Приймаємо 5 секцій відстійника.

Будівельна площа 1 відстійника: $F_{БУД} = N \cdot L_{БУД}$.

Будівельна площа 1 камери: $f_k = \frac{Q_{год}}{3.6 \cdot N_p \cdot v_{кр}}$.

Розрахункова довжина камери: $l = \frac{f_k}{B_k}$.

Висота шару води у камері: $h_2 = \frac{Q_{год}}{3.6 \cdot 10^3 \cdot N_p \cdot v_1 \cdot B}$.

Висота води в камері: $h_k = H_{сер} + 0.1$.

Товщина шару завислого осаду: $h_1 = h_k - h_2$.

Тривалість перебування води у камері: $t = \frac{100 \cdot h_k}{6 \cdot v_{кр}}$.

Відстань зануреної перегородки від стінки камери: $\alpha = \frac{Q_{год}}{3.6 \cdot 10^3 \cdot N_p \cdot v_2 \cdot B}$.

| $F_{БУД}$ | f_k | l | h_2 | h_k | h_1 | t | α |
|--------------------|----------------------|---------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 255 м ² | 144,4 м ² | 24,06 м | 0,3 м | 3,1 м | 2.8 | 78 хв | 0,78 |

Будівельні розміри відстійника:

- ширина 30 м
- довжина 51 м
- висота 4,2 м
- загальний об'єм 64260 м³.

Будівельна площа 1 відстійника $F_{БУД} = N \cdot L_{БУД} = 6 \cdot 51 = 306 \text{ м}^2$.

Концентрація завислих речовин на вході до відстійника:

$$C_{B \max} = 40 + 0,5 \cdot 40 + 0,25 \cdot 100 = 85 \text{ мг/л};$$

$$C_{B \min} = 25 + 0,5 \cdot 40 + 0,25 \cdot 100 = 70 \text{ мг/л};$$

$$W_{\max} = 24 \cdot 32442,25 \cdot (85 - 13) / 24 \cdot 6 \cdot 23000 = 16,93 \text{ м}^3,$$

$$W_{\min} = 24 \cdot 32442,25 \cdot (70 - 13) / 24 \cdot 6 \cdot 23000 = 13,4 \text{ м}^3.$$

- Швидкі фільтри

Попередньо приймаємо двошарові фільтри.

Загальна площа фільтрування:

$$F_{\Phi} = \frac{Q_{oc}}{T_{ст} \cdot v_{н} - n_{пр} \cdot q_{пр} - (\tau_{пр} \cdot v_{н} \cdot n_{пр})}, \text{ м}^2;$$
$$F_{\Phi} = \frac{32442,25}{24 \cdot 8 - 3 \cdot 0,105 - (0,33 \cdot 8 \cdot 3)} = 176,54 \text{ м}^2.$$

Кількість фільтрів:

$$N_{\Phi} = \frac{\sqrt{F_{\Phi}}}{2} \text{ шт},$$
$$N_{\Phi} = \frac{\sqrt{176,54}}{2} = 6,64 \text{ шт}, \approx 7 \text{ шт},$$

Площа одного фільтра:

$$F_{\Phi}^1 = F_{\Phi} / N_{\Phi};$$
$$F_{\Phi}^1 = \frac{176,54}{7} = 25,22 \text{ м}^2,$$

Приймаємо площу 25 м².

Витрата води для промивки фільтра:

$$Q_{пр} = F_{\Phi}^1 \cdot q_{пр}^1 \cdot 10^{-3}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$
$$Q_{пр} = 25 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,38 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Діаметр колектора:

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{пр}}{\pi \cdot v_k}}, \text{ м};$$
$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,38}{3,14 \cdot 1}} = 0,69 \text{ м}$$
$$d_k = 100 \text{ мм}$$

Загальна кількість відгалуджень на 1 фільтрі:

$$n_{заг}^{відг} = 2 \cdot \frac{B}{m}, \text{ шт},$$

$$n_{\text{заг}}^{\text{відг}} = 2 \cdot \frac{6}{0.3} = 40 \text{ шт.}$$

Витрата промивної води через 1 відгалудження:

$$q_{\text{відг}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{n_{\text{заг}}^{\text{відг}}}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

$$q_{\text{відг}} = \frac{0,38}{40} = 0,0095 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Діаметр 1 відгалудження:

$$d_{\text{відг}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{відг}}}{\pi \cdot v_{\text{відг}}}}, \text{ м},$$

$$d_{\text{відг}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0095}{3,14 \cdot 1,8}} = 0,082 \text{ м}$$

$$d_{\text{відг}} = 100 \text{ мм.}$$

Загальна площа отворів у відгалудженнях:

$$\Sigma f_0 = (0,25 \dots 0,5) F_{\Phi}^1 \cdot 10^{-2}, \text{ м}^2$$

$$\Sigma f_0 = 0,28 \cdot 25,22 \cdot 10^{-2} = 0,07 \text{ м}^2$$

Площа одного отвору:

$$f_0 = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4}, \text{ м}^2$$

$$f_0 = \frac{3,14 \cdot 0,01^2}{4} = 0,0000785 \text{ м}^2.$$

Загальна кількість отворів для фільтра:

$$n_0 = \frac{\Sigma f_0}{f_0}, \text{ шт},$$

$$n_0 = \frac{0,07}{0,0000785} \approx 900 \text{ шт.}$$

Кількість отворів 1 відгалудженні:

$$n_o^{\text{відг}} = \frac{n_0}{n_{\text{заг}}^{\text{відг}}}, \text{ шт},$$

$$n_o^{\text{відг}} = \frac{900}{40} = 22,5 = 23 \text{ шт,}$$

Довжина 1 відгалудження:

$$l_{\text{відг}} = \frac{L \cdot d_{\text{к}}^{\text{зобн}}}{2}, \text{ м;}$$

$$l_{\text{відг}} = \frac{5 \cdot 0,1}{2} = 0,25 \text{ м.}$$

Крок осі отворів буде складати:

$$l_o = \frac{l_{\text{відг}}}{n_o^{\text{відг}}} \cdot 10^3, \text{ мм;}$$

$$l_o = \frac{0,25}{23} \cdot 10^3 = 10,87 = 11 \text{ мм.}$$

Витрата води, що припадає на один жолоб:

$$q_{\text{ж}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{n_{\text{ж}}}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

$$q_{\text{ж}} = \frac{0,38}{3} = 0,13 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Ширина жолоба:

$$B_{\text{ж}} = K_{\text{ж}} \sqrt[5]{\frac{q_{\text{ж}}^2}{(1,57 + a_{\text{ж}})^3}}, \text{ м,}$$

$$B_{\text{ж}} = 2,0 \sqrt[5]{\frac{0,13^2}{(1,57 + 1,5)^3}} = 0,45 \text{ м.}$$

Прямокутна частина жолоба:

$$h_{\text{п}} = (0,5 \dots 0,75) B_{\text{ж}}, \text{ м;}$$

$$h_{\text{п}} = 0,6 \cdot 0,45 = 0,27 \text{ м;}$$

$$h_{\text{ж}} = h_{\text{п}} + (0,5) B_{\text{ж}} = 0,27 + 0,23 = 0,5 \text{ м.}$$

Конструктивна висота:

$$h_{\text{ж}}^k = h_{\text{ж}} + 0,08, \text{ м;}$$

$$h_{\text{ж}}^k = 0,5 + 0,08 = 0,58 \text{ м.}$$

Відстань від поверхні фільтруючого завантаження до кромки жолоба:

$$H_{\text{ж}} = \frac{H_3 \cdot a_3}{100} + 0,3, \text{ м};$$
$$H_{\text{ж}} = \frac{0,8 \cdot 50}{100} + 0,3 = 0,7 \text{ м.}$$

Швидкість руху води в кінці каналу:

$$v_{\text{кан}} = \frac{q_{\text{кан}}}{B_{\text{кан}} \cdot (H_{\text{кан}} - 0,2)}, \text{ м/с};$$
$$v_{\text{кан}} = \frac{0,38}{0,7 \cdot (1,09 - 0,2)} = 0,6 \text{ м/с.}$$

Розрахунок споруд для обробки промивної води та осаду

Витрати води на промивку фільтра:

$$P = \frac{\omega \cdot f \cdot t_1 \cdot 60 \cdot N}{Q_{\text{год}} \cdot T_p \cdot 1000} \cdot 100\% = \frac{13 \cdot 25 \cdot 6 \cdot 60 \cdot 8}{1351,76 \cdot 11,4 \cdot 1000} \cdot 100\% = 6,07\% \rightarrow q_1 = 82,05 \text{ м}^3/\text{год}$$

Витрата води на одну промивку фільтра протягом 6 хв:

$$q = \frac{F \cdot w \cdot 60 \cdot t_1}{1000} = \frac{25 \cdot 13 \cdot 60 \cdot 6}{1000} = 117 \text{ м}^3.$$

Місткість резервуара приймаємо 120 м³.

- Піскоуловлювачі

Площа тангенціальної пісколовки: $F = \frac{Q_{\text{год}}}{n \cdot q_0} = \frac{23,4}{2 \cdot 2} = 5,85 \text{ м}^2.$

Об'єм відстійника промивної води: $V_{\text{от}} = q_1 \cdot t = 82,05 \cdot 2 = 164,1$

Приймаємо відстійник на 2 секції:

- ширина кожної секції - 6 м
- довжина відстійника - 17 м
- висота осадкової частини - 2 м
- об'єм 200 м³.

Витрата води під час видалення осаду з відстійника:

$$q_{\text{ос}} = \frac{K_p \cdot W \cdot 100}{24 \cdot Q_{\text{ос}} \cdot T} = \frac{1,3 \cdot 16,93 \cdot 100}{24 \cdot 675,88 \cdot 1} = 0,136\%;$$

$$Q_{\text{ос}} = \frac{Q_{\text{год}}}{2} = \frac{1351,76}{2} = 675,88 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрата води при викиді осаду з осадощільнювача :

$$q_{\text{ос}} = \frac{K_p \cdot (C - m)}{\delta_{\text{сер}}} = \frac{1,5 \cdot (85 - 8)}{23000} \cdot 100\% = 0,5 \%$$

- Згущувач

Об'єм згущувача:

$$W_{\text{зг}} = 1,3 \cdot 1,5 \cdot 16,93 = 33,01 \text{ м}^3.$$

У якості згущувачів приймаємо 3 відстійника:

- діаметр 6,0 м
- висота циліндричної частини - 2,1 м
- висота конічної частини – 1,8 м

Загальна площа зневоднення:

$$F = \frac{Q_{\text{год}} \cdot C}{q_0} = \frac{1351,76 \cdot 0,16}{10} = 21,63 \text{ м}^2.$$

Приймаємо 1 робочий і 1 резервний фільтр-прес ФПАКМ-30У, площа кожного - 30 м².

МОНТАЖ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Консультант:

/ доц. Копаниця Ю.Д./

2.1 Підготовчі роботи

Організовуємо будівельний майданчик, розподіляємо зони виконання робіт і облаштовуємо робочі місця таким чином, щоб забезпечити безпечні умови для працівників на всіх етапах будівництва.

Під час планування будівельного майданчика та розташування робочих зон, проходів і проїздів для техніки й транспорту визначаємо небезпечні ділянки, де можуть виникати потенційно небезпечні виробничі фактори. Ці ділянки ми чітко позначаємо знаками безпеки.

Території, де постійно діють небезпечні виробничі фактори:

- місця біля неізольованих частин електрообладнання, які перебувають під напругою
- ділянки з відкритими перепадами висоти від 1,3 метра і вище
- зони руху будівельної техніки та машин
- місця, де концентрація шкідливих речовин перевищує встановлені допустимі норми

Для забезпечення безпеки обмежуємо небезпечні зони сталевими огороженнями. Межі таких ділянок визначаємо в радіусі 5 метрів від діючих елементів машин або обладнання.

У межах робочої зони ми обов'язково розробляємо схему руху монтажного обладнання та, за потреби, діючих частин машин. Ця схема повинна бути зрозумілою та позначеною відповідними дорожніми знаками.

2.2 Визначення розмірів траншеї

Ширину траншей по дну призначаємо в відповідності зі СНІП 3.02. 01-87 (табл. 39.1).

Найбільша глибина траншеї: $H=3,38$ м. ($3,055 + 0,325 = 3,38$ м) Вузлові точка №30

Найменша ширина траншеї по дну: $B = D + 0,5 = 0,325 + 0,5 = 0,825$ м.

Приймаємо $B = 1$ м

Ширина траншеї $b_{тр} = B + 2mh = 1 + 2*3,38*0,5 = 4,38$ м

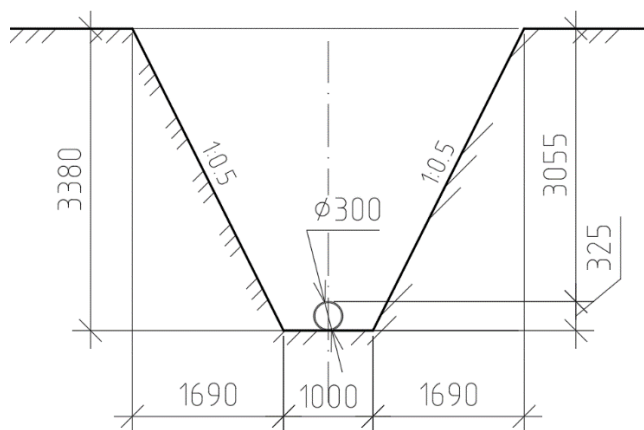


Рис. 21. Траншея

Для котловану глибиною 3,4 м у суглинках найбільша крутизна відкосів становить $1 : m = 1 : 0,5$.

При зварному з'єднанні сталевих труб і зовнішньому діаметрі труби 325 мм приймаємо такі розміри приямку:

- довжина 1 м;
- ширина $D_0 + 1,2 = 0,325 + 1,2 = 1,525$

де D_0 – зовнішній діаметр трубопроводу;

- глибина 0,7 м.

2.3 Вибір транспортного засобу для перевезення труб і визначення кількості одночасно перевезених труб.

