

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

на тему:

Проектування системи водопостачання у випадку недостатньої
кількості води в поверхневому джерелі

Проскура Роман Анатолійович

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**
Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
водопостачання та водовідведення

„___” _____ 20__ року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

Проектування системи водопостачання у випадку недостатньої
кількості води в поверхневому джерелі

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 Проскура Роман
Анатолійович

Спеціальність: 192. Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма:
Водопостачання та водовідведення
Керівник: Дупляк О.В.
доцент, к.т.н
Рецензент: Величко С.В.
Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення

Освітній ступінь: магістр
Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітньо-професійна програма: «Водопостачання та водовідведення»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

„___” _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Проскура Роман Анатолійович

1. Тема роботи Проектування системи водопостачання у випадку недостатньої кількості води в поверхневому джерелі

затверджена наказом ректора КНУБА № 1481/24/25 від «17» вересня 2025 року

2. Керівник роботи

Дупляк Олена Віталіївна, к.т.н., доцент

3. Термін подання здобувачем роботи до захисту 15.12.2025 р.

4. Вихідні дані до проекту:

Кількість населення: 1 населений пункт - 21000 осіб, 2 населений пункт 5780 осіб;
підприємства: невеликі локальні промислові підприємства, індустріальний парк;
поверховість забудови: 9 поверхів; ступінь благоустрою житлових забудов: з
централізованим гарячим водопостачанням; кліматичний район населеного пункту - II
східний степ; відмітка поверхні землі біля очисних споруд - 285,0 м; якість води в
джерелі: вміст заліза 2,8 мг/дм³; жорсткість загальна 5,2, карбонатна – 0,8 мг-екв/л;
Смак 1 бал; запах 1 бал, окиснюваність 6,0 мг/дм³; фтор 0,5 мг/дм³

5. Зміст пояснювальної записки по розділам:

Вступ.
Р.1. Водопостачання населених пунктів.
Р.2. Вибір джерела водопостачання. Проектування водозабірних споруд.
Р.3. Насосна станція II-го підйому.
Р.4. Очисні споруди водопостачання.
Р.5. Монтаж водопровідної мережі.
Р.6. Автоматизація насосного агрегату.
Р.7. Охорона праці.



6. Графічний матеріал по розділам:

Р.1. Ситуаційний план; водопровідні мережі; деталювання; п'єзометричні лінії; конструкції водонапірних башт
Р.2. Геологічний розріз; конструкція водозабору
Р.3. Насосна станція II-го підйому
Р.4. План, висотна схема очисних споруд; конструкція ОС
Р.5. Монтаж ділянки водопровідної мережі

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1: Водопостачання населених пунктів	3.11.25
Розділ 2: Вибір джерела водопостачання. Проектування водозабірних споруд	10.11.25
Розділ 3: Насосна станція II-го підйому	17.11.25
Розділ 4: Очисні споруди водопостачання	24.11.25
Розділ 5: Монтаж водопровідної мережі	1.12.25
Розділ 6: Автоматизація насосного агрегату	4.12.25
Розділ 7: Охорона праці	9.12.25
Остаточне оформлення роботи	14.12.25
Направлення роботи для перевірки на плагіат	15.12.25
Попередній захист роботи на кафедрі	17.12.25
Направлення роботи на рецензування	18.12.25

1. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	ПІБ та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 6	доц.Соболевська Т.Г.		
Розділ 7	доц. Клімова І.В.		

2. Дата видачі завдання 27.10.2025 р.

Зав. кафедри _____ Віктор ХОРУЖИЙ

Керівник _____ Олена ДУПЛЯК

Здобувач _____

РЕЗЮМЕ (summary) до кваліфікаційної роботи здобувача:		<i>Проскура Роман Анатолійович</i> <i>Proskura Roman</i>	
Назва ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	Проектування системи водопостачання у випадку недостатньої кількості води в поверхневому джерелі. Designing a water supply system in case of insufficient water in surface sources.		
Освітній ступінь	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання		
Факультет	Інженерних систем та екології		
Кафедра	Водопостачання та водовідведення		
Спеціальність	192 «Будівництво та цивільна інженерія»		
Освітня програма	«Водопостачання та водовідведення»		
Керівник	Дупляк Олена Віталіївна, к.т.н., доцент		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	Розділів	креслень формату А1
		7	11
Розділ 1 (назва)	Водопостачання населених пунктів		
Розділ 2 (назва)	Визначення джерела водопостачання		
Розділ 3 (назва)	Насосна станція II-го підйому		
Розділ 4 (назва)	Очисні споруди водопостачання		
Розділ 5 (назва)	Монтаж водопровідної мережі		
Розділ 6 (назва)	Автоматизація насосного агрегату		
Розділ 7 (назва)	Охорона праці		
Висновки по роботі: Conclusions:	<p>Таким чином, розроблена система водопостачання для двох населених пунктів є технічно обґрунтованою та комплексною. Прийняті інженерні рішення, підтверджені гідравлічними розрахунками і моделюванням у програмному середовищі EPANET, забезпечують стабільну роботу мережі за змінних і пікових режимів водоспоживання. Запроектоване підземне джерело, насосна станція II підйому, очисні споруди та водонапірні башти створюють необхідний резерв і гарантують надійність, безперервність та енергоефективність подачі води споживачам упродовж доби.</p> <p>Therefore, the designed water supply system for the two settlements is technically sound and well-balanced. The adopted engineering solutions, validated by hydraulic calculations and EPANET network modeling, ensure stable operation under variable and peak demand conditions. The groundwater source, second-lift pumping station, water treatment facilities, and elevated storage tanks provide sufficient capacity and operational reserves, guaranteeing reliable, continuous, and energy-efficient water supply to consumers throughout the day.</p>		
Ключові слова: система водопостачання міст, атоматизація насосного агрегату, монтаж водопровідної мережі, свердловини, EPANET			

Keywords: urban water supply system, automation of pumping units, installation of water supply networks, wells, EPANET

Здобувач: _____ / _____ /

Керівник: _____ / _____ /

“ _____ ” _____ 20 _____

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ	11
1.1 Існуюча система водопостачання міст.....	12
1.2 Розрахунок чисельності населення та обсягів споживання.....	13
1.3 Проектована структура системи водопостачання	14
1.4 Розрахунок добового графіка водоспоживання.....	14
1.5 Обґрунтування вибору об'єму водонапірних башт.....	15
1.6 Гідравлічний режим мережі.....	17
РОЗДІЛ 2 ВИБІР ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ. ПРОЄКТУВАННЯ ВОДОЗАБІРНИХ СПОРУД.....	27
2.1 Визначення потужності водозабору.....	28
2.2 Гідрологічні розрахунки по водотоку.....	28
2.3 Вибір водоносного пласта та місце розташування водозабору.....	30
2.4 Геологічний розріз та конструкція свердловини	31
РОЗДІЛ 3 НАСОСНА СТАНЦІЯ II-ГО ПІДЙОМУ	34
3.1 Підбір насосного агрегату	35
РОЗДІЛ 4 ОЧИСНІ СПОРУДИ ВОДОПОСТАЧАННЯ	39
4.1 Потужність очисних споруд водопостачання	40
4.2. Вибір технологічної схеми очистки води і складу споруд	40
4.3 Розробка висотної схеми водоочисної станції	41
4.4 Розрахунок споруд і обладнання реагентного господарства.....	41
4.5 Розрахунок електролізера.....	42
4.6 Зберігання і приготування фторовмісних реагентів.....	47
4.7 Розрахунок швидких фільтрів	48
4.8 Обробка промивних вод та осаду очисної станції, розрахунок споруд для обробки промивної води та осаду	54
4.9 Розрахунок пісковловлювачів.....	55
4.10 Розрахунок згущувачів	56
РОЗДІЛ 5 МОНТАЖ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ	57
5.1 Характеристика труб.....	58

5.2 Підготовчі роботи	61
5.3 Визначення розмірів траншеї.....	63
5.4 Вибір транспортного засобу для перевезення труб і визначення кількості одночасно перевезених труб	64
5.5 Вибір строповочного обладнання - для ПЕ трубопроводів вибрана строповка обхватом труби з фіксацією карабіном.....	67
5.6. Вибір крану та схеми розвантаження, складування і монтажу	67
5.7 Монтаж трубопроводу	70
5.8 Перетин трубопроводів з підземними комунікаціями	73
5.9 Укладання трубопроводів	73
5.10 Монтаж трубопроводу та виконання трубних з'єднань	74
5.11 Монтаж колодязів та безколодязевих підключень.	76
5.12 Прокладання методом ГНБ.....	77
5.13 Визначення будівельно монтажних елементів колодязя.	78
5.14 Вибір крану для монтажу колодязів.....	80
5.15 Гідравлічне випробування трубопроводу.....	81
5.16 Розрахунок нормативів виконання робіт.....	85
5.17 Техніка безпеки при виконанні робіт.....	86
5.18 Монтаж трубопроводів.....	87
РОЗДІЛ 6 АВТОМАТИЗАЦІЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ	88
6.1 Автоматизація насосного агрегату.....	89
6.2 Автоматичне керування роботою станції.....	89
6.3 Системи контролю і датчики	91
6.4 Системи захисту та аварійні режими	92
6.5 Функції оптимізації та сервісної підтримки.....	93
6.6 Діагностика та моніторинг	94
6.7 Алгоритм роботи насосної станції (детальний).....	95
6.8. Підсумковий перелік автоматизованих функцій	95
РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ	97
7.1 Загальні положення.....	98

7.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників	98
7.3 Вимоги до виробничих приміщень	99
7.4. Вимоги безпечної експлуатації обладнання.....	100
7.5. Пожежна безпека.....	101
ВИСНОВКИ	102
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	103

ВСТУП

В проєкті розроблено комплексну систему водопостачання для двох населених пунктів із сумарною чисельністю населення 27 580 осіб, яка спрямована на забезпечення стабільного та надійного водопостачання в умовах змінних і пікових режимів водоспоживання. У межах роботи виконано попередній поточкорозподіл та детальні гідравлічні розрахунки для різних режимів роботи мережі, що дало змогу обґрунтувати діаметри трубопроводів, втрати напору та необхідні робочі тиски в контрольних точках системи.

Мережу водопостачання спроектовано та змодельовано в програмному забезпеченні EPANET, що дозволило проаналізувати її роботу в динаміці, побудувати п'єзометричні графіки та перевірити відповідність напорів нормативним вимогам у всіх вузлах системи. Як джерело водопостачання запроєктовано підземний водозабір у складі трьох свердловин загальною продуктивністю 12 302,4 м³, параметри яких визначено з урахуванням розрахункових витрат і добових коливань споживання.

На основі отриманих витрат і напорів виконано розрахунок насосної станції II-го підйому з підбором насосного обладнання, яке інтегровано в гідравлічну модель EPANET для перевірки сумісної роботи з мережею. Крім того, запроєктовано очисні споруди водопостачання, що забезпечують доведення якості води до нормативних показників. Для акумулювання запасів води та вирівнювання пікових навантажень у системі передбачено дві водонапірні башти об'ємом 400 м³ та 300 м³, які гарантують безперервне та надійне водопостачання споживачів у години максимального водорозбору.

РОЗДІЛ 1
ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
							11
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

1.1 Існуюча система водопостачання міст

Система водопостачання двох населених пунктів, що розглядається у даному проєкті, є центральною інженерною мережею, яка забезпечує подачу питної та господарсько-побутової води мешканцям, підприємствам, соціальним об'єктам та комунальній інфраструктурі. Загальне середньодобове споживання складає **6486 м³/добу**, що включає потреби населення та промисловості, а також втрати води в мережі.

Протягом тривалого періоду експлуатації (30–50 років) існуюча система експлуатувалася без суттєвих оновлень.

В існуючій системі водопостачання спостерігається високий рівень фізичного зношення трубопроводів, що проявляється у корозії, прояві тріщин та навіть, а також наскрізних пошкоджень окремих ділянок мережі. Через багаторічну експлуатацію на внутрішніх стінках труб відклалися мінеральні та механічні нарощування, які суттєво зменшували пропускну здатність, та знижувало якість води. Саме це неодноразово спричиняло перебої у подачі питної води та підвищувало невраховані витрати підприємства.

Крім вище наведених проблем, у системі повністю відсутня автоматизована система контролю та регулювання тиску, що ускладнює оперативне керування режимами роботи мережі за збільшує час усунення проблем.

Суттєвою проблемою є високі енергозатрати, обумовлені неефективною роботою застарілих насосних агрегатів, так як раніше їх розраховували з запасом 30-40%, що призводить до частішої заміни розхідних матеріалів насосних агрегатів та їх повної заміни.

Пікові витрати двох населених пунктів покривалися однією водонапірною баштою Рожновського, цього не вистачає і сама башта має непоправні пошкодження.

Довговічність труб із сірого чавуну та сталевих труб, якими було прокладено значну частину мережі, становить:

- сталь – 25–35 років,
- чавун – 40–50 років,

- залізобетон – 30–40 років.

Наразі фактичний строк експлуатації трубопроводів перевищує нормативний, що призвело до деградації гідравлічних характеристик та підвищених тепловтрат.

Необхідність реконструкції системи водопостачання є об'єктивною, оскільки подальша експлуатація без заміни окремих елементів мережі призводить до:

- зростання ризику техногенних аварій,
- нераціональних витрат води та енергії,
- погіршення якості води,
- неможливості забезпечити стабільний тиск у мережі,
- невідповідності сучасним вимогам ДБН.

Проект реконструкції передбачає повну модернізацію мереж, встановлення двох нових водонапірних башт, заміну насосних агрегатів та створення сучасної автоматизованої системи керування SCADA.

1.2 Розрахунок чисельності населення та обсягів споживання

Основою для визначення необхідної продуктивності системи є аналіз поточного та перспективного водоспоживання. Згідно з чинними нормами середньодобове водоспоживання на одну особу становить:

$$q = 235 \text{ л/добу}$$

При середньодобовому водоспоживанні **235 л/добу** загальна витрата розраховується:

$$N = 235 * 27\,580 = 6486 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Однак до загального добового споживання входять:

- споживання закладів освіти,
- витрати лікувальних установ,
- пожежні потреби,
- технічні та технологічні витрати мережі.

Питомі промислові витрати з врахуванням нового будівництва великих промислових об'єктів та існуючих об'єктів становить:

$$Q_{\text{нас}} = 1000 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Ця цифра враховує перспективний розвиток територій протягом наступних 10 років.

1.3 Проектована структура системи водопостачання

Джерелом водопостачання населених пунктів будуть 3 свердловини потужністю: дві по 3300 м³/добу, та одна 3400 м³/добу. Загальна потужність становить 10000 м³/добу, це розраховано для споживання двох населених пунктів, що розглядаються в проєкті та ще двох населених пунктів після розширення мережі (вказано в аркуші 1).

Очисні споруди водопостачання потужністю 11 184 м³/добу, з врахуванням власних потреб, задля забезпечення норм "ДСанПін 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною".

Насосна станція II-го підйому з номінальною витратою 558 м³/год та автоматизованою системою SCADA.

Водонапірні башти об'ємом 400 м³ та 300 м³, для покриття пікового споживання населення та промисловості.

Магістральні водоводи з поліетилену високої щільності SDR17 PE100.

Протипожежна інфраструктура, пожежні гідранти, башти для покриття додаткових витрат в ролі резервуару.

Система автоматики SCADA, яка забезпечує моніторинг тиску та витрат, контроль рівнів води в баштах, дистанційне керування насосами, виявлення аварій на мережі, регулювання редукторів тиску відповідно споживання.

Реконструкція передбачає повну заміну труб, башт, насосних станцій, впровадження частотного регулювання насосів, яке не використовувалося у старій системі.

1.4 Розрахунок добового графіка водоспоживання

Споживання води має нерівномірний характер протягом доби за рахунок робочого графіку населення та роботи промислових підприємств. Графік враховує типові побутові та виробничі цикли.

Пікові години:

- 9:00–12:00 – ранковий пік

➤ 15:00–18:00 – вечірній пік

Піковий коефіцієнт: $k_{\max} = 1.25\text{--}1.4$

Мінімум споживання в проміжку 23:00–5:00 — 5–10% від добового обсягу.

Для побудови оптимального графіка подачі враховані всі фактори які впливають на збільшення чи зменшення споживання у відповідні години.

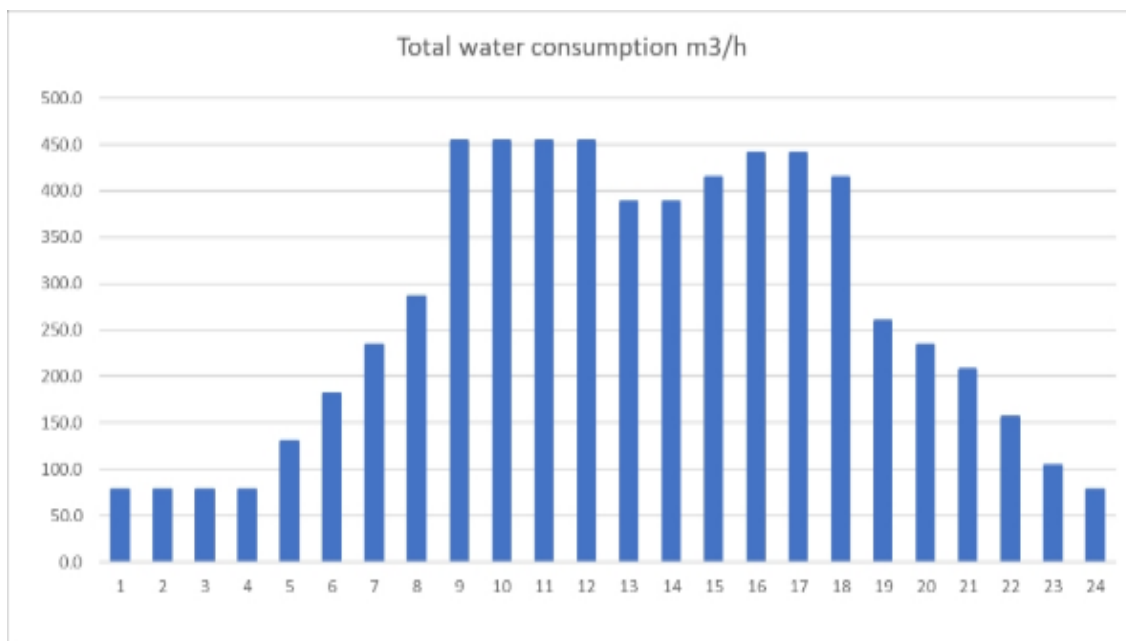


Рис. 1.1 Графік водоспоживання м³/год.

Цей розрахунок показує, що регулювання подачі і розгладження піків можливе лише при наявності двох башт загальним обсягом 700 м³.

1.5 Обґрунтування вибору об'єму водонапірних башт

Регулюючий об'єм водонапірних башт.

$$W = 0.1075 \times 6487 = 697.43 \text{ м}^3$$

Відповідно розрахунку проектуємо дві водонапірні башти об'ємом 400м³ та 300м³. що є не типовими розмірами для башт Рожновського які встановленні в більшості населених пунктів України.

Вибір башт:

Башта № 1 — споруда висотою 45 м з резервуаром об'ємом 400 м³ — планується до будівництва з використанням сталевих каркасів. Каркас споруди спроектований у вигляді п'ятигілкової конічної решітки, що підвищує стійкість і зменшує вібрації від вітру. Фундамент складається з п'яти колонних блоків на палях, які з'єднані кільцевим компенсатором, що забезпечує рівномірний розподіл

навантаження. Резервуар виготовлений із сталі S335 у формі циліндра зі сферично-конічним дном, товщиною стінок 8–16 мм і захисним покриттям. При проектуванні каркаса цієї конструкції особлива увага буде приділена специфічним впливам на розрахунок вітрового навантаження (для України це може становити до 0,6–0,7 кПа на висоті 45 м) та сейсмічного навантаження (для об'єкта в Бурштині, згідно з ДБН, це 7 балів). Це передбачає використання сталевих кільцевих ребер жорсткості та розтяжок із підвищеним коефіцієнтом безпеки. Опори (гілки каркаса) виготовлені з труб Ø426 мм і розтяжок з кутових сталевих профілів, з горизонтальними кільцями жорсткості кожні 8-10 м. Сходи інтегровані в центр вежі, доповнені аварійною драбиною і верхнім оглядовим майданчиком. Загальне навантаження від води та металу становить близько 525 тонн, що дає 1030 кН (≈ 105 тонн) на гілку, з урахуванням коефіцієнтів — до 1350 кН.

Під час будівництва вежі № 1 будуть встановлені додаткові елементи системи блискавкозахисту, освітлювальні прилади (світлові маяки) та специфічні системи аеронавігації.

Башта № 2 – це споруда висотою 25 м з резервуаром об'ємом 300 м³, спроектована з використанням сталевих каркаса. Каркас споруди має форму чотиригілкової квадратної решітки з конічною формою для забезпечення стійкості (рис. 5). Циліндричний резервуар із сферично-конічним дном виготовлений із сталі S335, товщина стінок якого становить 8–14 мм, захищений оцинкованим покриттям і поліуретановим покриттям. При проектуванні каркаса цієї конструкції особлива увага буде приділена специфічним впливам на розрахунок вітрового навантаження та сейсмічного навантаження (для об'єкта в цій зоні України, згідно з ДБН, це 7 балів). Це передбачає використання сталевих кільцевих ребер жорсткості (ребер) і розтяжок із підвищеним коефіцієнтом безпеки. Опора виготовлена з труб Ø377×12 мм, з кутовими розтяжками і кільцевими ребрами кожні 5–6 м. Фундаменти – 4 колонні блоки (по 10–16 м³ бетону кожен), з'єднані монолітною решіткою для забезпечення стійкості.

Під час будівництва башти № 1 та башти №2 будуть встановлені додаткові елементи системи блискавкозахисту, освітлювальні прилади (світлові маяки) та специфічні системи аеронавігації.

1.6 Гідравлічний режим мережі

Для виконання гідравлічного розрахунку системи водопостачання була проведена поетапна технічна робота, що включала формування вихідних даних, моделювання поточкорозподілу та уточнення параметрів окремих елементів мережі. На початковому етапі було здійснено базовий поточкорозподіл, який дозволив визначити орієнтовні витрати в основних гілках мережі, проаналізувати напрямки руху води та виявити потенційні вузлові точки із підвищеними навантаженнями. Це дало можливість сформулювати структуру майбутньої моделі та коректно задати початкові значення для цифрового аналізу.

Подальше моделювання проводилося у спеціалізованому програмному комплексі **EPANET**, який дозволив створити повноцінну цифрову копію проєктованої мережі. У модель були включені всі трубопроводи, вузли, насосні станції, запірно-регулююча арматура, а також водонапірні башти з їхніми фактичними та проєктними об'ємами. Для кожного вузла були задані витрати, що враховували споживання населення, промислових підприємств та сезонні коливання. Окремо були внесені витрати промислового сектору, які мають підвищений та нерівномірний характер, що суттєво впливає на гідравлічний режим. Особливу увагу в моделі приділено налаштуванню насосного обладнання. Для кожного насоса було задано індивідуальні характеристики, включно з графіками продуктивності, робочими кривими, режимами регулювання та наявністю перетворювачів частоти. Це дозволило точно змоделювати роботу системи в реальних умовах, враховуючи зміну споживання упродовж доби та напірні вимоги в різних частинах міста.