Для транспортування труб від заводу-виробника до монтажного майданчика при масі однієї труби довжиною 5 м – 387,7 кг, приймаємо автомобіль КРАЗ-257:

Таблиця 37.

| | |
|---|---------|
| Вантажопідйомність, т | 12 |
| Маса причепа, т | 16,6 |
| Число осей всього | 3 |
| - ведучих | 3 |
| База, мм | 5050 |
| Ширина колії коліс: передніх, мм | 1950 |
| Задніх, мм | 1920 |
| Двигун: тип | Дизель |
| Марка | ЯМЗ-238 |
| Потужність, к.с. | 240 |
| Розміри шин, дюйм | 12-20 |
| Розміри платформи (внутрішні): довжина | 5770 |
| Ширина, мм | 2480 |
| Висота, мм | 825 |
| Погрузочна висота, мм | 1495 |
| Найбільша швидкість руху, км/год | 55 |
| Витрата пального на 100 км, л | 36 |
| Основні розміри автомобіля: Довжина, мм | 9660 |
| Ширина, мм | 2650 |
| Висота, мм | 2620 |
| Маса (в заправленому стані), т | 11,3 |

По типу, діаметру і вазі труб вибираємо марку транспортного засобу і визначаємо кількість одночасно перевезених труб за одну ходку.

Кількість перевезених одночасно в транспортному засобі труб:

$$\text{де } n_{TP} = \frac{B_K}{d_H + \sum \delta_{np}} = \frac{2480}{325 + 60} = 6,44 \approx 6 - \text{кількість труб на транспортному}$$

засобі в один ряд;

$$n_p = \frac{H_K}{d_H + \sum \delta_{np}} = \frac{1495}{325 + 120} = 3,35 \approx 3 - \text{припустиме для даного транспортного}$$

засобу кількість рядів труб;

$$\text{тоді } N_{TP} = 6 \cdot 3 = 18$$

Схема розміщення і закріплення металевих труб при перевезенні їх на автомобілі марки КрАЗ 257

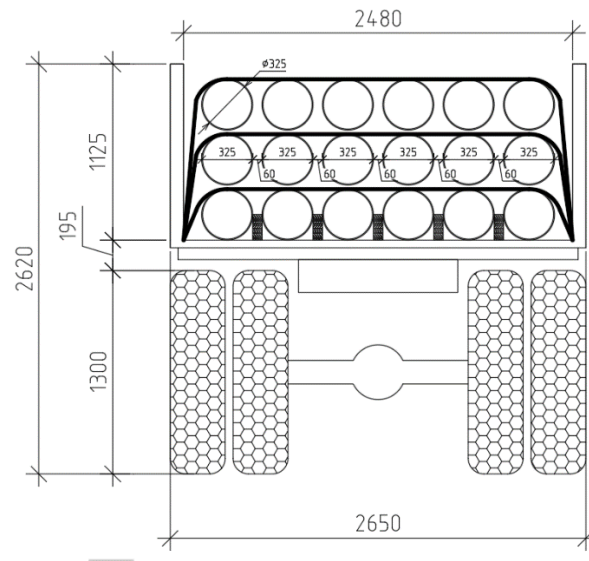


Рис. 22 Схема розміщення і закріплення металевих труб при перевезенні їх на автомобілі марки КрАЗ 257

Вибір строповочного обладнання

Для сталевих трубопроводів вибрана строповка з використанням м'яких рушників марки ПМ 321 також обраний строп універсальний двохгілковий УСК-2

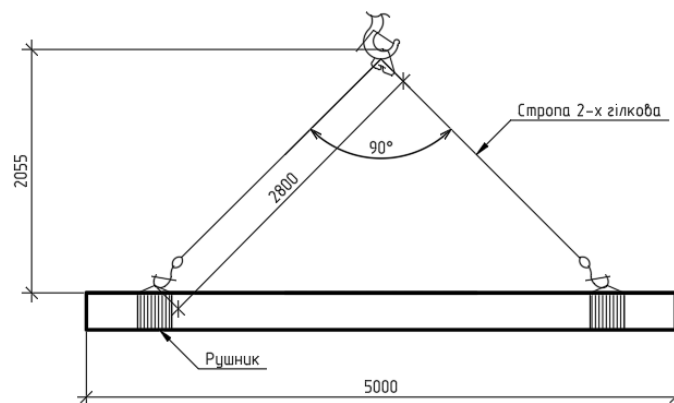


Рис. 23 Схема стропового обладнання

2.4 Вибір крана та схеми розвантаження, складування і монтажу

Виконуємо вибір крана для монтажу збірних елементів трубопроводу на основі будівельно-монтажних характеристик: необхідної монтажної маси, висоти підйому крюка для захоплення елементів з транспортних засобів та монтажного вильоту стріли крана.

Потрібна монтажна маса: $Q_M = Q_3 + \sum q_{np} = 0,38 + 0,28 = 0,66$ т

Потрібна висота крюка при захваті збірних елементів з транспортного засобу:

$$H_6 = H_{zc} + 0,5 + d_3 + h_{np} + h_n = 2,245 + 0,5 + 0,325 + 2,05 + 1,5 = 6,62 \text{ м,}$$

Потрібний монтажний виліт стріли крана при прокладанні трубопроводів з коротких трубних заготовок:

$$l_c = 0,5b + 1,2mh + 0,5B_{кр} = 0,5 \cdot 1 + 1,2 \cdot 0,5 \cdot 3,38 + 0,5 \cdot 2,45 = 3,753 \text{ м,}$$

При визначенні значення $1,2mh$ повинна виконуватись умова: $1,2mh = 2,57 \geq 1$ м

Відстань від осі руху крана до вісі по якій переміщується транспортний засіб, котрий підвозить труби, і на якій встановлюється місце їх стоянки при розвантаженні:

$$l_{mp} = D + 0,5 + 0,5B_a = 1,9 + 0,5 + 0,5 \cdot 2,65 = 3,73 \text{ м,}$$

Для розвантаження труб з транспортного засобу, їх складування та вкладання в траншею (монтажу) приймаємо автомобільний стріловий кран марки КС-2561.

Технічні дані автомобільного стрілового крана

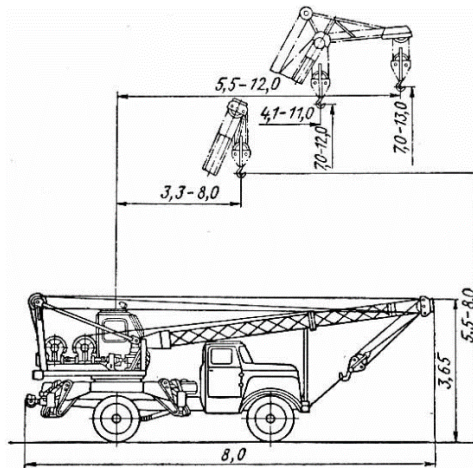


Рис. 24

Автокран КС 2561

Таблиця 38.

| | |
|--|----------------------------|
| Базовий транспортний засіб | ЗиЛ-130 |
| Потужність шасі базового автомобіля, кВт | 110 |
| Стрілкове обладнання: | |
| основне : | Невисувна / Висувна стріла |

| | |
|---|---------------------------------|
| змінне : | З подовженою стрілою; с гіськом |
| Довжина основної стріли, м | 8 |
| Виліт стріли (найменший - найбільший), м | 3,3-7 |
| Максимальний підйом крюка, м | 7-13 м |
| Вантажопідйомність при вильоті (найменший - найбільший), т: | |
| на виносних опорах | 6,3-1,9 |
| без виносних опор | 1-0,3 |
| Вантажопідйомність при русі, т | 1,6 |
| Швидкість підйому (опускання) вантажу, м/хв: | |
| Найбільша | 13 |
| найменша | 0,4 |
| Швидкість, об/хв | 0,1-2,5 |
| Швидкість зміни вильоту, м/хв | 11 |
| Габаритні розміри в транспортному положенні, м: | |
| Довжина | 8,35 |
| Ширина | 2,45 |
| Висота | 3,33 |
| Вага крана, т | 9,25 |

2.5 Монтаж трубопроводу

Розбивка траси трубопроводів у плані і по профілю

Перед початком земляних робіт розбиваємо трасу трубопроводу на місцевості. Положення осі траси закріплюємо знаками, що дозволяють швидко та точно виконувати роботи. Розбивку траси виконуємо, дотримуючись таких вимог:

- уздовж траси встановлюємо репери;
- розбивочні осі та вершини кутів повороту траси закріплюємо й прив'язуємо до постійних об'єктів на місцевості;
- місця перетину траси водопроводу з існуючими підземними спорудами позначаємо спеціальними знаками на поверхні землі;
- місця розташування колодязів позначаємо стовпчиками, встановленими збоку від траси (на стовпчиках вказуємо номер і відстань до осі);

- результати розбивки оформлюємо актом із доданням відомості кутів повороту та прив'язок.

Під час виконання робіт будівельна організація забезпечує збереження всіх розбивочних і будівельних знаків.

Для розбивки траси трубопроводу по профілю використовуємо обноски з нерухомими візирками, які встановлюємо в місцях розташування колодязів і на вершинах кутів повороту. Довжина ходової візирки приймається кратною 0,5 м для зручності візування. На верхньому ребрі обноски по осі забиваємо цвях, що використовується для провішування осі трубопроводу та визначення центру колодязя.

Прокладання труб починаємо з ділянок низького профілю.

Укладання труб уздовж заданого ухилу здійснюємо за допомогою обрешітки з нерухомими та ходовими прицілами.

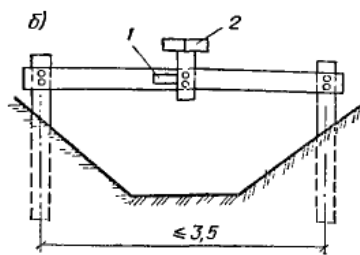


Рис.25 Обрешітка

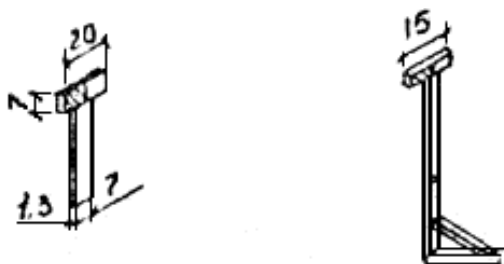


Рис.26. Візирки

Встановлюємо ходовий приціл у будь-якій точці траншеї між нерухомими прицілами. Лінію візування перевіряємо по трьох прицілах, що дозволяє контролювати правильність прокладання кожної труби.

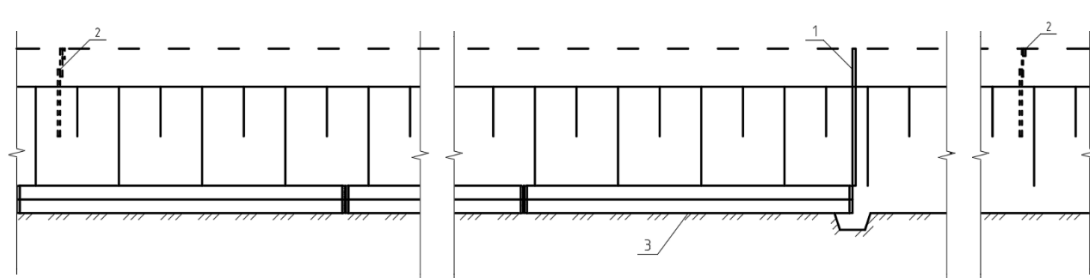


Рис.27. Схема укладання труб за допомогою ходових і нерухомих візірок

Вісь траси розміщуємо на смугах і проектуємо на дно траншей. Щоб уникнути нерівномірного осідання, кожна труба повинна спиратися на непорушений ґрунт по всій довжині. Використання будь-яких трубних прокладок для вирівнювання не допускається.

Під час прокладання трубопроводів на прямій ділянці траси забезпечуємо відцентрування з'єднаних кінців сусідніх труб так, щоб ширина розтрубної щілини залишалася однаковою по всій окружності.

Прокладання напірних трубопроводів по пологій кривій без фітингів допускається для розтрубних труб зі стиковими з'єднаннями на гумових ущільнювачах за умови, що кут повороту в кожному стику не перевищує 2° для труб із номінальним діаметром до 600 мм і 1° для труб із номінальним діаметром понад 600 мм. При цьому необхідно забезпечити, щоб гумове кільце не виходило з гнізда на зовнішній стороні витка.

У місцях зміни напрямку осі трубопроводу в горизонтальній або вертикальній площині облаштовуємо упори. Якщо для спорудження упору використовується ґрунт, підпірна стінка траншеї повинна залишатися з непорушеною структурою ґрунту.

Зазор між трубопроводом і збірною частиною бетонних або цегляних упорів щільно заповнюємо бетонною сумішшю або цементним розчином.

Перетин трубопроводів з підземними комунікаціями

Підземні комунікації та споруди повинні бути чітко відображені на робочих кресленнях із зазначенням висотних відміток і відстаней до осі трубопроводів, а також інших елементів системи. Перед початком робіт необхідно уточнити їх розміщення будівельниками, які мають закріпити ці відомості спеціальними знаками чи маркуванням на місці.

Розробка траншей і котлованів у безпосередній близькості до або нижче рівня закладання фундаментів існуючих будівель і споруд, а також підземних комунікацій, має здійснюватися тільки за умови виконання всіх необхідних заходів щодо запобігання осіданню цих споруд. Це передбачає необхідність застосування спеціальних технологій чи пристроїв для підтримки стабільності конструкцій під час проведення робіт.

При перетині траншей з діючими підземними комунікаціями механізована розробка ґрунту дозволяється лише на відстані не менше ніж 2 метри від бокової стінки комунікацій і не менше ніж 1 метр над верхньою частиною труби, щоб забезпечити належну безпеку й стабільність конструкцій. У разі необхідності подальшої розробки ґрунту, що залишився після механізованого процесу, доопрацювання має здійснюватися вручну для забезпечення точності та безпеки.

Для водопровідних трубопроводів, які перетинають каналізаційні, їх слід укладати вище на 0,4 метри, при цьому водопровід повинен бути виконаний із сталевих труб. У разі використання чавунних труб для водопроводу, вони повинні бути прокладені в сталевому кожусі для запобігання корозії та забезпечення довговічності конструкцій.

Перетин трубопроводів має виконуватись під прямим кутом, щоб мінімізувати можливі проблеми з експлуатацією і забезпечити максимально ефективне використання простору. При паралельному прокладанні водопровідних та каналізаційних трубопроводів на одному рівні відстань між стінками труб повинна бути не меншою ніж 3 метри, якщо діаметр труб перевищує 200 мм, щоб забезпечити належне обслуговування і ремонт.

Дворові каналізаційні мережі повинні прокладатися вище водопровідних, без додаткового використання кожухів. Відстань між стінками труб по вертикалі повинна бути не менше 0,5 метра, щоб уникнути можливих пошкоджень або проблем з обслуговуванням.

Відстань між стінками кількох каналізаційних трубопроводів, прокладених в одній траншеї, повинна бути не менше 0,4 метра, що дозволяє забезпечити ефективну експлуатацію системи. При паралельному прокладанні водопровідних ліній, відстань між трубами встановлюється на основі їх діаметра, якщо він не перевищує 300 мм, для забезпечення належного простору для монтажу і технічного обслуговування.

Укладання трубопроводів

Перед укладанням труб необхідно провести перевірку відповідності проектним вимогам щодо відміток дна траншеї, ширини траншеї, а також правильності виконання відкосів і підготовки основи для укладання трубопроводів.

Прокладання трубопроводів повинно виконуватися в наступній послідовності:

- Спочатку влаштовують днища колодязів і камер, до початку опускання труб.
- Після цього зводяться стінки колодязів, але тільки після укладання труб.
- Лотки в каналізаційних колодязях встановлюються після того, як укладені труби та зведені стінки колодязів.
- Фасонні частини та арматуру встановлюють одночасно з процесом укладання труб.
- Гідранти, вантузи і запобіжні клапани монтуються після завершення випробувань трубопроводів.

Тупикові відгалуження напірних трубопроводів повинні бути закріплені спеціальними упорами. У місцях зміни напрямку трубопроводу в горизонтальній площині упори повинні бути встановлені з зовнішньої сторони кута повороту труб, що забезпечує додаткову стабільність конструкції.

Після укладання трубопроводів в траншею, м'яким ґрунтом засипаються і підбиваються прямки і пазухи навколо труб, а потім засипається вся траншея на 0,5 метра вище верхньої частини труби. Засипка проводиться в кілька шарів з обов'язковим розрівнюванням ґрунту, при цьому ґрунт ущільнюється вручну або за допомогою навісних електротрамбовок для забезпечення необхідної щільності і стабільності конструкції.

Перед складанням і зварюванням сталевих труб необхідно виконати такі підготовчі дії:

- Провести огляд труб та очистити їх від бруду, снігу, льоду, масел і будь-яких сторонніх предметів як зсередини, так і ззовні.
- Розправити кінці труб. Якщо на кінцях є зазубрини або фаски глибиною понад 5 мм, їх слід зрізати. Ділянки труб з вм'ятинами більше 3,5% діаметра або з тріщинами мають бути вирізані.
- Очистити краї труб і прилеглі внутрішні та зовнішні поверхні на відстані не менше 10 мм.

Для з'єднання труб при зварюванні необхідно використовувати центратори (ручні зовнішні або гідравлічні внутрішні), домкрати, роликові опори або інші пристрої, які забезпечують правильне співвісне розташування кромки труб.

При складанні труб без використання опорного кільця, зміщення кромки не повинно перевищувати 20% товщини стінки труби, але не більше ніж 3 мм.

Для труб діаметром понад 100 мм, виготовлених шляхом поздовжнього або спірального зварювання, шви суміжних труб повинні зміщуватися на відстань не менше ніж 100 мм.

Влаштування водонепроникного ущільнення

Перед нанесенням ґрунтовки поверхня ізолюваного трубопроводу повинна бути очищена від бруду, іржі та пилу. Ґрунтовку наносять на суху поверхню трубопроводу тонким шаром негайно після очищення. Шар ґрунтовки має бути рівномірним, без пропусків, згустків, підтіків чи пузирів.

Бітумні ґрунтовки готуються шляхом розчинення бітуму в бензині в пропорції 1/3 за об'ємом або 1/2 за масою.

Бітумну мастику наносять на трубопровід в гарячому стані на вже висохлу ґрунтовку.

Зовнішній шар ізоляції, виготовлений з паперу, брізолу, гідроізолу чи інших матеріалів, накладають на гарячу мастику з нахлестом 2-3 см. Шар має щільно прилягати до поверхні, без порожнин, зморшок та складок. Кінець обмотки має перекриватися початком наступної стрічки на відстань не менше 10 см і фіксуватися мастикою. Внутрішні обгорточні шари можуть укладатися без нахлесту, за умови, що зазор між витками не перевищує 5 мм.

Зазвичай ізоляція стиків здійснюється тими ж матеріалами, що й для трубопроводів. Ізоляція стиків полімерними клейкими стрічками дозволяється на трубопроводах, які вже ізольовані іншими матеріалами.

2.6 Технологія монтажу колодязів із збірних залізобетонних елементів.

Монтаж арматури та збірних елементів колодязів виконується за допомогою автомобільних або гусеничних кранів. Стропування та підйом елементів колодязя здійснюються чотиригілковими стропами.

Днище колодязя влаштовується до укладання труб, а стіни та перекриття монтуються після завершення монтажу фасонних частин і запірної арматури.

На підготовлену основу за допомогою крана укладається збірна залізобетонна плита днища колодязя, з вивіркою відмітки та осі днища за допомогою візирки і нівеліра з рейкою.

Далі укладається перше кільце з отворами для трубопроводів. Після перевірки правильності укладання кільця, встановлюються сумісні з ним труби, і лише після цього монтуються наступні кільця, здійснюється заробка труб в проймі стіни колодязя та влаштування упорів.

З'єднання збірних елементів здійснюється за допомогою цементно-піщаного розчину М100. Шви затираються з обох боків (зовнішнього і внутрішнього) таким же розчином.

Верх люка колодязя встановлюється на висоту не більше 2 см над рівнем мостової або на 5 см вище, якщо мостова відсутня. Для досягнення проектної відмітки верха люка використовуються регулюючі камені.

Пазухи колодязів заповнюються місцевим ґрунтом з відповідними нормативними характеристиками, згідно з проектом, і ущільнюються рівномірно, шарами по 0,2-0,3 м, з оптимальною вологістю, за допомогою ручних пневмотрамбовок.

Ущільнення ґрунту має бути виконано до об'ємної ваги не менше 1,6-1,7 т/м³.

2.7 Визначення будівельно монтажних елементів колодязя.

Для водопровідних труб загальна висота колодязя дорівнює:

$$H_k = h + h_3 + h_{nl} = 3,38 + 0,35 + 0,1 = 3,83 \text{ м}$$

де $h = 3,38$ м - глибина закладання труби в місті влаштування колодязя (відстань від лотка до поверхні землі);

h_3 - величина зазору між нижньою площиною труби та плитою днища (приймається не менш 350 мм);

h_{nl} - товщина плити днища (приймається 100 мм при діаметрі $d_{nl} \geq 2000$ мм).

Для визначення діаметра колодязя та висоти робочої частини враховують загальну висоту колодязя, діаметр трубопроводу та встановлену в колодязі арматуру.

Для водопровідних труб діаметр і робоча висота колодязя розраховуються з урахуванням допустимих зазорів між трубами, стиками, арматурою та внутрішньою поверхнею колодязя.

Для водопровідних труб діаметром до 600 мм діаметр колодязя становить 1000 мм. Якщо діаметр колодязя становить 1 м, то визначається робоча частина колодязя, а в верхній частині влаштовується перехідний конус, на який закріплюється люк.

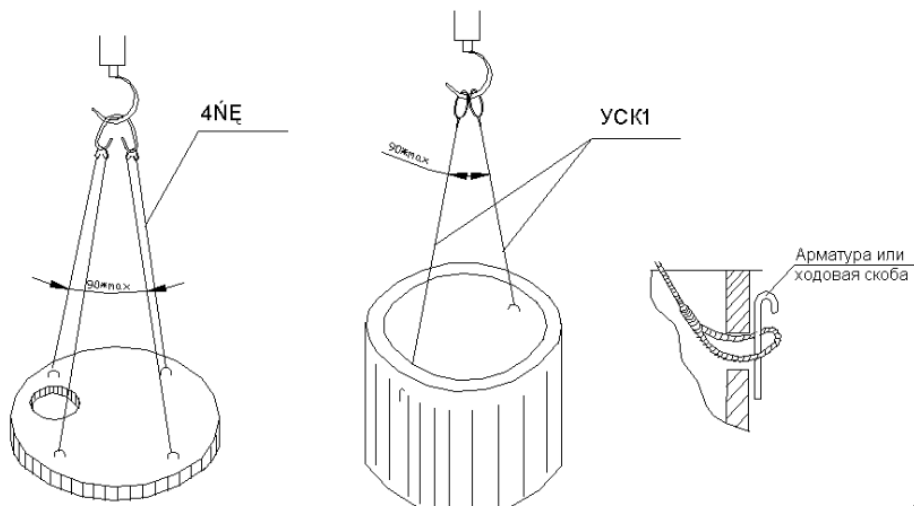


Рис. 27. Схема строповки елементів колодязя

Розміри елементів колодязя

Таблиця 39.

| Назва виробу | Марка виробу | Внутрішній діаметр виробу, мм | Зовнішній діаметр виробу, мм | Висота стінок кільця, мм | Товщина виробів, мм | Маса, кг |
|------------------|--------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| Плита днища | ПД-10 | - | 1500 | 100 | - | 450 |
| Дорожня плита | КЦО-1 | 580 | 840 | 70 | - | 50 |
| Кільце стінове | КЦ10-9 | 1000 | 1160 | 890 | 80 | 600 |
| | КЦ10-9 | 1000 | 1160 | 890 | 80 | 600 |
| | КЦ-10-9 | 1000 | 1160 | 890 | 80 | 600 |
| | КЦ-10-3 | 1000 | 1160 | 890 | 80 | |
| | КЦ-7-3 | 700 | 860 | 300 | 80 | 130 |
| Плита перекриття | КЦП1-15 | 700 | 1680 | 150 | 80 | 680 |

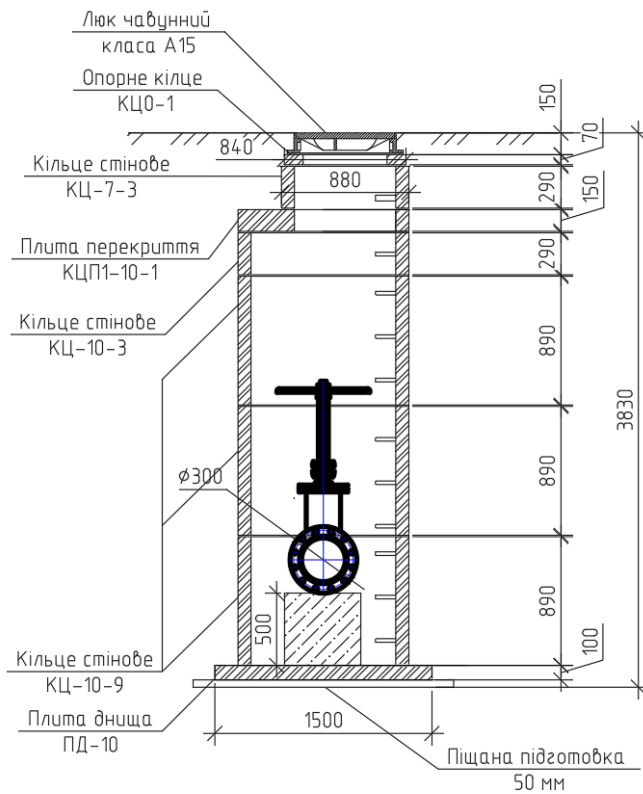


Рис. 28. Схема елементів колодязя і трубопроводів. Вузлова точка №30 (найглибша)

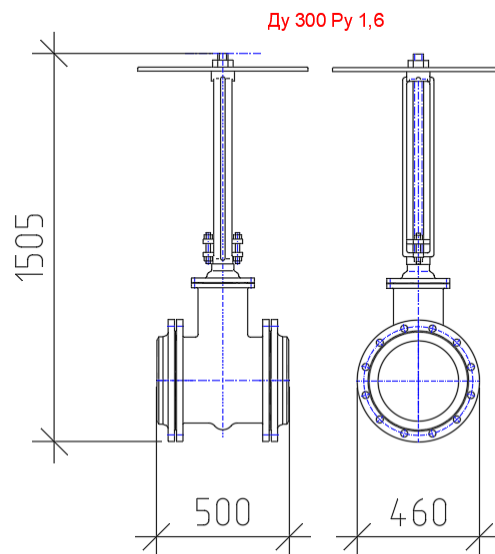


Рис. 29. Фасонні частини – засувка чавунна

Ду 300 L= 500 мм; B= 460 мм; H= 1505 мм; m= 242 кг.

$B = L + \text{Last} = 460 + 500 = 960 \text{ мм.}$

Отже , прийнятий діаметр колодця – 1000 мм.

2.8 Вибір крану для монтажу колодязів

Монтажна маса елемента: $Q_m = Q_e + \sum q_{np} = 0,95 + 0,15 = 1,1 \text{ т}$;

Висота підйому крюка:

$$H_e = H_{zc} + 0,5 + h_e + h_{np} + h_n = 1,495 + 0,5 + 1,0 + 1,5 + 1,5 = 5,995 \text{ м};$$

Монтажний виліт стріли крану: $l_c = \frac{B_k}{2} + 1,2mh + \frac{B_{kp}}{2} = \frac{3,5}{2} + 1,2 \cdot 0,5 \cdot 3,83 + \frac{2}{2} = 5,1$

м;

Мінімальна відстань між зупинкою крана і віссю руху транспортних

засобів: $l_{mp \min} = D + 1 + \frac{B_a}{2} = 2,5 + 1 + \frac{2,65}{2} = 4,83 \text{ м}$,

де h_e - висота робочого елемента;

B_k - ширина котловану поверху колодязя;

D - відстань від осі повороту крану до максимального габариту.