У моделі також були реалізовані параметри роботи редукторів тиску, що забезпечують локальне регулювання та стабілізацію напору. Кожен редуктор був налаштований відповідно до району міста та допустимих меж тиску для конкретної ділянки мережі. Це дозволило уникнути перевищень та забезпечити рівномірний

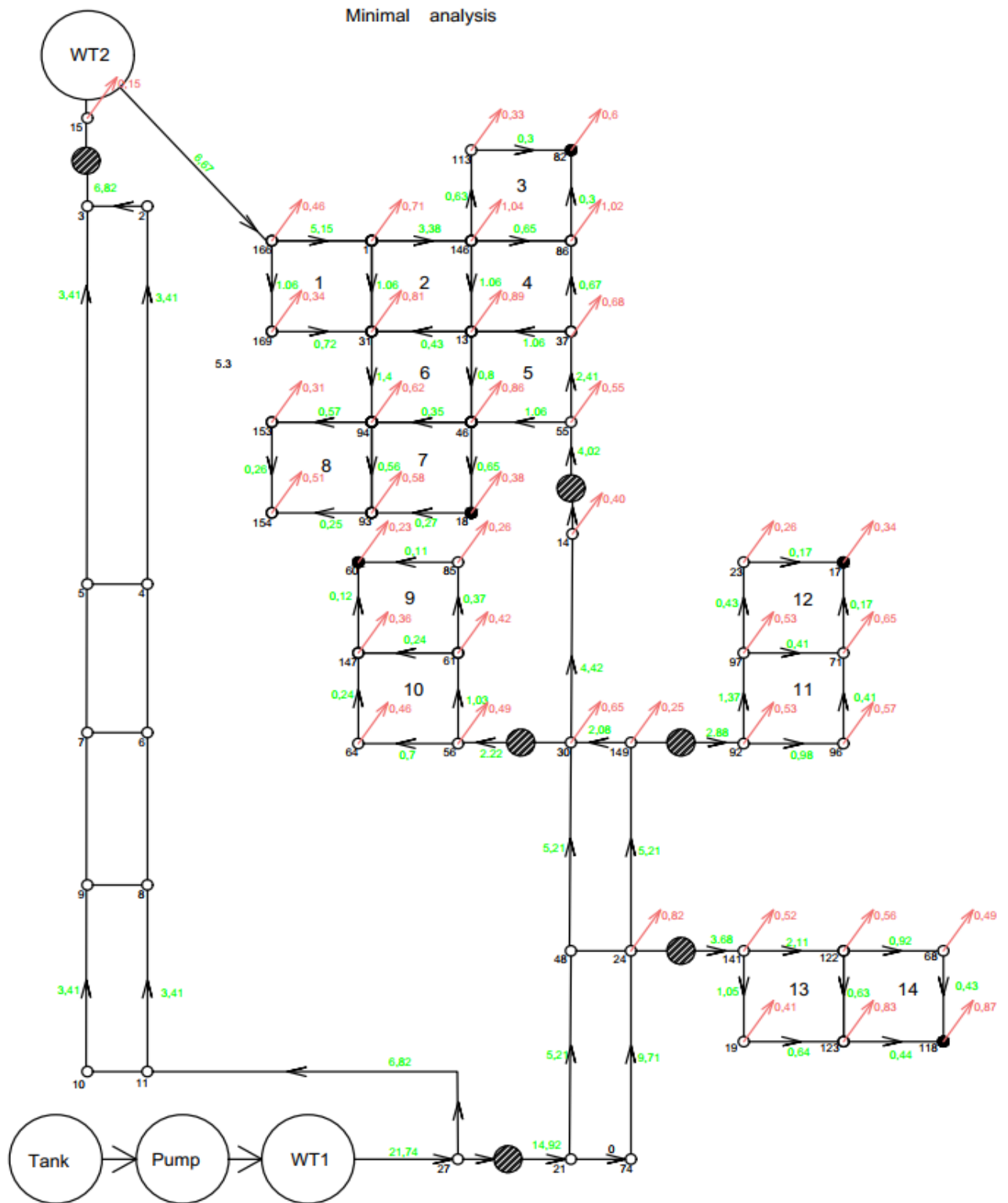


Рис. 1.3 Потокорозподіл при мінімальному водоспоживанні

Місто №1				Місто №2			
Точка	Ділянки підключені до вузла	Σl	Витрата l/s	Точка	Ділянки підключені до вузла	Σl	Витрата l/s
1	L-3,L-19,L-60	1606,33	2,93	68	L-24,L-67	1389,61	2,08
31	L-11,L-61,L150,L-60	1848,99	3,37	118	L-67, L-78	2472,27	3,71
37	L12,L21,L-62	1536,08	2,80	122	L-24, L-74, L-77	1602,19	2,40
46	L-6,L-25,L-71,L-63	1950,58	3,56	123	L-76, L-77, L-78	2383,15	3,57
60	L-13,L-36	521,18	0,95	141	L-74 ,L-75, V-3	1479,27	2,22
64	L-39, L-40	1041,58	1,90	19	L-75, L-76	1177,57	1,77
71	L-9,L-79,L33	1478,30	2,70				15,76
30	L-35,L-4,L-204,V-9	1488,47	2,72				
92	V-4,L-34,L-35	1197,76	2,19				
96	L-33, L-34	1300,50	2,37				
23	L-80, L-129	593,72	1,08				
93	L-29, L-65, L-148	1322,55	2,41				
94	L-25, L-27, L-148, L-150	1420,20	2,59				
147	L-13,L-37, L-39	819,79	1,50				
149	L-4, V-4, L-203	565,16	1,03				
55	V-7, L-62, L-63	1241,47	2,27				
56	V-9, L-40, L-42	1108,30	2,02				
61	L-37, L-38, L-42	960,75	1,75				
85	L-36, L-38	595,42	1,09				
86	L-20, L-21, L-241	2309,75	4,22				
113	L-16, L-239	741,95	1,35				
146	L-10, L-19, L-20, L-239	2367,28	4,32				
153	L-27, L-28	709,22	1,29				
154	L-28, L-29	1164,96	2,13				
166	L-3, L-15, L-81	1034,87	1,89				
169	L-15, L-61	764,72	1,40				
14	L-69, V-7	906,70	1,65				
15	L-70, V-8	340,95	0,62				
13	L-6, L-10, L-11, L-12	2016,30	3,68				
18	L-65, L-71	858,62	1,57				
			74,86				

Табл. 1.1 Витяг з ЕРАNET Вузлова витрат

preliminary approximation												
№ ring	№ area	L, m	D, mm	q, l/s	V, m/s	A	K ₁	A _n	S	sign	h = S*q ²	h/q
13	141-122	802	125	8,76	0,71	92,47	1,081	99,96	80167,98	1	6,15	0,70
	122-123	604	100	2,57	0,33	323,9	1,297	420,10	253739,37	1	1,68	0,65
	123-19	500	100	3,00	0,38	323,9	1,244	402,93	201465,80	-1	-1,81	0,60
	19-141	677	100	4,77	0,61	323,9	1,123	363,74	246251,78	-1	-5,60	1,17
											Δh ring =	0,41
											Δq ring =	0,07
14	122-68	197	100	3,79	0,48	323,9	1,183	383,17	75485,22	1	1,08	0,29
	68-118	1193	100	1,71	0,22	323,9	1,423	460,91	549865,27	1	1,61	0,94
	118-123	1280	100	2,00	0,25	323,9	1,368	443,10	567161,86	-1	-2,27	1,13
	123-122	604	100	2,57	0,33	323,9	1,297	420,10	253739,37	-1	-1,68	0,65
											Δh ring =	-1,25
											Δq ring =	0,21
											Δh outline =	-0,84

1 approximations									
Δq _{ring}	Δq _{ring} amount	Δq	q, l/s	V, m/s	K ₁	S	sign	h = S*q ²	h/q
-0,07		-0,07	8,69	0,71	1,084	80390,46	1	6,08	0,70
-0,07	-0,21	-0,27	2,30	0,29	1,33	259804,08	1,00	1,37	0,60
0,07		0,07	3,07	0,39	1,236	200170,20	-1	-1,88	0,61
0,07		0,07	4,84	0,62	1,120	245593,94	-1	-5,74	1,19
								Δh ring =	-0,18
								Δq ring =	0,03
0,21		0,21	4,00	0,51	1,170	74655,71	1	1,19	0,30
0,21		0,21	1,92	0,24	1,375	531317,46	1	1,95	1,02
-0,21		-0,21	1,79	0,23	1,41	583330,94	-1,00	-1,87	1,05
-0,21	-0,07	-0,27	2,30	0,29	1,328	259804,08	-1	-1,37	0,60
								Δh ring =	-0,10
								Δq ring =	0,02
								Δh outline =	-0,27

3 approximations										
Δq _{ring}	Δq _{ring} amount	Δq	q, l/s	V, m/s	K ₁	S	sign	h = S*q ²	h/q	
0,01		0,01	8,73	0,71	1,081	80167,98	1	6,11	0,70	
0,01	-0,02	-0,01	2,30	0,29	1,328	259804,08	1	1,37	0,60	
-0,01		-0,01	3,03	0,39	1,244	201465,80	-1	-1,85	0,61	
-0,01		-0,01	4,80	0,61	1,120	245593,94	-1	-5,66	1,18	
								Δh ring =	-0,02	
								Δq ring =	0,00	
0,02		0,02	4,03	0,51	1,166	74400,48	1	1,21	0,30	
0,02		0,02	1,95	0,25	1,375	531317,46	1	2,02	1,04	
-0,02		-0,02	1,79	0,23	1,407	583330,94	-1	-1,86	1,04	
-0,02	0,01	-0,01	2,30	0,29	1,328	259804,08	-1	-1,37	0,60	
								Δh ring =	-0,01	
								Δq ring =	0,00	
								Δh outline =	-0,03	

Табл. 1.2 Гідравлічний розрахунок кілець 13-14

№ ring	№ area	L, m	D, mm	q, l/s	V, m/s	A	K ₁	A _n	S	sign	h = S*q ²	h/q
11	92-96	660	125	12,13	0,99	92,47	1,016	93,95	62006,68	-1	-9,12	0,75
	96-71	640	100	1,7	0,22	323,9	1,423	460,91	294982,21	-1	-0,85	0,50
	71-97	344	100	1,70	0,22	323,9	1,423	460,91	158552,94	1	0,46	0,27
	97-92	537	100	5,67	0,72	323,9	1,078	349,16	187501,18	1	6,03	1,06
											Δh ring =	-3,49
											Δq ring =	0,67
12	71-17	495	100	0,70	0,09	323,9	1,439	466,09	230715,59	-1	-0,11	0,16
	17-23	278	100	0,71	0,09	323,9	1,439	466,09	129573,60	1	0,07	0,09
	23-97	316	100	1,79	0,23	323,9	1,407	455,73	144009,83	1	0,46	0,26
	97-71	344	100	1,70	0,22	323,9	1,423	460,91	158552,94	-1	-0,46	0,27
											Δh ring =	-0,04
											Δq ring =	0,03
											Δh outline =	-3,53

1 approximations									
Δq_{ring}	Δq_{ring} amount	Δq	q, l/s	V, m/s	K_1	S	sign	$h = S \cdot q^2$	h/q
-0,67		-0,67	11,46	0,93	1,021	62311,83	-1	-8,18	0,71
-0,67		-0,67	1,03	0,13	1,439	298298,94	-1	-0,31	0,31
0,67	-0,03	0,65	2,35	0,30	1,33	147967,88	1,00	0,81	0,35
0,67		0,67	6,34	0,81	1,052	182978,88	1	7,37	1,16
							Δh ring =	-0,31	2,53
							Δq ring =	0,06	
-0,03		-0,03	0,67	0,09	1,439	230715,59	-1	-0,10	0,15
0,03		0,03	0,74	0,09	1,439	129573,60	1	0,07	0,10
0,03		0,03	1,82	0,23	1,391	142372,19	1	0,47	0,26
-0,03	0,67	0,65	2,35	0,30	1,33	147967,88	-1,00	-0,81	0,35
							Δh ring =	-0,38	0,86
							Δq ring =	0,22	
							Δh outline =	-0,69	

4 approximations									
Δq_{ring}	Δq_{ring} amount	Δq	q, l/s	V, m/s	K_1	S	sign	$h = S \cdot q^2$	h/q
-0,01		-0,01	11,35	0,93	1,022	62372,86	-1	-8,04	0,71
-0,01		-0,01	0,92	0,12	1,439	298298,94	-1	-0,25	0,28
0,01	-0,02	-0,01	2,17	0,28	1,348	150196,32	1	0,71	0,33
0,01		0,01	6,45	0,82	1,048	182283,15	1	7,57	1,18
							Δh ring =	-0,01	2,49
							Δq ring =	0,00	
-0,02		-0,02	0,40	0,05	1,439	230715,59	-1	-0,04	0,09
0,02		0,02	1,01	0,13	1,439	129573,60	1	0,13	0,13
0,02		0,02	2,09	0,27	1,358	138994,56	1	0,61	0,29
-0,02	0,01	-0,01	2,17	0,28	1,348	150196,32	-1	-0,71	0,33
							Δh ring =	-0,01	0,84
							Δq ring =	0,00	
							Δh outline =	-0,02	

Табл. 1.3 Гідравлічний розрахунок кілець 11-12

№ ring	№ area	preliminary approximation										
		L, m	D, mm	q, l/s	V, m/s	A	K_1	A_n	S	sign	$h = S \cdot q^2$	h/q
9	60-85	411	100	0,43	0,05	323,9	1,439	466,09	191563,85	-1	-0,04	0,08
	85-61	185	100	1,52	0,19	323,9	1,439	466,09	86227,04	-1	-0,20	0,13
	61-147	427	100,00	1,00	0,13	323,9	1,439	466,09	199021,33	1	0,20	0,20
	147-60	110	100	0,52	0,07	323,9	1,439	466,09	51270,13	1	0,01	0,03
											Δh ring =	-0,02
										Δq ring =	0,02	
10	147-64	282	100	1,02	0,13	323,9	1,439	466,09	131437,97	1	0,14	0,13
	64-56	760	150	10,98	0,62	45,91	1,117	51,28	38973,92	1	4,70	0,43
	56-61	349	100	4,27	0,54	323,9	1,154	373,78	130449,43	-1	-2,38	0,56
	61-147	427	100,00	1,00	0,13	323,9	1,439	466,09	199021,33	-1	-0,20	0,20
											Δh ring =	2,26
										Δq ring =	0,86	
										Δh outline =	2,24	

1 approximations									
Δq_{ring}	Δq_{ring} amount	Δq	q, l/s	V, m/s	K_1	S	sign	$h = S \cdot q^2$	h/q
-0,02		-0,02	0,41	0,05	1,439	191563,85	-1	-0,03	0,08
-0,02		-0,02	1,50	0,19	1,439	86227,04	-1	-0,19	0,13
0,02	0,86	0,88	1,88	0,24	1,391	192382,67	1	0,68	0,36
0,02		0,02	0,54	0,07	1,439	51270,13	1	0,02	0,03
							Δh ring =	0,47	0,60
							Δq ring =	0,40	
-0,86		-0,86	0,16	0,02	1,439	131437,97	1	0,00	0,02
-0,86		-0,86	10,12	0,57	1,139	39741,53	1	4,07	0,40
0,86		0,86	5,13	0,65	1,102	124571,29	-1	-3,27	0,64
0,86	0,02	0,88	1,88	0,24	1,391	192382,67	-1	-0,68	0,36
							Δh ring =	0,12	1,42
							Δq ring =	0,04	
							Δh outline =	0,59	

6 approximations									
Δq_{ring}	Δq_{ring} amount	Δq	q, l/s	V, m/s	K_1	S	sign	$h = S \cdot q^2$	h/q
-0,06		-0,06	0,88	0,11	1,439	191563,85	-1	-0,15	0,17
-0,06		-0,06	1,97	0,25	1,368	81972,61	-1	-0,32	0,16
0,06	0,08	0,14	1,60	0,20	1,439	199021,33	1	0,51	0,32
0,06		0,06	0,07	0,01	1,439	51270,13	1	0,00	0,00
							Δh ring =	0,05	0,65
							Δq ring =	0,04	
-0,08		-0,08	-0,03	0,00	1,439	131437,97	-1	0,00	0,00
-0,08		-0,08	9,93	0,56	1,142	39846,21	1	3,93	0,40
0,08		0,08	5,32	0,68	1,096	123893,05	-1	-3,50	0,66
0,08	0,06	0,14	1,60	0,20	1,44	199021,33	-1,00	-0,51	0,32
							Δh ring =	-0,08	1,38
							Δq ring =	0,03	
							Δh outline =	-0,03	

Табл. 1.4 Гідравлічний розрахунок кілець 9-10

№ ring	№ area	L, m	D, mm	preliminary approximation								
				q, l/s	V, m/s	A	K_1	A_n	S	sign	$h = S \cdot q^2$	h/q
1	166-1	434,80	200,00	36,75	1,17	5,07	0,97	4,94	2147,80	1,00	2,90	0,08
	1-31	573	100	4,40	0,56	323,9	1,142	369,894	211949,15	1	4,10	0,93
	31-169	596,00	100,00	3,00	0,38	323,90	1,24	402,93	240147,23	-1,00	-2,16	0,72
	169-166	437,00	100,00	4,40	0,56	323,90	1,14	369,89	161643,59	-1,00	-3,13	0,71
										Δh ring =	1,71	2,44
									Δq ring =	0,35		
2	1-146	599,00	200,00	29,42	0,94	5,07	1,02	5,18	3100,09	1,00	2,68	0,09
	146-13	548	100	4,4	0,56	323,9	1,142	369,894	202701,80	1	3,92	0,89
	13-31	420	100	2,00	0,25	323,9	1,368	443,095	186099,98	1	0,74	0,37
	31-1	573	100	4,40	0,56	323,9	1,142	369,894	211949,15	-1	-4,10	0,93
										Δh ring =	3,25	2,29
									Δq ring =	0,71		
3	113-82	196,00	150,00	15,13	0,86	45,91	1,04	47,88	9385,29	1,00	2,15	0,14
	82-86	1173,00	150,00	15,13	0,86	45,91	1,04	47,88	56168,08	-1,00	-12,86	0,85
	86-146	675	100	4,22	0,54	323,9	1,158	375,076	253176,44	-1	-4,51	1,07
	146-113	546,00	200,00	16,48	0,52	5,07	1,16	5,89	3216,04	1,00	0,87	0,05
										Δh ring =	-14,34	2,11
									Δq ring =	3,39		
4	146-86	546	100	4,22	0,54	323,9	1,158	375,076	204791,61	1	3,65	0,86
	86-37	462,00	150,00	15,13	0,86	45,91	1,04	47,88	22122,47	-1,00	-5,06	0,33
	37-13	709	100	4,40	0,56	323,9	1,142	369,894	262254,70	1	5,08	1,15
	13-146	548	100	4,40	0,56	323,9	1,142	369,894	202701,80	-1	-3,92	0,89
										Δh ring =	-0,26	3,24
									Δq ring =	0,04		
5	37-55	365,00	200,00	30,39	0,97	5,07	1,02	5,16	1883,49	-1,00	-1,74	0,06
	55-46	876,00	100,00	4,40	0,56	323,90	1,14	369,89	324026,97	1,00	6,27	1,43
	46-13	340	100,00	3,12	0,40	323,9	1,236	400,340	136115,74	-1,00	-1,33	0,42
	13-37	709	100	4,40	0,56	323,9	1,142	369,894	262254,70	-1	-5,08	1,15
										Δh ring =	-1,87	3,06
									Δq ring =	0,31		
6	13-31	420	100,00	2,00	0,25	323,9	1,368	443,095	186099,98	-1	-0,74	0,37
	31-94	261,00	100,00	6,03	0,77	323,90	1,07	345,60	90201,94	-1,00	-3,28	0,54
	94-46	251	100,00	1,56	0,20	323,9	1,439	466,092	116989,12	1	0,28	0,18
	46-13	340	100,00	3,12	0,40	323,9	1,236	400,340	136115,74	1	1,33	0,42
										Δh ring =	-2,41	1,52
									Δq ring =	0,79		
7	46-18	484	100	2,4	0,31	323,9	1,313	425,281	205835,86	1	1,19	0,49
	18-93	375	100	0,83	0,11	323,9	1,439	466,092	174784,54	1	0,12	0,15
	93-94	352	100,00	2,70	0,34	323,9	1,281	414,916	146050,40	-1	-1,06	0,39
	94-46	251	100,00	1,56	0,20	323,9	1,439	466,092	116989,12	-1	-0,28	0,18
										Δh ring =	-0,04	1,22
									Δq ring =	0,02		
8	94-153	556	100	2,3	0,29	323,9	1,328	430,139	239157,40	-1	-1,27	0,55
	153-154	569	100	1,01	0,13	323,9	1,439	466,092	265206,40	-1	-0,27	0,27
	154-93	596	100	1,12	0,14	323,9	1,439	466,092	277790,89	1	0,35	0,31
	93-94	352	100,00	2,70	0,34	323,9	1,281	414,916	146050,40	1	1,06	0,39
										Δh ring =	-0,12	1,52
									Δq ring =	0,04		
									Δh outline =	-13,23		

1 approximations									
Δq_{ring}	Δq_{ring} amount	Δq	q, l/s	V, m/s	K_1	S	sign	$h = S \cdot q^2$	h/q
-0,35		-0,35	36,40	1,16	0,978	2154,41	1	2,85	0,08
-0,35	0,71	0,36	4,76	0,61	1,123	208422,85	1	4,72	0,99
0,35		0,35	3,35	0,43	1,220	235514,17	-1	-2,64	0,79
0,35		0,35	4,75	0,61	1,123	158954,25	-1	-3,59	0,76
							Δh ring =	1,34	2,61
							Δq ring =	0,26	
-0,71		-0,71	28,71	0,91	1,023	3106,17	1	2,56	0,09
-0,71	-0,04	-0,75	3,65	0,46	1,193	211754,16	1	2,82	0,77
-0,71	-0,79	-1,50	0,50	0,06	1,439	195758,68	1	0,05	0,10
0,71	-0,35	0,36	4,76	0,61	1,123	208422,85	-1	-4,72	0,99
							Δh ring =	0,71	1,95
							Δq ring =	0,18	
3,39		3,39	18,52	1,05	0,994	8944,37	1	3,07	0,17
-3,39		-3,39	11,74	0,66	1,099	59183,82	-1	-8,15	0,69
-3,39	0,04	-3,35	0,87	0,11	1,439	314612,17	-1	-0,24	0,27
3,39		3,39	19,87	0,63	1,114	3083,19	1	1,22	0,06
							Δh ring =	-4,10	1,19
							Δq ring =	1,72	
0,04	-3,39	-3,35	0,87	0,11	1,439	254486,29	1	0,19	0,22
-0,04		-0,04	15,09	0,85	1,043	22122,47	-1	-5,04	0,33
0,04	-0,31	-0,26	4,14	0,53	1,162	266847,61	1	4,56	1,10
-0,04		-0,04	4,36	0,56	1,145	203234,29	-1	-3,86	0,89
							Δh ring =	-4,14	2,54
							Δq ring =	0,81	
-0,31		-0,31	30,08	0,96	1,019	1885,34	-1	-1,71	0,06
0,31		0,31	4,71	0,60	1,133	321473,34	1	7,12	1,51
-0,31	0,79	0,49	3,61	0,46	1,198	131930,95	-1	-1,72	0,48
-0,31	0,04	-0,26	4,14	0,53	1,162	266847,61	-1	-4,56	1,10
							Δh ring =	-0,87	3,15
							Δq ring =	0,14	
-0,79	-0,71	-1,50	0,50	0,06	1,439	195758,68	-1	-0,05	0,10
-0,79		-0,79	5,24	0,67	1,099	92907,15	-1	-2,55	0,49
0,79	-0,02	0,77	2,33	0,30	1,328	107964,94	1	0,59	0,25
0,79	-0,31	0,49	3,61	0,46	1,198	131930,95	1	1,72	0,48
							Δh ring =	-0,29	1,31
							Δq ring =	0,11	
0,02		0,02	2,42	0,31	1,313	205835,86	1	1,20	0,50
0,02		0,02	0,85	0,11	1,439	174784,54	1	0,13	0,15
-0,02	0,04	0,02	2,72	0,35	1,281	146050,40	-1	-1,08	0,40
-0,02	0,79	0,77	2,33	0,30	1,328	107964,94	-1	-0,59	0,25
							Δh ring =	-0,34	1,30
							Δq ring =	0,13	
-0,04		-0,04	2,26	0,29	1,338	240958,28	-1	-1,23	0,54
-0,04		-0,04	0,97	0,12	1,439	265206,40	-1	-0,25	0,26
0,04		0,04	1,16	0,15	1,439	277790,89	1	0,37	0,32
0,04	-0,02	0,02	2,72	0,35	1,281	146050,40	1	1,08	0,40
							Δh ring =	-0,02	1,52
							Δq ring =	0,01	
							Δh outline =	-6,63	

6 approximations									
Δq_{ring}	Δq_{ring} amount	Δq	$q, l/s$	$V, m/s$	K_1	S	sign	$h = S \cdot q^2$	h/q
0,03		0,03	36,14	1,15	0,978	2154,41	1	2,81	0,08
0,03	-0,05	-0,02	4,36	0,56	1,145	212505,93	1	4,05	0,93
-0,03		-0,03	3,61	0,46	1,198	231267,19	-1	-3,02	0,84
-0,03		-0,03	5,01	0,64	1,114	157680,35	-1	-3,96	0,79
								$\Delta h_{ring} =$	2,63
								$\Delta q_{ring} =$	0,02
0,05		0,05	28,85	0,92	1,023	3106,17	1	2,58	0,09
0,05	-0,08	-0,03	2,36	0,30	1,313	233053,82	1	1,30	0,55
0,05	-0,04	0,00	0,23	0,03	1,439	195758,68	1	0,01	0,04
-0,05	0,03	-0,02	4,36	0,56	1,145	212505,93	-1	-4,05	0,93
								$\Delta h_{ring} =$	1,61
								$\Delta q_{ring} =$	0,05
-0,01		-0,01	21,01	1,19	0,973	8755,40	1	3,86	0,18
0,01		0,01	9,25	0,52	1,162	62576,52	-1	-5,36	0,58
0,01	-0,08	-0,07	-0,01	0,00	1,439	314612,17	1	0,00	0,00
-0,01		-0,01	22,36	0,71	1,081	2991,86	1	1,50	0,07
								$\Delta h_{ring} =$	0,83
								$\Delta q_{ring} =$	0,00
-0,08	0,01	-0,07	0,23	0,03	1,439	254486,29	-1	-0,01	0,06
-0,08		-0,08	13,67	0,77	1,065	22589,10	-1	-4,22	0,31
0,08	-0,05	0,03	4,88	0,62	1,117	256513,58	1	6,10	1,25
-0,08	0,05	-0,03	3,07	0,39	1,236	219386,54	-1	-2,07	0,67
								$\Delta h_{ring} =$	2,29
								$\Delta q_{ring} =$	0,04
-0,05		-0,05	29,40	0,94	1,021	1889,04	-1	-1,63	0,06
0,05		0,05	5,39	0,69	1,093	310123,89	1	9,00	1,67
-0,05	0,04	-0,01	3,33	0,42	1,220	134353,72	-1	-1,49	0,45
-0,05	0,08	0,03	4,88	0,62	1,117	256513,58	-1	-6,10	1,25
								$\Delta h_{ring} =$	3,42
								$\Delta q_{ring} =$	0,03
-0,04	0,05	0,00	0,23	0,03	1,439	195758,68	-1	-0,01	0,04
-0,04		-0,04	4,83	0,62	1,120	94682,45	-1	-2,21	0,46
0,04	-0,01	0,03	2,52	0,32	1,297	105444,67	1	0,67	0,27
0,04	-0,05	-0,01	3,33	0,42	1,220	134353,72	1	1,49	0,45
								$\Delta h_{ring} =$	1,22
								$\Delta q_{ring} =$	0,03
0,01		0,01	2,64	0,34	1,289	202073,44	1	1,41	0,53
0,01		0,01	1,07	0,14	1,439	174784,54	1	0,20	0,19
-0,01	0,01	0,00	2,56	0,33	1,297	147874,60	-1	-0,97	0,38
-0,01	0,04	0,03	2,52	0,32	1,297	105444,67	-1	-0,67	0,27
								$\Delta h_{ring} =$	1,36
								$\Delta q_{ring} =$	0,01
-0,01		-0,01	2,20	0,28	1,338	240958,28	-1	-1,17	0,53
-0,01		-0,01	0,91	0,12	1,439	265206,40	-1	-0,22	0,24
0,01		0,01	1,22	0,16	1,439	277790,89	1	0,41	0,34
0,01	-0,01	0,00	2,56	0,33	1,297	147874,60	1	0,97	0,38
								$\Delta h_{ring} =$	1,49
								$\Delta q_{ring} =$	0,00
								$\Delta h_{outline} =$	0,00

Табл. 1.5 Гідравлічний розрахунок кілець 1-8

1.7 Надійність, резервування та переваги нової системи

Нова система водопостачання розроблена таким чином, щоб повністю забезпечувати потреби населеного пункту в обсязі 7500 м³ води на добу, що відповідає прогнозованим витратам та враховує перспективне зростання споживання. Для стабілізації режимів подачі води та компенсації нерівномірності водоспоживання система оснащена регулюючим об'ємом у 700 м³, який дозволяє забезпечити рівномірний розподіл навантаження протягом доби та підтримувати оптимальний рівень тиску під час пікових витрат.

У складі системи застосовано сучасні енергоощадні насосні агрегати, які працюють у високоефективному діапазоні та оснащені автоматизованими системами керування. Завдяки цьому вдалося суттєво зменшити енергоспоживання, підвищити надійність обладнання та забезпечити його адаптивну роботу відповідно до реальних потреб мережі.

Проектні рішення відповідають вимогам чинних нормативних документів, включаючи ДБН щодо проектування та експлуатації зовнішніх систем водопостачання, санітарні правила ДСанПіп, а також норми пожежної безпеки, що гарантує дотримання технічних, гігієнічних та протипожежних вимог. У результаті модернізації система стала більш надійною, гідравлічно стабільною та енергоефективною, забезпечуючи безперебійну роботу і високий рівень якості водопостачання для населення та підприємств.

РОЗДІЛ 2
ВИБІР ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ. ПРОЄКТУВАННЯ
ВОДОЗАБІРНИХ СПОРУД

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
							27
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

2.1 Визначення потужності водозабору

Так як населення менше 50 тис., то категорія надійності – II.

Визначення розрахункової витрати (продуктивності) водозабору проводиться на підставі даних про сумарне водоспоживання об'єкта Q:

- розрахункова продуктивність водозабору з урахуванням збільшення водоспоживання за рахунок інших споживачів, що враховуються коефіцієнтами, $k_1 = 1,1-1,2$;
- витрати на власні потреби станції, $k_2 = 1,05-1,0$, що враховують промивку водоводів (мережі), решіток, сіток, фільтрів і ін. та добову нерівномірність водоспоживання $k_3 = 1,1-1,3$.

Таким чином необхідна продуктивність водозабору на розрахунковий період визначається за залежністю:

$$Q_{\text{роз}} = Q \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 11184 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 12302,4 \text{ м}^3/\text{добу}$$

2.2 Гідрологічні розрахунки по водотоку

Середньобагаторічна витрата визначається за формулою, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$\bar{Q} = 0,001\bar{q}A$$

$$\bar{Q} = 0,001 \times 1,3 \times 240 = 0,312$$

Забезпеченість витрати води маловодного року, $p\%=90\%$

Середньорічна витрата маловодного року необхідної забезпеченості $Q_{p\%}$, $\text{м}^3/\text{с}$ для трипараметричного гама-розподілу визначається за допомогою таблиць ординат $K_{p\%}$ кривої гама-розподілу за формулою:

$$Q_{p\%} = K_{p\%} \cdot \bar{Q}$$

де $K_{p\%}$ - ордината кривої гама-розподілу, приймається залежно від забезпеченості $p\%$ та коефіцієнта варіації C_v .

Коефіцієнт варіації:

$$C_v = \frac{\alpha}{(\bar{q})^{0.4}(A + 1000)^{0.1}} = \frac{1.51}{(1,3)^{0.4}(240 + 1000)^{0.1}} = \frac{1.51}{1.39 \times 2.13} = 0,66$$

Беремо з таблиці $K_{p\%} = 0,31$

Тоді $Q_{p\%} = 0,31 \times 0,312 = 0,096$

Враховуючи, що протягом року стік розподіляється нерівномірно, необхідно визначити мінімальні літні $Q_{s,p\%}$ та зимові $Q_{w,p\%}$ середньомісячні витрати року розрахункової забезпеченості:

$$Q_{s,p\%} = K_{s,p\%} \times Q_{p\%} = 0.6 \times 0.096 = 0.057$$

$$Q_{w,p\%} = K_{w,p\%} \times Q_{p\%} = 0.1 \times 0.096 = 0.0097$$

Річку можна використовувати в якості джерела водопостачання без регулювання стоку в тому випадку, якщо в найбільш маловодний сезон маловодного року розрахункової забезпеченості витрати води в річці значно перевищують величину водовідбору ($Q_u < Q_{s,p\%}$ та $Q_u < Q_{w,p\%}$).

В моєму випадку ($Q_u > Q_{s,p\%}$ та $Q_u > Q_{w,p\%}$), це значить що води в річці не достатньо для повноцінного відбору води з неї. В такому випадку використовують регулювання стоку побудовою плотин, водосховищ та накопичують воду для повного забезпечення водозабору.

Вибір типу регулювання стоку

$$Q_{br} = (1.1 - 1.2)Q_u$$

$$Q_{br} = 1.15 \times 0.142 = 0.163$$

Для визначення типу регулювання стоку порівнюють Q_{br} з $Q_{p\%}$ та \bar{Q} , після чого з'ясовується достатність водотоку для забезпечення водопостачання.

$$Q_{br} \leq 0.8Q_{p\%}$$

$$0.8Q_{p\%} = 0.8 \times 0.096 = 0.076$$

$$0.8\bar{Q} = 0.249$$

$$0.8Q_{p\%} < Q_{br} < 0.8\bar{Q}$$

$$0.076 < 0.163 < 0.249$$

В нашому випадку, кількість води з поверхневих джерел є недостатньою та потребує багаторічного регулювання стоку, тому ми обираємо способом водопостачання свердловини.

Водозабір працює рівномірно і подає воду в РЧВ.

Витрата водозабору розраховується з врахуванням витрат на власні потреби водозабору за формулою:

$$Q_{\text{вод}} = Q_{\text{доб макс}} \cdot K_1$$

$$Q_{\text{вод}} = 11\,184 \cdot 1,1 = 12\,302,4$$

де $Q_{\text{вод}}$ – витрата водозабору, м³/доб; $Q_{\text{доб макс}}$ – витрата в добу максимального споживання, м³/доб; K_1 – коефіцієнт, що враховує витрати води на особисті потреби водозабору (промивка, хімічна обробка фільтру, відкачка), приймається 1,05-1,1. K_1 приймаємо 1,1.

2.3 Вибір водоносного пласта та місце розташування водозабору

Допустиме пониження рівня води в свердловині визначаємо за формулою:

- для напірного пласта

$$S_{\text{доп}} = H - [(0,3 \dots 0,5)t + \Delta h_{\text{н}} + \Delta h_{\text{ф}}]$$

$$S_{\text{доп}} = 45 - [(0,4) \cdot 30 + 1 + 4] = 17$$

де $\Delta h_{\text{н}}$ – максимальна глибина занурення нижньої кромки насоса під динамічний рівень води в свердловині, 5м, м; $\Delta h_{\text{ф}}$ – втрати напору в фільтрі, приймаємо 3-5м; H – статичний рівень води від підосви водоносного пласта, м; t – потужність водоносного пласта, м.

Радіус впливу свердловини визначається за формулою:

$$R = 10S\sqrt{k_{\text{ф}}} = 850 \text{ м.}$$

де $k_{\text{ф}}$ – коефіцієнт фільтрації, м/доб.,

Продуктивність одиночного колодязя при максимальному пониженні рівня води визначається за формулою:

- для напірного досконалого колодязя

$$Q_1 = \frac{2,73k_{\text{ф}}mS_{\text{доп}}}{\lg(R/r)} = \frac{2,73 \cdot 11 \cdot 30 \cdot 17}{\lg(850/0,2)} = 4220,96 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Кількість робочих свердловин:

$$n = \frac{Q_{\text{вод}}}{Q_1}$$

$$n = \frac{Q_{\text{вод}}}{Q_1} = \frac{12\,302,4}{4220,96} = 2,91, \text{ отже приймаємо 3 свердловини.}$$

2.4 Геологічний розріз та конструкція свердловини

Відмітка м	№ п/п	Найменування порід.	Геологічний розріз та конструкція свердловини.	Потужність шару, м	Глибина підшви шару, м	Категорія породи.
1	2	3	4	5	6	7
287,00	1	Рослинний шар	30м	0,4	0,4	
286,60	2	Пісок середньозернистий		21	21,4	
265,60	3	Суглинок жовтий		5	26,4	
260,60	4	Пісок р/з водоносний		10,6	37,0	
250,00	5	Крейда біла, щільна		3	50	
237,00	6	Піщаник сірий, водоносний		30	70	
217,00	7	Глина сіра щільна		20	90	

Табл. 2.1 Геологічний розріз

Кількість робочих свердловин	Категорія та кількість резервних свердловин		
	I	II	III
1-4	1	1	1
5-12	2	2	-
>13	20%	10%	-

Табл. 2.2 Необхідна кількість резервних свердловин

Враховуючи кількість свердловин та категорію потрібна 1 резервна свердловина.

Підбір насоса здійснюється за розрахунковою годинною витратою та необхідним напором. Розрахункова витрата свердловини визначається:

$$Q_c = \frac{Q_{\text{вод}}}{n \cdot 24}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

$$Q_c = \frac{12 \cdot 302,4}{3 \cdot 24} = 170,86 \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

де n – прийнята кількість робочих свердловин, шт; $Q_{\text{вод}}$ – витрата водозабору, $\text{м}^3/\text{доб}$.

Необхідний напір насосу H_p , м, визначається за формулою:

$$H_p = H_{\text{geo}} + H_{\text{тр}} + H_f,$$

$$H_p = 45,5 + 10 + 1 = 56,5 \text{ м}$$

де H_{geo} – геодезична висота подачі води, від динамічного рівня підземних вод, м; H_f – напір на вільний вилив, приймається 1,0 м; $H_{\text{тр}}$ – втрати напору в трубопроводі від насоса до точки подачі, м.

Геодезична висота подачі води визначається від динамічного рівня підземних вод до відмітки точки подачі (башта або резервуар чистої води):

$$H_{\text{geo}} = \sum m_i - H_{\text{ст}} + S_{\text{сум}} + h_{\text{п}} = 70 - 45 + 24,5 - 4 = 45,5 \text{ м}$$

де $\sum m_i$ – сума шарів ґрунту від поверхні землі до підшови водоносного шару, м; $H_{\text{ст}}$ – висота статичного рівня води від підшови водоносного шару, м; $S_{\text{сум}}$ – максимальне пониження рівня води в свердловинах, м; $h_{\text{п}}$ – висота подачі води від поверхні землі, м.

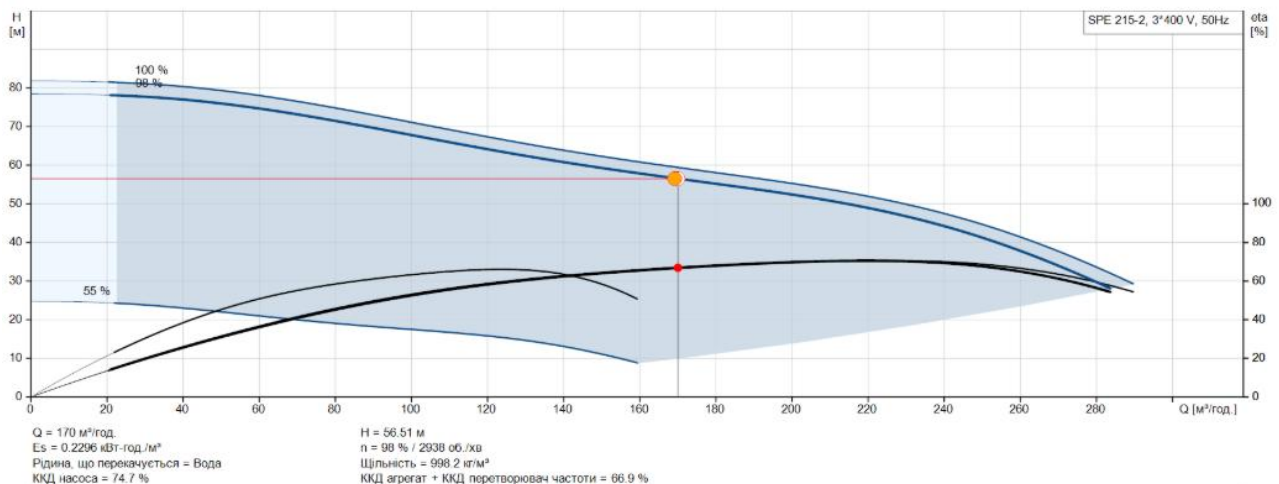
Розрахункове пониження статичного рівня води групи свердловин, які розташовані в лінію чи по колу визначається за формулою:

$$S_{\text{сум}} = \frac{12\,302,4}{2,73 \cdot 11 \cdot 30} \left(\lg \left(\frac{850}{74} \right) + \frac{1}{3} \lg \left(\frac{100}{\pi \cdot 0,2} \right) \right) = 24,5 \text{ м}$$

де $S_{\text{сум}}$ – сумарне пониження рівня води групи свердловин при відкачуванні розрахункової витрати води, м; $r_{\text{пр}}$ – приведений радіус системи водозабору, для лінійної системи $r_{\text{пр}} = 0,37 \cdot 0,5(n - 1) \cdot 2\sigma$, для кільцевої - $r_{\text{пр}} = R$, м; n - кількість робочих свердловин; σ – половина відстані між свердловинами, м; r – радіус фільтра свердловини, м. $\sigma = \frac{200}{2} = 100\text{м}$

$$r_{\text{пр}} = 0,37 \cdot 0,5(3 - 1) \cdot 2 \cdot 100 = 74\text{м}$$

Враховуючи показники потужності 170,86 м³/год, та напору 56,5 м встановлюємо насоси SPE 215-2, в три свердловини



Розрахунок фільтра полягає у визначенні довжини фільтра, діаметра та розмірів отворів фільтра. Приймаємо сітчастий фільтр

Для потужності більше 10м довжина фільтру дорівнює:

$$L_{\text{ф}} = (0,5 \dots 0,8)\text{м.}$$

Діаметр обсадної труби 406 мм. Зовнішній діаметр фільтру 350 мм. для дірчастих, щільних, дрових та сітчастих фільтрів:

$$v_{\text{доп}} = 65 \sqrt[3]{k_{\text{ф}}} = 65 \cdot \sqrt[3]{11} = 215,6 \text{ м/доб}$$

Зовнішній діаметр фільтру, визначається за формулою:

$$d_{\text{ф}} = \frac{Q_{\text{с}}}{\pi \cdot L_{\text{ф}} \cdot v_{\text{доп}}}$$

де $Q_{\text{с}} = 170,86 \cdot 24 = 4100,6$ – продуктивність однієї свердловини, м³/доб

Звідки розраховуємо довжину: $L_{\text{ф}} = 4100 / 3,14 \cdot 215,6 \cdot 0,35 = 17,3 \text{ м.}$

РОЗДІЛ 3
НАСОСНА СТАНЦІЯ II-ГО ПІДЙОМУ

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
							34
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.1 Підбір насосного агрегату

У цьому розділі розглядаються технічні рішення для забезпечення надійного водопостачання населених пунктів номер 1 та номер 2, які підключені до системи через водонапірні башти. Проектні рішення базуються на гідравлічному аналізі з урахуванням рельєфу місцевості, існуючих будівель та прогнозованого споживання води. Основна мета полягає у створенні ефективної, енергозберігаючої та стабільної системи водопостачання з урахуванням майбутнього розвитку територій.



Рис. 3.1 Насосна станція **Hydro MPC-E 3 CR 155-2-1**

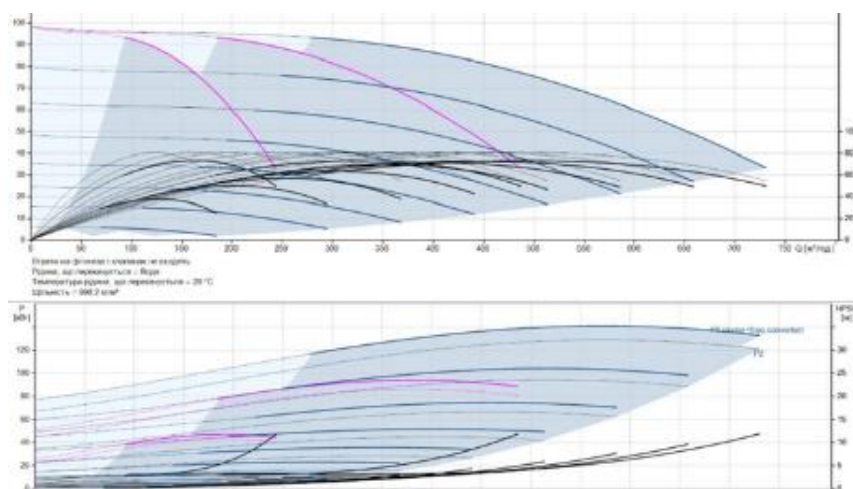


Рис.3.2 Графік насосної станції **Hydro MPC-E 3 CR 155-2-1**

Технічні дані насосної станції	
Номінальний витрата	558 м ³ /год
Максимальний витрата	726.3 м ³ /год
Номінальний напір	66.9 м
Максимальний гідростатичний напір	98.2 м
Кількість насосів	3
Потужність (P2) головного насоса	45 кВт

Табл. 3.1 Технічні характеристики

Система підвищення тиску поставляється у вигляді компактного блоку відповідно до стандарту DIN 1988/T5. Всі насоси мають змінну швидкість.

Система підвищення тиску оснащена насосами CR, підключеними до зовнішніх перетворювачів частоти Grundfos CUE (по одному на кожен насос). Hydro MPC-E підтримує постійний тиск, безперервно регулюючи швидкість насоса.

Продуктивність системи адаптується до потреб шляхом вмикання/вимикання необхідної кількості насосів і паралельного керування насосами, що працюють.

Перемикання насосів відбувається автоматично і залежить від навантаження, часу та несправностей.

Всі насоси, що працюють, будуть працювати з індивідуальною швидкістю.

Система складається з наступних компонентів:

Вертикальні багатоступеневі відцентрові насоси типу CR 155-2-1.

Частини насоса, що контактують з перекачуваною рідиною, виготовлені з нержавіючої сталі EN DIN 1.4301. Основи та головки насосів виготовлені з чавуну EN-GJS-500-7 (CR), інші важливі деталі виготовлені з нержавіючої сталі EN DIN 1.4301. Насоси оснащені зручним у обслуговуванні картриджним ущільненням валу HQQE (SiC/SiC/EPDM). Два колектори з нержавіючої сталі EN DIN 1.4571

- Основа з нержавіючої сталі EN DIN 1.4301 до CR 64, вище CR 64 насоси встановлюються на оцинкованій рамі з двотаврового профілю.
- Один зворотний клапан (POM) і два запірні клапани для кожного насоса.
- Зворотні клапани сертифіковані відповідно до DVGW, запірні клапани – відповідно до DIN і DVGW.
- Адаптер із запірним клапаном для підключення мембранного бака.
- Манометр і датчик тиску (аналоговий вихід 4-20 мА).
- Система управління MPC у сталевій шафі, IP 54, включає головний вимикач, усі необхідні запобіжники, захист двигуна, розподільний прилад і CU 352 з мікропроцесорним управлінням.

- Захист від сухого ходу та мембранний бак доступні як додаткове обладнання. Робота насоса контролюється системою управління МРС з наступними функціями:
- Інтелектуальний контролер для декількох насосів, CU 352.
- Контроль постійного тиску шляхом безперервного регулювання швидкості кожного окремого насоса.
- ПІД-регулятор з регульованими параметрами PI (Kp+ Ti).
- Постійний тиск на заданому рівні, незалежно від тиску на вході.

Покрокова робота насосів												
Години	% Сложиванн	Подача в мережу %.	Подача в мережу м3	Подача до резервуару, м3	Забір води з резервуару м3	Залишок у резервуарі	Залишок у резервуарі	Сложиванн я підприємст	Сложиванн я в пункті 1 м3	Сложиванн я в пункті 2 м3	Загальне споживання , м3	
1	1.5	2	129.74	51.785	0	0.5	51.8	0.0	13.2	64.7	78.0	
2	1.5	2	129.74	51.785	0	1	103.6	0.0	13.2	64.7	78.0	
3	1.5	2	129.74	51.785	0	1.5	155.4	0.0	13.2	64.7	78.0	
4	1.5	2	129.74	51.785	0	2	207.1	0.0	13.2	64.7	78.0	
5	2.5	2	129.74	-0.185	0	1.5	207.0	0.0	22.0	107.9	129.9	
6	3.5	6	389.22	207.325	0	4	414.3	0.0	30.8	151.1	181.9	
7	4.5	7	454.09	0	-220.225	6.5	634.5	0.0	39.6	194.2	233.9	
8	5.5	7	454.09	0	-168.255	8	802.8	0.0	48.5	237.4	285.8	
9	6.25	7	454.09	0	-0.2775	8.75	803.0	129.0	55.1	269.8	453.8	
10	6.25	6	389.22	0	64.5925	8.5	738.4	129.0	55.1	269.8	453.8	
11	6.25	5	324.35	0	129.4625	7.25	609.0	129.0	55.1	269.8	453.8	
12	6.25	4	259.48	0	194.3325	5	414.7	129.0	55.1	269.8	453.8	
13	5	4	259.48	0	129.37	4	285.3	129.0	44.1	215.8	388.9	
14	5	4	259.48	0	129.37	3	155.9	129.0	44.1	215.8	388.9	
15	5.5	4	259.48	0	155.355	1.5	0.6	129.0	48.5	237.4	414.8	
16	6	4	259.48	0	181.34	-0.5	-180.8	129.0	52.9	259.0	440.8	
17	6	5	324.35	0	116.47	-1.5	-297.3	129.0	52.9	259.0	440.8	
18	5.5	5	324.35	0	90.485	-2	-387.7	129.0	48.5	237.4	414.8	
19	5	6	389.22	0	-129.37	-1	-258.4	0.0	44.1	215.8	259.9	
20	4.5	5	324.35	0	-90.485	-0.5	-167.9	0.0	39.6	194.2	233.9	
21	4	5	324.35	116.47		0.5	-51.4	0.0	35.2	172.6	207.9	
22	3	2	129.74	-26.17		-0.5	-77.6	0.0	26.4	129.5	155.9	
23	2	2	129.74	25.8		-0.5	-51.8	0.0	17.6	86.3	103.9	
24	1.5	2	129.74	51.785		0.00	0	0	13.2	64.7	78.0	
Загальне	100	100	6487.76	582.165	582.165			1290	881.76	4316.0	6487.00	

Табл. 3.2 Режим роботи насосів паралельно з водонапірними баштами

Знаючи максимальний відсоток заповнення башти, ми обчислюємо загальний об'єм.

$$\text{Ємність регулювального бака} = 8,75 + 2 = 10,75\%$$

При рівномірній роботі насоса регулювальний об'єм башти складе

$$W = 10,75 * 6487/100 = 697,43 \text{ м}^3$$

З урахуванням загального об'єму, перша основна башта матиме об'єм 400 м(3), друга башта 300 м3 Для невеликого населеного пункту, з урахуванням коефіцієнта максимальної погодинної нерівномірності, приймаємо відповідний графік водоспоживання в населеному пункті, включаючи добове споживання 6487 м³/добу, призначаємо погодинний графік роботи насоса.