Для монтажу колодязів використовуємо автомобільний кран КС-2561, як і для монтажу трубопроводу.

Монтаж арматури та збірних елементів колодязя виконується за допомогою автомобільного крана. Для підйому і стропування елементів колодязя використовуються чотиригілкові стропи.

Зачистка дна котловану та влаштування піщаної підготовки здійснюються вручну.

Днище колодязя повинно бути встановлено до укладання труб та монтажу фасонних частин, а стіни й перекриття – лише після завершення монтажу фасонних частин та запірної арматури. Фасонні частини та засувки в колодязі монтуються разом з трубами, а гідранти, вантузи і запобіжні клапани – після випробувань трубопроводу.

На підготовлену основу за допомогою крана укладається залізобетонна плита днища колодязя, з точним вирівнюванням відмітки та осі.

Першим укладається кільце з отворами для трубопроводів. Після перевірки правильності установки кільця вкладаються труби з фасонними частинами.

Лише після цього монтуються наступні кільця, проводиться чеканка труб у проймі стінки колодязя та встановлення упорів.

Пазухи колодязів засипаються місцевим ґрунтом, з рівномірним ущільненням при оптимальній вологості шарами по 0,2-0,3 м за допомогою ручних пневмотрамбовок. Ущільнення ґрунту має виконуватись до досягнення об'ємної ваги не менше 1,6-1,7 т/м³.

2.9 Гідравлічне випробування трубопроводу

Випробування напірного трубопроводу

Випробування напірного трубопроводу проводиться по захватках довжиною 1000 м за послідовністю:

- Установка заглушок.
- Влаштування тимчасових упорів.
- Приєднання діючої (спресованої) ділянки трубопроводу до випробуваного сегмента та до опресовочного агрегату (пресу).
- Попереднє випробування трубопроводу.
- Огляд трубопроводу та відмітка дефектних місць.
- Усунення виявлених дефектів.
- Останнє випробування трубопроводу (після засипання траншей).
- Промивка трубопроводу.
- Наповнення трубопроводу хлорною водою.
- Вторинне промивання трубопроводу.

Перед проведенням гідравлічного випробування кінці трубопроводу герметично закривають заглушками, стикові з'єднання яких бажано виконувати такими ж, як на основному трубопроводі. Для заглушок можуть використовуватись сталеві єднальні патрубки, що призначені для монтажу фасонних частин та арматури. Якщо використовуються сталеві патрубки, на вільному кінці повинно бути приварено глухий фланець з патрубками із газових труб для заповнення трубопроводу водою та випуску повітря. Для труб з муфтовими з'єднаннями можна застосовувати заглушки з муфтами і гумовими кільцями.

На закритих заглушками кінцях трубопроводу та його відгалуженнях до початку випробувань встановлюються тимчасові упори для сприймання впливу води на заглушки під час підвищення тиску в трубопроводі. Для сталевих трубопроводів заглушки приварюються до кінців труб, що усуває необхідність в упорах.

До трубопроводу для підключення опресовочного агрегату використовуються сталеві трубки діаметром 1/2 дюйма. Наповнення трубопроводу водою здійснюється з низької ділянки для полегшення вилучення повітря з труб.

Попереднє випробування проводиться з оголеними стиковими з'єднаннями в частково засипаній траншеї. Трубопровід утримується під випробувальним тиском не менше 10 хвилин, після чого тиск знижують до робочого і здійснюють огляд трубопроводу. При потребі для підтримки гідравлічного тиску здійснюється підкачка води. Для манометра потрібно врахувати поправку на висоту його установки щодо найнижчої точки трубопроводу.

$$P_{\text{ман}} = P_{\text{исп}} - \frac{h}{10}$$

Де h - різниця відміток манометру і самого низького місця ділянки трубопроводу;

10 - висота стовпа рідини, рівна 1 атм.

Трубопровід вважається успішно випробуваним, якщо під впливом випробувального тиску не відбудеться розривів труб або фасонних частин, а також порушень стикових з'єднань. Під робочим тиском трубопровід не повинен мати витоків води.

Дефекти трубопроводу в тих місцях, де він засипаний ґрунтом, можна виявити по зволоженню ґрунту або по виливу води з-під труби в області стиків. У разі виявлення серйозних дефектів їх слід усунути, після чого трубопровід необхідно піддати повторному попередньому випробуванню.

Для усунення дефектів застосовують різні методи. Якщо герметичність стикового з'єднання порушена, і місце витoku не можна точно визначити за характером течії, ремонт проводять шляхом накладання додаткового гумового кільця на стикове з'єднання або відрізка гумового шнуру на місце дефекту.

Щоб визначити величину витoku води при випробуванні трубопроводу на герметичність, проводять такі операції:

А) Спочатку знижують випробувальний тиск в трубопроводі шляхом випуску води, поки манометр не знизить показання на одне ділення шкали. Цей тиск вважають початковим, а час, коли манометр показує початковий тиск, є початком випробування на витік. В цей момент відзначають рівень води в мірному бачку.

Б) Якщо за 10 хвилин манометр показує зниження на два або більше ділення шкали, але тиск не спадає нижче робочого, то спостереження за манометром припиняється.

В) Після цього підкачкою води з мірного бачка підвищують тиск до рівня, що не перевищує випробувального, потім водяний потік повертають назад у бачок для відновлення початкового тиску, при цьому час фіксується як T2. Різниця у рівнях води між моментами T1 і T2 визначає обсяг води, необхідний для відновлення тиску в трубопроводі.

Витік води з трубопроводу дорівнює $q = \frac{Q}{bT}$ (л / хв)

Якщо протягом 10 хвилин тиск у трубопроводі зменшиться нижче робочого, випробування вважається невдалим, і обсяг води, необхідної для відновлення тиску (Q), не визначається. Якщо манометр показує падіння тиску на менш ніж два ділення шкали за цей час, слід продовжувати спостереження до досягнення потрібного зниження. Тривалість такого спостереження не повинна перевищувати 1/24 від попереднього часу витримування. Якщо по завершенню цього періоду падіння тиску буде недостатнім, його слід коригувати, скинувши воду з трубопроводу.

Після цього визначається витік води за допомогою вказаної раніше формули. Скидання води можна проводити до завершення зазначеного часу, однак воно може перевищувати фактичний витік. Якщо під час повторного випробування витік не перевищить допустиму норму на понад 20%, трубопровід може бути визнаний придатним для експлуатації, за умови, що всі дефекти будуть виправлені протягом року. У разі перевищення фактичного витіку на більше ніж 20% при повторному випробуванні, рекомендується витримати трубопровід під робочим тиском на 10 діб для кращого насичення стінок труб водою, після чого випробування слід повторити.

Після успішних випробувань на міцність і герметичність трубопровід питного водопроводу підлягає промиванню та дезінфекції.

2.10 Розрахунок нормативів виконання робіт

Довжина захватки при виконанні земляних робіт:

$$l_{33} = \frac{L}{N_{33}} = \frac{4180}{9} \approx 464,5 \text{ м,}$$

де L - загальна довжина трубопроводу;

N_{33} - кількість захваток.

Довжина захватки при виконанні монтажних робіт:

$$l_{3.м} = \frac{L}{N_{3.м}} = \frac{4180}{9} \approx 464,5 \text{ м.}$$

Нормативи трудомісткості:

$$Q_{ni} = \frac{H_{epi} \cdot V_i}{8,2}, \quad \frac{\text{чол. - днів}}{\text{машино - змін}},$$

де H_{ep} - норма часу;

i - номер процесу або операції;

8,2 – тривалість робочої зміни;

V - об'єм робіт.

Монтаж металевих трубопроводів: $Q_{n1} = \frac{0,3 \cdot 4180}{8,2} \approx 152,92$ чол.-днів;

Монтаж колодязів: $Q_{n2} = \frac{9,1 \cdot 10}{8,2} \approx 10,99 = 11$ чол.-днів;

Гідравлічне випробування: $Q_{n3} = \frac{0,14 \cdot 4180}{8,2} \approx 71,36$ чол.-днів.

Нормативна тривалість виконання робіт: $t_{ni} = \frac{Q_{ni}}{N_{ni}}$, чол.-змін, де N_{ni} -

нормативна кількість робочих.

$$t_{n1} = \frac{150}{5} = 30 \text{ чол.-змін; } t_{n2} = \frac{11}{5} \approx 2,2 = 2,5 \text{ чол.-змін;}$$

$$t_{n3} = \frac{68}{4} = 17/3 = 5,66 = 6 \text{ чол.-змін.}$$

Калькуляція трудових витрат

Таблиця 40.

| № пор. | Найменування процесів | Об'єм робіт | | Обґрунтування за ЕНиР | Норма часу <u>люд.-год.</u> <u>маш.-год.</u> | Трудомісткість <u>люд.-год.</u> <u>маш.-год.</u> | Склад ланки | |
|--------|---|----------------|-------------------|--------------------------|--|--|----------------------------------|-------------|
| | | Одиниця виміру | Кількість одиниць | | | | Професія /розряд/ | К-ть |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Земляні роботи | м3 | 1799,8 | | | | | |
| 2 | Монтаж сталевих трубопроводів у траншеї зі зварюванням стиків | м | 4180 | Е §9-2-1, табл. 1, п. 2 | <u>0,3</u> | <u>1254</u> | Монтажник 5р., 4р. 3р. | 1 2 2 |
| 3 | Монтаж колодязів з окремих кілець | 1 шт | 10 | Е §9-2-29, табл. 1, п. 2 | <u>9,1</u> | <u>91</u> | Монтажник 4р., 3р. 2р. | 1 3 1 |
| 4 | Гідравлічне випробування трубопроводів | м | 4180 | Е §9-2-9, табл. 2 п.3 | <u>0,14</u> | <u>585,2</u> | Монтажник 5р., 4р., 3р. | 1 1 2 |

Технологічні розрахунки монтажу мережі водопостачання

Таблиця 41.

| № | Найменування процесів і посилання на пункти калькуляції | Об'єм робіт | | Трудомісткість люд.-зм. / маш.-зм. | | Прийнятий склад ланок та бригади | | Тривалість робіт, змін | Виконання норм, % | |
|---------|--|---------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------|------------------------|-------------------|--------|
| | | Одиниця вимірювання | Кількість одиниць | за нормою | прийнята | Професія /розряд/ | К-ть | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 1 | Земляні роботи | м3 | 1799,8 | - | - | | | | - | |
| 2 | Монтаж металевих трубопроводів у траншеї зі зварюванням стиків | м | 4180 | <u>152,92</u> - | <u>150,00</u> - | Монтажник 5р., 4 р., 3 р., | 1 2 2 | 150:5= | 30 | 101,95 |
| 3 | Монтаж колодязів з окремих кілець | 1 шт | 10 | <u>11,10</u> - | <u>11,00</u> - | Монтажник 4р., 3 р., 2 р., | 1 3 1 | 11:5= | 2,2 | 100,89 |
| 4 | Гідравлічне випробування трубопроводів | м | 4180 | <u>71,37</u> - | <u>68,00</u> - | Монтажник 5р., 4 р., 3 р., | 1 1 2 | (68:4)/3= | 6 | 104,95 |
| Всього: | | | | <u>235,39</u> | <u>229,00</u> | | | | | |

2.11 Техніка безпеки

Такелажні роботи

Майданчик для вантажно-розвантажувальних робіт повинен бути спроектований так, щоб забезпечити правильний стік води і рівну поверхню. Необхідно підтримувати порядок і чистоту на майданчику. Важливо забезпечити чітко позначені проїзди, роз'їзди та розвороти для транспорту.

Кран слід встановлювати на всі опори для стабільності. Якщо при роботі крана частини або вантажі наближаються до ліній електропередач на відстань менше 2 м, то роботу можна проводити лише після відключення контактної мережі.

Під час підйому, переміщення та укладання труб потрібно дотримуватися таких правил:

- Особи, які не беруть участь у роботах, не повинні перебувати на робочому майданчику та в зоні роботи крана.
- Перед підйомом труби її потрібно припідняти на 20-30 см для перевірки правильності стропування та надійності роботи гальм крана.
- Люди не повинні знаходитися на відстані, що дорівнює радіусу стріли крана плюс 5 м.
- Заборонено переносити труби над людьми.
- Шофер не повинен знаходитися в кабіні автомобіля під час опускання труб на автопоїзд, і він має вийти на безпечну відстань та контролювати процес.
- Переміщати труби в горизонтальному напрямку необхідно тільки після підйому на висоту не менше 0,5 м над перешкодами на шляху.
- Машиніст крана не повинен опускати труби одночасно з поворотом стріли, а також не можна їх різко кидати.
- Під час підйому і опускання труб між трубою та штабелем не повинно бути людей.
- Не можна здійснювати розстановку труб до того, як впевнитися в їх надійному закріпленні.

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО СПРИНКЛЕРНОГО
ПОЖЕЖОГАСІННЯ ТА ВНУТРІШНІЙ ПРОТИПОЖЕЖНИЙ
ВОДОПРОВІД**

Консультант:

/ доц. Аргатенко Т.В. /

3.1 Призначення системи

Систему автоматичного спринклерного пожежогасіння та внутрішнього протипожежного водопроводу призначено для виявлення пожежі та її гасіння водою на ранніх стадіях або стримування розвитку пожежі для забезпечення можливості її гасіння за допомогою інших засобів, для високої ступені захисту людського життя та мінімізації наслідків пожежі.

Система автоматичного спринклерного пожежогасіння повинна забезпечувати:

- спрацювання протягом часу, який має бути меншим за час початкової стадії розвитку пожежі;
- розрахункову інтенсивність подачі вогнегасної речовини;
- локалізацію пожежі протягом часу, необхідного для введення в дію оперативних сил і засобів, або її ліквідацію.

Контроль за роботою системи автоматичного пожежогасіння здійснюється з приміщення з цілодобовим чергуванням (пожежний пост).