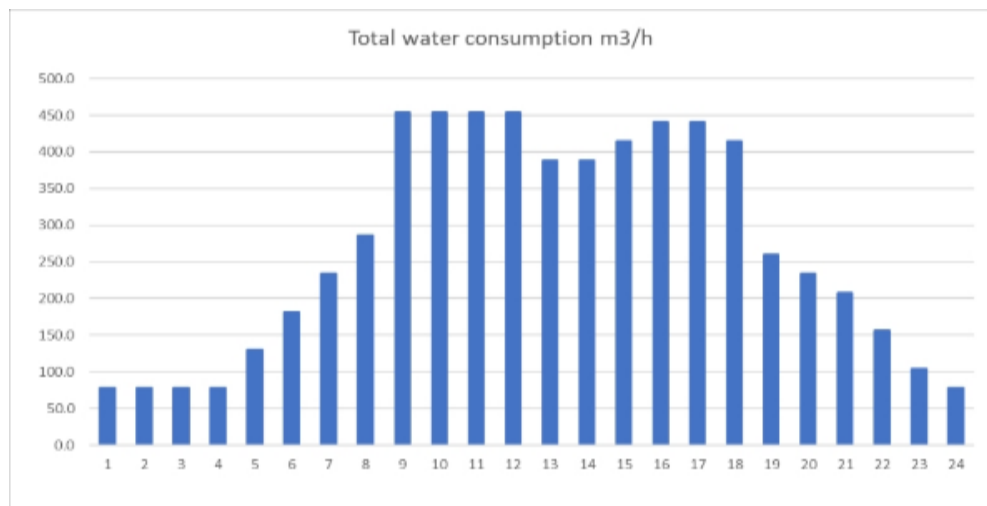


Рис. 3.3 Графік водоспоживання

На графіку ми спостерігаємо пікове споживання (9:00-12:00) і (15:00-18:00), мінімальне споживання в період (23:00-5:00), протягом якого промислові підприємства та індустріальний парк не працюють, а населення майже не споживає електроенергію. Режим роботи насосів повністю адаптований до цього графіка споживання. У періоди пікового споживання насоси працюватимуть на максимальній потужності (забезпечуючи подачу води до водонапірних башт для їх наповнення та безпосереднього споживання). У години мінімального споживання насоси будуть зменшувати потужність за допомогою перетворювачів частоти (серія CRE) або їх можна тимчасово вимкнути, використовуючи запаси води з водонапірних башт, що дозволить заощадити енергію та згладити коливання тиску в мережі.

РОЗДІЛ 4
ОЧИСНІ СПОРУДИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
							39
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4.1 Потужність очисних споруд водопостачання

Очисні споруди водопостачання спроектовані з розрахунковою пропускнуою здатністю 10 000 м³/добу з урахуванням можливого приєднання двох суміжних населених пунктів у перспективі. Такий підхід забезпечує не лише покриття поточних потреб, а й дає резерв продуктивності для майбутнього зростання навантаження без необхідності повної реконструкції головних технологічних ланок. У проєкті передбачено поетапну організацію очисних процесів, резервні контури та простір для розширення, що гарантує гнучкість експлуатації та мінімізацію ризиків при зростанні витрат.

Водоочисні станції з витратою більше 5000 м³/доб розраховуються на рівномірну роботу на протязі доби.

Повна витрата очисної станції ($Q_{ос}$) - це сума корисної витрати води, що подається споживачу у добу максимального водоспоживання ($Q_{тах.доб.}$). Витрати води на власні потреби станції ($Q_{вл.п.}$) і додаткової витрати на поповнення протипожежного запасу ($Q_{доп.}$):

$$Q_{ос\ повн} = Q_{ос} + \alpha Q_{тах.доб} + Q_{доп}, \text{ м}^3/\text{доб}$$

$$Q_{ос\ повн} = 10000 + 104 + 1080 = 11184 \text{ м}^3/\text{доб} = 466 \text{ м}^3/\text{Год} = 129,44 \text{ л/с}$$

α – коефіцієнт для врахування витрати води на власні потреби, рівний $\alpha = 1,02-1,04$;

$Q_{тах.доб}$ - витрата води в добу максимального водоспоживання

$$Q_{тах.доб} = 1,04 \cdot 10000/100 = 104 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Витрати води на пожежогасіння складають:

$$Q_{доп} = 3,6 \cdot t_{пож} \cdot (m \cdot q_{пож} + m' \cdot q_{пож}'), \text{ м}^3/\text{доб}$$

$$Q_{доп} = 3,6 \cdot t_{пож} \cdot (m \cdot q_{пож} + m' \cdot q_{пож}'), \text{ м}^3 = 3,6 \cdot 3 \cdot (2 \cdot 35 + 1 \cdot 30) = 1080 \text{ м}^3/\text{доб}$$

m, m' - кількість одночасних пожеж у місті і на промисловому підприємстві

$q_{пож}, q_{пож}'$ - витрата води на 1 пожежу, л/сек.

$t_{пож}$ - розрахункова тривалість пожежі, годин (приймається 3 години)

4.2. Вибір технологічної схеми очистки води і складу споруд

Порівнюючи величини показників якості води джерела водопостачання з нормативними, встановленими ДСанПіН України, з'ясовуємо необхідність корегування і визначаємо відповідний технологічний процес: пом'якшення, знезалізнення, знезараження.

За сумою цих процесів обираємо технологічну схему очистки води. Основні споруди для освітлення і знебарвлення води приймаємо технологічну схему в якій використовуються відкриті швидкі фільтри .

4.3 Розробка висотної схеми водоочисної станції

Розташування споруд слід планувати з урахуванням природного ухилу місцевості, а також втрат напору у самих спорудах, з'єднувальних трубопроводах та вимірювальних приладах. Такий підхід дозволяє зменшити необхідну глибину закладання споруд, скоротити обсяг земляних робіт і, відповідно, знизити витрати на будівництво.

4.4 Розрахунок споруд і обладнання реагентного господарства

Хлорування води зазвичай здійснюється у два етапи. На першому етапі проводиться попереднє хлорування, яке призначене для підтримки належного санітарного стану споруд. Дози хлору при цьому складають 3–10 мг/дм. Другий етап передбачає остаточне хлорування, спрямоване на знезараження води, при цьому доза хлору для підземної води становить 0,7–1 мг/дм³.

Приготування та дозування реагентів передбачаються у вигляді розчинів або суспензій. На відміну від хлору, гіпохлорит натрію не горючий, не вибухонебезпечний та має низьку токсичність. Він є більш активним, безпечним у експлуатації та зручнішим у використанні.

Розчин гіпохлориту натрію низької концентрації отримують електролізом розчину хлориду натрію у спеціальних електролізерах з анодами ОРТА або ОІРТА. У процесі електрохімічної реакції утворюється гіпохлорит натрію та побічні продукти — електролізні гази. Вихідна сировина — це кухонна сіль, вода та електроенергія, які доступні у будь-якому регіоні. Експериментально доведено, що знезараження води гіпохлоритом натрію, отриманим таким способом, є більш ефективним порівняно з традиційним хлоруванням або застосуванням товарного гіпохлориту.

Розчин гіпохлориту натрію володіє властивостями, подібними до хлору, проте має низьку переваг. Він є низько концентрованим і навіть у разі аварійного розливу не становить небезпеки. Використання електрохімічного гіпохлориту

натрію виключає необхідність зберігання значних запасів сильнодіючої токсичної речовини, як у випадку з хлором; для роботи достатньо мати лише харчову сіль, виробляючи реагент безпосередньо на місці споживання у необхідній кількості. Основна перевага застосування гіпохлориту натрію полягає в екологічній безпеці як для населення, так і для персоналу водоочисних станцій. Використання цього реагенту дозволяє підтримувати високі показники якості води та знижує рівень потенційної небезпеки об'єкта, виводячи підприємства водопідготовки з категорії «особливо небезпечних».

Принцип роботи електролізних установок ґрунтується на процесі електролізу розчину кухонної солі (NaCl), у результаті якого утворюється рідкий хлорреагент — гіпохлорит натрію низької концентрації (близько 0,4%), готовий до використання для знезараження води.

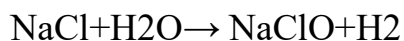
4.5 Розрахунок електролізера

Гіпохлорит натрію NaClO - сіль гіпохлоритної кислоти утворить зеленувато- жовті кристали, що при нагріванні вище 40 °С розкладаються з утворенням хлориду натрію і кисню. При охолодженні концентрованих розчинів гіпохлоритстворює пентагідрат NaCl+5H₂O. Водяні розчини гіпохлориту натрію одержують хімічним й електрохімічним методами.

Хімічний метод заснований на хлоруванні 20%-вих розчинів NaOH:



Електрохімічний метод заснований на електролізі розчинів хлориду натрію, здійснюваним у електролізерах із графітовими, оксидно-рутенієвими або платинованими анодами без діафрагми. У процесі електролізу



Перевагою електрохімічного методу є його простота, доступність сировини, можливість створення пересувних установок, можливість переробки морської води і розсолів з концентрацією 200-250 кг/м³. Водяні розчини гіпохлориту натрію знаходять застосування в якості дезинфікуючих і відбілюючих засобів. При продуктивності очисної станції Q_{о.с} = 11184 м³/добу, обираємо електролізну установку "ClorTec 25–100 SC кг".

Електролізна установка ClorTec 25–100 SC

➤ Загальна характеристика

Електролізна установка ClorTec 25–100 SC призначена для отримання гіпохлориту натрію методом електролізу слабкого розчину хлориду натрію. Модель належить до лінійки самоочищувальних систем (SC — Self-Cleaning), що забезпечує мінімальне технічне обслуговування та підвищену надійність.

Отриманий хімічний реагент — гіпохлорит натрію низької концентрації (0,6–0,8% активного хлору) — використовується для знезараження питної води, басейнів, промислових та технологічних вод, а також для дезінфекції мереж.

➤ Продуктивність

Діапазон продуктивності активного хлору:

25–100 lb/day FAC (в перерахунку: 11,3–45,4 кг/добу).

Продуктивність регулюється за рахунок кількості електролітичних осередків та режиму роботи.

Продуктивність встановлюється автоматично в залежності від рівня у резервуарі гіпохлориту.

➤ Основні параметри

Концентрація готового гіпохлориту

0,6–0,8% активного хлору (FAC)

Стабільність розчину — 30–60 діб при правильних умовах зберігання.

➤ Споживання ресурсів

Сіль (NaCl): 3,0–4,0 кг солі на 1 кг отриманого активного хлору.

Електроенергія: 4,0–4,5 кВт·год на 1 кг активного хлору.

Вода: питна вода, витрата залежить від продуктивності комірок (орієнтовно 250–350 л/год для повної потужності).

➤ Електроживлення

Однофазне або трифазне живлення:

230 В АС, 50/60 Гц (1-фаза) — для базових конфігурацій.

➤ Конструкція та матеріали

Корпус — корозійностійкий композитний матеріал або полімер високої міцності.

Електролітична комірка — з титановими анодами, покритими каталізатором DSA (Dimensionally Stable Anode).

Внутрішні трубопроводи — ПВХ або поліпропілен, стійкий до гіпохлориту.

➤ Система самоочищення

Реалізована автоматична процедура усунення відкладень кальцію та магнію на електродах.

Виключає необхідність регулярного кислотного промивання вручну.

Автоматичні цикли очищення запускаються за часом або за сигналом контролера.

➤ Принцип роботи

Етап 1 — Приготування розсолу

У бак розчинення додається сіль, подається вода.

Отримується насичений розчин NaCl.

Етап 2 — Розбавлення до робочої концентрації

Розсіл змішується з водою до 25–30 г/л NaCl.

Етап 3 — Електроліз

Розбавлений розсіл подається в електролізну комірку.

Під дією струму утворюється розчин гіпохлориту натрію низької концентрації.

Одночасно виділяється водень.

Етап 4 — Видалення водню

Через дроселювання та вентиляційний канал газ H_2 виводиться за межі приміщення.

Конструкція комірки забезпечує негайне розведення водню нижче вибухонебезпечних концентрацій.

Етап 5 — Зберігання

Готовий NaOCl подається в ємність готового продукту.

PLC контролює рівень, запускає та зупиняє цикли

➤ Управління та автоматизація

Система керування на базі PLC.

Сенсорний НМІ-екран для налаштувань та індикації.

Автоматичний контроль:

- рівня в резервуарах,
- температури,
- витрати води та розсолу,
- навантаження на електроди.

Журнал подій та аварій.

Можливість підключення до SCADA.

➤ Вимоги до умов експлуатації

Температура води: 12–27 °С (допустимо 5–35 °С).

Тиск подачі води: 1,5–7 бар.

Сіль: чистота не менше 99,7% NaCl.

Заборонене встановлення у приміщеннях без вентиляції (через H₂).

Габарити та монтаж (типові параметри для комплексу 25–100)

- Висота: 160–170 см
- Ширина: 85–95 см
- Глибина: 40–45 см
- Маса: 80–120 кг (залежно від кількості комірок)

Підключення:

вхід води, вихід гіпохлориту, вентиляційний патрубок для водню, електроживлення.

➤ Переваги установки

Самоочищення електродів — мінімальне обслуговування.

Безпека — відсутність роботи з газоподібним хлором.

Автоматичний контроль процесу.

Низька собівартість продукції (вода + сіль + електроенергія).

Стабільна концентрація гіпохлориту.

Можливість масштабування (паралельна робота кількох модулів).

Тривалий ресурс анодів DSA

Витрати кухонної солі харчової якості на 1 кг активного хлору на годину становить 4 кг відповідно паспорту на установку

Доза активного хлору для знезалізнення води :

$$D_x = 0,7 \cdot [\text{Fe}^{2+}]$$

$$D_x = 0,7 \cdot 2,8 = 1,96 \text{ мг/л}$$

Добова витрата активного хлору:

$$Q_{\text{ХЛ}} = Q_B \cdot D_{\text{ХЛ}} = 11184 \cdot 1,96 = 21920 \frac{\text{г}}{\text{доб}} = 913,3 \frac{\text{г}}{\text{год}} = 0,913 \text{ кг/год}$$

де Q_B ($\text{м}^3/\text{доб}$) – максимальні добові витрати;

При промиванні та ремонті одного з резервуарів:

$$Q_{\text{ХЛ}} = Q_{\text{ХЛ}} \cdot 2 = 21920 \cdot 2 = 43840 \text{ г/доб} = 1826,66 \text{ г/год} = 1,826 \text{ кг/год}$$

Приймаємо електролітичне приготування гіпохлориту натрію з розчину кухонної солі на установці знезаражування «Полум'я-2 25кг» номінальною продуктивністю по активному хлору 25 кг/доб. Приймаємо 3 установки знезаражування ЕП-10-26 – 2 робочі, 1 резервна (в тому числі на першу чергу – 1 робоча, 1 резервна).

Витрати кухонної солі харчової якості на 1 кг активного хлору на годину становить 4,2 кг відповідно паспорту на установку «Полум'я-2 25кг».

Добові витрати кухонної солі харчової якості складуть:

$$0,913 \text{ кг} \cdot 4,2 \text{ кг/год} \cdot 24 \text{ год} = 92,03 \text{ кг/доб.}$$

- при промиванні та ремонті одного з резервуарів:

$$1,826 \text{ кг} \cdot 4,2 \text{ кг/год} \cdot 24 \text{ год} = 184,06 \text{ кг/доб.}$$

Місячна потреба у кухонній солі харчової якості складе:

$$184,06 \text{ кг/доб} \cdot 30 \text{ діб} = 5521,82 \text{ кг}$$

Кількість мішків місячної потреби складе:

$$5522 : 50 = 111 \text{ шт.}$$

У відповідності з ДБН В.2.5:2013 п.10.27.13 приймаємо склад технічної солі сухого зберігання у мішках на 8 піддонах по 15 мішків. Розмір піддона приймаємо 1200x800мм.

Мішки розміром 400x700x200(h) мм та вагою 50 кг викладаються на піддони у 5 рядів.

Потреба у кухонній солі харчової якості на 15 діб:

$$184,06 \text{ кг/доб} \cdot 15 \text{ діб} = 2760,9 \text{ кг.}$$

Кількість мішків на 15 діб складе:

$$2631 : 50 = 56 \text{ шт.}$$

4.6 Зберігання і приготування фторовмісних реагентів

При вмісті у воді фтору менш 0,7 мг/дм³ здійснюють фторування води. Так, як 0,2 < 0,7, приймаємо фторування фторним натрієм NaF. Дозу фторовмісного реагенту (товарного) визначають за формулою:

$$D_{\text{ф}} = [m_{\text{ф}} a_{\text{ф}} - (\Phi^{-})] \frac{100}{K_{\text{ф}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ф}}}$$

де $m_{\text{ф}}$ - коефіцієнт, який враховує витрати фтору в залежності від місця вводу реагента (при введенні у чисту воду перед РЧВ $m=1$, при введенні перед швидкими фільтрами $m=1,1$);

$a_{\text{ф}}$ – необхідна концентрація фтору в питній воді (приймається 0,7...1,5 мг/дм³);

(Φ^{-}) – вміст фтору у вихідній воді, мг/дм³;

$K_{\text{ф}}$ – вміст фтору в чистому реагенті, %;

$C_{\text{ф}}$ – вміст чистого реагенту в товарному продукті, %

$$D_{\text{ф}} = [1,1 \cdot 0,8 - 0,5] \cdot 100/45 \cdot 100/94 = 0,8983 \text{ мг/л}$$

Об'єм баків:

$$W_{\text{ф}} = \frac{Q_{\text{ос}} D_{\text{ф}}^{\text{ч}}}{n \cdot 10^4 \cdot b_{\text{ф}} \cdot \rho_{\text{ф}}} = \frac{11184 \cdot 0,8983}{2 \cdot 10^4 \cdot 2,5 \cdot 1} = 0,188 \text{ м}^3;$$

$$D_{\text{ф}}^{\text{ч}} = D_{\text{ф}} \cdot \frac{C_{\text{ф}}}{100} = 0,8983 \cdot \frac{94}{100} = 0,844$$

Витрата фторовмісного реагента за добу :

$$Q_{\text{ф}}^{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{ос}} \cdot D_{\text{ф}}}{10^6} = \frac{11184 \cdot 0,8983}{10^6} = 0,01 \frac{\text{т}}{\text{доб}};$$

30-ти добовий запас $Q_{\text{ф}}^1$ буде складати: $Q_{\text{ф}}^1 = Q_{\text{ф}}^{\text{доб}} \cdot 30 = 0,01 \cdot 30 = 0,3 \text{ т};$

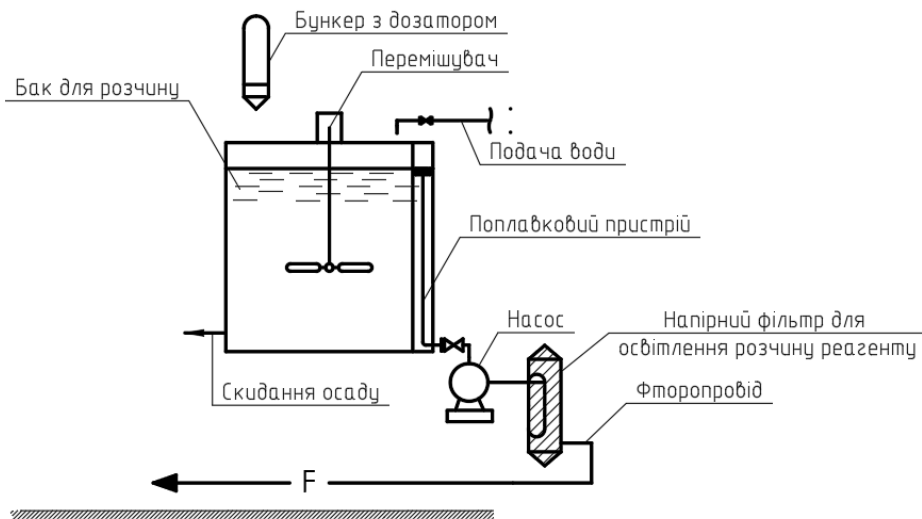


Рис. 4.1 Схема установки для приготування та подачі розчину

4.7 Розрахунок швидких фільтрів

Використання води для господарського-питних потреб можливі тоді, коли її каламутність не перевищує 1,5 мг/л. Це досягається очисткою води на фільтрах. При обробці води коагулянт застосовуються швидкі фільтри (відкриті фільтри).

Фільтри повинні бути розраховані на роботу при нормальному і форсованого му (частина фільтрів ремонтується) режимах. На станціях з кількістю фільтрів до 20 необхідно передбачати можливість виключення на ремонт одного фільтра, при збільшенні кількості-двох фільтрів.

Попередньо приймаємо двошарові фільтри, матеріал завантаження – подрібнений керамзит або антрацит.

Фільтри	Характеристика фільтруючого шару					Швидкість фільтрування, м/год	
	Матеріал завантаження	Діаметр зерен, мм		Коефіцієнт неоднорідності завантаження	Висота шару, м	при нормальному режимі, V_n	при форсованому режимі, V_f
		найменших	найбільших				
Одношарові	Кварцовий пісок	0,5	1,2	1,8-2,0	0,7-0,8	5-6	6-7,5
		0,7	1,6	1,6-1,8	1,3-1,5	6-8	7-9,5
		0,8	2	1,5-1,7	1,8-2,0	8-10	10-12
	Подрібнений керамзит	0,5	1,2	1,8-2,0	0,7-0,8	6-7	7-9
		0,7	1,6	1,6-1,8	1,3-1,5	7-9,5	8,5-11,5
		0,8	2	1,5-1,7	1,8-2,0	9,5-12	12-14
Двошарові	Кварцовий пісок	0,5	1,2	1,8-2,0	0,7-0,8	7-10	8,5-12
	Подрібнений керамзит або антрацит	0,8	1,8	1,6 - 1,8	0,4-0,5	7-10	8,5-12

Табл. 4.1 Характеристика фільтруючого шару

Загальну площу фільтрування F_{ϕ} визначають за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{oc}}{T_{ст} \cdot v_{н} - n_{пр} \cdot q_{пр} - (\tau_{пр} \cdot v_{н} \cdot n_{пр})}, \text{ м}^2$$

де, $T_{ст}$ – тривалість роботи станції на протязі доби, (24 години);

$v_{н}$ – розрахункова швидкість фільтрування за нормального режиму, м³/годину,

$n_{пр}$ – кількість промивок фільтра за добу (2...3);

$q_{пр}$ – питома витрата води за одну промивку м³/м²,

$$q_{пр} = q_{пр}^1 \cdot t \cdot 10^{-3}$$

де, $q_{пр}^1$ – інтенсивність промивки, (14-16) л/с-м²,

$$q_{пр} = 15 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 0,105$$

t – тривалість промивки, с,

$\tau_{пр}$ – час простою фільтра через промивку. Для фільтрів, що промиваються водою приймається 0,33 години.

$$F_{\phi} = \frac{11184}{24 * 7,6 - 2 * 0,105 - (0,33 * 7,6 * 2)} = 63,1 \text{ м}^2$$

Мінімальна кількість фільтрів на станції – 4. При витраті станції більш ніж 8-10 тис. м³/добу кількість фільтрів N_{ϕ} визначають за формулою:

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{F_{\phi}}}{2} \text{ шт,}$$

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{63,1}}{2} = 3,975 \text{ шт, } \approx 4 \text{ шт,}$$

При цьому необхідно забезпечити співвідношення:

$$v_{\phi} = \frac{v_{н} \cdot N_{\phi}}{N_{\phi} - N_1}, \frac{\text{м}}{\text{год}},$$

$$v_{\phi} = \frac{7,6 \cdot 4}{4 - 1} = 10,13 \frac{\text{м}}{\text{год}},$$

де, v_{ϕ} – швидкість фільтрування за форсованого режиму, яка не повинна перевищувати вказаної у ≤ 12 ;

N_1 – кількість фільтрів, що знаходяться у ремонт.

Виходячи з величини F_{ϕ} та N_{ϕ} приймається розмір одного фільтра (В, L)

використовуючи типові розміри фільтрів, що наведені у додатку 5. Площа одного фільтра не повинна перевищувати 100-120 м².

Площа одного фільтра F_{ϕ}^1 дорівнює:

$$F_{\phi}^1 = F_{\phi} / N_{\phi}$$

$$F_{\phi}^1 = \frac{63,1}{4} = 15,775 \text{ м}^2 \text{ приймаємо площу } 16 \text{ м}^2; \text{ розміром } (4 \times 4)$$

Розраховуємо витрату води $Q_{\text{пр}}$ необхідної для промивки одного фільтра

$$Q_{\text{пр}} = F_{\phi}^1 \cdot q_{\text{пр}}^1 \cdot 10^{-3}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$Q_{\text{пр}} = 16 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,24 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Визначаємо діаметр колектора d_k [1, п. 6.106].

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{пр}}}{\pi \cdot v_k}}, \text{ м}$$

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,24}{3,14 \cdot 0,9}} = 0,582 \text{ м}$$

де v_k – швидкість руху води на початку колектора (0,8-1,2 м/с).

За сортаментом трубопроводів підбирається найближчий до визначеної величини діаметр і робиться перевірка величини v_k :

$$v_k = \frac{4 \cdot Q_{\text{пр}}}{\pi \cdot d_k^2}, \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_k = \frac{4 \cdot 0,24}{3,14 \cdot 0,6^2} = 0,849 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$d_k = 60 \text{ мм}$$

Загальна кількість відгалужень $n_{\text{заг}}^{\text{відг}}$ на кожному фільтрі складає:

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

де, m – відстань між відгалуженнями (0,25-0,35 м)

$$n_{\text{заг}}^{\text{відг}} = 2 \cdot \frac{4}{0,3} = 27 \text{ шт,}$$

Розраховуємо витрату промивної води $q_{\text{відг}}$, через одне відгалудження:

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

$$q_{\text{відг}} = \frac{0,24}{27} = 0,0088 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

і визначаємо його діаметр $d_{\text{відг}}$:

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

$$d_{\text{відг}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0088}{3,14 \cdot 1,75}} = 0,08 \text{ м}$$

де $v_{\text{відг}}$ – швидкість руху води на початку відгалудження (1,6-2 м/с).

За сортаментом трубопроводів підбирається найближчий до визначеної величини діаметр і робиться перевірка величини $v_{\text{відг}}$

$$v_{\text{відг}} = \frac{4 \cdot q_{\text{відг}}}{\pi \cdot d_{\text{відг}}^2}$$

$$v_{\text{відг}} = \frac{4 \cdot 0,0088}{3,14 \cdot 0,08^2} = 1,75 \text{ м/с},$$

$$d_{\text{відг}} = 80 \text{ мм}$$

Визначаємо загальну площу (Σf_0) отворів у відгалудженнях, яка повинна складати 0,25...0,5) % від робочої площі фільтра $F_{\text{ф}}^1$.

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

$$\Sigma f_0 = 0,27 \cdot 16 \cdot 10^{-2} = 0,0432 \text{ м}^2$$

Отвори розташовують у два ряди в шаховому порядку від кутом 45° до низу від вертикалі.

Діаметр отворів d_0 приймається 10...12 мм, $d_0 = (10 \dots 12) \cdot 10^{-3}$, м.

Площа одного отвору f_0 , м² складає:

$$f_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4}, \text{ м}^2,$$

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

Розраховуємо загальну кількість отворів n_0 для фільтра:

$$n_0 = \frac{\Sigma f_0}{f_0}, \text{ шт,}$$
$$n_0 = \frac{0,0648}{0,0000785} = 551 \text{ шт.}$$

Кількість отворів $n_o^{\text{відг}}$ на одному відгалуженні:

$$n_o^{\text{відг}} = \frac{n_0}{n_{\text{заг}}^{\text{відг}}}, \text{ шт,}$$
$$n_o^{\text{відг}} = \frac{551}{27} = 20,41 = 21 \text{ шт,}$$

Довжина кожного відгалуження $l_{\text{відг}}$, м:

$$l_{\text{відг}} = \frac{L \cdot d_{\text{к}}^{\text{зовн}}}{2}, \text{ м}$$
$$l_{\text{відг}} = \frac{4 \cdot 0,06}{2} = 0,132 \text{ м,}$$

Крок осі отворів l_o , мм буде складати :

$$l_o = \frac{l_{\text{відг}}}{n_o^{\text{відг}}} \cdot 10^3, \text{ мм}$$
$$l_o = \frac{0,12}{21} \cdot 10^3 = 5,71 \text{ мм}$$

Для збирання і відведення промивної води з фільтрів передбачаються жолоби. Відстань між осями сусідніх жолобів l не повинна перевищувати 2,2 м.

Схема розташування жолобів залежить від площі фільтра.

Розраховуємо витрату води $q_{\text{ж}}$, що припадає на один жолоб

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

де $Q_{\text{пр}}$ – витрата води на промивку одного фільтра, $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$,

$n_{\text{ж}}$ – кількість жолобів.

$$q_{\text{ж}} = \frac{0,24}{3} = 0,08 \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

Знаходимо ширину жолоба $B_{\text{ж}}$, м.

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

де $a_{\text{ж}}$ – відношення прямокутної частини жолоба $h_{\text{п}}$ до половини його ширини, $a_{\text{ж}}=(1 \dots 1,5)$

$K_{\text{ж}}$ – коефіцієнт, який залежить від форми жолоба.

$$B_{\text{ж}} = 2,0 \sqrt[5]{\frac{0,08^2}{(1,57 + 1)^3}} = 0,1594 = 0,16 \text{ м},$$

Таким чином, прямокутна частина жолоба дорівнює

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

$$h_{\text{п}} = 0,5 \cdot 0,16 = 0,08 \text{ м}$$

$$h_{\text{ж}} = h_{\text{п}} + (0,5)B_{\text{ж}} = 0,08 + 0,5 \cdot 0,16 = 0,16 \text{ м},$$

Конструктивна висота $h_{\text{ж}}^k$, м:

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

$$h_{\text{ж}}^k = 0,16 + 0,08 = 0,24 \text{ м}$$

Визначаємо відстань $H_{\text{ж}}$ від поверхні фільтруючого завантаження до кромки жолоба.

$$H_{\text{ж}} = \frac{H_3 \cdot a_3}{100} + 0,3, \text{ м},$$

де H_3 – висота фільтруючого шару, м;

a_3 – відносне розширення фільтруючого завантаження у відсотках.

Матеріал завантаження	Інтенсивність промивання, л/(с·м ²)		Тривалість промивання, хв		Величина відносного розширення завантаження, %
	вода	повітря	вода	повітря	
Одношарові фільтри					
Кварцовий пісок діаметром D , мм:					
0,5-1,2	12-14	-	6	-	45
0,7-1,6	14-16	-	6	-	30
0,8-2,0	16-18	-	6	-	25
Двошарові фільтри					
Подрібнений керамзит, кварцовий пісок	14-16	-	7-6	-	50

Табл. 4.2 Параметри промивання фільтруючого завантаження

$$H_{\text{ж}} = \frac{0,4 \cdot 50}{100} + 0,3 = 0,5 \text{ м}$$

Рівень води в каналі з урахування підпора, що утворюється трубопроводом, який відводить промивну воду, повинен бути на 0,2 м нижчим від дна жолоба. Це враховує формула для розрахунку $H_{\text{кан}}$ від дна жолоба до дна каналу.

$$H_{\text{кан}} = 1,73 \sqrt[3]{\frac{q_{\text{кан}}^2}{g \cdot B_{\text{кан}}^2}} + 0,2, \text{ м}$$

де $q_{\text{кан}}$ – витрата води в каналі,

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

$$q_{\text{кан}} = 0,24 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$B_{\text{кан}}$ – ширина каналу, м ($B_{\text{кан}} = 0,5 \text{ м}$);

$$g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2.$$

$$H_{\text{кан}} = 1,73 \sqrt[3]{\frac{0,24^2}{9,81 \cdot 0,5^2}} + 0,2 = 0,695 \text{ м},$$

Швидкість руху води в кінці каналу $v_{\text{кан}}$ визначається з урахування того, що рівень води в каналі повинен бути на 0,2 м нижче дна жолоба:

$$v_{\text{кан}} = \frac{q_{\text{кан}}}{B_{\text{кан}} \cdot (H_{\text{кан}} - 0,2)}, \text{ м}/\text{с},$$

$$v_{\text{кан}} = \frac{0,24}{0,5 \cdot (0,695 - 0,2)} = 0,97 \text{ м}/\text{с}.$$

4.8 Обробка промивних вод та осаду очисної станції, розрахунок споруд для обробки промивної води та осаду

Розрахунок резервуара промивної води.

Витрати води на промивку фільтра знаходимо за формулою:

$$P = \frac{\omega \cdot f \cdot t_1 \cdot 60 \cdot N}{Q_{\text{год}} \cdot T_{\text{р}} \cdot 1000} \cdot 100\% = \frac{15 \cdot 16 \cdot 6 \cdot 60 \cdot 4}{466 \cdot 11,4 \cdot 1000} 100\% = 6,5\% \rightarrow q_1 = 30,29 \text{ м}^3/\text{год},$$

де ω – інтенсивність промивки, л/с* м²;

f – площа фільтрів, $f = 16 \text{ м}^2$;

N – кількість фільтрів, $N = 4 \text{ шт.}$;

$T_{\text{р}}$ – час роботи фільтрів між двома промивками, год:

T_0 - час робочого фільтроциклу (8 – 12 год) приймаємо 10 годин;

t_1 – час промивки, 0,12 год;

t_2 – час простою фільтру, який пов'язаний з промивкою, 0,33 год;

t_3 – час викиду першого фільтрату з стін, 0,17 год.

Витрата води на одну промивку фільтра на протязі 6 хв.:

$$q = \frac{F \cdot w \cdot 60 \cdot t_1}{1000} = \frac{16 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 6}{1000} = 86.4 \text{ м}^3$$

Місткість резервуара усереднювача з двох відділень приймається 90 м³.

4.9 Розрахунок пісковловлювачів

Для затримання піску перед резервуаром-усереднювачем встановлюється тангенціальну пісколовку.

Площа тангенціальної пісколовки:

$$F = \frac{Q_{\text{ГОД}}}{n \cdot q_0} = \frac{14.4}{2 \cdot 2} = 3.6 \text{ м}^2,$$

де Q – максимальна витрата промивних вод, м³/хв. При залповому викиді промивних вод на протязі 6 хв., витрата за одну хвилину складе 20,16 м³;

q_0 – навантаження на пісколовку по воді, м³/м²·хв;

n – кількість відділень пісколовки.

Приймаємо пісколовку з двома відділеннями діаметром 5 м. Видалення осаду з пісколовки відбувається періодично за допомогою гідроелеватора.

Об'єм відстійника промивної води при двох годинах відстоювання та рівномірній подачі води складе:

$$V_{\text{от}} = q_1 \cdot t = 30.29 \cdot 2 = 60.58 \text{ м}^3$$

Приймаємо відстійник з двох секцій завширшки 6 м кожна. При висоті осадкової частини, що дорівнює 2 м, довжина відстійника складе 6 м. З урахуванням будівельної висоти, об'єм відстійника складе 70 м³

Витрата освітленої води q_2 складає (0,7 – 0,75) q_1 , витрата осаду $q_3=(0,3-0,25)q_1$.

Приймаємо $q_2=21,02$ м³/год; $q_3=9,087$ м³/год;

Витрата води у відсотках, що витрачається під час видалення осаду з відстійника:

$$q_{oc} = \frac{K_p \cdot W \cdot 100}{24 \cdot Q_{oc} \cdot T} = \frac{1.3 \cdot 6,07 \cdot 100}{24 \cdot 466 \cdot 1} = 0.1415\%$$

$$Q_{oc} = \frac{Q_{год}}{2} = 233 \text{ м}^3/\text{год}$$

K_p - коефіцієнт розбавлення осаду, який дорівнює 1,3;

T - час дії відстійника між очистками (1 діб);

W - об'єм зони накопичення та ущільнення осаду, $6,07 \text{ м}^3$.

4.10 Розрахунок згущувачів

Згущувач беруть діаметром – до 18 м; середньою глибиною – до 3,5 м; уклін дна до центрального напрямку – 8° ; з обертальною фермою, що має лопаті трикутного чи круглого перерізу; швидкість обертання якої $0,015 \dots 0,03 \text{ м/с}$.

Об'єм згущувача:

$$W_{зг} = 1,3 \cdot 1,5 \cdot 6,07 = 11,84 \text{ м}^3.$$

Приймаємо 1 відстійника діаметром 6,0 м, висота циліндричної частини - 2,1 м; конічної – 1,8 м.

Загальна площа зневоднення визначається за формулою

$$F = \frac{Q_{год} \cdot C}{q_0} = \frac{466 \cdot 0,16}{5} = 14,912 \text{ м}^2,$$

де q_0 – питоме навантаження фільтр-пресів, ($5 - 10 \text{ кг/м}^2\text{год}$),

Приймаємо 1 робочий і 1 резервний фільтр-прес ФПАКМ-15У, площею 15 м^2 кожен.

Для збирання осаду використовується бункер, вивіз осаду до місця складування здійснюється автосамоскидами.

РОЗДІЛ 5
МОНТАЖ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
							57
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

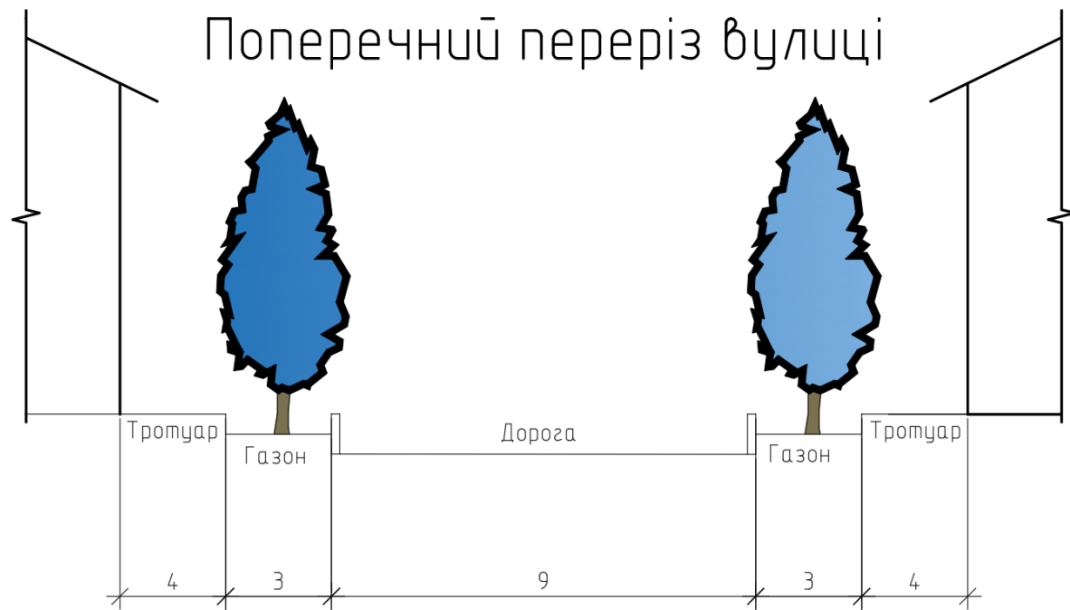


Рис 5.1 Поперечний переріз вулиці

5.1 Характеристика труб

Зовнішній діаметр труби (Ду)- 315 мм

Товщина стінки (S)- 28,6 мм

Вага – 25,6 кг м.п.

Максимальна температура- 40°C

Максимальний тиск- 16 бар

Матеріал- поліетилен низького тиску

Маркування матеріалу - Труба-ПЕ-315-технічна-SDR-33



Рис.5.2 Трубопровід для прокладення

Труби поліетиленові.

Асортимент труб охоплює діапазон діаметрів до 1200 мм. Характерною особливістю конструкції є те, що товщина стінки труби збільшується пропорційно до її діаметра: наприклад, при зростанні діаметра від 150 мм до 1200 мм товщина стінки збільшується від 10 мм до 25 мм відповідно.

Поліетиленові труби класифікуються за чотирма основними типами, які визначаються максимально допустимим робочим тиском транспортованої води при стандартній температурі 20*С. Розрахунковий термін їхньої служби за нормальних умов може сягати 50 років. Класифікація виглядає так: Л (легкий) — розрахований на 0,25 МПа; СЛ (середньолегкий) — на 0,4 МПа; С (середній) — на 0,6 МПа; та Т (важкий) — на 1,00 МПа.

Умови Експлуатації та Зберігання:

Важливою особливістю цих труб є значна залежність терміну їхньої служби від умов експлуатації, зокрема від тиску і температури. Наприклад, якщо номінальні температура та тиск збільшуються лише у 1,5 раза, це призводить до різкого скорочення терміну служби у 5 разів.

Труби випускаються стандартною довжиною 6, 8, 10 та 12 метрів, з допуском відхилення не більше 50 мм, хоча можливе виготовлення труб довжиною 5,5 і 11,5 метрів. Колір виробів — чорний. Для транспортування труби необхідно зв'язувати у пакети масою до 1 тонни. Зберігання повинно здійснюватися у горизонтальному положенні на стелажах заввишки не більше 2 метрів, при цьому необхідно виключити можливість механічного пошкодження та впливу прямих сонячних променів.

Переваги та Маркування:

Основні переваги поліетиленових труб, які зумовлюють їхнє широке застосування, включають корозійну стійкість, гідравлічну гладкість внутрішніх стінок, що знижує опір потоку, а також простоту механічної обробки та надійного зварного з'єднання.

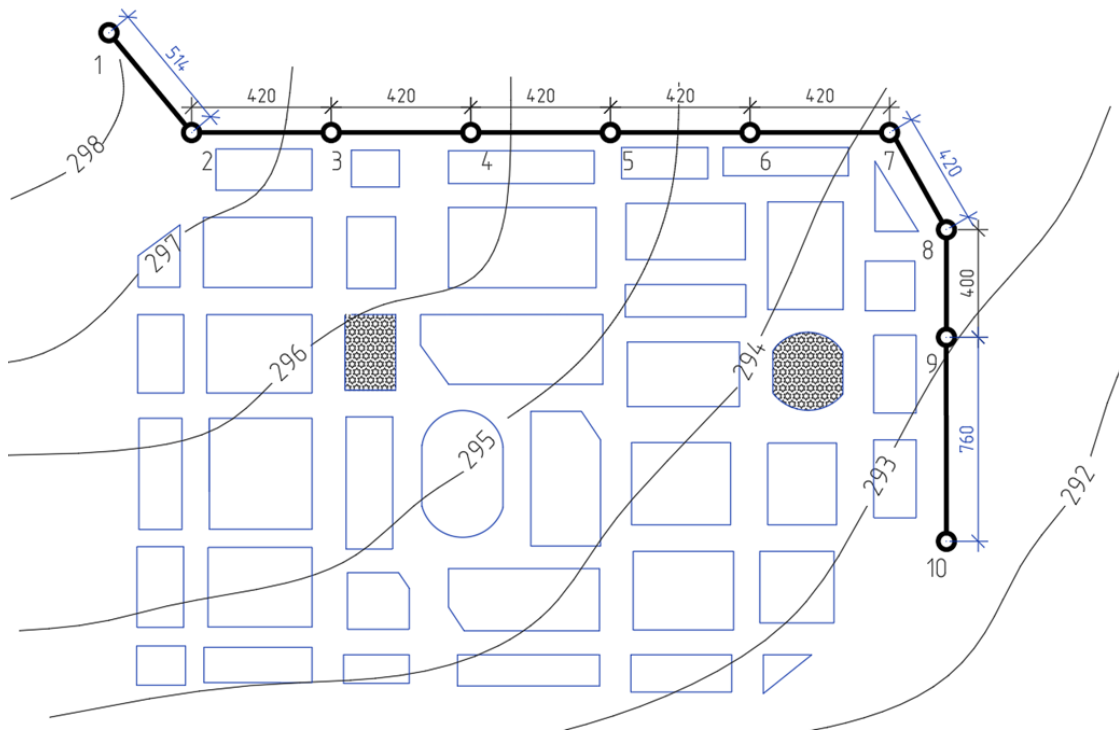


Рис. 5.3 План траси трубопроводів М1:100

№ ділянок	Довжина L, м	Діаметр d, мм	Землі і _з	Труби і _{тр}	Падіння	Поверхні землі		Шелиги труби		Глибина закладання лотка труби в м	
						На початку	В кінці	На початку	В кінці	На початку	В кінці
1	2	4	5	6	10	11	12	17	18	19	20
Головний колектор побутової мережі 1 -НС											
1-2	514	315	0,0009	0,0023	1,18	298	297,55	296,20	295,02	1,80	2,53
2-3	420	315	0,0017	0,0023	0,97	297,55	296,84	295,02	294,05	2,53	2,79
3-4	420	315	0,0015	0,0023	0,97	296,84	296,23	294,05	293,09	2,79	3,14
4-5	420	315	0,0020	0,0022	0,92	296,23	295,37	293,09	292,16	3,14	3,21
5-6	420	315	0,0015	0,0022	0,92	295,37	294,74	292,16	291,24	3,21	3,50
6-7	420	315	0,0019	0,0022	0,92	294,74	293,94	291,24	290,31	3,50	3,63
7-8	420	315	0,0011	0,0022	0,92	293,94	293,48	290,31	289,39	3,63	4,09
8-9	400	315	0,0012	0,0020	0,80	293,48	293	289,39	288,59	4,09	4,41
9-10	760	315	0,0008	0,0020	1,52	293	292,4	288,59	287,07	4,41	5,33

Табл. 5.1 Головний колектор побутової мережі

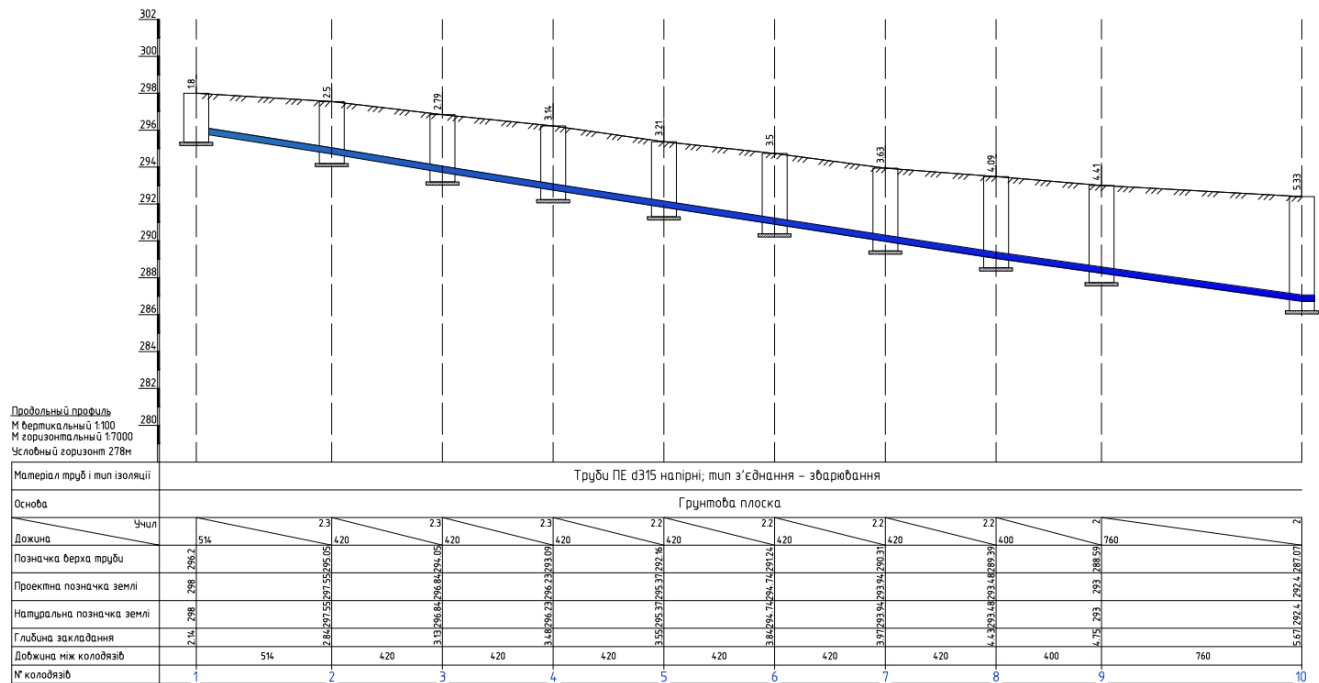


Рис.5.4 Профіль водопровідної мережі

5.2 Підготовчі роботи

Процес підготовки до будівельних робіт охоплює два ключові етапи: внутрішню підготовку підрядної організації та безпосередню підготовку будівельного майданчика, що забезпечує інфраструктурну, логістичну та безпекову готовність.

Спочатку будівельна організація повинна здійснити детальне ознайомлення з усією проектно-кошторисною документацією, після чого розробити Проект виконання робіт (ПВР). Цей документ є ключовим для організації та оперативного управління, оскільки він деталізує розташування тимчасових об'єктів та ресурсне забезпечення. Для забезпечення ефективного управління роботи, включаючи оперативно-диспетчерське керування, необхідно організувати функціонування автоматизованих систем планування та управління, а також необхідних обчислювальних мереж і засобів зв'язку.

Інфраструктурне забезпечення починається з комунікацій. Технічна вода для будівельних потреб, як і питна вода відповідної якості, доставляється на майданчик

привозним способом. Електропостачання забезпечується автономно, за рахунок мобільних дизельних електростанцій (ДЕС).

Тимчасові адміністративні та побутові приміщення для підрядної організації (рекомендовано використовувати збірно-розбірні, пересувні або контейнерні споруди) розміщуються на вільних ділянках згідно з ПВР, із дотриманням будівельних норм та вимог геодезичного забезпечення. Також для санітарних потреб доставляються інвентарні туалети. Витрати на влаштування всіх цих тимчасових будівель остаточно визначаються у кошторисному розрахунку. Постачання будівельними матеріалами, виробами та конструкціями організовується автомобільним транспортом з місцевих підприємств або виробничих і складських баз підрядної організації.