3.2 Основні проєктні рішення

Враховуючи пожежну небезпеку та фізико-хімічні властивості речовин і матеріалів, що знаходяться у захищуваних приміщеннях, як вогнегасну речовину використовується вода.

Джерелом води для системи автоматичного пожежогасіння є внутрішня водопровідна мережа будівлі (деталі вказані в проєкті ВК).

Приміщення для вузла керування системою пожежогасіння, який містить електрозасувки та вузол керування спринклерними секціями, розташоване у будівлі №8-9 (приміщення №7) в координатах осей 17-18/(А-А/1) на позначці - 3,300.

Для автоматичного розподілу вогнегасної речовини в захищуваних приміщеннях і видачі сигналу про запуск системи передбачено вузол керування. Як вузол керування використовується водосигнальний клапан FAVB R-UL DN80 виробництва компанії «SAFEX» (Індія).

Виявлення пожежі здійснюється за допомогою спринклерних зрошувачів моделі SF003 з температурою спрацьовування скляної колби 68°C (К-фактор 80), також виробництва «SAFEX» (Індія).

Пожежні кран-комплекти розташовуються біля виходів, у вестибюлях, коридорах, проходах та інших легкодоступних місцях на висоті 1,35 м від підлоги. Вони встановлюються у вбудовані або навісні шафи, які оснащені отворами для вентиляції, пристосовані для опломбування та дозволяють здійснювати візуальний огляд без відкриття.

Конструкція шафи для пожежних кран-комплектів передбачає розміщення двох кранів діаметром 50 мм із пожежними рукавами відповідного діаметра та перекривними пожежними стволами, які відповідають ДСТУ 4401-2:2005. Також шафа обладнана комплектом згідно з ДСТУ 4401-1:2005, що включає котушку з напівжорстким рукавом діаметром не менше 25 мм, а також двома вогнегасниками.

Радіус покриття пожежного кран-комплекту визначається довжиною пожежного рукава, з урахуванням компактної частини струменя та зменшення його ефективної прямолінійної довжини на 30%, як це передбачено пунктом 8.11 ДБН В.2.5-64:2012.:

$$R = (L_{рук} - 30\%) + L_{к.ч.с} = (20 - 30\%) + 12 = 26 \text{ м}$$

$L_{рук}$ – 20м;

$L_{к.ч.с}$ - 12 м згідно ДБН В.2.5-64:2012 п. 8.7 табл.5.

Радіус дії пожежного кран-комплекту складає 26 м.

Сигнали для відкриття електрозасувки надходять від кнопок, які встановлені в шафах пожежних кранів, або автоматично від датчиків положення запірних вентилів пожежних кранів та кран-комплектів (у разі відкриття наполовину будь-якого запірної вентиля, згідно п. 8.13 ДБН В.2.5-64:2012).

Вихідними даними для розрахунку є параметри, що наведені в ДСТУ Б EN 12845:2016 табл.3:

Для приміщень паркінгу (за класом пожежної небезпеки ОН2) - інтенсивність зрошення для спринклерного пожежогасіння – 5,0 мм/хв, розрахункова площа – 144 кв.м.

Тривалість роботи – 60 хвилин.

Згідно ДБН В.2.5-64:2012 табл.3 кількість струменів для системи внутрішнього протипожежного водопроводу приміщень громадського призначення - 2, мінімальна витрата складає 2,5 л/с.

Згідно ДБН В.2.5-64:2012 табл.4 кількість струменів для системи внутрішнього протипожежного водопроводу паркінгу - 2, мінімальна витрата складає 5 л/с.

Параметри для розрахунку системи внутрішнього протипожежного водопроводу згідно ДБН В.2.5-64-2012 для приміщень громадського призначення:

- мінімальна кількість струменів – 2 (табл.3);
- витрата води на один струмінь – 2,6 л/с (уточнено, табл.5);
- висота компактної частини струменя – 6 м;
- довжина рукаву пожежного крану – 20 м;
- діаметр пожежного крану – Ду50 мм;
- діаметр сприску наконечника пожежного стволу – 16 мм;
- напір біля пожежного крану – 10,0 м.
- Параметри для розрахунку системи внутрішнього протипожежного водопроводу згідно ДБН В.2.5-64-2012 для приміщень паркінгу:
- мінімальна кількість струменів – 2 (табл.3);
- витрата води на один струмінь – 5,2 л/с (уточнено, табл.5);
- висота компактної частини струменя – 12 м;
- довжина рукаву пожежного крану – 20 м;
- діаметр пожежного крану – Ду50 мм;
- діаметр сприску наконечника пожежного стволу – 16 мм;
- напір біля пожежного крану – 24,0 м.

Розрахунковий час роботи пожежних кранів приймаємо згідно таблиці 6 ДБН В.2. 5-64:2012 , для будівель з ступенем вогнестійкості II – 120 хвилин.

Гідравлічний розрахунок системи автоматичного спринклерного пожежогасіння виконується для секції, яка знаходиться далі від приміщення вузлів керування.

Місцеві втрати тиску через тертя в трубопроводі розраховуємо за формулою Хейзена-Вільямса:

$$P_h = \frac{6,05 \times 10^5}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \times L \times Q^{1,85}$$

Витрату води з спринклера розраховуємо за формулою:

$$q = K\sqrt{P} \text{ , де:}$$

K – коефіцієнт K-фактор (приймаємо спринклер з K=80),

P – тиск у точці розміщення спринклера в барах.

Визначаємо мінімально необхідну витрату одного спринклера:

$$q_1 = K\sqrt{P} = 80\sqrt{0,41} = 51,22 \text{ л/хв}$$

Інтенсивність подавання води розраховуємо як загальну витрату води (л/хв.), яку забезпечує група з чотирьох спринклерів, розташованих у безпосередній близькості один від одного, поділену на площу (м²), яку покривають ці чотири спринклери:

Розрахункова інтенсивність зрошення:

$$q_{\text{tot}} = \frac{q_1 \times 4}{S} = \frac{51,22 \times 4}{40} = 5,122 \text{ мм/хв}$$

Подальший розрахунок виконуємо у формі таблиці (дод.3).

За результатами гідравлічного розрахунку:

- необхідна мінімальна витрата води для системи автоматичного спринклерного пожежогасіння паркінгу – 77,15 м³/год (21,43 л/с);
- необхідний тиск для системи автоматичного спринклерного пожежогасіння паркінгу – 4,24 бар (H≈43,28 м).

Необхідний тиск в трубопроводах внутрішнього протипожежного водопроводу розраховується за формулою:

$$H_{\text{впт}} = (H_{\text{в}} + H_{\text{г}} + H_{\text{вв}} + 1,3 \times H_{\text{втр}}) - H_{\text{твв}}$$

Для паркінгу:

$$H_{впт}=(24,0+1,35+0,5+1,3*17,96) = 49,2 \text{ м}$$

де $H_{в}=24,0$ м – вільний тиск перед пожежним краном;

$H_{г}=1,35$ м – геометрична різниця між найвище розташованим пожежним краном та підлогою вузла вводу;

$H_{вв}=0,5$ м – втрати тиску вузла вводу;

$H_{втр}=17,96$ м – втрати тиску в трубопроводі;

$$H_{втр.} = \frac{Q^2 * L}{K}$$

де: Q – витрати вогнегасної речовини на розрахунковій ділянці трубопроводу, л/с;

L – довжина розрахункової ділянки трубопроводу, м;

$K=99,50$ для труби діаметром Ду50;

$K=554,6$ для труби діаметром Ду65;

$H_{втр.} = H_{втр.к.} + H_{втр.р.}$

$$H_{втр.} = 0,41 + 17,55 = 17,96 \text{ м}$$

$H_{втр.к.}$ – втрата у магістральному трубопроводі;

$H_{втр.п.тр.}$ – втрата у підвідному трубопроводі.

$$H_{втр.к.} = (5,22 * 1,5)/99,5 = 0,41 \text{ м.}$$

$$H_{втр.п.тр.} = (10,42 * 90)/554,6 = 17,55 \text{ м.}$$

Для приміщень громадського призначення:

$$H_{впт}=(10,0+4,65+0,5+1,3*18,23) = 38,85 \text{ м}$$

де $H_{в}=10,0$ м – вільний тиск перед пожежним краном;

$H_{г}=4,65$ м – геометрична різниця між найвище розташованим пожежним краном та підлогою вузла вводу;

$H_{вв}=0,5$ м – втрати тиску вузла вводу;

$H_{втр}=18,23$ м – втрати тиску в трубопроводі;

$$H_{втр.} = \frac{Q^2 * L}{K}$$

де: Q – витрати вогнегасної речовини на розрахунковій ділянці трубопроводу, л/с;

L – довжина розрахункової ділянки трубопроводу, м;

$K = 99,50$ для труби діаметром Ду50;

$K = 554,6$ для труби діаметром Ду65;

$N_{\text{втр.}} = N_{\text{втр.к.}} + N_{\text{втр.р.}}$

$N_{\text{втр.}} = 0,68 + 17,55 = 18,23$ м

$N_{\text{втр.к.}}$ – втрата у магістральному трубопроводі;

$N_{\text{втр.п.тр.}}$ – втрата у підвідному трубопроводі.

$N_{\text{втр.к.}} = (2,62 * 10) / 99,5 = 0,68$ м.

$N_{\text{втр.п.тр.}} = (10,42 * 90) / 554,6 = 17,55$ м.

В якості водоживильника для системи автоматичного спринклерного пожежогасіння та внутрішнього протипожежного водопроводу прийнята внутрішня водопровідна мережа будівлі (див. проект ВК):

- максимальна витрата становить $10,4 + 21,43 = 31,83$ л/с;
- мінімальний тиск в місті підключення становить $\approx 5,0$ атм.

Проектом передбачені підвідні трубопроводи, оснащені зворотним клапаном, засувками та патрубками зі з'єднувальними головками діаметром 80 мм для підключення рукавів пожежних машин.

Система трубопроводів виконана зі сталевих труб діаметром від Ду 150 до Ду 15, відповідно до вимог ГОСТ 10704-91 і ГОСТ 3262-75.

Приміщення вузла керування оснащується робочим, аварійним і ремонтним освітленням, а також телефонним зв'язком із приміщенням пожежного пункту.

Електропостачання електроприймачів автоматичної системи пожежогасіння забезпечується за I-ю категорією надійності.

3.3 Принцип роботи системи

Внутрішній протипожежний водопровід

При виникненні пожежі всередині приміщень, спеціально навчений персонал повинен розправити пожежний рукав найближчого до осередку пожежі пожежного крана і розташувати його у напрямку пожежі. Натиснути кнопку «пуск» для відкриття електрозасувки, відкрити вентиль пожежного крана. Вода по трубопроводу та пожежному рукаву подається до осередку пожежі.

Схемою автоматизації передбачено:

- місцеве керування електрозасувками, дистанційний пуск;
- автоматичне відкриття електрозасувки при відкритті вентиля будь-якого пожежного крана на 50%;
- видача до диспетчеризації безпотенційних контактів про стан системи пожежогасіння: положення електрозасувки ЗАКРИТО/ВІДКРИТО (з розшифруванням по засувкам), відсутність напруги на вводах електропостачання (з розшифруванням по вводах).

Система автоматичного спринклерного пожежогасіння

Система працює в автоматичному режимі. Контроль здійснюється з приміщення посту охорони та відеоспостереження.

У режимі очікування трубопроводу спринклерної секції заповнені водою під постійним тиском. Стан системи моніториться автоматично, а сигнали передаються на пульт цілодобового спостереження.

При виникненні пожежі скляна колба спринклерного зрошувача, розташованого над осередком, руйнується. Тиск у трубопроводах знижується, водосигнальний клапан відкривається, і вода надходить до місця займання.

У разі падіння тиску в підвідному трубопроводі електроконтактні манометри подають сигнал для включення насосної установки.

Якщо робочий насос виходить з ладу або не досягає необхідного режиму, резервний насос запускається автоматично за сигналом електроконтактного манометра, встановленого на напірному трубопроводі.

Після завершення роботи систему необхідно вимкнути вручну. Зупинка пожежного насоса спринклерної установки здійснюється у приміщенні насосної станції за допомогою шафи керування насосами.

Функціональність автоматизації:

- Місцеве керування насосами та дистанційний пуск.
- Автоматичний запуск робочого насоса системи при зниженні тиску.
- Автоматичне включення резервного насоса у разі виходу з ладу робочого.
- Ручне відключення насосів за допомогою кнопки (технологічна зупинка).
- Передача безпотенційних контактів на систему диспетчеризації з інформацією про стан системи: робота насоса, аварія насоса із зазначенням деталей, відсутність напруги на вводах із деталізацією.

3.4 Відомості до виконання монтажних робіт

Монтаж системи водяного пожежогасіння виконується відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту». Для водозаповнених систем використовуються сталеві трубопроводи, що відповідають стандартам ГОСТ 10704-91 і ГОСТ 3262-75.

Згідно з ДСТУ Б EN 12845:2016 «Стаціонарні системи пожежогасіння – Автоматичні спринклерні системи – Проектування, монтаж та технічне обслуговування», труби та фасонні елементи діаметром менше ніж 50 мм заборонено зварювати на місці, за винятком випадків, коли монтажна організація використовує автоматичну зварювальну машину. Проведення зварювання, газового різання, паяння та інших видів гарячої обробки на місці виконання робіт категорично забороняється.

Зварювання трубопроводів повинно здійснюватися таким чином, щоб усі з'єднання були виконані безперервним швом, внутрішня частина шва не створювала перешкод для руху води, а задирки та окалину з трубопроводу було видалено.

Процес монтажу включає виконання підготовчих робіт, розмітку трас і встановлення несучих конструкцій, прокладання трубопроводів і електропроводок, а також монтаж обладнання і приладів із подальшим підключенням трубопроводів і проводок до цих пристроїв.

Після завершення монтажу змонтовані трубопроводи підлягають зовнішньому огляду, випробуванню на герметичність, промиванню або продуванню, а також фарбуванню.

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПІДВИЩУВАЛЬНОЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ
ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Консультант:

/ доц. Соболевська Т.Г./

Зважаючи на сучасний розвиток міської інфраструктури, забезпечення стабільного та безперебійного водопостачання для багатоповерхових будинків стало критичним завданням. Ключовим елементом цієї системи є підвищувальна насосна станція, яка підтримує необхідний тиск для подачі води на верхні поверхи. З урахуванням зростаючої висотності будівель та збільшення кількості споживачів, автоматизація насосних станцій стає не лише необхідністю, а й стратегічним кроком для значного підвищення ефективності та надійності водопостачання.

Впровадження автоматизованих систем управління на насосних станціях дозволяє повністю контролювати роботу обладнання, оперативно коригувати параметри та оптимізувати експлуатаційні витрати, що суттєво покращує загальну ефективність системи. Використання передових технологій, таких як програмовані логічні контролери (PLC) та системи дистанційного моніторингу, дозволяє забезпечити інтеграцію насосних станцій з інфраструктурою будівлі, створюючи єдину потужну та ефективну систему.

Такі рішення не лише стабілізують роботу системи, але й дозволяють миттєво адаптуватися до змін у водоспоживанні, гарантуючи безперебійне постачання води навіть в умовах аварійних ситуацій. Отже, автоматизація насосних станцій стає невід'ємною частиною сучасного підходу до управління водопостачанням у багатоповерхових будинках, що забезпечує надійність, економічність і стійкість цієї важливої інфраструктурної системи.

4.1 Загальні відомості про підвищувальну насосну станцію водопостачання

Підвищувальна насосна станція є критичним елементом водопостачальної системи багатоповерхових будівель, що забезпечує безперебійний та стабільний потік води. Основна її функція — це підвищення тиску, необхідного для транспортування води на верхні поверхи, що гарантує стабільний рівень тиску та витрату води.

Ключові складові підвищувальної насосної станції включають насоси, резервуари, трубопроводи, запірну та регулюючу арматуру, а також автоматизовану систему управління. Насоси є основним елементом системи й підбираються на основі вимог до продуктивності та тиску, відповідно до висоти будівлі та потреб водопостачання. Для висотних будівель, таких як двадцятиповерхові, використовуються потужні насоси, здатні забезпечити підйом води на велику висоту.

Резервуари, або водонапірні баки, акумулюють запас води, що дозволяє забезпечити стабільну роботу станції навіть при нерівномірному споживанні протягом доби. Вони також виконують функцію забезпечення водою в разі збоїв або під час технічного обслуговування насосів.

Трубопроводи, що з'єднують усі компоненти системи, виготовляються з матеріалів, що витримують високий тиск і корозію, що забезпечує їх довговічність і ефективність. Вибір оптимального діаметра труб має важливе значення для мінімізації втрат тиску та підтримання належної витрати води.

Запірна та регулююча арматура, зокрема клапани, крани та засувки, дають змогу контролювати потік води, підтримувати необхідний тиск та запобігати зворотному потоку, що критично важливо для стабільної роботи системи.

Система автоматичного управління є важливим аспектом сучасних насосних станцій. Вона здійснює моніторинг усіх параметрів у реальному часі, регулюючи роботу насосів, оптимізуючи їх продуктивність, активуючи аварійну сигналізацію та забезпечуючи віддалений контроль. Завдяки цьому вдається зменшити енергоспоживання, підвищити ефективність роботи та надійність станції.

Автоматизація насосної станції дозволяє також дистанційно керувати її роботою, що дає змогу швидко реагувати на зміни в експлуатаційних умовах та усувати можливі несправності. Це забезпечує стабільність роботи станції, адаптуючи її до змінних умов і потреб споживачів.

Запровадження автоматизованих підвищувальних насосних станцій є важливим кроком до підвищення надійності та ефективності водопостачання у сучасних багатоповерхових будинках. Це забезпечує високу якість водопостачання та покращує умови життя мешканців у міському середовищі.

4.2 Аналіз режимів функціонування підвищувальної насосної станції водопостачання

Аналіз режимів функціонування підвищувальних насосних станцій водопостачання виявляє важливі фактори, які необхідно враховувати при проектуванні та експлуатації таких систем. Одним з основних аспектів є ефективне регулювання швидкості асинхронних двигунів насосів, оскільки це безпосередньо впливає на продуктивність та економічність роботи всього комплексу.

Регулювання швидкості насосів може здійснюватися механічними чи електричними методами.

Механічне управління включає застосування пристроїв, таких як клапани, дроселі чи регулятори, що змінюють потік води через трубопроводи, коригуючи витрату та тиск. Цей метод є простим і надійним, але він обмежений у гнучкості та точності, особливо в умовах змінного споживання води.

Електричне регулювання здійснюється за допомогою пристроїв, які керують швидкістю обертання двигунів насосів. Найпоширенішими з них є реостати, автотрансформатори та тиристорні регулятори, що змінюють напругу або струм, подаючи їх на двигун. Хоча ці пристрої дозволяють регулювати швидкість, їх застосування пов'язане з енергетичними втратами та обмеженою точністю.

Частотно-регульовані приводи (ЧРП) — це сучасний і значно ефективніший метод, що забезпечує зміну частоти живлення двигуна для точної регуляції швидкості обертання. Вони дозволяють досягти бажаної продуктивності насоса з мінімальними енергетичними витратами та забезпечують високу точність і гнучкість управління.

Переваги частотно-регульованих приводів:

1. Плавний запуск і зупинка насосів, що запобігає гідравлічним ударам, здатним пошкодити трубопроводи.
2. Зниження зносу обладнання завдяки більш рівномірному навантаженню на механічні компоненти.
3. Економія енергії за рахунок адаптації роботи насоса до реальних потреб, особливо при змінному споживанні води.
4. Стабільність тиску в системі, незалежно від коливань у споживанні води.
5. Екологічна ефективність завдяки зниженню енергоспоживання та викидів CO₂.

Виклики впровадження частотно-регульованих приводів:

1. Високі початкові витрати на придбання та налаштування систем.
2. Потреба в регулярному технічному обслуговуванні та моніторингу, що вимагає кваліфікованих спеціалістів.
3. Складність інтеграції в старі системи, що може вимагати модернізації або заміни окремих компонентів.

Незважаючи на значні початкові витрати, інвестиції в ЧРП швидко окупаються завдяки значній економії енергії та підвищеній надійності системи. Це забезпечує зниження експлуатаційних витрат і підвищення ефективності насосної станції в довгостроковій перспективі.

Таким чином, при виборі методу регулювання роботи насосної станції важливо враховувати як технічні, так і економічні аспекти. ЧРП є найсучаснішим і найбільш ефективним рішенням для забезпечення стабільної, надійної та енергоефективної роботи насосних агрегатів, що робить їх ідеальним варіантом для довготривалої експлуатації.

**ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЯХ**

Консультант:

/ доц. Клімова І.В./

5.1 Будівництво захисних споруд цивільного захисту

Розміщення і будівництво захисних споруд необхідно проводити у відповідності до вимог [28]. Захисні споруди на об'єкті повинні розташовуватись з урахуванням своєчасного укриття людей та мінімальної вартості будівництва.

Досягнути цього можливо при виконанні наступних вимог:

- захисні споруди належить розташовувати у місцях найбільшого скупчення виробничого персоналу;
- сховища належить розташовувати у підвальних та цокольних поверхах будинків і споруд; окремо стоячі сховища повинні будуватись тільки при неможливості улаштування вбудованих сховищ;
- вбудовані сховища належить розташовувати по можливості під будівлями найменшої поверховості, а окремо стоячі - на відстані від будинків і споруд, яка дорівнює їхній висоті;
- вбудовані сховища і ПРУ потрібно розташовувати в будівлях I та II ступеня вогнестійкості з виробництвом категорії В та Г за пожежною небезпекою;
- сховища необхідно розташовувати не ближче 15 м від водопровідних, теплових та каналізаційних магістралей діаметром більше 200 мм та, окрім того, вони мають бути захищені від можливого затоплення ґрунтовими і дощовими водами, а також іншими рідинами при руйнуванні ємностей, розташованих на поверхні землі або в будинках і спорудах.

Оцінка захисних властивостей сховища Цивільного захисту (ЦЗ) може бути виконана за допомогою моделювання уразливості об'єкта при впливі факторів ураження ядерного вибуху на основі використання результатів розрахункових даних.

Вихідні дані для розрахунків

Таблиця 42.

| № в-та | Потужність ядерного вибуху, кт | Віддаль об'єкту від центру вибуху, км | Швидкість середнього вітру, км/год | Примітка |
|--------|--------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 7 | 20 | 3 | 25 | <p>1. Сховища ЦЗ вбудованого типу і окремо стоячі мають перекриття товщиною:</p> <ul style="list-style-type: none"> • бетон - 40 см • гідроізоляційний шар - 30 см глина <p>Гранично допустима доза опромінення протягом 4 діб не більше 10 рентген і не більше 100 рентген за 30 діб</p> <p>Всі вибухи наземні</p> |

Умови для розрахунку сховищ ЦО

Таблиця 43.

| У сховищі чоловік | | Тип будівлі | Число поверхів; висота будівлі | Тип укриття | Місце розміщення | Передбачити у сховищі |
|-------------------|-------|-------------|--------------------------------|-------------|------------------|-----------------------|
| всього | жінок | | | | | |
| 750 | 250 | Пром. | 3; 9м | СХ, вбуд. | Підвал, h=2,1 | ПК, ДЕС |

Примітка:

СХ, вбуд. – сховище вбудованого типу;

ПК – пункт керування.

5.2 Визначення захисних властивостей сховища ЦЗ від дії ударної хвилі, ядерного вибуху і радіації

Оцінка стійкості роботи об'єкта народного господарства у воєнний час може бути виконана за допомогою моделювання уразливості об'єкта при впливі факторів ураження ядерного вибуху на основі використання результату розрахункових даних.

Основними факторами ураження ядерного вибуху є: повітряна ударна хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація, радіоактивне забруднення та електромагнітний імпульс. Усі ці фактори ураження можуть у різному ступеню впливати на функціонування об'єкта після нанесення ядерного удару. Тому оцінювати стійкість об'єкта треба по відношенню до кожного з факторів.

При ядерному вибуху можуть виникати вторинні фактори ураження: пожежі, вибухи, зараження отруйними та сильнодіючими отруйними речовинами місцевості, атмосфери та водоймища, катастрофічне затоплення у зонах, розташованих нижче греблі гідровузлів і т.д. Вторинні фактори ураження ядерного вибуху в ряді випадків можуть значно вплинути на роботу об'єкта і тому повинні також враховуватися при оцінці його стійкості.

Для оцінки стійкості об'єкт отримує від вище стоячого штабу ЦЗ необхідні вихідні дані, в тому числі й інформацію: в якій зоні руйнувань опиняться об'єкти, які можуть бути в районі його розміщення максимальні значення, параметри факторів уразливості ядерного вибуху. В подальшому ці дані використовуються при виконанні розрахунків по оцінці стійкості об'єкта у військовий час. Якщо така інформація не доступна, то максимальні значення параметрів факторів ураження (надлишковий тиск, світловий імпульс, рівень радіації та інше) визначаються розрахунком.

5.3 Визначення максимальних значень параметрів факторів ураження ядерного вибуху, які очікуються на об'єкті

Потрібна міцність захисної споруди ΔP_{ϕ} визначається найбільшим значенням надлишкового тиску, який очікуваний на об'єкті при якому захисні споруди не отримають ушкодження.

Визначимо максимальний надлишковий тиск ударної хвилі $\Delta P_{\phi \text{ треб}}$, що очікується на об'єкті,

$$\Delta P_{\phi \text{ треб}} = \Delta P_{\phi \text{ max}}$$

Вихідні данні: об'єкт розташовано на відстані $R=3$ км від центру вибуху, потужність ядерного вибуху $q=20$ кт, вид вибуху наземний.

Рішення: Із додатку 1 "Надлишковий тиск ударної хвилі при різних потужностях ядерного вибуху й відстані від центра до вибуху" [27] знаходимо надлишковий тиск для ядерного вибуху 20 кт на відстані 3 км від центра:

— при наземному вибухові $\Delta P_{\phi \text{ треб}} = 3,45$ кПа.

Знайдені значення $\Delta P_{\phi \text{ треб}}$ будуть максимальними, оскільки вони відповідають випадку, коли центр вибуху буде на мінімальній відстані від об'єкта, тобто:

$$\Delta P_{\phi \text{ треб}} = \Delta P_{\phi \text{ max}} \rightarrow \Delta P_{\phi \text{ max}} = 3,45 \text{ кПа.}$$

Висновок: Об'єкт може опинитися на зовнішній межі слабких руйнувань осередку ядерного ураження. В цій зоні будівлі і споруди отримують слабкі руйнування, виникають окремі пожежі.

5.4 Оцінка стійкості об'єкта до дії проникаючої радіації та радіоактивного забруднення

Радіоактивне забруднення та проникаюча радіація можуть впливати на виробничу діяльність об'єкта переважно через дію на людей. Загроза захворювання променевою хворобою може визвати необхідність зупинки або обмежене функціонування підприємства на деякий час, за який рівні радіації у результаті природного розпаду радіоактивних речовин не зменшиться до значень, що не загрожують людям. Тому головна ціль оцінки уразливості об'єкта від дії

іонізуючих випромінювань полягає в тому, що б виявити ступінь загрози радіоактивного зараження людей у конкретних умовах перебування в сховищі

Оцінюємо стійкість сховища до дії радіоактивного зараження та проникаючої радіації ядерного вибуху.

Вихідні данні :

- Адміністративна будівля віддалена від центру вибуху на $R_x=3$ км;
- Потужність ядерного вибуху $q=20$ кт;
- Швидкість середнього вітру V с.в.=25 км/год;
- Будівля має 3 поверхи
- Сховище для укриття вбудоване у адміністративну будівлю (перекриття з бетону товщиною – 40 см, та гідроізоляційний шар глини -30 см).