Питання безпеки є пріоритетним: безпечні зони навколо будов і вантажів повинні бути огорожені огорожею висотою 1,2 м згідно з ДСТУ Б В.2.8-43:2011, а небезпечні зони обов'язково позначаються знаками безпеки відповідно до ДСТУ EN ISO 7010:2019. Крім того, майданчик обладнується освітленням, протипожежним водопостачанням, засобами пожежогасіння, сигналізації та зв'язку.

Логістика та організація руху повинні забезпечувати безпечний рух автотранспорту і пішоходів прилеглої забудови, а також гарантувати безперешкодний під'їзд до житлових будинків спеціальних служб: швидкої допомоги, пожежної охорони та комунального господарства. Зважаючи на роботу в умовах щільної міської забудови, будмайданчик організовується з раціональним розміщенням тимчасових під'їздів, майданчиків для розвороту та ділянок розвантаження, часто з використанням існуючих проїздів. Монтажні роботи рекомендується виконувати за схемою «з коліс автотранспорту» зі складуванням матеріалів лише у межах робочих зон вантажопідйомних механізмів.

Організовується відведення зливових вод від траншей. Управління ґрунтом і відходами відбувається відповідно до довідки замовника. В умовах стислого майданчика вийнятий ґрунт не залишається, за винятком ґрунту для зворотного засипання, який складається в окремих відвалах. Демонтовані матеріали

підлягають сортуванню: асфальтобетонне покриття вивозиться на переробку, а придатні для подальшого використання залізобетонні конструкції транспортуються на базу. З огляду на місце розташування, необхідно забезпечувати систематичне прибирання і вивезення будівельного та побутового сміття, не допускаючи його накопичення.

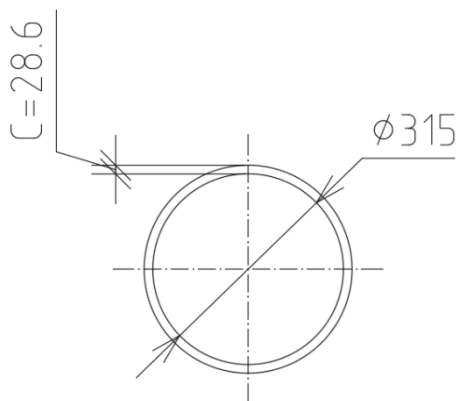


Рис. 5.5 Розріз трубопроводу

найнижчою ціною у нас. Будучи "першими руками" ми пропонуємо, безпосередньо від заводів виробників, швидке та якісне постачання продукції по Україні.

ДУ	SDR 26 PN 6		SDR 21 PN 8		SDR 17 PN 10		SDR 13.6 PN 12.5		SDR 11 PN 16		SDR 9 PN 20		Завантаження фури у метрах
	Товщина, мм.	Вага п. м, кг.	Товщина, мм.	Вага п. м, кг.	Товщина, мм.	Вага п. м, кг.	Товщина, мм.	Вага п. м, кг.	Товщина, мм.	Вага п. м, кг.	Товщина, мм.	Вага п. м, кг.	
20	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.11	2.3	0.13	30000
25	-	-	-	-	-	-	2.0	0.15	2.3	0.17	3.0	0.22	27000
32	-	-	-	-	2.0	0.19	2.4	0.23	3.0	0.27	3.6	0.33	23000
40	-	-	2.0	0.24	2.4	0.29	3.0	0.35	3.7	0.43	4.5	0.51	12000
50	2.0	0.31	2.4	0.36	3.0	0.45	3.7	0.55	4.6	0.67	5.6	0.79	8000
63	2.5	0.49	3.0	0.56	3.8	0.72	4.7	0.87	5.8	1.05	7.1	1.26	56000
75	2.9	0.67	3.6	0.81	4.5	1.02	5.6	1.24	6.8	1.47	8.4	1.76	3500
90	3.5	0.97	4.3	1.16	5.4	1.46	6.7	1.77	8.2	2.12	10.1	2.54	23000
110	4.2	1.43	5.3	1.74	6.6	2.17	8.1	2.62	10.0	3.14	12.3	3.78	1600/4200
125	4.8	1.84	6.0	2.20	7.4	2.76	9.2	3.37	11.4	4.08	14.0	4.87	3600
140	5.4	2.32	6.7	2.80	8.3	3.46	10.3	4.22	12.7	5.08	15.7	6.11	3000
160	6.2	3.04	7.7	3.68	9.5	4.52	11.8	5.50	14.6	6.67	17.9	7.96	2400
180	6.9	3.79	8.6	4.63	10.7	5.71	13.3	6.98	16.4	8.42	20.1	10.1	1900
200	7.7	4.69	9.6	5.73	11.9	7.05	14.7	8.56	18.2	10.4	22.4	12.4	1500
225	8.6	5.89	10.8	7.26	13.4	8.93	16.6	10.9	20.5	13.1	25.2	15.8	1200
250	9.6	7.30	11.9	8.90	14.8	11.0	18.4	13.4	22.7	16.2	27.9	19.4	900
280	10.7	9.10	13.4	11.22	16.6	13.7	20.6	16.8	25.4	20.3	31.3	24.3	720
315	12.1	11.6	15.1	14.13	18.7	17.4	23.2	21.2	28.6	25.6	35.2	30.8	600
355	13.6	14.6	16.9	17.94	21.1	22.1	26.1	26.9	32.2	32.5	39.7	39.1	480
400	15.3	18.6	19.1	22.84	23.7	28.0	29.4	34.1	36.3	41.3	44.7	49.6	348
450	17.2	23.5	21.5	28.9	26.7	35.4	33.1	43.2	40.9	52.3	50.3	62.7	276
500	19.1	28.9	23.9	35.7	29.7	43.8	36.8	53.3	45.4	64.5	55.8	77.3	204
560	21.4	36.2	26.7	44.7	33.2	54.8	41.2	66.9	50.8	80.8	62.5	97.0	168

Табл. 5.2 Товщина стінок трубопроводу

5.3 Визначення розмірів траншеї.

Виходячи з інформації про вид ґрунтів , а саме в курсовій роботі прийняті – піщані ґрунти , приймаємо спосіб розробки траншеї без укосів і з кріпленням стінок дерев'яними щитами .

Початкову глибину визначаєм 1.6 за закладання до верха труби, і діаметр труби.

$$1,6+0,344=1,944\text{м}$$

Визначаємо найбільшу глибину траншеї, виходячи з профілю водопровідної мережі, $H=5,68$ м. ($5,336 + 0,344 = 5,68$ м)

Найменша ширина траншей по дну при розробці ґрунту:

$$B = D + 0,5 = 0,344 + 0,5 = 0,844 \text{ м.}$$

Приймаємо $B = 1$ м

$$\text{Ширина траншеї } b_{\text{тр}} = B + 2mh = 1 + 2 \cdot 5,68 \cdot 0,5 = 6,68 \text{ м}$$

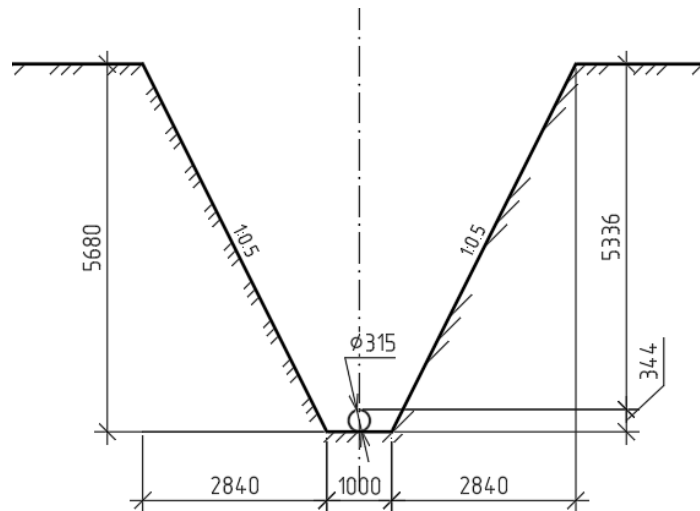


Рис. 5.6 Розміри траншеї

Труби	Стикове з'єднання	Зовнішній діаметр трубопроводу D_n , мм	Розмір приямка, м		
			Довжина	Ширина	Глибина
ПЕ	Пайка	343,6	1000	1,525	0,2

Табл. 5.3 Розміри прияmkів

5.4 Вибір транспортного засобу для перевезення труб і визначення кількості одночасно перевезених труб

Для транспортування труб від заводу-виробника до монтажної площадки забираємо автомобіль по типу, діаметру та вазі труб.

Для транспортування труб від заводу-виробника до монтажного майданчика при масі однієї труби довжиною 5 м – 73,5 кг. Приймаємо автомобіль МАЗ-53371:



Габаритные размеры автомобиля МАЗ 53371

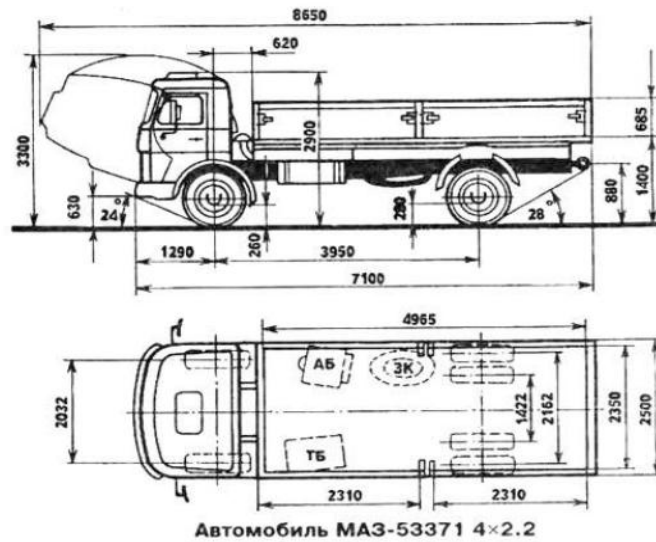


Рис. 5.7 Схема транспортного засобу для перевезення труб

Тип кузова	-	Вантажний, бортовий
Габарити:		
довжина	мм	7100
ширина	мм	2500
висота	мм	2900
База	мм	3950
Колія передніх коліс	мм	2032
Колія задніх коліс	мм	1422
Відстань від найнижчих точок автомобіля до дороги:	мм мм	260 280
• картера заднього моста; • картера переднього моста.		
Найменший радіус повороту по колії зовнішнього переднього колеса	м	9,8
Максимальна швидкість	км/год	85
Сорт палива	-	Дизельне паливо

Табл. 5.4 Характеристика транспортного засобу

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 розраховуємо

за формулою: $N_{TP} = n_{TP} \cdot n_P$, $n_{TP} = \frac{B_K}{d_H + \sum \delta_{np}} =$

де $n_{TP} = \frac{B_K}{d_H + \sum \delta_{np}} = \frac{2350}{344 + 60} = 5,81 \approx 5$, де n_{TP} - кількість труб на транспортному засобі в один ряд;

Знаючи що висота кузова 685- припустиме для даного транспортного засобу кількість рядів труб буде дорівнювати

$$n_P = \frac{H_K}{d_H + \sum \delta_{np}} = \frac{685}{325 + 20} = 2$$

B_K - корисна ширина платформи;

d_H - зовнішній діаметр труби;

H_K - припустима висота завантаження кузова,

тоді кількість труб про одному перевезенні буде дорівнювати $5 \cdot 2 = 10$ шт.

Але в основному поліетиленовий трубопровід транспортується бухтами до $d = 160$

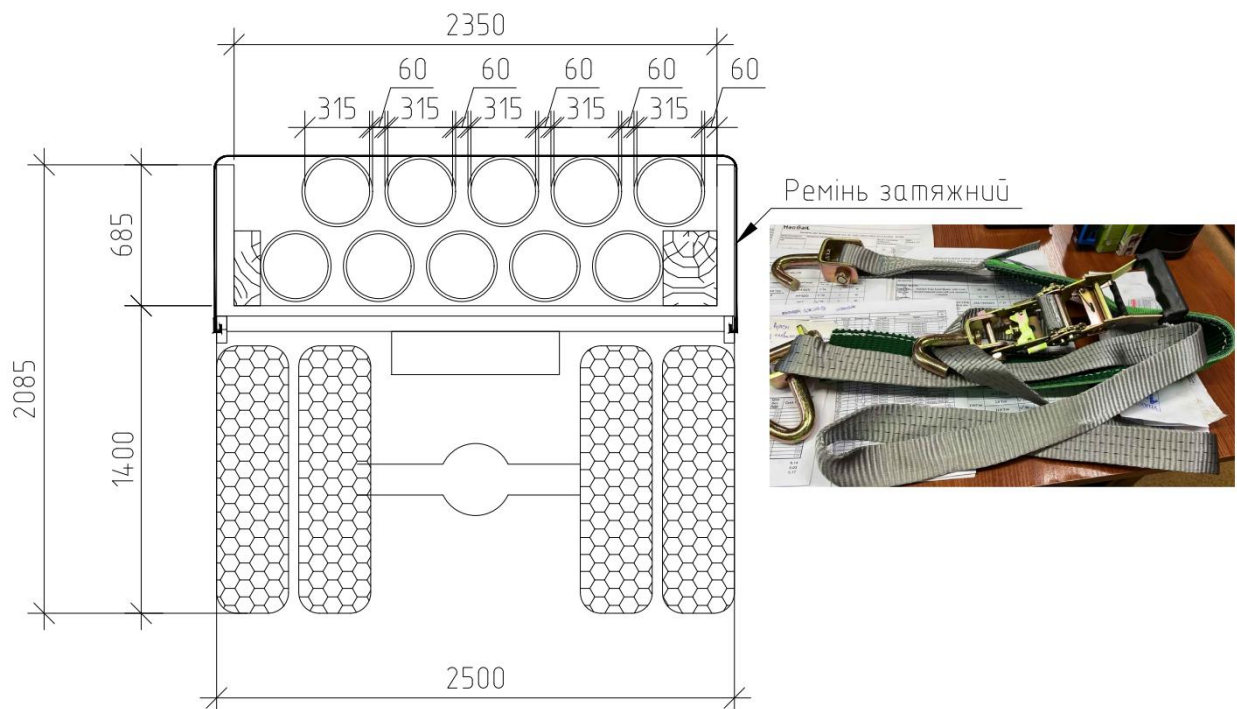


Рис. 5.8 Метод укладки та перевезення трубопроводу

5.5 Вибір строповочного обладнання

- для ПЕ трубопроводів вибрана строповка обхватом труби з фіксацією карабіном

Марка стропа	Показники			
	діаметр підіймаємих труб, мм	довжина підіймаємих труб, м	вантажопідйомність Б Т	кількість одночасно підіймаємих труб
УСК-1	300 - 1000	3950	9	1

Табл. 5.5 Технічна характеристика універсального стропа УСК-1

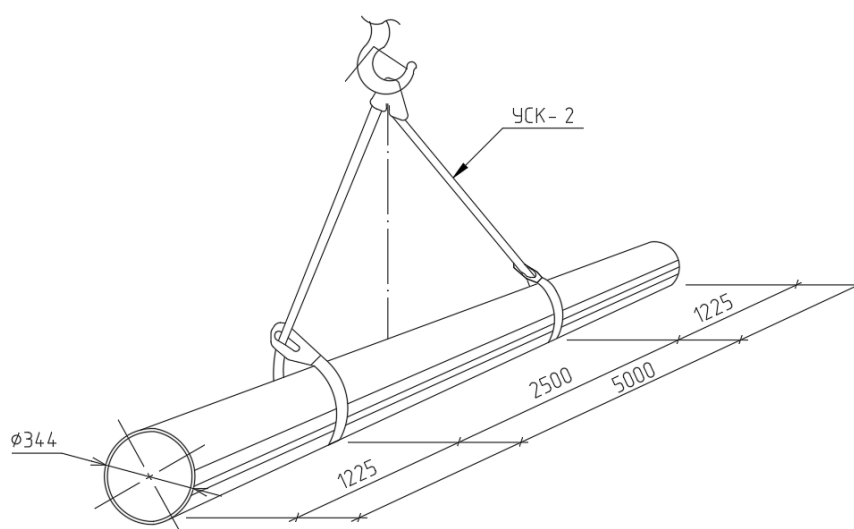


Рис.5.9 Схема стропування

5.6. Вибір крана та схеми розвантаження, складування і монтажу

Вибір крана для монтажу збірних елементів трубопроводу виконується по будівельно монтажним характеристикам – потрібній монтажній масі, висоті підйому крюка при захваті елементів з транспортних засобів і монтажному вильоту стріли крана.

Потрібна монтажна маса:

$$Q_M = Q_s + \sum q_{np} = 0,38 + 0,28 = 0,66$$

де Q_s - маса збірного елемента;

$\sum q_{np}$ - сумарна маса монтажних засобів, які підіймаються разом із збірним елементом.

Потрібна висота крюка при захваті збірних елементів з транспортного засобу визначається за формулою:

$$H_B = H_{ГС} + 0,5 + d_3 + h_{np} + h_n = 2,085 + 0,5 + 0,344 + 2,055 + 1,5 = 6,484 \text{ м,}$$

де H_{ac} - висота від рівня стояння крана до відмітки горизонту складування на транспортному засобі;

0,5 м – мінімально необхідна відстань від горизонту складування до низу піднятого елемента;

d_3 - діаметр зовнішній;

h_{np} - висота захватних приладів;

h_n - висота монтажного поліспада крана при максимально піднятому крюку.

При прокладанні трубопроводів з коротких трубних заготовок потрібний монтажний виліт стріли крана буде дорівнювати:

$$L_c = 0.5b + 1.2mh + 0.5B_{кр} = 0,5 \cdot 1 + 1,2 \cdot 0,5 \cdot 5,68 + 0,5 \cdot 2,45 = 5,13 \text{ м}$$

де b - ширина траншеї по дну;

h - глибина траншеї;

m - коефіцієнт закладання відкосів;

$B_{кр}$ - ширина ходового пристрою крана – база крана.

При визначенні значення $1,2mh$ повинна виконуватись умова: $1,2mh = 3,408 \geq 1$

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

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

де D – відстань від осі повороту крана до зовнішньої площини її хвостової частини;

B_a – ширина автомобіля.

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

Технічні дані автомобільного стрілового крана

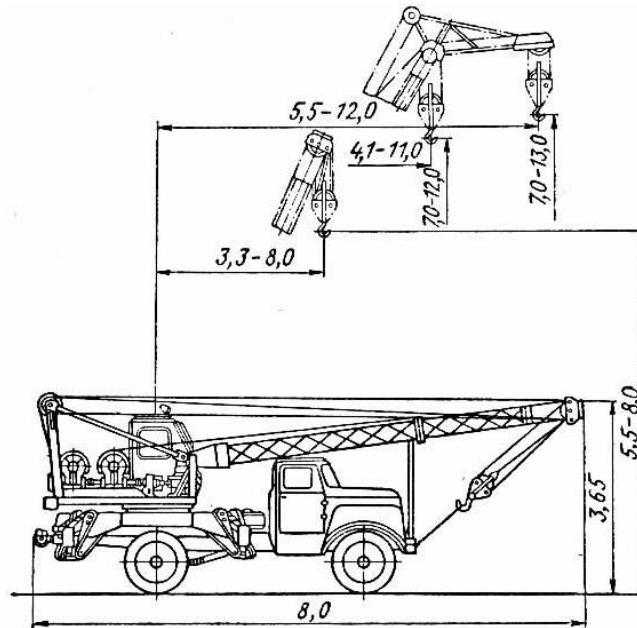


Рис. 5.10 Автомобільний стріловий кран КС 2561

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

Таблиця 5.6 Характеристика автомобільного крана

5.7 Монтаж трубопроводу

Монтаж поліетиленового трубопроводу може здійснюватися шляхом укладання окремих труб з приварюванням їх в траншею або укладання трубних ланок, з попередньою їх збіркою по краю траншеї. Рішення про спосіб монтажу трубопроводу приймається в ППР в залежності від конкретних умов будівництва, наявності вантажопідйомних механізмів і т.д **У курсовій роботі прийнятий монтаж окремими трубами з зварюванням їх в траншеї .** (прямки передбачені)

Перед початком земляних робіт розбивають трасу трубопроводу по місцевості. Положення осі траси надійно закріплюють знаками, які забезпечують можливість швидкого і точного виконання робіт. Розбивку траси трубопроводу виконують з дотриманням наступних вимог:

- вздовж траси повинні бути встановлені репери;
- розбивочні вісі і вершини кутів повороту траси повинні бути закріплені і прив'язані до постійних об'єктів на місцевості;
- перетини траси водопроводу з існуючими підземними спорудами повинні бути відмічені на поверхні землі особливими знаками;
- місця розміщення колодязів повинні бути відмічені стовпчиками, встановленими в стороні від траси.(на стовпчику вказується номер і відстань від нього до осі)
- розбивка траси повинна бути оформлена актом з додаванням відомості кутів поворотів і прив'язок.

При виконанні робіт будівельна організація повинна забезпечити зберігання всіх розбивочних і будівельних знаків.

Для розбивки траси трубопроводу по профілю використовують обноски з нерухомими візирками, що встановлюються у місцях розміщення колодязів, і на вершинах кутів повороту. Довжина ходової візирки приймається кратною 0,5м для зручності візирування. На верхньому ребрі обноски по осі забивають цвях, який служить для провішування осі трубопроводу і для визначення центру колодязя.

Прокладання труб слід починати з ділянок низького профілю.

Укладання труб уздовж заданого ухилу здійснюється за допомогою обрешітки з нерухомими прицілами і ходовими прицілами.

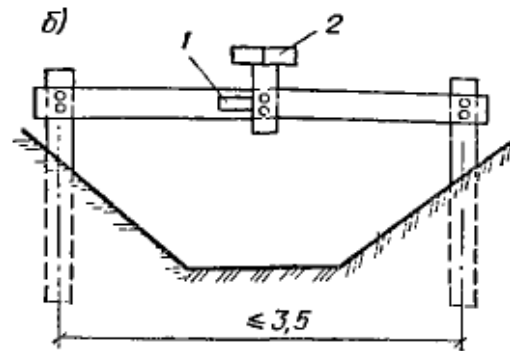


Рис.5.11 Обрешітка

1 – обрешітка 2 – полиця 3 – нерухома візірка

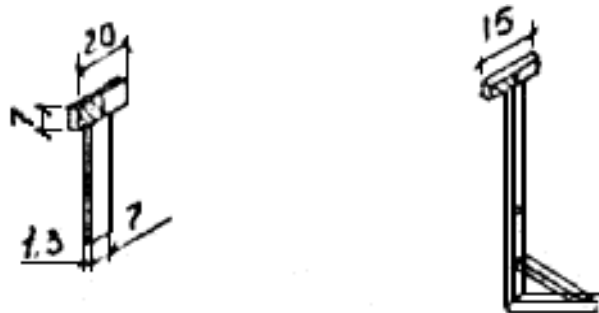


Рис.5.12 Візірки

(а) Нерухома

б) ходова

Обрешітку встановлюють в місцях розташування колодязів і в поворотних точках траси.

Мітки для укладання труб виходять з полиць, закріплених на обрешітці строго горизонтально за рівнем.

Довжина прицілу приймається кратною 0,5 м для зручності візування;

Довжина нерухомого прицілу береться таким чином, щоб висота від лотка труби до верхнього краю прицілів в двох змінних колодязях була однаковою і дорівнювала довжині ходового прицілу.

Встановлюючи ходовий приціл в будь-якій точці траншеї між нерухомими прицілами, лінію візування оглядають по трьох прицілах, перевіряючи таким чином правильність прокладки кожної труби.

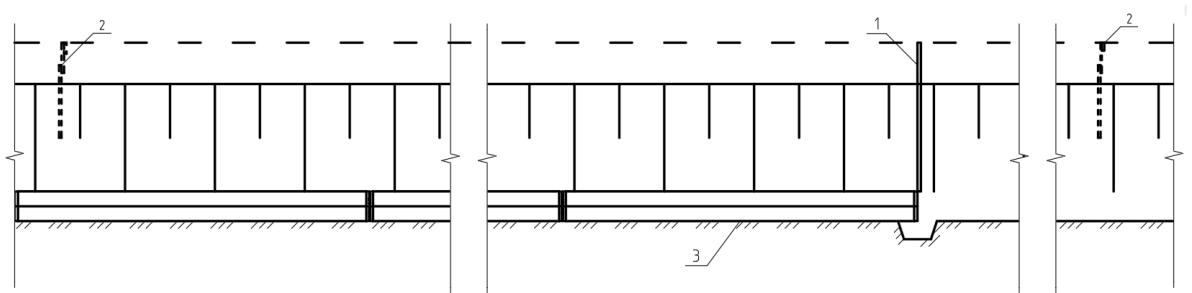


Рис.5.13. Схема укладання труб за допомогою ходових і нерухомих візірок

1 – Ходова візірка 2 – Нерухома візірка 3 - Прокладання трубопроводів

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

При прокладанні трубопроводів на прямій ділянці траси з'єднані кінці сусідніх труб повинні бути відцентровані так, щоб ширина розтрубної щілини була однаковою по всій окружності.