1. Визначаємо максимальне значення рівня радіоактивного зараження та дозу проникаючої радіації, які очікуються на території над сховищем:

З додатка 12 "Рівні радіації на осі сліду наземного «ядерного вибуху на 1 год після вибуху» [27] знаходимо значення рівня радіації на відстані $R_x=3$ км для $q=20$ кт. та V с.в.=25 км/год:

$$P_{1 \max} = 3450 \text{ Р/год.}$$

Доза проникаючої радіації на відстані $R_x=3$ становить $D_{\text{пр.мах}} = 1,55 \text{ Р.}$

2. Визначаємо коефіцієнт послаблення дози радіації сховищем.

Коефіцієнт послаблення дози радіації сховищем розраховуємо окремо для радіоактивного зараження по таким вихідним даним: перекриття сховища складається з шару бетону товщиною $d_1 = 40$ см та шару глини $d_2 = 30$ см.

Шари половинного послаблення матеріалів від радіоактивного зараження знайдемо з додатку 11 "Товщина половинного послаблення радіації для різних матеріалів $d_{\text{см}}$ [27] вони складають:

від радіаційного зараження для бетону $d_1 = 5,7$ см:

для глини $d_2 = 6,3$ см.

Коефіцієнт, який враховує умови розташування сховища, знаходимо по таблиці 11.3 "Коефіцієнт умов розміщення сховища K_p (Для вбудованого всередину промбудівлі сховища $K_p = 4$.)

$$\text{Тоді: } K_{\text{посл.уб.РЗ}} = K_p \Pi 2^{h_i/d_i} = 4 \cdot 2^{40/5,7} \cdot 2^{30/6,3} = 4 \cdot 129,566 \cdot 27,13 = 14061,53;$$

де:

K_p - коефіцієнт, що враховує умови розміщення сховища;

h_i - товщина захисного шару, см;

d_i - товщина шару половинного послаблення, см.

3. Визначаємо дозу радіації, яку можуть отримати робітники та службовці (мешканці), знаходячись у сховищі при максимальному рівні радіації:

$$D_{\text{РЗ.сх.}} = D_{\text{РЗ.мах}} + D_{\text{ос.уб.РЗ}}$$

$$D_{\text{уб.РЗ}} = D_{\text{рз.мах}} / K_{\text{осл.уб.рз}} = 13110 / 14061,53 = 1,86 \text{ Р,}$$

де:

$D_{\text{рз.мах}}$ - найбільша доза на відкритій місцевості за 4 доби;

$$D_{\text{рз.мах}} = 5 P_1 \cdot (t_H^{-0,2} - t_K^{-0,2}) = 5 \cdot 3450 \cdot (1,12^{-0,2} - 97,12^{-0,2}) = 9955,81 \text{ Р;}$$

де:

P_1 - найбільший рівень радіації на 1 годину після вибуху, Р/год (додаток 12[1]);

t_H - час початку роботи в умовах зараження відносно моменту вибуху, год;

t_K - кінець опромінення (закінчення роботи, рівне сумі часу початку і тривалості роботи, год).

$$t_H = (R_x / V_{\text{св}}) + t_{\text{вип}} = (3 / 25) + 1 = 1,12 \text{ год;}$$

де:

R_x - віддаль захисної споруди від місця ядерного вибуху до об'єкту (3 км);

$V_{\text{св}}$ - швидкість середнього вітру (25 км/год);

$t_{\text{вип}}$ - час викидання радіоактивних речовин (1 година);

$$t_K = t_H + t_p = 1,12 + 96 = 97,12 \text{ год;}$$

$t_p = 4$ доби.

50 Р - гранична доза опромінювання за 4 доби, яка викличе захворювання; Потрібний коефіцієнт послаблення радіації захисної споруди від радіоактивного забруднення визначається по формулі:

$$K_{\text{посл.рз.треб}} = D_{\text{рз.мах}} / 50 = 9955,81 / 50 = 199,12$$

Доза опромінення у сховищі визначається за формулою :

$$D_{\text{схв.Рз}} = D_{\text{рз.мах}} + K_{\text{осл.схв.Рз}} = 9955,81 / 14061,53 = 0,7$$

Висновок: Сховище забезпечує надійний захист персоналу в умовах радіоактивного зараження. Доза опромінювання за 4 доби перебування у ньому складає $D_{\text{схв.Рз}} = 0,7$ Р, що значно менше допустимої норми однократного опромінювання на протязі 4 діб, яка становить $D_{\text{вст}} = 50$ Р.

$$D_{\text{схв.Рз}} < D_{\text{вст}} ; 0,7 \text{ Р} < 50 \text{ Р} - \text{умова виконується.}$$

5.5 Об'ємно-планувальне рішення захисних споруд.

У сховищі передбачаються основні та допоміжні приміщення. До основних відносяться приміщення укриття людей, пункти управління (ПК), медичні пункти(санітарні пости). До допоміжних – фільтровентиляційні приміщення, санітарні вузли, приміщення для зберігання продовольства, захисні дизельні електростанції (ДЕС), електрощитові, станції перекачки стоячих вод, балонна, тамбур-шлюз, тамбури.

Вихідні дані: сховище вбудованого типу, розташоване у підвалі (висотою $h = 2,5$ м) промислової будівлі, у сховищі **750** людей, **250** із яких становлять жінки. У сховищі передбачити: приміщення для людей, що вкриваються, санітарні пости, пункт управління (ПУ) на 10 чоловік із норми площі - $2\text{м}^2/\text{чол.}$; фільтровентиляційні приміщення, які дозволяють розмістити в них обладнання для роботи системи постачання повітря у всіх трьох режимах, приміщення для зберігання продовольства, окремі санітарні вузли, захисні входи, аварійний вихід, тамбур - шлюзи.

5.6 Розрахунок основних приміщень сховища.

- Приміщення для укриття людей будемо з розрахунку, що на одну людину $0,5 \text{ м}^2$ /чол так як висота сховища $h = 2,1 \text{ м}$.

Тоді площа приміщення для людей складає: $750 \cdot 0,5 = 375 \text{ м}^2$

При визначенні об'єму приміщень на одну людину враховується об'єм усіх приміщень сховища в зоні герметизації, за виключенням приміщення ДЕС, тамбурів, розширювальних камер.

У приміщеннях для людей потрібно передбачити установку лав-нар.

При висоті приміщення до $2,9 \text{ м}$ (у нас висота сховища $h = 2,5 \text{ м}$) передбачається установка двохярусних лав-нар. Нижній ярус - для сидіння з розрахунку $0,45 \times 0,45 \text{ м}$ на людину та верхній - для лежання з розрахунку $0,55 \times 1,8 \text{ м}$ на людину. Висота лав-нар першого ярусу - $0,45 \text{ м}$, лав-нар другого ярусу - $1,4 \text{ м}$ від підлоги.

Число лежачих місць складає 20% , а для садіння - 80% місткості сховища при двохярусному розташуванні лав-нар.

Тоді:

- лежачих $M_{\text{леж}} = 750 \cdot 0,2 = 150$ місць;

- для сидіння $M_{\text{сид}} = 750 \cdot 0,8 = 600$ місць

Для зручності, виконання об'ємно-планувального рішення у сховищі встановимо 150 двохярусних лав - нар довжиною $1,8 \text{ м}$. Нижній ярус для сидіння на 4 місця, другий ярус - одне лежаче місце.

- Пункт управління (ПУ) облаштовується, як правило, у сховищі, яке має захисне джерело електропостачання і розташовується недалеко від одного із виходів.

Приміщення ПУ складається із робочої кімнати й кімната зв'язку та відділяється від приміщень для людей перегородкою, що не згорає з межею вогнестійкості 1 година.

На ПУ обладнуються місця для робочої групи (10 чол.).

Площа приміщення ПУ визначається, виходячи з норми на одного працюючого 2 м^2 ;

Тоді: $S_{пу} = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м}^2$

- Медичний пункт (МП) площею 9 м^2 передбачається у сховищах при чисельності людей - 900... 1200 чол.

- Санітарний пост (СП) площею 2 м^2 на кожні 500 чоловік, але не менше одного поста на сховище, та не менше 1 поста на сховище при меншій кількості. Для 750 чол. Приймаємо 2 СП площею 2 м^2 .

5.7 Розрахунок допоміжних приміщень сховища.

- Площа допоміжним приміщень розраховується в залежності від кількості людей та встановленого у сховищі інженерно-технічного обладнання. Площа допоміжних приміщень визначається, виходячи з норм. Норма площі $0,15 \text{ м}^2 / \text{чол.}$

Тоді площа допоміжних приміщень буде : $S_{доп.прим} = 750 \cdot 0,15 = 112,5 \text{ м}^2$.

- Фільтровентиляційні приміщення влаштовуються у зовнішніх стін сховища поблизу входів або аварійних виходів. Розміри приміщень визначаються в залежності від габаритів обладнання й площі необхідної для його обслуговування.

Об'єкт знаходиться в II кліматичній зоні житлового масиву, повітропостачання буде забезпечуватись двома режимами: I – чиста вентиляція та режим II – фільтраційна.

- Санітарні вузли влаштовуються окремо для чоловіків та жінок. Для жінок встановлюється один унітаз на 75 чоловік (для 250 жінок необхідно 3 унітаза), а для 150 чоловіків - один унітаз та пісуар (на 500 чоловік потрібно - 3 комплекти - унітаз та пісуар). Крім того, в санітарних вузлах влаштовуються умивальники з розрахунку один на 200 чоловік, але не менше одного на санітарний вузол (на 750 чоловік необхідно 4 умивальники).

Згідно з ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди. Основні положення», мінімальний розмір санітарних кабінок $1.2 \times 0.85 \text{ м}$.

Також потрібно врахувати площу проходів: 1.3 м між стіною і рядом кабінок або 1.6 м між рядами кабінок.

Для чоловіків приймається $1,2 + 0,3$ (пісуар) = $1,5 \text{ м}$ – ширина санвузла.

Для жінок приймаємо $1,2+1,3 = 2,5$ м – ширина санвузла.

Відповідно для чоловіків $(1,5 \times 0,85) \times 3 = 3,825$ м².

Для жінок – $2,5 \times (0,85 \times 3 \text{ шт.}) = 6,38$ м².

Для умивальників приймаємо 1 м² на 1 шт.

$S_{\text{СВ ЖІН}} = 6,38 + 2 = 8,38$ м².

$S_{\text{СВ ЧОЛ}} = 3,825 + 2 = 5,825$ м².

- **Приміщення електрощитової** обладнується ізольовано від ДЕС і повинно забезпечувати розміщених в ньому ввідних пристроїв, розподільних щитів та щитів управління дизель - генератором.

- **Приміщення для зберігання продуктів** передбачаються площею 5 м² при місткості сховища 150 чол. На кожні наступні 150 чол. Площа приміщення збільшується на 3 м². Тобто, при місткості сховища 750 чол. слід побудувати 1 приміщення для продовольства площею :

$S_{\text{ПЗП}} = 5 + (750 - 150) / 150 \times 3 = 17$ м².

- **Захисні входи.** У сховищі повинно бути не менше двох захисних входів, розташованих з протилежних сторін. Їх кількість визначається - один вхід розміром 0,8х1,8м на 200 чоловік або один вхід розміром 1,2х2м на 300 чоловік. Приймаємо 4 захисні виходи розміром 1,2х2м, один з яких аварійний.

- **Аварійний вихід.** У сховищах місткістю 600 чоловік і більше один із входів слід влаштовувати як аварійний у вигляді у вигляді тунелю з внутрішнім розміром 1,2х2,0м. Вхід в тунель із сховища через тамбур з ЗГД і ГД розміром 0,8х1,8м.

- **Тамбур-шлюз** прередбачається при одному з входів у сховище ; при місткості 300 чол. і більше, при місткості до 600 чол. - однокамерний; Площа тамбура-шлюзу 8м² при ширині дверного пройому 0,8 м. Зовнішні і внутрішні двері тамбур-шлюзу - захисно-герметичні.

- **Тамбур.** Тамбури влаштовуються при всіх входах в сховище крім тих, що обладнуються тамбур-шлюзом.

-

5.8 Визначення складу санітарно-технічного обладнання й систем енергопостачання

Повітропостачання

Система повітропостачання повинна забезпечувати очистку зовнішнього повітря, обмін повітря та видалення із приміщень тепловиділень та вологи. Розрахунок обладнаних систем повітропостачання ведеться у трьох режимах роботи:

- чистої вентиляції(режим I),
- фільтровентиляції (режим II);
- регенерації (режим III).

Режим I - чистої вентиляції

Кількість зовнішнього повітря, яке подається у сховище визначається нормами в залежності від кліматичної зони району будови. Кліматична зона визначається відповідно до середньої температури самого теплого місяця:

До 20°C - I кліматична зона - на одного чоловіка 8 м³/ч;

20 - 25°C- II кліматична зона - на одного чоловіка 10 м³/ч;

25... 30 °C-III кліматична зона-на одного чоловіка 11 м³/ч;

Більше 30°C-IV кліматична зона-на одного чоловіка 13 м³/ч;

Розрахунок обладнання системи повітропостачання починається з розрахунків для режиму II.

Режим II - фільтровентиляції. При нормі подачі очищеного повітря на кожну людину, що вкривається 2 м³ чол/год продуктивність системи на 750 чол повинна бути:

$$V_{\text{ущ}} = 750 \cdot 2 = 1500 \text{ м}^3 \text{ чол/год}$$

Для працюючих на ПУ, норма повітря 5 м³ /год на чоловіка.

$$V_{\text{пу}} = 10 \times 5 = 50 \text{ м}^3 \text{ чол/год}$$

Тобто, всього у сховище треба подати 1550 м³ чол/год повітря.

Визначаємо тип та кількість фільтровентиляційних комплектів.

Так як треба забезпечити роботу системи повітропостачання у трьох режимах, то у сховищі необхідно встановити ФВК-2.

Подача одного ФВК-2 по режиму фільтровентиляції 300 м³ чол/год. Тоді для забезпечення необхідної подачі системи треба:

$$\Pi = 1550/300 = 5,17$$

Приймаємо рішення установити у сховищі 6 комплектів ФВК-2.

Режим I - чиста вентиляція. Виходячи з норми подачі повітря на одну людину для районів II кліматичної зони, де середня температура зовнішнього повітря самого теплого місяця 20...25°C, дорівнює 10 м³ /год, подача системи повітропостачання в режимі чистої вентиляції повинна бути:

$$750 \cdot 10 = 7500 \text{ м}^3/\text{год}$$

Так як один ФВК-2 має подачу по режиму чистої вентиляції 1200 м³ /год, то загальна подача 6 комплектів буде: $V_{\text{розр}} = 1200 \cdot 6 = 7200 \text{ м}^3/\text{год}$

Це вище потреби на: $7200 - 7500 = -300 \text{ м}^3/\text{год}$.

Режим III - регенерація зовнішнього повітря. Буде забезпечувати існуючі у складі ФВК-2 регенеративним устаткуванням РУ-150/6; та фільтрами ФГ-70. Норма площі приміщення для ФВК-2 з РУ-150/6 складає 20м² . Тому розрахункова площа фільтровентиляційного приміщення дорівнює: $6 \cdot 20 = 120 \text{ м}^2$

Водопостачання

Передбачається від зовнішньої водопровідної системи з пристроєм проточних ємностей запасу вода для пиття по нормі 3 л на добу одній людині; у приміщенні санітарного вузла 2 л технічної води на 1 чол. на добу.

Місткість ємностей з розрахунку на 4 доби повинна бути:

$$\text{Питної води} - V_{\text{п.води}} = 750 \cdot 3 \cdot 4 = 9000 \text{ л.}$$

$$\text{Технічної води} - V_{\text{тх.води}} = 750 \cdot 2 \cdot 4 = 6000 \text{ л.}$$

Загалом - 15000 л.

Каналізація сховища

Передбачається відвід стічних вод із санітарних вузлів у зовнішню каналізаційну мережу. Улаштувати резервуар для збору стоків із розрахунку 2 л на добу технічної води одній людині . Місткість ємностей з розрахунку на 4 доби повинна бути:

$$V_{\text{канал}} = 750 \cdot 2 \cdot 4 = 6000 \text{ л.}$$

Опалення сховища

Від системи опалення будинку де розміщене сховище.

Електропостачання

Передбачається від ДЕС розташованої у приміщенні (площею до 45 м) сховища. Кабельні лінії від ДЕС прокладаються в траншеї глибиною не менш 0,7 м.

Освітлення

Освітлення здійснюється від міської електромережі. За можливістю встановлюється знижувальні трансформатори на 36В.

Як аварійні джерела освітлення, можуть використовуватись будь-які види акумуляторів, ліхтарі, свічки та ін.

5.9 Графічна частина

| № | Найменування | К-сть | Площа м ² |
|----|---|-------|----------------------|
| | Лави-нари | 150 | |
| 1 | Приміщення для укриття людей | 1 | 375 |
| 2 | Тамбур-шлюз | 1 | 8 |
| 3 | Тамбур | 1 | 8 |
| 4 | с/в жіночий | 1 | 8,38 |
| 5 | с/в чоловічий | 1 | 5,825 |
| 6 | Приміщення для зберігання продовольства | 1 | 17 |
| 7 | балонна | 1 | 8 |
| 8 | Пункт управління | 1 | 20 |
| 9 | Фільтровентиляційне приміщення | 1 | 20 |
| 10 | Санітарний пункт | 1 | 4 |
| 11 | Електрощитова | 1 | 2 |
| 12 | Шахта аварійного виходу | 1 | 1,3 |



Рис.30. Креслення плану сховища ЦЗ

5.10 Висновки

Для забезпечення надійного захисту виробничого персоналу працюючої зміни необхідно:

1. Побудувати сховище на 750 чоловік із захисними властивостями:
 - По ударній хвилі не менше 300 кПа
 - По іонізуючому випромінюванню з коефіцієнтом послаблення радіації не менше 14061,53.
2. У сховищі обладнати приміщення :
 - Приміщення для людей - 375 м² (з установкою 150 двухярусних лав-нар);
 - Пункт управління – 20 м²;
 - Санітарний пост загальною площею – 4 м²;
 - Фільтровентиляційне приміщення – 20 м²;
 - Приміщення для зберігання продовольства - 17 м² ;
 - 2 санітарні вузли : $S_{св жін} = 8,38 \text{ м}^2$, $S_{св чол} = 5,825 \text{ м}^2$.
 - 1 тамбур – 8 м²;
 - Двокамерний тамбур-шлюз – 8 м²;
3. Встановити систему повітропостачання промислових вентиляторів з електричним приводом, фільтр-поглинач ФП-300, ФГ-70, регенативна установка РУ-150/6, противопилові фільтри ФЯР і ПФП-1000 (6 комплектів).
4. Місткість резервуару для води питної – 9000, технічної 6000 л.
5. Забезпечити відвід стічних вод із санітарних вузлів у зовнішню каналізаційну мережу. Влаштувати резервуар об'ємом 6000 л для технічної води .
6. Опалення сховища передбачити від опалювальних мереж адміністративної будівлі по самостійним відгалуженням.
7. Передбачається від ДЕС розташованої у приміщенні (площею до 45 м) сховища. Кабельні лінії від ДЕС прокладаються в траншеї глибиною не менш 0,7 м

Передбачити використання сховища у мирний час у господарських цілях (або під склад інструментів, або для побутових приміщень).

5.11 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при виконанні санітарно-технічних робіт

Санітарно-технічні роботи, такі як встановлення, ремонт та обслуговування систем водопостачання, каналізації та опалення, супроводжуються дією ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Їх аналіз необхідний для того, щоб виявити потенційні ризики для працівників і розробити ефективні заходи захисту.

Серед шкідливих факторів варто виділити вплив хімічних речовин. Під час робіт сантехніки можуть контактувати з каналізаційними стоками, хімікатами для очищення труб чи зварювальними аерозолями. Ці речовини можуть викликати подразнення шкіри та слизових оболонок або спричинити отруєння. Біологічні фактори, такі як мікроорганізми, які містяться у стоках, також становлять значну загрозу. Зіткнення з бактеріями чи вірусами підвищує ризик інфекційних захворювань.

Крім того, фізичні умови праці також можуть бути несприятливими. Робота в шумному середовищі, використання вібраційного обладнання, низькі або високі температури повітря, а також утворення пилу під час різання матеріалів — усе це може негативно впливати на стан здоров'я працівника.

До небезпечних факторів належать механічні травми, наприклад порізи чи удари, які виникають під час роботи з інструментами. Падіння з висоти, особливо під час роботи в шахтах або на драбинах, також становить серйозний ризик. Електричний струм є ще однією загрозою, оскільки сантехніки часто працюють поруч із електропроводкою. Крім того, гідравлічні аварії, такі як неконтрольований вихід води або пари під високим тиском, можуть спричинити опіки чи інші травми.

Для зниження цих ризиків важливо дотримуватися комплексного підходу. Організація робіт повинна включати регулярне навчання працівників правилам безпеки та правильному використанню обладнання. Важливо також забезпечити їх засобами індивідуального захисту, такими як спецодяг, рукавички, захисні окуляри чи респіратори. Технічне обслуговування інструментів і обладнання

дозволить уникнути їх несправності, а використання вентиляції або інших захисних систем мінімізує вплив шкідливих речовин.

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів (при виконанні санітарно-технічних робіт)

Таблиця 44.

| Шкідливі та небезпечні виробничі фактори | Джерела факторів (види робіт) | Кількісна оцінка | Нормативні документи |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Обвалення ґрунту | Земляні роботи | Глина, 0,3, РГВ, м | ДБН А.3.2-2-2009(р.10) НПАОП 45.2-7.0212 |
| Розташування робочого місця на висоті 1,3 м і більше щодо землі | Монтажні роботи | 9, м | ДБН А.3.2-2-2009(р.19) ДБН В.2.2-41:2019 |
| Електричний струм | Електрозварювальні, електромонтажні, випробувальні, експлуатаційні | U=80В, U=380В | ДСТУ Б.А.3.2-13:2011 ПУЕ -2017 НПАОП 40.1-1.21-98 ДБН А.3.2-2-2009 ДСТУ БА 3.2-15:2011 ДБН В 2.5-28-2018 |
| Підвищена запиленість та загазованість робочої зони | Зварювальні, монтажні, експлуатація і ремонт мереж водопостачання і каналізації, хлорування | 20 мг/м ³ | Наказ МОЗ України №1596 від. 14.07.2020 НПАОП 40.2 -7.01-97 НПАОП 41.0-1.01-79 ДСТУ БА 3.2-14:2011 |
| Незадовільні параметри мікроклімату | Монтаж, експлуатація систем | Температура, 25оС, вологість, 80 %, рухливість повітря, 0,3 м/с | ДСН 3.3.6.042-99 |

Висновки

У даній роботі було розроблено систему водопостачання міста з поверхневого джерела. Запроєктовано водозабірні споруди, станцію водопідготовки та розподільчу мережу.

Гідравлічним розрахунком показано зміни в системі водопостачання при централізованому та децентралізованому водопостачанні. Описано принципи монтажу системи водопостачання, а також автоматизації підвищувальної насосної станції.

Забезпечено систему автоматичного спринклерного пожежогасіння та внутрішній протипожежний водопровід. Проведено розрахунок стійкості сховища цивільного захисту до впливу ударної хвилі, ядерного вибуху та радіації.

Список використаної літератури:

1. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 180 с.
2. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Справочное пособие. М., Стройиздат, 1984. – 116 с.
3. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>
4. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина 1. Проектування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 113 с.
5. ДБН В.1.2-5-2007 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Мінрегіонбуд України. – К.: 2007. – 14 с.
6. ВБН В.2.5-78.11-01-2003/МВС України Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи сигналізації охоронного призначення
7. ГСТУ 78.11.001-98 (Витяг) Укріпленість об'єктів, що охороняються за допомогою пультів централізованого спостереження державної служби охорони. Загальні технічні вимоги
8. Кравчук А.М., Кравчук О.А. Водопостачання і водовідведення. К: КНУБА. 2013. – 180 с.
9. Тугай А.М., Терновцев В.О., Тугай Я.А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання: Навчальний посібник. – КНУБА, 2001. – 256 с.
10. Санітарно-технічне обладнання будівель: методичні вказівки до виконання курсового проекту / уклад.: А.М. Кравчук, О.А. Кравчук. – Київ: КНУБА, 2022. – 46 с.
11. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: Підручник. – К.: Знання, 2009. – 735с.

12. Споруди для забору поверхневих вод: методичні вказівки до виконання курсового проекту / уклад.: А.М. Тугай, Я.А. Тугай, І.А. Обертас, Ю.М. Пікуль. – К.: КНУБА, 2014. – 40 с.
13. Водопостачання. Методичні вказівки до виконання курсового проекту. / Укл.: О. М. Кушка, Є. В. Юрков, В. П. Балло – К.: КНУБА, 2014. – 56 с
14. Гідравлічні та аеродинамічні машини, насосні і повітродувні станції: методичні вказівки до виконання курсового проекту та контрольної роботи / уклад.: А.М. Кравчук, О.А. Кравчук. – Київ: КНУБА, 2022. – 42 с.
15. Зоря О.В, Копаниця Ю.Д. Технологія монтажу систем водопостачання та водовідведення - Методичні вказівки до курсового проекту – 2007
16. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення
17. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки до виконання індивідуального завдання. / Укл.: О.Г. Вільсон, І.В. Клімова, В.Т. Кравчук, С.В. Федоренко, В.Г. Дзюбенко. – К.: КНУБА, 2021 37 с
18. Кравченко, О., Куба, Т., Потапенко, С. ., Хоружий, В., Аргатенко, Т., & Бакуновський, О. (2023). Планування та організація децентралізованих систем водопостачання у воєнний період в Україні. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, (44), 29–39. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.44.29-39>
19. Glossary Term Name. Decentralised Water Supply. URL: <https://sswm.info/content/decentralised-water-supply>
20. Vegas Niño, O. T., Martínez Alzamora, F., & Tzatchkov, V. G. (2021). A Decision Support Tool for Water Supply System Decentralization via Distribution Network Sectorization. Processes, 9(4), 642. <https://doi.org/10.3390/pr9040642>
21. Diao, K. Towards resilient water supply in centralized control and decentralized execution mode // Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua, 2021. 70(4), 449–466. <https://doi.org/10.2166/aqua.2021.162>

22. Babu Ghimire, A., Parajuli, U., Bhusal, A., Parajuli, A., Banjara, M., & Shin, S. Investigating a Diversified and Decentralized Water Distribution System to Enhance Water Supply Resilience to Disruptive Events // World Environmental and Water Resources Congress 2023. <https://doi.org/10.1061/9780784484852.087>
23. Maryati, S., Firman, T., & Humaira, A. N. S. A sustainability assessment of decentralized water supply systems in Bandung City, Indonesia // Utilities Policy, 2022. 76, 101373. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2022.101373>
24. Cole, J., Sharvelle, S., Fourness, D., Grigg, N., Roesner, L., & Haukaas, J. Centralized and Decentralized Strategies for Dual Water Supply: Case Study // Journal of Water Resources Planning and Management, 2018. 144(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000856](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000856)
25. Maryati, S., Firman, T., & Humaira, A. N. S. (2022). A sustainability assessment of decentralized water supply systems in Bandung City, Indonesia. Utilities Policy, 76, 101373. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2022.101373>
26. Аргатенко Т., Пестієнко О. Використання комбінованих систем водопостачання для підвищення надійності водозабезпечення // V Міжнародна науково-практична конференція «Енергія. Ресурси. Екологія», 27-29.11.2024, Київ: КНУБА. С.68-69
27. Демиденко Г. П. і ін. - Довідник "Захист об'єктів народного господарства від зброї масового знищення" вид. 1989р. м. Київ
28. Литвиненко П. Л. - Методичні вказівки і вихідні дані до розрахунково-графічної роботи по Цивільній обороні. Будівництво захисних споруд Цивільної оборони. К.: КНУБІА 1999.-15с.
29. ДБН В.2.2-5-2023 «Захисні споруди цивільного захисту»
30. ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди. Основні положення»