Прокладання напірних трубопроводів по пологій кривій без застосування фітингів допускається для розтрубних труб з стиковими з'єднаннями на гумових ущільнювачах з кутом повороту в кожному стику не більше 2° для труб номінальним діаметром до 600 мм і не більше 1° для труб номінальним діаметром більше 600 мм. щоб гумове кільце не виходило з гнізда на зовнішній стороні витка.

У місцях зміни напрямку осі трубопроводу в горизонтальній або вертикальній площині повинні бути влаштовані упори.

При використанні ґрунту для спорудження упору підпірна стінка траншеї повинна бути з непорушеною структурою ґрунту.

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

Торці труб під час перерв у укладанні повинні закриватися заглушками або дерев'яними заглушками

5.8 Перетин трубопроводів з підземними комунікаціями

Підземні комунікації і споруди повинні бути нанесені робочих кресленнях з вказанням висотних відміток і відстаней в плані до осі трубопроводу. Перед початком робіт розміщення цих перешкод уточнюється будівельниками і закріплюється спеціальними знаками.

Розробка траншей і котлованів в безпосередній близькості і нижче рівня закладання фундаментів існуючих споруд, а також діючих підземних комунікацій повинна проводитись лише при умові прийняття заходів проти осідання цих споруд.

При перетині траншей з діючими підземними комунікаціями розробка ґрунту механізованим способом дозволяється на відстані не менш 2м від бокової стінки і не менш 1м над верхом труби.

Ґрунт, що залишається після механізованої розробки, до розробляється вручну.

Водопровідні трубопроводи при перетині з каналізаційними вкладаються вище вище на 0,4м..

Перетин виконується під прямим кутом. При паралельному прокладанні водопровідних і каналізаційних трубопроводів на одному рівні відстань між стінками труб повинна бути не меншою 3м при діаметрі більше 200мм.

Дворові каналізаційні мережі прокладаються вище водопровідних без влаштування кожухів на відстані між стінками труб по вертикалі не менше 0,5м.

Відстань між стінками кількох каналізаційних трубопроводів в одній траншеї становить не менше 0,4м. При паралельному прокладанні водопровідних ліній відстань між ними приймається при діаметрі до 300мм.

5.9 Укладання трубопроводів

Перед тим, як розпочати укладання труб, критично важливо провести ретельну перевірку готовності траншеї, забезпечуючи її повну відповідність проектній документації. Це включає контроль відміток дна, ширини виїмки, кутів закладання відкосів та належної підготовки основи, на яку лягатиме трубопровід.

Черговість робіт із прокладання трубопроводів суворо регламентована і забезпечує необхідну стійкість та функціональність системи. Спочатку, до опускання основних труб, влаштовуються та бетонуються днища колодязів і камер. Далі, фасонні частини та необхідна арматура монтується одночасно з укладанням труб у траншею, щоб забезпечити безперервність лінії. Тільки після укладки труб та монтажу фасонних елементів розпочинається зведення стінок колодязів. Фінальним етапом усередині колодязів є влаштування лотків у каналізаційних колодязях, яке виконується вже після зведення їхніх стінок. Монтаж допоміжного обладнання, такого як гідранти, вантузи та запобіжні клапани, відкладається до моменту успішного завершення випробувань трубопроводів на міцність та герметичність.

5.10 Монтаж трубопроводу та виконання трубних з'єднань

За температур нижче 0°C рекомендується прокладати труби з PE 80 і PE 100 тільки із застосуванням особливих заходів. До них належить, наприклад, попередній нагрів.

Перед монтажем перевірте труби та фітинги на наявність транспортних пошкоджень і інших дефектів та очистіть з'єднувальні елементи від бруду. Подряпини, задири і плоскі зрізи можуть бути не глибшими 10% від мінімальної допустимої товщини стінки труби. Бракуйте пошкоджені елементи.

Перевірте технічні характеристики труб і фітингів за маркуванням, вони повинні відповідати проектним завданням. Обрізку труб виконуйте пилюкою з дрібними зубами або труборізом для пластикових труб. Обрізайте труби під прямим кутом. Видаліть задирки і нерівності на зрізі відповідним інструментом, наприклад, напилком. При цьому не допускаються зазубрини і надрізи.

Обрізані кінці труб потрібно обробити відповідно до методу з'єднань.

Зварні з'єднання

Зварні роботи можуть виконувати тільки спеціально навчені зварювальники полімерних труб . Зварні роботи підлягають контролю за інструкцією .

Зварка повинна виконуватися згідно з DVS 2207-1 „Зварка термопластичних полімерів, зварка нагрівальними елементами труб, елементів трубопроводів і пластин з PE-HD“.

Зварювальні апарати повинні відповідати вимогам DVS 2208-1 „Зварка термопластичних полімерів, машини і прилади для зварювання нагрівальними

Етапи муфтового зварювання поліетиленових труб

Підготовка:

➤ Очищення та вирівнювання кінців труб:

- Кінці зварюваних труб повинні бути чистими та візуально рівними.
- Якщо торці нерівні, їх необхідно обробити спеціальним обрізним інструментом.

➤ Маркування:

- Білим маркером на обох трубах відмічається глибина половини муфти.

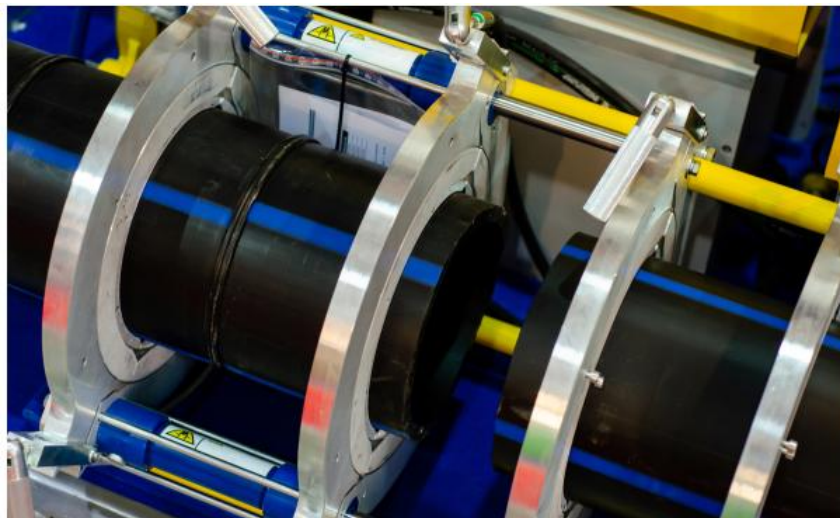
➤ Зняття оксидного шару:

- Спеціальним скребком або будівельним ножом зчищається верхній оксидний шар труби.

- Зачищені ділянки труб обробляються спеціальними знежирювальними серветками.

➤ Надягання фітинга:

- Не торкаючись зачищених ділянок труб руками, на трубу надвигається фітинг до позначки маркером.



Рисю 5.14. Зварювання поліетиленових труб

Підключення зварювального апарату:

- Зварювальний апарат підключається до мережі.
- В залежності від моделі апарату та його комплектації дані зварювання (температура і час нагрівання, а також час охолодження) вводяться в систему за допомогою сканера, зчитувального олівця або вручну.

➤ Запуск процесу зварювання

- Після введення даних муфтовий апарат готовий до запуску процесу зварювання.
- Натискається кнопка старт, і обладнання само подає напругу на фітинг протягом необхідного часу.

Охолодження:

➤ Охолодження фітинга

- Після сигналу про закінчення нагрівання необхідно дати фітингу охолонути протягом визначеного часу.

- Рухати або переміщувати зварювані труби в цей час не рекомендується.

➤ Перехід до наступного зварного з'єднання:

- Після охолодження фітинга можна переходити до наступної ділянки.

Таким чином, зварювання поліетиленових труб, з одного боку, вимагає уважного виконання певних правил, а з іншого боку, не є складним процесом. Якщо у вас є сучасне обладнання, то зробити помилку практично неможливо. елементами труб, елементів трубопроводів і пластин“. Необхідно також виконувати вимоги виробників труб і зварювального обладнання.

5.11 Монтаж колодязів та безколодязевих підключень.

Перед тим як розпочати монтажні роботи, необхідно, щоб земляна частина була повністю готова: котлован, траншея або приямок повинні бути розроблені до точної проєктної відмітки дна.

Монтаж залізобетонних колодязів відбувається у чіткій технологічній послідовності. Спочатку геодезист виконує точну розмітку місця встановлення колодязя, відповідно до проєктних осей. Далі основа під майбутній колодязь підлягає обов'язковому утриманню, що гарантує стійкість усієї споруди. Після підготовки основи, за допомогою автокрана відповідної вантажопідйомності

(наприклад, КС-35715 з вантажопідйомністю 16 тонн), у підготовлену траншею або приямок подається і монтується плита днища, яка виставляється точно на проектну відмітку. Після цього, керуючись таблицею колодязів, відбувається послідовний монтаж залізобетонних кілець та інших збірних елементів. Завершальним етапом у формуванні конструкції є чеканення стиків між усіма залізобетонними елементами за допомогою цементно-піщаного розчину для забезпечення герметичності.

Слід зазначити, що у випадку безколодязевого підключення, особливо якщо роботи виконуються закритим методом (наприклад, горизонтально-направленим бурінням — ГНБ), замість повноцінного колодязя влаштовується лише приямок, єдиною функцією якого є забезпечення доступу для монтажу засувки чи іншої арматури.

5.12 Прокладання методом ГНБ

Прокладання водопровідної мережі на вулицях реалізується інноваційним закритим методом горизонтально направленою бурінням (ГНБ), що дозволяє мінімізувати розривтя. Весь процес поділяється на окремі робочі секції, або захватки, які виконуються послідовно. Технологічний цикл розпочинається з підготовки: влаштування робочих приямків. Для розробки цих приямків використовується екскаватор типу «зворотня лопата» з об'ємом ковша 0,63 м³, при цьому вийнятий ґрунт негайно вивозиться самоскидами (наприклад, МАЗ-5551) на відвал. Ключовим етапом є власне буріння: спеціальна бурова установка ГНБ спочатку формує тонку пілотну свердловину, яка потім поетапно розширюється. Під час буріння та розширення здійснюється приготування необхідного бурового розчину. На поверхні ділянки спеціалізований персонал виконує з'єднання окремих поліетиленових труб у суцільний ланцюг, приділяючи особливу увагу перевірці якості зварних стиків. Після підготовки свердловини і зварювання труб, готовий ланцюг затягується у розширену свердловину. Як основний монтажний механізм для цих операцій застосовується автокран КС-35715 вантажопідйомністю 16 тонн. Всі необхідні матеріали та конструкції доставляються на об'єкт спеціалізованим автотранспортом. Завершується робота на захватці обов'язковим

випробуванням укладеної ділянки трубопроводу для підтвердження її експлуатаційної надійності.

5.13 Визначення будівельно монтажних елементів колодезя.

По глибині закладання трубопроводу в місті влаштування колодезя визначають робочу висоту колодезя. Для водопровідних труб загальна висота колодезя визначається за формулою:

$$H_k = h + h_3 + h_{пл} = 5,68 + 0,35 + 0,1 = 6,13 \text{ м}$$

де $h = 5,68$ - глибина закладання труби в місті влаштування колодезя (відстань від лотка до поверхні землі);

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

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

По загальній висоті колодезя, діаметру трубопроводу і встановленої в колодезі арматури визначаємо діаметр колодезя і висоту робочої частини.

Для водопровідних труб діаметр і робоча висота колодезя визначається з врахуванням допустимих величин зазору між трубами, стиками і арматурою та внутрішньою площиною колодезя.

Для водопровідних труб діаметр колодезя:
при діаметрі труб до 600 мм – діаметр колодезя 1000 мм.

Якщо діаметр колодезя 1 м робоча частина визначається, а в верхній частині влаштовується перехідний конус, на який закріплюється люк.

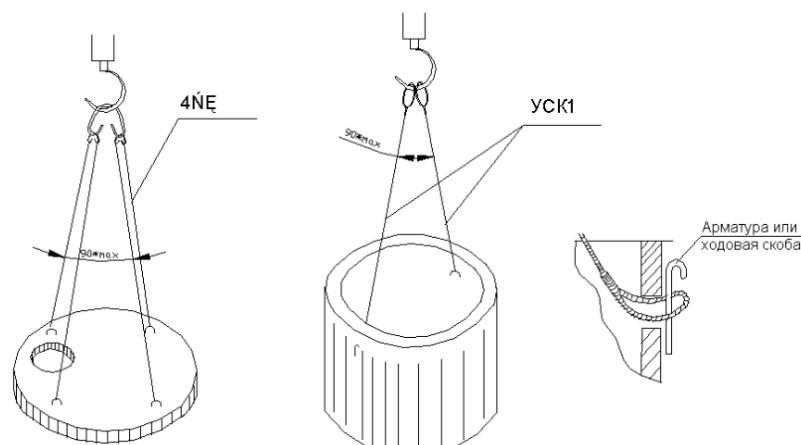


Рис. 5.15 Схема строповки елементів колодезя

Назва виробу	Марка виробу	Внутрішній діаметр виробу, мм	Зовнішній діаметр виробу, мм	Висота стінок кілець, 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 (6 шт)	1000	1160	890	80	600
	КЦ-7-3	700	860	300	80	130
Плита перекриття	КЦП1-10-1	700	1680	150	80	680

Табл. 5.7 Розміри елементів колодязя

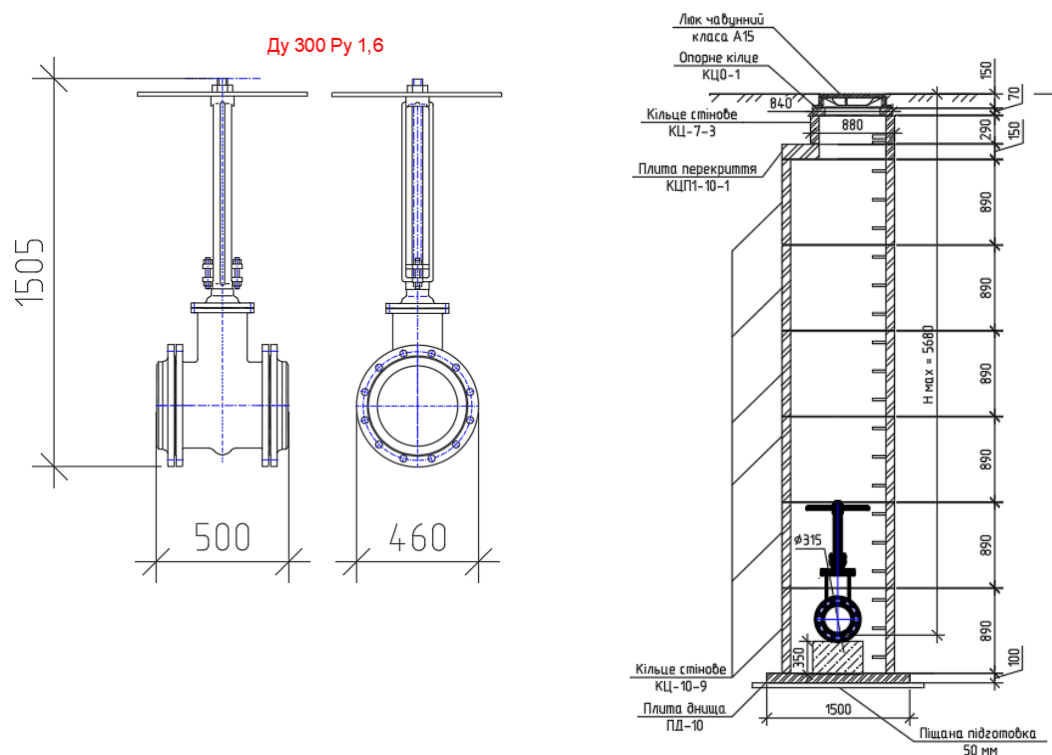


Рис. 5.16 Вузлова точка деталювання

Фасонні частини – засувка чавунна

Ду 315 L= 500 мм; В= 460 мм; Н= 1505 мм; m= 242 кг.

Внутрішні габаритні розміри колодязя визначають виходячи з того, що загальна довжина засувки і подвійна довжина патрубків (для неметалевих труб) повинні бути в цілому на 400-500 мм менше внутрішнього діаметра свердловини з кожного боку $V = L + Last = 460 + 500 = 960$ мм. Отже, прийнятий діаметр колодязя – 1000 мм.

5.14 Вибір крану для монтажу колодязів

Схему організації робіт для влаштування колодязів розробляють з урахуванням попередньої розкладки елементів колодязів на бровці траншеї або „з колес”. При цьому враховують наступне. Відстань між краном і найближчим елементом приймається 1 м, відстань між елементами – не менш 0,5 м. Зупинку крана слід назначати на осі колодязя.

На другому етапі знаходять радіус монтажу $R_{роб}$. Визначають найбільший з радіусів і по максимальній масі елементів колодязя перевіряють характеристики підібраного 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:

$$l_c = B_k / 2 + 1,2mh + B_{кр}/2 = 3,5/2 + 1,2 * 0,5 * 6,170 + 2/2 = 6,45 \text{ м}$$

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 можна використати автомобільний кран КС-2561, який ми використовуємо для монтажу трубопроводу..

Монтаж арматури і збірні елементи колодязя здійснюється автомобільним краном.

Стропування і підйом елементів колодязя проводять чотирьохгілковими стропами.

Зачистка дна котловану і влаштування піщаної підготовки відбувається вручну.

Днище колодязя необхідно влаштувати до укладки труб і монтажу фасонних частин, а стіни і перекриття монтувати після закінчення монтажу фасонних частин і запірної арматури. Фасонні частини і засувки, розміщені в колодязі, встановлюють одночасно з укладкою труб, а гідранти, вантузи і запобіжні клапани – після випробування трубопроводу.

На підготовлену основу за допомогою крану вкладається з/б плита днища колодязя з вивіркою відмітки і осі днища колодязя.

Вкладається перше кільце з отворами для трубопроводів.

Після вивірки правильності установки кільця вкладаються труби з фасонними частинами і тільки після цього проводиться монтаж інших кілець, за чеканка труб в отворі стінки колодязя, а також влаштування упорів.

Пазухи колодязів засипаються місцевим ґрунтом з рівномірним ущільненням при оптимальній вологості шарами 0,2-0,3м ручними пневмотрамбовками. Ущільнення ґрунту повинно проводитись до об'ємної ваги не менше 1,6-1,7т/м³.

5.15 Гідравлічне випробування трубопроводу

Випробування напірного трубопроводу з поліетиленових труб діаметром 315 мм проводиться по захватках, що не перевищують 1000 м, у такій послідовності:

- установка заглушок;
- влаштування тимчасових упорів;
- приєднання діючої (спресованої) ділянки трубопроводу до випробувального агрегату (пресу);
- попереднє випробування трубопроводу;
- огляд трубопроводу з відміткою дефектних місць;
- усунення виявлених дефектів;
- останнє випробування трубопроводу (після засипання траншей);
- промивка трубопроводу;
- наповнення трубопроводу хлорною водою;
- вторинне промивання трубопроводу.

Підготовка трубопроводу до випробувань

1. Герметизація кінців труб:

Кінці ділянки трубопроводу перед гідравлічним випробуванням герметично закриваються заглушками. Для поліетиленових труб можуть використовуватися спеціальні заглушки, виготовлені з поліетилену або пластикових матеріалів, які відповідають стандартам трубопроводів ПЕ. Для заглушок застосовуються пластикові заглушки або сталеві патрубки з пластиковими фланцями, що дозволяють легко підключати опресовочний агрегат.

2. Встановлення тимчасових упорів:

У місцях встановлення заглушок перед початком випробувань для запобігання деформації труб необхідно влаштувати тимчасові упори. Це забезпечить безпечну роботу при підвищеному тиску в трубопроводі.

3. Приєднання випробувального агрегату:

Для приєднання опресовочного агрегату до трубопроводу використовуються пластикові або сталеві трубки діаметром 1/2 дюйма, що дозволяють під'єднати трубопровід до випробувального обладнання.

Попереднє випробування проводиться з оголеними стиковими з'єднаннями у частково засипаній траншеї. Трубопровід тримають під випробувальним тиском не менше 10 хвилин, після чого здійснюється огляд трубопроводу на наявність дефектів. Якщо за цей час не виникло розривів чи порушень герметичності, то трубопровід вважається попередньо випробуваним.

Технічні вимоги до випробувань

1. Підтримка тиску:

Під час випробувань на герметичність необхідно постійно контролювати тиск у трубопроводі. Якщо тиск знижується нижче робочого, необхідно проводити підкачку води.

2. Перевірка герметичності:

Випробування трубопроводу проводиться на щільність за допомогою манометра. Якщо манометр показує падіння тиску, необхідно визначити обсяг води, що витікає, і порівняти цей обсяг з допустимими нормами.

3. Виявлення дефектів:

Попереднє випробування трубопроводу проводиться, коли траншея є частково засипаною, але стикові з'єднання залишаються оголеними для візуального контролю. Під час цього випробування трубопровід наповнюється водою і витримується під випробувальним тиском не менше 10 хвилин. Після закінчення цього часу тиск знижується до робочого, і виконується ретельний огляд трубопроводу для виявлення видимих витоків. При необхідності, для підтримки стабільного гідравлічного тиску (як випробувального, так і робочого), здійснюється підкачка води. Важливим технічним моментом є те, що в показання манометра обов'язково повинна бути внесена поправка, що враховує перевищення місця встановлення манометра над найнижчою точкою трубопроводу для отримання коректного значення тиску у найнижчій секції.

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

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

10 - висота стовпа рідини, рівна 1 атм.

Трубопровід вважається попередньо випробуваним, якщо в ньому під впливом випробувального тиску не відбудеться розірвання труб і фасонних частин, і також порушення стикових з'єднань, а під робочим тиском не буде витоків води.

Дефекти трубопроводу в місцях, засипаних ґрунтом, виявляються по зволоженню ґрунту або по виливу води з-під труби в місцях стиків.

В випадку відкриття на трубопроводі неприпустимих дефектів останні повинні бути усунені, після чого трубопровід необхідно підвергнути на попереднє випробування повторно.

Усунення виявлених дефектів виробляється декількома засобами. При порушенні герметичності стикового сполучення (розтрубного) трубопроводу у випадку, коли по характеру течії неможливо визначити точне розташування дефектного місця, ремонт останнього здійснюється шляхом додаткового гумового кільця на все коло стику або відрізка гумового шнуру на дефектне місце.

Для визначення величини витіку при випробуванні трубопроводу на щільність виконується наступне:

А) випуском води знижують в трубопроводі випробувальний тиск настільки, щоб стрілка манометру знизилася на одне ділення шкали. Цей тиск, найближчий до випробувального, вважають початковим, а час T_1 , коли стрілка манометру показує початковий тиск, вважають початком випробування на витік. В початку випробування відзначають рівень води в мірному бачку;

Б) якщо за 10 хв стрілка манометру знизиться не менше ніж на два ділення його шкали, але показання манометру не стало нижче робітничого тиску, то на цьому спостереження за показаннями манометру закінчують;

В) підкачкою води з мірного бачка піднімають тиск вище початкового, але не більш випробувального і випуском води назад в мірний бачок встановлюють початковий тиск, відзначаючи час T_2 . Замірюють рівень води в мірному бачку. Різниця рівнів в мірному бачку в моменти T_1 і T_2 визначає обсяг води, що потрібна для відновлення тиску в трубопроводі.

Витік води з трубопроводу

$$q = \frac{Q}{bT} \text{ (л / хв)}$$

де $T = T_1 - T_2$ - час від початку випробування на витік до моменту повернення стрілки манометру в первісне положення, хв.; b - коефіцієнт, що приймається рівним 1, при падінні тиску не більш ніж на 20% від випробувального і рівним 0.9 при падінні тиску більш ніж на 20% від випробувального.

Якщо на протязі 10 хв. тиск впаде нижче робітничого, то трубопровід визнається невиконаним випробування і визначення обсягу Q води, вимагаючої для відновлення в ньому тиску, не виконується. Якщо на протязі 10 хв. стрілка манометру знизиться менш ніж на два ділення його шкали, належить продовжувати спостереження за падінням тиску до тих пор, доки це не буде досягнуте. Тривалість спостереження при цьому не повинна бути більш 1/24 попереднього витримання трубопроводу. Якщо по закінченні цього періоду часу величина падіння тиску виявиться недостатньою, то її слід збільшити до необхідної, скинувши воду з

трубопроводу. Далі величина витoku визначається по наведеній вище формулі. Воду з трубопроводу дозволяється скидати до закінчення зазначеного вище терміну, але при цьому скидання води може виявитися більше фактичного витoku. Якщо при повторному випробуванні фактичний витік не буде перевищувати допустиму більш ніж на 20%, трубопровід може бути визнаний придатним до експлуатація (при гарантії виправлення будівельниками всіх дефектів за рік). Якщо при повторному випробуванні величина фактичного витoku буде перевищувати 20% допустимої, то рекомендується витримати трубопровід 10 діб під робочим тиском з метою додаткового водонасичення стінок труб. Після цього випробування трубопроводу повинно бути проведений знов.

У разі виявлення дефектів трубопроводу, наприклад, витоків через стикові з'єднання або тріщини в трубах, їх усунення може здійснюватися шляхом додавання гумових кілець, шнурів або встановлення ремонтних муфт.

Після випробування трубопроводу необхідно провести його промивку, щоб усунути всі залишки бруду або повітря. Потім трубопровід наповнюється хлорною водою для дезінфекції.

5.16 Розрахунок нормативів виконання робіт

В якості захваток для виконання земляних і монтажних робіт при влаштуванні трубопроводу приймаються його ділянки між центрами сумісних колодязів (9 ділянок).

Довжина захватки при виконанні земляних робіт:

$$l_{33} = \frac{L}{N_{33}} = \frac{3680}{9} \approx 408,88 \text{ м,}$$

де L - загальна довжина трубопроводу;

N_{33} - кількість захваток.

Довжина захватки при виконанні монтажних робіт:

$$l_{3м} = \frac{L}{N_{3м}} = \frac{3680}{9} \approx 408,88 \text{ м.}$$

Нормативи трудомісткості:

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

де H_{ep} - норма часу;

i - номер процесу або операції;

8,2 – тривалість робочої зміни;

V - об'єм робіт.

Монтаж поліетиленових трубопроводів:

$$Q_{ni} = \frac{0,17 \cdot 3680}{8,2} = 76,29 \text{ чол.-днів};$$

Монтаж стиків поліетиленових трубопроводів:

$$Q_{ст} = \frac{1,025 \cdot 836}{8,2} = 104,5 \text{ чол.-днів};$$

Монтаж колодязів:

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

Гідравлічне випробування:

$$Q_{нз} = \frac{0,14 \cdot 3680}{8,2} \approx 62,83 \text{ чол.-днів.}$$

Нормативна тривалість виконання робіт:

$$t_{ni} = \frac{Q_{ni}}{N_{ni}}, \text{ чол.-змін, де } N_{ni} \text{ - нормативна кількість робочих.}$$

$$t_{н1} = 76,29 / 3 = 25,43 = 25,5 \text{ чол.-змін};$$

$$t_{ст} = 104,5 / 5 = 20,9 = 21 \text{ чол.-змін};$$

$$t_{н2} = \frac{11}{5} \approx 2,2 = 2,5 \text{ чол.-змін};$$

$$t_{нз} = \frac{62,83}{4} = 15,7 / 3 = 5,23 = 6 \text{ чол.-змін.}$$

5.17 Техніка безпеки при виконанні робіт.

Такелажні роботи.

Завантажувально – розвантажувальні роботи слід виконувати під керівництвом майстра, що має посвідчення і відповідає за безпечне переміщення вантажів вантажопідійомними машинами.

Майданчик для такелажних робіт, спланований з урахуванням стоку поверхневих вод і рівної поверхні, повинен утримуватись у чистоті і порядку, з визначеними проїздами і розворотами транспорту.

При проїзді крану під дротами лінії електропередач під напругою повинні зберігатися відстані до них від 2-х до 6-и метрів в залежності від напруги. Робота кранів ведеться на відстані 1,5 – 9 м від ліній електропередач, відповідно, від 1 – 800 кВ.

При виконанні робіт по підйому, переміщенню і вкладанню труб необхідно дотримуватись наступних правил:

- особам, що не мають прямого відношення до роботи, забороняється знаходитись на місці виробництва робіт і на кранах;
- труби перед підйомом повинні бути попередньо припідняті на висоту 20 – 30 см для перевірки вірності строповки і надійності дії гальм крану;
- забороняється знаходитись на відстані радіусу стріли крану плюс 5м;
- забороняється переносити труби над людьми;
- машиніст крану не повинен опускати труби одночасно з поворотом стріли, не дозволяється їх різко кидати;
- при розвороті піднятих труб такелажники зобов'язані користуватися парними відтяжками чи спеціальними баграми.

5.18 Монтаж трубопроводів.

Перед початком робіт по опусканню трубопроводів в траншею повинні бути ретельно перевірені стропи. Розтрубні труби при опусканні їх в траншею повинні бути закріплені так, щоб розтруб був вище гладкого кінця. Не допускається скатування труб в траншею за допомогою ломів чи ваг.

При роботі людей у не розкріплених котлованах і траншеях необхідно постійно слідкувати за станом відкосів. При виникненні рухливості ґрунту чи послабленні кріплень всі люди швидко покидають траншею або котлован до тих пір, поки не будуть прийняті міри, що виключають можливість обрушення ґрунту.

При роботі в колодязях і камерах використовуються ліхтарі у вибухобезпечному виконанні напругою не вище 12 В. Виконання робіт в колодязях дозволяється ланці не менше ніж з 3-х робочих. Один чоловік працює в колодязі в запобіжному поясі, на якому закріплений страхувальний канат.

РОЗДІЛ 6
АВТОМАТИЗАЦІЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		88

6.1 Автоматизація насосного агрегату

Насосна станція Grundfos **Hydro MPC-E 3 CR 155-2-1** є комплексним автоматизованим агрегатом, що складається з трьох вертикальних багатоступеневих насосів підвищення тиску серії **CR/CRE**, об'єднаних у єдиний колектор із шафою керування на базі контролера **Grundfos CU 352**.

Усі насоси оснащені вбудованими перетворювачами частоти (VFD), що забезпечують плавне регулювання продуктивності. Керуюча логіка контролера реалізує автоматичну підтримку заданого тиску в мережі, забезпечує надійність, енергозбереження та безпечну експлуатацію.

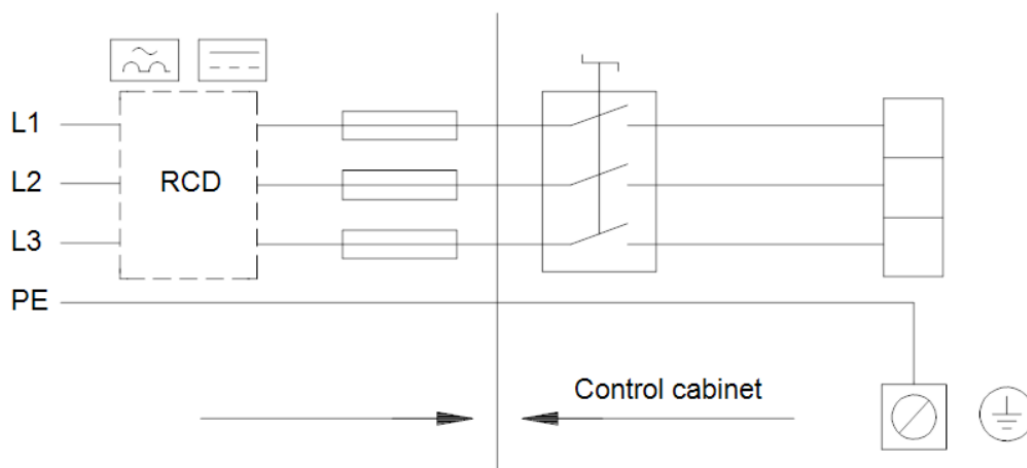


Рис. 6.1 Схема електричних з'єднань

Комплекс автоматизації виконує такі основні функції:

- керування насосами по тиску;
- каскадне регулювання в залежності від витрати;
- частотне регулювання;
- захист насосів і мережі;
- діагностика та передача даних у SCADA.

6.2 Автоматичне керування роботою станції

Підтримання постійного тиску (Set-point Control)

Станція працює у режимі **Constant Pressure (CP mode)**. Контролер CU 352 отримує сигнал 4–20 mA від датчика тиску в напірному колекторі та порівнює його зі встановленим значенням.

Деталі роботи:

- Set-point задається у діапазоні 1–16 бар (залежно від моделі датчика).
- Вбудований PID-регулятор обчислює відхилення тиску.
- Параметри PID автоматично адаптуються під динаміку системи (Auto-tuning).
- За низької витрати насос зменшує частоту до мінімально можливих 25–35 Гц.
- При досягненні мінімальних обертів і надлишку тиску насос вимикається.

Мета:

- стабільний тиск у мережі;
- мінімальні коливання $\pm 0,1 \dots 0,3$ бар;
- максимальне енергозбереження.

Каскадне керування насосами

Контролер визначає кількість насосів, необхідних для підтримання тиску при поточній витраті.

Принцип роботи:

1. Першим запускається насос №1 у частотному режимі.
2. При досягненні частоти 95–100% і подальшому падінні тиску — включається насос №2.
3. Другий насос працює на частоті, що компенсує дефіцит тиску.
4. Якщо й цього недостатньо — включається насос №3.
5. При зниженні витрати першим вимикається насос, який працює з найменшим навантаженням.

Додаткові функції:

- Smart Cascade — інтелектуальний вибір оптимальної комбінації насосів.
- Load Sharing — рівномірний розподіл навантаження між працюючими насосами.
- Duty/Standby — автоматична зміна робочого насоса відповідно до напруження.

Частотне регулювання насосів

Кожен насос має вбудований частотний перетворювач, що отримує управляючий сигнал від CU 352.

Системні можливості:

- Діапазон регулювання: 0–100% оборотів.
- Плавний пуск: час розгону 3–8 сек.
- Плавна зупинка: 1–5 сек.
- Обмеження максимальної частоти (захист від перенавантаження системи).
- Інтелектуальна компенсація пікових навантажень.

Переваги:

- відсутність гідроударів;
- економія електроенергії до 45%;
- продовження ресурсу насосів.

6.3 Системи контролю і датчики

Датчики тиску

Станція комплектується:

- основним датчиком тиску 4–20 mA;
- резервним датчиком, одразу підключеним до CU 352.

Функції:

- контроль тиску в реальному часі з дискретністю 0,01 бар;
- автоматичне перемикання на резервний при несправності;
- відслідковування швидкості зміни тиску (для визначення аварій).

Контроль температури обмоток

Двигун оснащений вбудованими температурними датчиками:

- РТС або термоконтакт;
- аварійна зупинка при перегріві;
- можливість авто-перезапуску після охолодження.

Контроль струму

VFD вимірює:

- миттєвий струм;

- середньоквадратичне значення;
- перевантаження понад 110–120% призводить до аварії.

Контроль асиметрії та втрати фази

Уникнення перегріву та вібрацій.

Виявлення неправильної послідовності фаз

Передбачено блокування запуску.

Датчики сухого ходу

Станція контролює:

- тиск на всмоктуванні;
- стабільність тиску у часі;
- характерні коливання для сухого ходу.

При падінні тиску нижче порогу Alarm Suction Pressure:

- насос зупиняється;
- фіксується аварія;
- можливий авто-перезапуск через 5–30 хв.

6.4 Системи захисту та аварійні режими

Захист від сухого ходу

Реалізований комплексно:

- аналіз тиску на всмоктуванні;
- аналіз різкого падіння тиску на напорі;
- аналіз розбіжності між частотою та приростом тиску.

Захист від перевантаження по струму

- аварійне відключення при перевищенні струму;
- обмеження максимального моменту;
- моделювання перевантаження при роботі в режимі засмічення.

Захист від перегріву

- аварійне відключення при перегріві обмоток;
- запуск можливий після охолодження до безпечної температури.

Захист від гідравлічних ударів

В основі:

- частотне регулювання;
- плавний пуск/зупинка;
- затримки вмикання наступного насоса;
- адаптивне збільшення швидкості «Ramp-up».

Сигналізація та аварійні повідомлення

Панель CU 352 показує:

- код аварії;
- опис несправності;
- якісний рівень сигналів датчиків;
- рекомендації щодо усунення.

Всі аварії реєструються у журналі з часовими мітками.

6.5 Функції оптимізації та сервісної підтримки

Чергування насосів

Кожні 24 години (або за напрацюванням) CU 352 змінює:

- робочий насос,
- резервні позиції,
- пріоритет запуску.

Мета — рівномірний ресурс.

Тест резервних насосів

Раз на добу/тиждень контролер запускає короткий тест у безпечних умовах:

- перевіряє оберти;
- аналізує тиск;
- перевіряє струм;
- оцінює невідповідність обертів та приросту тиску (ознака засмічення).

Антизастійні цикли

При тривалому простої насос на кілька секунд переходить у режим 20–30% швидкості.

6.6 Діагностика та моніторинг

В меню CU 352 відображаються:

- миттєві значення тиску;
- частота обертів;
- температура двигуна;
- струм;
- кількість аварій;
- останні 100 подій.

Диспетчеризація та інтерфейси підключення до SCADA

Підтримувані інтерфейси:

- Modbus RTU (RS-485);
- Modbus TCP;
- Profibus;
- ВАСnet;
- LON;
- СІМ-шини Grundfos.

Передаються:

- робочі параметри насосів;
- тиски;
- навантаження;
- аварії;
- журнали.

Доступне:

- дистанційне встановлення Set-point;
- зміна режимів;
- перезапуск;
- блокування аварій.

Локальне керування

На CU 352:

- режим **AUTO** — повна автоматизація;
- **MANUAL** — примусове керування насосом;
- **OFF** — відключення.

Додатково:

- індикація стану кожного насоса;
- доступ до параметрів;
- окремий PIN-код для сервісу.

6.7 Алгоритм роботи насосної станції (детальний)

1. Датчик тиску передає сигнал у CU 352.
2. Контролер розраховує відхилення $\Delta P = P_{\text{set}} - P_{\text{факт}}$.
3. Якщо $\Delta P > 0$ — CU 352 збільшує частоту насоса №1.
4. При досягненні 100% частоти — включається насос №2.
5. Якщо продуктивності нестачає — включається насос №3.
6. При зниженні витрати CU 352 зменшує оберти насосів.
7. Якщо один насос працює менше 30% частоти — він вимикається.
8. CU 352 постійно аналізує аварійні стани:
 - перегрів,
 - перевантаження,
 - сухий хід,
 - перепади тиску,
 - відсутність сигналу датчика.
9. У разі аварії насос вимикається, включається резервний.
10. Всі дані записуються в архів, відправляються у SCADA.

6.8. Підсумковий перелік автоматизованих функцій

Станція виконує автоматично:

- підтримання тиску;
- каскадне керування;
- частотне регулювання;

- плавний пуск;
- захист від сухого ходу;
- захист від перевантажень;
- чергування насосів;
- тест резервних насосів;
- антизастійні цикли;
- аварійну сигналізацію;
- діагностику;
- передачу інформації у SCADA.

РОЗДІЛ 7
ОХОРОНА ПРАЦІ

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
							97
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

7.1 Загальні положення

Охорона праці є невід'ємною складовою виробничого процесу і системою правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності. Згідно із Законом України «Про охорону праці» охорона праці передбачає створення таких умов праці, які відповідають вимогам безпеки технологічних процесів, обладнання, будівель і споруд, а також забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, санітарно-побутовими приміщеннями та системами контролю за станом здоров'я.

На підприємстві повинні діяти: служба охорони праці, система інструктажів, періодичний контроль за станом робочих місць, розслідування нещасних випадків, а також постійне навчання персоналу правилам безпечної роботи. Основним принципом організації охорони праці є запобігання травматизму та мінімізація виробничих ризиків шляхом усунення небезпечних чинників на етапі проектування та введення об'єкта в експлуатацію.

7.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників

Під час виконання робіт, пов'язаних з експлуатацією та обслуговуванням насосних станцій, систем водопостачання та очисних споруд, працівники можуть бути піддані впливу різноманітних небезпечних і шкідливих факторів. До основних належать:

Механічні небезпеки

До них належать рухомі частини насосів, вентилів, електродвигунів, приводів та іншого обладнання. Потрапляння одягу або частин тіла у зону обертання може призвести до тяжких травм. Усі рухомі механізми повинні бути обладнані захисними кожухами, а доступ до них — обмежений.

Електричні небезпеки

Насосні станції працюють від електродвигунів високої потужності, що створює ризики ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції, неправильних підключеннях, роботі у вологих умовах. Необхідно застосовувати

пристрої захисного вимкнення (ПЗВ), заземлення, періодичний контроль цілісності кабельних ліній, а роботи у розподільчих щитах дозволяються тільки електротехнічному персоналу.

Хімічні небезпеки

Обслуговування установок знезараження води (електролізних, хлорування, реагентного доочищення) може супроводжуватися контактом із реагентами. При витоку хлору або гіпохлориту натрію виникає загроза отруєння або хімічних опіків. Приміщення мають бути обладнані вентиляцією, датчиками газу, аварійними душами та алгоритмами екстреної евакуації.

Фізичні фактори

До фізичних небезпек належать: шум від насосного обладнання, вібрація, підвищена вологість та температура, недостатня освітленість. При тривалому впливі шум може викликати втрату слуху, а вібрація — захворювання суглобів та нервової системи. Використовуються звукопоглинальні матеріали, віброізолюючі основи, правильне освітлення та засоби індивідуального захисту (навушники, рукавиці).

Пожежна безпека

Електрообладнання, кабельні траси та можливість короткого замикання створюють ризик загоряння. Необхідно дотримуватися вимог ПУЕ, встановлювати автоматичні системи пожежогасіння та сигналізації, а також забезпечувати наявність вогнегасників відповідного типу.

7.3 Вимоги до виробничих приміщень

1. Освітлення

Освітленість робочих зон повинна відповідати нормам ДБН В.2.5-28:2018. Природне та штучне освітлення має забезпечувати достатній рівень видимості для безпечного доступу до обладнання. Рекомендується використання світильників IP65 у вологих приміщеннях насосних станцій.

2. Вентиляція

Система вентиляції повинна забезпечувати видалення шкідливих газів, вологи та тепла. Особливо це стосується приміщень, де проводиться дозування

реагентів або електроліз. Конструкція витяжної вентиляції повинна відповідати вимогам ДБН В.2.5-67:2013.

3. Шум і вібрація

Насоси та електродвигуни створюють акустичні навантаження до 80–100 дБ. Для зниження шуму застосовують звукопоглинальні панелі, а для зменшення вібрацій — гумові або пружинні амортизатори.

4. Санітарно-побутові приміщення

Персонал має бути забезпечений душовими, гардеробними, пунктами питної води, аптечками. Доступність санітарних приміщень регламентується ДБН В.2.2-40:2018.

7.4. Вимоги безпечної експлуатації обладнання

1. Насосні агрегати

Перед запуском перевіряється стан кріплень, наявність мастила, відсутність сторонніх предметів, справність захисних кожухів. Ремонт і технічне обслуговування проводяться тільки при повному знеструмленні обладнання.

2. Електродвигуни

Електродвигуни повинні мати заземлення, тепловий захист, датчики перегріву. Пускові пристрої розміщуються у шафах керування, доступних лише електротехнічному персоналу.

3. Трубопроводи та арматура

Всі трубопроводи повинні бути надійно закріплені, арматура — справна та легко доступна для обслуговування. На ділянках можливих гідроударів слід встановлювати запобіжні клапани.

4. Обладнання для дозування реагентів

Використання насосів-дозаторів та систем хлорування вимагає наявності індивідуальних засобів захисту (окуляри, рукавиці, спеціальний одяг) та системи вентиляції з контролем витоку газів.

7.5. Пожежна безпека

1. Превентивні заходи

Пожежна безпека систем водопостачання забезпечується дотриманням правил ПУЕ, ПБЕ та нормами пожежного захисту ДБН В.1.1-7:2016. Кабелі повинні бути в негорючій ізоляції, а електрощити — мати автоматичні вимикачі.

2. Засоби пожежогасіння

У приміщеннях насосної станції необхідно встановити вогнегасники: порошкові ВП-5 або ВП-9, а також мінімум один вуглекислотний ВВК-5 у зоні розташування електрообладнання. На об'єктах з хімічними реагентами повинна діяти система локального газового пожежогасіння.

3. Організація навчання та інструктажів

Працівники проходять:

- вступний інструктаж,
- первинний інструктаж на робочому місці,
- повторний інструктаж кожні 6 місяців,
- позаплановий інструктаж при зміні технології,
- цільовий інструктаж при разових роботах.

Фахівці, які працюють з електрообладнанням, повинні мати групу допуску з електробезпеки відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98.

4. Екологічна безпека та поводження з відходами

До екологічних аспектів у системах водопостачання належать:

- безпечне зберігання реагентів,
- недопущення витоків,
- вивезення відходів відповідно до Закону України «Про відходи»,
- контроль за якістю очищеної води.

На об'єкті повинні бути журнали обліку реагентів, протоколи вимірювань та плани ліквідації аварійних ситуацій.

ВИСНОВКИ

У проєкті успішно розроблено комплексну систему водопостачання для двох населених пунктів із сумарним населенням 27 580 осіб. Проведений поточкорозподіл, детальні гідравлічні розрахунки та моделювання мережі в EPANET забезпечили обґрунтованість технічних рішень. Запроєктовано підземне джерело водопостачання на базі трьох свердловин загальною продуктивністю 10 000 м³, насосну станцію II підйому, очисні споруди та дві водонапірні башти об'ємом 400 і 300 м³.

Сукупність виконаних інженерних рішень гарантує надійне й безперервне водопостачання в умовах змінних режимів споживання та під час пікових навантажень.

Таким чином, розроблена система водопостачання відзначається надійністю, енергоефективністю та здатністю забезпечувати безперервне водопостачання мешканців упродовж доби, враховуючи як звичайні, так і пікові режими роботи мережі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 172 с.
2. Кушка О.М. Методичні вказівки для виконання проекту з дисципліни “Споруди і обладнання водопостачання” (електронна версія) – К., 2008.
3. Тугай А.М., Терновцев В.Е. Водоснабжение. Курсовое проектирование. - К.: Вища школа.
4. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Справочное пособие. - М.: Стройиздат, 1984.
5. Оборудование водопроводно - канализационных сооружений: Справочник монтажника / Под ред. А.С.Москвитина. -М.: Стойиздат, 1979.
6. Николадзе ГЛ. Технология очистки природных вод. – М.: Вища школа, 1987.
7. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: 1971.
8. Перешивкин А.К., Александров А.А., Долматов Н.Я. и др. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации (Справочник монтажника). – Изд. 3-е перераб. и доп. – М.; Стройиздат, 1978.
9. Зоря О.В, Копаниця Ю.Д. ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ - Методичні вказівки до курсового проекту – 2007
10. Зима С.В, Фролов А.В. МОНТАЖ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ - Методические указания к курсовому проекту – 1993
11. ДБН А.3.2-2-2009 ОХОРОНА ПРАЦІ І ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА У БУДІВНИЦТВІ. Основні положення ДБН А.3.2-2-2009
12. Водозабірні споруди. Водозабірні свердловини: методичні вказівки до виконання курсового проекту/роботи / Уклад.: С.В. Величко, О.В. Дупляк – К.: КНУБА, 2025. – 30с.
13. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» Aqua-life.ua (Гігієнічні вимоги до води питної).
14. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. (Використовується для загального проектування зовнішніх систем водопостачання, згадано у Розділі 1.6 та у списку літератури).

15. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. (Використовується для розрахунку освітлення виробничих приміщень у Розділі 7.3).
16. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
17. ДБН В.2.2-40:2018 Інклюзивність будівель і споруд. (Використовується для вимог до санітарно-побутових приміщень).
18. IEC 61508 — Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safetyrelated Systems. [Wikipedia \(IEC 61508\)](#). (Стандарти функціональної безпеки для систем автоматизації).
19. ISO 13849 — Safety of machinery: safety-related parts of control systems. [Wikipedia \(ISO 13849\)](#). (Стандарти безпеки обладнання для систем автоматизації).
20. Закон України «Про охорону праці». (Правові основи організації охорони праці — Розділ 7.1).
21. Закон України «Про відходи». (Вимоги до поводження з відходами та екологічної безпеки — Розділ 7.4).
22. Кодекс законів (України). (Загальна правова база).
23. Automation of a water supply pumping station based on a controller — стаття 2024. [Publisher Agency \(Стаття\)](#). (Використовується при проектуванні системи автоматизації насосної станції).
24. An Analytical Approach for the Optimal Operation of Pumps in Booster Systems. [arXiv \(Стаття\)](#). (Оптимізація роботи насосів).
25. Data-driven Predictive Energy Optimization in a Wastewater Pumping Station. [arXiv \(Стаття\)](#). (Оптимізація енергоспоживання).
26. Deep Reinforcement Learning for Real-Time Optimization of Pumps in Water Distribution Systems. [arXiv \(Стаття\)](#). (Керування насосами в режимі реального часу).
27. Алгоритм енергоефективного керування групою насосів у насосній станції. [Hydro-UA \(Стаття\)](#). (Автоматизація та оптимізація роботи насосного обладнання).
28. Форма №1-ПВ (місячна). (Використовується для статистичної звітності з праці).
29. Форма № 1-Т (місячна). (Використовується для статистичної звітності з оплати праці).
30. Посадова інструкція. (Використовується для опису функціональних обов'язків).
31. Інструкція з охорони праці. (Використовується для розробки розділу Охорони праці).

32. Журнал реєстрації інструктажів з питань охорони праці (типова форма). *(Використовується для ведення обліку інструктажів).*
33. Міжнародна організація праці (МОП). Конвенції та рекомендації з охорони праці. *(Використовується для міжнародних вимог).*
34. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ). Охорона праці та здоров'я. *(Використовується для загальних вимог до здоров'я).*
35. ДСТУ ISO 5667-1:2003 Якість води. Відбір проб. Частина 1. Настанови щодо розроблення програм відбору проб
36. ДСТУ EN 805:2014 Водопостачання. Вимоги до систем та компонентів зовнішніх мереж і споруд
37. ДСТУ 3.01-98 Охорона праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги