

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ  
ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

**КАФЕДРА ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ І ОЧИЩЕННЯ ВОД**

**Пояснювальна записка**  
до кваліфікаційної роботи  
першого (бакалаврського) рівня освіти  
на тему «**ЛОКАЛЬНА СИСТЕМА ВОДОПОСТАЧАННЯ СЕЛИЩА**»

Виконав: здобувач вищої освіти  
4-го курсу, групи ХарЦІ 2022-13  
спеціальності 192 – Будівництво  
та цивільна інженерія освітня  
програма  
«Цивільна інженерія»  
Тищенко О.Г.  
Керівник Сироватський О.А.  
Рецензент Гайдучок О.Г.

Харків - 2026 р.

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА**

**Факультет** Навчально-науковий інститут землеустрою, будівництва та цивільної інженерії

**Кафедра** Водопостачання, водовідведення і очищення вод

**Освітній рівень** перший (бакалаврський)

**Спеціальність** 192 – Будівництво та цивільна інженерія

**Освітня програма** «Будівництво та цивільна інженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ВВ і ОВ**

 **проф. Карагяур А.С.**

“        ”        2026 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ОСВІТИ**

Тищенко Олександрю Григоровичу

1. Тема роботи «Локальна система водопостачання селища»

керівник роботи Сироватський Олександр Анатолійович, канд. техн. наук, доцент  
затверджені наказом вищого навчального закладу від 27.02.2026 року № 187-03

2. Строк подання студентом роботи 20.06.2026 р.







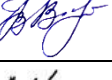
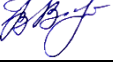
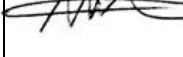

3. Вихідні дані до роботи: для населеного пункту з крупною молочною фермою і міською інфраструктуррою, розташованому в Дніпропетровській області виконати проєкт зовнішніх водопровідних мереж, розрахувати сумарне водоспоживання селища, акумулюючі і регулюючі ємкості, побудувати п'єзометричні лінії, передбачити заходи з протипожежного забезпечення, запроєктувати блок споруд для забору води з підземного джерела і насосну станцію другого підйому, вибрати основне технологічне обладнання, побудувати схему комунікацій насосних станцій, обрати головне та допоміжне обладнання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1 Зовнішні водопровідні мережі міста і селищ. 4.2. Споруди площадки 1-го підйому. 4.3. Експлуатація мереж водопостачання. 4.4. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5.1 Технологічна частина – 6 креслень;

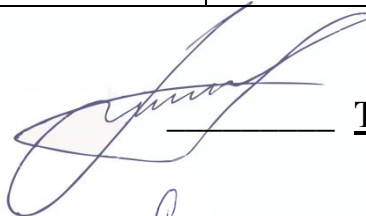
## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Зовнішня водопровідна мережа	доц. Сироватський О.А.		
2. Споруди площадки 1-го підйому	доц. Сироватський О.А.		
3. Експлуатація мереж водопостачання	доц. Сироватський О.А.		
4. Охорона праці	Доц. Барбашин В.В.		
Допуск до захисту	проф. Карагяур А.С.		
Показник оригінальності кваліфікаційної роботи	доц. Сорокіна К. Б.		

7. Дата видачі завдання 02.03.2026 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Зовнішні водопровідні мережі	<b>02.03 – 25.03.2026</b>	
2	Насосна станція 1-го підйому, РЧВ	<b>26.03 – 20.04.2026</b>	
3	Насосна станція 2-го підйому	<b>21.04 – 15.05.2026</b>	
4	Експлуатація мереж водопостачання	<b>16.05 – 01.06.2026</b>	
5	Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях	<b>01.06 – 10.06.2026</b>	
6	Графічна частина	<b>02.03 – 01.06.2026</b>	
7	Оформлення і захист	<b>11.06 – 20.06.2026</b>	

Здобувач освіти

Тищенко О.Г.

Керівник роботи

Сироватський О.А.

**ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу  
бакалавра  
здобувачу освіти 4-го курсу,  
групи ХарЦІ 2022-1з  
Тищенко О.Г.

1. Генеральний план населеного пункту М 1:5000;
2. Населення селища – 4,8 тисячі жителів;
3. Поверховість забудови – приватний сектор і 3-поверхова;
4. Ступінь благоустрою забудови – з ваннами і місцевими водонагрівачами;
5. Область будівництва – Дніпропетровська;
6. Розрахунок проекту – на повний строк дії генерального плану;
7. Відомості про промислові підприємства міста:
  - Загальноосвітня середня школа на 280 учнів і 35 одиниць педагогічного і обслуговуючого персоналу;
  - Заклад дошкільної освіти на 180 дітей і 40 штатних одиниць обслуговуючого персоналу;
  - Агропідприємство: молочна ферма потужністю 300 голів. Обслуговуючий персонал – 25 штатних працівників.
8. Геодезична позначка поверхні землі в місці розміщення водозабору – 110.00;
9. Мінімальний рівень води в РЧВ – 112.00;
10. Рівень води у вхідній камері очисних споруд – 125.00
11. Довжина напірних водоводів:
  - 1-го підйому - 800 м,
  - 2-го підйому – 1500 м.

**Здобувач освіти**

**Олександр ТИЩЕНКО**

**Керівник роботи**

**Олександр СИРОВАТСЬКИЙ**

## ЗМІСТ

	стор
ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	7
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Обсяги споживання питної води жителями селища	21
2.2 Водоспоживання крупних окремих споживачів	22
2.3 Розрахунок водонапірної вежі на мережі селища	25
2.4 Гідравлічний розрахунок мережі питного водопостачання	31
2.5 Побудова п'єзометричної лінії для водопровідної мережі питної води	39
2.6 Протипожежне водопостачання селища	40
2.7 Гідравлічний розрахунок мережі поливального водопроводу	41
2.8 Проект свердловинної насосної станції з підземного джерела	45
2.9 Резервуари чистої води (РЧВ)	51
2.10 Проект насосної станції 2-го підйому	53
2.11 Проект насосної станції 2-го підйому	53
3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЄМКІСНИХ СПОРУД	67
3.1 Резервуари чистої води	67
3.2 Водонапірні вежі Рожновського	68
3.3 Протипожежні резервуари	69
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	72
4.1 Аналіз умов праці на об'єкті проектування з виявленням можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів	73
4.2 Організація безпечних і нешкідливих умов праці на об'єкті проектування	75
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	78
4.4 Індивідуальне завдання	79
ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82

## ВСТУП

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і графічної частини з шести аркушів формату А1. Загальний обсяг пояснювальної записки складає 84 сторінки, 20 таблиць та 14 рисунків, список використаних джерел містить 29 позицій.

*ПИТНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, КІЛЬЦЕВА МЕРЕЖА, КОМПЛЕКС СВЕРДЛОВИН, НАСОСНА СТАНЦІЯ ДРУГОГО ПІДЙОМУ, ПРОТИПОЖЕЖНИЙ РЕЗЕРВУАР, КАМЕРА ПЕРЕКЛЮЧЕННЯ.*

*Мета роботи* – виконання комплексного проекту питного, поливального і протипожежного водопроводу селища в Дніпропетровській області.

Надійне та безперебійне водозабезпечення є обов'язковою умовою комфортного проживання населення, стабільного функціонування соціальної сфери, розвитку господарської діяльності та підтримання належного санітарно-гігієнічного стану території [1-2].

Актуальність розроблення проекту локальної системи водопостачання обумовлена необхідністю створення ефективної, економічно обґрунтованої та екологічно безпечної системи забезпечення водою всіх категорій споживачів. Водночас система повинна забезпечувати потреби населення у воді для господарсько-питних потреб, благоустрою території, поливу зелених насаджень і присадибних ділянок, а також для цілей пожежогасіння [2,3]. Саме тому під час проектування необхідно враховувати сучасні вимоги до енергоефективності, надійності та довговічності обладнання й трубопровідних мереж [3,4].

Важливим аспектом є також забезпечення протипожежної безпеки населеного пункту. Це потребує правильного визначення розрахункових витрат води, оптимального розміщення пожежних гідрантів і забезпечення достатнього тиску у водопровідній мережі [5].

Реалізація запропонованих технічних рішень сприятиме підвищенню рівня благоустрою селища, покращенню санітарно-гігієнічних умов проживання та раціональному використанню природних ресурсів.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Селище, для якого в межах даного проєкту розробляється система водопостачання, розташоване на заході Дніпропетровської області. Наведемо коротку характеристику архітектурно-будівельних, кліматичних, географічних умов будівництва в даному регіоні.

Західна частина Дніпропетровської області розташована в межах Придніпровської височини та степової природно-кліматичної зони України. Територія характеризується переважно рівнинним рельєфом із незначними перепадами висот, наявністю балок, долин малих річок та штучних водойм. Такі природні умови є сприятливими для розміщення населених пунктів, розвитку транспортної інфраструктури та будівництва інженерних мереж, у тому числі систем водопостачання. Рівнинний характер місцевості забезпечує можливість прокладання трубопроводів із мінімальними складнощами, а також спрощує організацію водорозподільних мереж і будівництво насосних станцій. Кількість жителів в селищі по проєкту – 4800 чол. Площа селища становить 522 га і має розміри 2,9 км із заходу на схід і 1,8 км з півдня на північ. Усереднена щільність населення близько 900 жителів на 1 км<sup>2</sup>. Рельєф території населеного пункту – рівномірний з поступовим підйомом на 7,0 м з півдня на північ.

Клімат західної частини Дніпропетровської області є помірно континентальним із відносно жарким та посушливим літом і помірно холодною зимою. Формування кліматичних умов визначається впливом континентальних повітряних мас, віддаленістю від великих водних басейнів та особливостями степової зони. Середньорічна температура повітря становить приблизно +8...+10 °С. Найхолоднішим місяцем є січень із середньою температурою від –4 °С до –6 °С, а найтеплішим — липень, коли середня температура повітря досягає +21...+24 °С. У літній період можливе підвищення температури до +35 °С і вище, що зумовлює значне збільшення споживання води населенням та потреб у поливі зелених насаджень [6].

Кількість атмосферних опадів у регіоні є відносно невеликою і становить у середньому 400–500 мм на рік. Основна частина опадів припадає на теплий період

року у вигляді дощів, часто зливогого характеру. Для території характерні періодичні посухи та суховії, які негативно впливають на стан ґрунтів і рослинності. У зв'язку з цим важливого значення набуває раціональне використання водних ресурсів, а також створення ефективної системи водопостачання, здатної забезпечити стабільне водозабезпечення навіть у періоди максимального водоспоживання [2].

Панівними вітрами на території західної частини Дніпропетровської області є вітри східного, південно-східного та північно-східного напрямків у зимовий період, а влітку переважають північно-західні та західні вітри. Середня швидкість вітру становить близько 3–5 м/с, однак у періоди проходження атмосферних фронтів можливі значні пориви. Вітровий режим має важливе значення при плануванні розміщення водопровідних споруд, очисних об'єктів та зон санітарної охорони, оскільки впливає на поширення пилу, випаровування та мікроклімат території [6].

Ґрунтовий покрив території представлений переважно чорноземами звичайними та південними, які характеризуються високою родючістю та добрими фізико-механічними властивостями. У понижених ділянках рельєфу можуть зустрічатися лучно-чорноземні та супіщані ґрунти. Для більшості території характерна наявність лесових і лесоподібних суглинків, які широко поширені у степовій зоні України. Такі ґрунти мають достатню несучу здатність і є сприятливими для будівництва підземних інженерних комунікацій. Водночас лесові ґрунти можуть проявляти просадкові властивості при зволоженні, що необхідно враховувати під час проектування фундаментів споруд і прокладання трубопроводів [7]. Житлова забудова селища представлена приватним сектором (350 ділянок) і 3-поверховими двопід'їздними будинками підвищеної комфортності (85 будинків). Вся житлова забудова за обладнана централізованим внутрішнім водопостачанням і каналізацією з місцевими газовими водонагрівачами і ваннами. Крім житлової забудови селище має розвинену міську інфраструктуру, представлену закладом середньої освіти на 280 місць, дошкільним закладом на 150 місць і агропромисловим підприємством (молочною

фермою) на 300 голів. Прийнята в роботі перспектива будівництва – розрахунковий термін дії генерального плану. Генплан селища і прилеглих територій представлений на аркуші 1 графічної частини (М 1:5000).

Важливими характеристиками для проектування систем водопостачання є глибина промерзання ґрунту та глибина проникнення плюсових температур. Для західної частини Дніпропетровської області нормативна глибина сезонного промерзання ґрунтів становить у середньому 0,8–1,0 м, залежно від типу ґрунту та конкретних кліматичних умов року. У суворі зими промерзання може досягати 1,2 м [6]. Саме тому прокладання водопровідних мереж необхідно здійснювати нижче рівня промерзання, що дозволяє запобігти замерзанню води в трубопроводах та забезпечити безперебійну роботу системи в зимовий період.

Глибина проникнення в ґрунт плюсових температур у літній період становить приблизно 1,5–2,0 м. Цей показник впливає на температурний режим підземних комунікацій, умови експлуатації трубопроводів та стабільність ґрунтової основи. На невеликих глибинах спостерігаються сезонні коливання температури, тоді як на більшій глибині температурний режим стає стабільнішим [6]. Урахування цих факторів є необхідним при виборі матеріалів труб, способів теплоізоляції та визначенні глибини закладання мереж.

Архітектурно-планувальна структура населених пунктів західної частини Дніпропетровської області зазвичай поєднує приватну садибну забудову з багатоквартирними житловими будинками малої та середньої поверховості. Значну частину території займають громадські будівлі, об'єкти соціальної інфраструктури, торговельні та адміністративні споруди. Така структура забудови формує нерівномірний режим водоспоживання, який необхідно враховувати при розрахунках системи водопостачання та визначенні діаметрів трубопроводів. Згідно нормативам, дана територія відноситься до II архітектурно-будівельного кліматичного району, підрайон південний степ.

Логістичні умови регіону є відносно сприятливими завдяки наявності розвиненої транспортної мережі, автомобільних доріг місцевого та регіонального значення, а також близькості до великих промислових центрів області. Це

забезпечує можливість постачання будівельних матеріалів, обладнання та виконання монтажних робіт у необхідні терміни. Разом із тим під час будівництва та експлуатації інженерних мереж необхідно враховувати існуючу забудову, транспортні комунікації та вимоги до охорони навколишнього середовища. Комплексне врахування природних, кліматичних, архітектурних і логістичних умов дозволяє забезпечити надійність, довговічність та ефективність системи водопостачання населеного пункту [4].

Водні ресурси західної частини Дніпропетровської області представлені поверхневими та підземними джерелами, які можуть бути використані для господарсько-питного, виробничого та технічного водопостачання населених пунктів. Вибір джерела водопостачання є одним із найважливіших етапів проектування системи, оскільки від цього залежить надійність забезпечення споживачів водою, її якість, економічна ефективність експлуатації системи та вплив на навколишнє природне середовище. Для умов селища, розташованого у західній частині Дніпропетровської області, доцільним є комплексний підхід до використання водних ресурсів із розділенням систем питного та поливального водопостачання [7].

До поверхневих водних ресурсів регіону належать річки, ставки, водосховища та інші штучні водойми. У межах населеного пункту розташований ставок джерельного живлення, який використовується населенням для культурно-рекреаційних потреб. Подібні водойми мають важливе значення для місцевого водогосподарського балансу, однак їх використання для централізованого питного водопостачання потребує складних та дорогих заходів із очищення й знезараження води [8]. Поверхневі води найбільше піддаються впливу зовнішніх факторів: сезонним змінам температури, забрудненню поверхневими стоками, біологічному забрудненню, цвітінню води в теплий період року та потраплянню органічних речовин. Крім того, якість води у ставках значною мірою залежить від санітарного стану прибережної території та інтенсивності господарської діяльності [8]. В південно-східній частині селища розташований штучний ставок джерельного живлення площею 110 га. Середня глибина ставка – 3,5 – 5,0 м, в

прибережній зоні до 1,3 – 1,5 м. На сході ставка улаштована земляна гребля із скидом. Водойма використовується для культурно-оздоровчих і рекреаційних потреб населення сміста.

У літній період, особливо за умов високих температур і недостатньої кількості атмосферних опадів, у поверхневих водоймах може спостерігатися зниження рівня води, погіршення її санітарно-гігієнічних показників та збільшення концентрації забруднюючих речовин. Це ускладнює використання поверхневих джерел для забезпечення населення питною водою без застосування складних технологічних схем водо підготовки [1, 3, 8]. Водночас поверхневі води можуть ефективно використовуватися для технічних потреб, поливу зелених насаджень, присадибних ділянок і благоустрою території [2, 4].

Підземні води регіону є більш надійним і стабільним джерелом господарсько-питного водопостачання [1]. У межах західної частини Дніпропетровської області поширені водоносні горизонти, приурочені до тріщинуватих порід кристалічного фундаменту та осадових відкладів. Підземні води характеризуються більш стабільним хімічним складом, меншою залежністю від сезонних коливань та кращими санітарними показниками порівняно з поверхневими водами. Завдяки природній фільтрації через шари ґрунту та гірських порід вони мають нижчий вміст органічних забруднень і мікроорганізмів [7].

Для забезпечення населення питною водою найбільш доцільним є використання саме підземного джерела водопостачання шляхом улаштування артезіанських свердловин. Такий варіант дозволяє отримати воду стабільної якості та забезпечити надійність системи водопостачання. Використання підземних вод також спрощує технологічну схему водопідготовки, зменшує витрати на очищення та підвищує санітарну безпеку системи [1-2, 8].

У сучасних умовах особливої актуальності набуває питання раціонального використання питної води [2]. З цією метою доцільним є улаштування двох незалежних систем водопостачання: господарсько-питної та поливальної. Господарсько-питна система повинна забезпечувати населення, громадські

будівлі, заклади освіти, охорони здоров'я та виробничі об'єкти водою питної якості з підземного джерела. Поливальна система може використовувати воду зі ставка, розташованого поблизу селища.

Розділення систем водопостачання має низку важливих переваг. Насамперед це дозволяє значно зменшити витрати високоякісної питної води на технічні потреби, які не потребують води питної якості. У літній період витрати води на полив зелених насаджень і присадибних ділянок суттєво зростають, тому використання для цього води зі ставка є економічно та екологічно обґрунтованим рішенням. Це знижує навантаження на підземні водоносні горизонти та сприяє збереженню запасів питної води.

Крім економії водних ресурсів, окрема поливальна система дозволяє зменшити діаметри трубопроводів господарсько-питної мережі, стабілізувати тиск у системі та підвищити надійність її роботи [4]. Відсутність значних сезонних коливань витрат у питному водопроводі позитивно впливає на режими роботи насосного обладнання та знижує енерговитрати. Також окремі системи дають можливість більш ефективно контролювати якість питної води та спрощують експлуатацію мереж.

Важливим елементом системи водопостачання є забезпечення протипожежних потреб населеного пункту. Для даного селища доцільним є організація протипожежного водопостачання з використанням підземних резервуарів, розміщених у різних частинах території [1]. Таке рішення забезпечує створення необхідного аварійного запасу води для зовнішнього пожежогасіння та підвищує надійність системи у випадку аварій або пікових навантажень.

Підземне розміщення резервуарів має низку переваг. Воно дозволяє захистити запас води від замерзання взимку, перегрівання влітку та зовнішнього забруднення. Крім того, підземні резервуари не займають значної площі на території селища та не погіршують архітектурний вигляд забудови. Їх розміщення у різних районах населеного пункту забезпечує скорочення відстані подачі води до місця пожежі та підвищує оперативність роботи пожежно-рятувальних підрозділів [5].

Відновлення протипожежного запасу води доцільно здійснювати з мережі господарсько-питного водопроводу. Така схема є економічно обґрунтованою, оскільки дозволяє уникнути будівництва окремої системи наповнення резервуарів. Заповнення резервуарів може проводитися поступово після ліквідації пожежі без суттєвого впливу на роботу системи водопостачання [1]. При цьому необхідно передбачити автоматичний контроль рівня води в резервуарах та забезпечити можливість їх регулярного оновлення для підтримання належної якості води.

Таким чином, аналіз водних ресурсів регіону свідчить про доцільність комплексного використання підземних і поверхневих джерел води з організацією окремих систем питного та поливального водопостачання. Такий підхід дозволяє забезпечити населення якісною питною водою, раціонально використовувати природні ресурси, підвищити надійність роботи системи та створити ефективну систему протипожежного захисту населеного пункту.

Західна частина Дніпропетровської області розташована в межах гідрогеологічної області Українського щита, де основними джерелами підземних вод є тріщинуваті кристалічні породи та осадові відклади мезозойського й кайнозойського віку. Для регіону характерна складна геологічна будова, що обумовлює наявність декількох водоносних горизонтів із різними умовами залягання, запасами та якістю води [7].

Характеристика основних водоносних горизонтів західної частини Дніпропетровської області показана в таблиці 1.1, складеної за даними [7].

Найближче до поверхні залягають ґрунтові води четвертинних алювіальних і делювіальних відкладів. Вони приурочені до піщаних, супіщаних та суглинистих порід річкових долин, балок і понижень рельєфу. Глибина їх залягання зазвичай становить від 2 до 10 м, а потужність водоносного горизонту — від 1 до 5 м. Дебіт таких вод є невеликим і значною мірою залежить від сезонних опадів. Через незначну глибину залягання ці води слабо захищені від поверхневого забруднення, тому їх якість часто не відповідає вимогам господарсько-питного водопостачання. У них можуть спостерігатися підвищені концентрації органічних

речовин, нітратів та бактеріальне забруднення. Саме тому використання верхніх ґрунтових вод для централізованого питного водопостачання є недоцільним.

Таблиця 1.1 – Водоносні підземні горизонти західної частини Дніпропетровської області [7]

Водоносний горизонт	Глибина залягання, м	Потужність, м	Породи горизонту	Характеристика води
Ґрунтові води четвертинних відкладів	2–10	1–5	Піски, супіски, суглинки, алювіальні відклади	Вода нестабільної якості, залежить від опадів і сезонів; можливе бактеріальне та нітратне забруднення
Водоносні горизонти неогенових і палеогенових відкладів	20–60	10–30	Піски, пісковики, вапняки, мергелі	Переважно прісна вода; можливе підвищення жорсткості, вмісту заліза і марганцю
Тріщинуваті води кристалічних порід Українського щита	40–150	10–40	Граніти, гнейси, кварцити, тріщинуваті кристалічні породи	Стабільна за складом прісна вода; низький вміст органічних забруднень; іноді підвищена жорсткість або вміст заліза
Глибокі палеозойські горизонти	200–300	20–50	Глибокі осадові та кристалічні породи	Висока мінералізація, можливі солонуваті або мінеральні води

Нижче залягають водоносні горизонти неогенових та палеогенових відкладів, представлені переважно пісками, пісковиками та тріщинуватими вапняками. Глибина їх залягання у західній частині Дніпропетровської області зазвичай становить 20–60 м, а потужність водоносних шарів коливається в межах 10–30 м. Води цих горизонтів мають кращу природну захищеність від забруднення завдяки наявності перекриваючих глинистих порід. За хімічним

складом вони переважно гідрокарбонатно-кальцієві або гідрокарбонатно-сульфатні з мінералізацією, придатною для господарсько-питного використання після нескладної підготовки. Однак у деяких районах можливий підвищений вміст заліза, марганцю або жорсткість води, що потребує додаткового очищення.

Найбільш поширеними та перспективними для водопостачання є водоносні горизонти тріщинуватої зони кристалічних порід Українського щита [7, 9]. Вони залягають у гранітах, гнейсах, кварцитах та інших кристалічних породах, які мають систему тріщин і зон вивітрювання, заповнених водою. Глибина залягання таких горизонтів у регіоні становить переважно 40–100 м, а в окремих районах може досягати 120–150 м. Потужність водоносної зони зазвичай складає 10–40 м залежно від ступеня тріщинуватості порід. Саме в цих горизонтах найчастіше облаштовують артезіанські свердловини для централізованого водопостачання населених пунктів.

Води тріщинуватих кристалічних порід характеризуються відносно стабільним хімічним складом і високою санітарною надійністю. Вони мають низький вміст органічних забруднень та мікроорганізмів завдяки природній фільтрації через товщу порід. Найчастіше ці води є прісними або слабомінералізованими, з мінералізацією в межах 0,3–1,0 г/дм<sup>3</sup>. За складом вони переважно гідрокарбонатно-кальцієві або кальцієво-магнієві. Основними недоліками можуть бути підвищена жорсткість, а також вміст заліза й марганцю, однак ці показники зазвичай легко коригуються шляхом аерації та фільтрації [7].

Глибші горизонти, приурочені до палеозойських порід, у межах регіону також містять підземні води, однак із збільшенням глибини спостерігається зростання мінералізації. На глибинах понад 200–300 м води часто стають солонуватими або мінералізованими, що обмежує їх використання для господарсько-питного водопостачання без складного опріснення.

Для централізованого питного водопостачання селищ західної частини Дніпропетровської області найбільш придатними є саме водоносні горизонти тріщинуватих кристалічних порід та частково неогенові піщані горизонти. Їх основними перевагами є: достатня природна захищеність від поверхневого

забруднення; стабільна якість води протягом року; невеликий вміст органічних речовин і бактерій; можливість отримання значних дебітів свердловин; відносна незалежність від сезонних кліматичних коливань.

Орієнтовний усереднений якісний склад підземних вод тріщинуватих кристалічних порід водоносного горизонту Українського геологічного щита наведена в таблиці 1.2 [7].

Таблиця 1.2 – Усереднена якість підземних вод тріщинуватих кристалічних порід [7].

Показник	Вміст
Мінералізація	0,3–1,0 г/дм <sup>3</sup>
Водневий показник (рН)	6,8–7,5
Загальна жорсткість	5–9 ммоль/дм <sup>3</sup>
Кальцій (Ca <sup>2+</sup> )	40–120 мг/дм <sup>3</sup>
Магній (Mg <sup>2+</sup> )	10–40 мг/дм <sup>3</sup>
Натрій + калій (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	20–80 мг/дм <sup>3</sup>
Гідрокарбонати (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	200–500 мг/дм <sup>3</sup>
Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	20–150 мг/дм <sup>3</sup>
Хлориди (Cl <sup>-</sup> )	10–80 мг/дм <sup>3</sup>
Залізо загальне (Fe)	0,1–1,5 мг/дм <sup>3</sup>
Марганець (Mn)	0,02–0,3 мг/дм <sup>3</sup>
Амоній (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	До 0,2 мг/дм <sup>3</sup>
Нітрати (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	1–20 мг/дм <sup>3</sup>
Окиснюваність	1–3 мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Каламутність	Низька
Бактеріальне забруднення	Практично відсутнє

Аналіз якісного складу дозволяє зробити висновок, що води зазначеного горизонту в цілому відповідають вимогам якості, що пред'являються для питної води [10]. Але підвищений вміст заліза (в окремих випадках і марганцю), а також підвищена жорсткість вимагають проведення відносно нескладної водопідготовки традиційними способами (аерація, фільтрація тощо) [8].

Для умов проєктованого селища найбільш доцільним є використання артезіанських свердловин глибиною приблизно 60–100 м, які розкриватимуть тріщинуваті водоносні горизонти кристалічних порід. Таке рішення дозволяє забезпечити населення стабільною за якістю питною водою та гарантувати

надійність системи водопостачання навіть у посушливі періоди. Використання саме підземних вод також зменшує залежність системи від стану поверхневих водойм і спрощує організацію санітарної охорони джерела водопостачання [2].

Для умов західної частини Дніпропетровської області, де основним джерелом підземних вод є тріщинуваті кристалічні породи Українського щита, найбільш доцільним способом буріння водозабірних свердловин є роторне буріння з промивкою, а також ударно-пневматичне буріння (буріння занурюваними пневмоударниками) у скельних породах [9]. Вибір конкретного способу залежить від геологічного розрізу, глибини свердловини, необхідного дебіту та техніко-економічних умов будівництва.

Для даного регіону характерна наявність потужного шару лесових суглинків і вивітрілих порід у верхній частині геологічного розрізу, під якими залягають щільні кристалічні породи – граніти, гнейси, кварцити. Саме ці тріщинуваті скельні породи є основним водоносним горизонтом. Через високу міцність порід традиційні шнекові або ударно-канатні методи буріння тут малоефективні та економічно не вигідні [9].

Найбільш поширеним і технічно обґрунтованим способом є роторне буріння з прямою промивкою буровим розчином на початкових інтервалах свердловини та подальшим застосуванням пневмоударника у зоні кристалічних порід. Така комбінована технологія дозволяє ефективно проходити як пухкі верхні відклади, так і міцні тріщинуваті граніти [1, 9].

Основні переваги роторного буріння для умов Українського щита: висока швидкість проходки; можливість буріння свердловин глибиною понад 100 м; забезпечення стабільності стінок свердловини у пухких відкладах; можливість встановлення обсадних колон великого діаметра; добра керованість процесом буріння.

У зоні кристалічних порід особливо ефективним є буріння занурюваними пневмоударниками з продуванням стисненим повітрям. Ця технологія добре працює саме в умовах тріщинуватих гранітів та гнейсів, характерних для заходу

Дніпропетровської області. Пневмоударник руйнує міцну породу ударною дією, а стиснене повітря одночасно очищає свердловину від шламу.

До переваг ударно-пневматичного буріння відносяться: висока ефективність у твердих кристалічних породах; точне розкриття водоносних тріщин; менше замулення водоносного горизонту; вища продуктивність свердловини; можливість отримання чистішої води після завершення буріння. Принципова схема буріння свердловини показана на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Схема буріння свердловини комбінованим роторно-пневматичним способом

Для регіону існує кілька важливих місцевих особливостей, які необхідно враховувати під час буріння свердловин [9].

Перша особливість – нерівномірна тріщинуватість кристалічних порід. Водоносність гранітів і гнейсів безпосередньо залежить від кількості та розкриття тріщин. Тому навіть сусідні свердловини можуть мати суттєво різні дебїти. Найбільш перспективними є ділянки тектонічних порушень, зон вивітрювання та підвищеної тріщинуватості порід.

Друга особливість – значна потужність зони вивітрювання. У багатьох районах верхня частина кристалічного масиву сильно вивітрена та розущільнена. Такі породи можуть бути нестійкими, що потребує обов'язкового обсадження верхніх інтервалів свердловини сталевими або пластиковими трубами.

Третя особливість – підвищений вміст заліза та марганцю у воді. У тріщинуватих кристалічних породах Українського щита часто спостерігається природне залізисте забруднення підземних вод. Тому після буріння та дослідної відкачки обов'язково виконується хімічний аналіз води для визначення необхідності знезалізнення.

Четверта особливість – порівняно невеликі дебїти свердловин. Для більшості свердловин у кристалічних породах регіону характерний дебїт у межах 1–10 м<sup>3</sup>/год. Саме тому для централізованого водопостачання населеного пункту часто передбачають буріння декількох свердловин, які працюють паралельно.

Для селища з населенням близько 4800 жителів найбільш доцільним є буріння групи артезіанських свердловин глибиною приблизно 60–100 м із використанням комбінованої технології:

- у верхніх пухких відкладах — роторне буріння з промивкою;
- у кристалічному масиві — буріння пневмоударником.

Такий підхід забезпечує: надійне розкриття водоносного горизонту, стабільний дебїт свердловин, тривалий термін експлуатації, добру якість підземної води, економічну ефективність будівництва та експлуатації водозабору.

Для буріння свердловин в проєкті передбачаємо використання бурової установки УРБ-2А2 роторного типу з можливістю роботи пневмоударником. Установка забезпечує буріння свердловин глибиною 60–120 м, проходку як пухких четвертинних відкладів, так і міцних гранітів, роботу з обсадними

трубами, подачу промивального розчину і стисненого повітря. Схема установки на автомобільному шасі показана на рисунку 1.2 [1, 9].

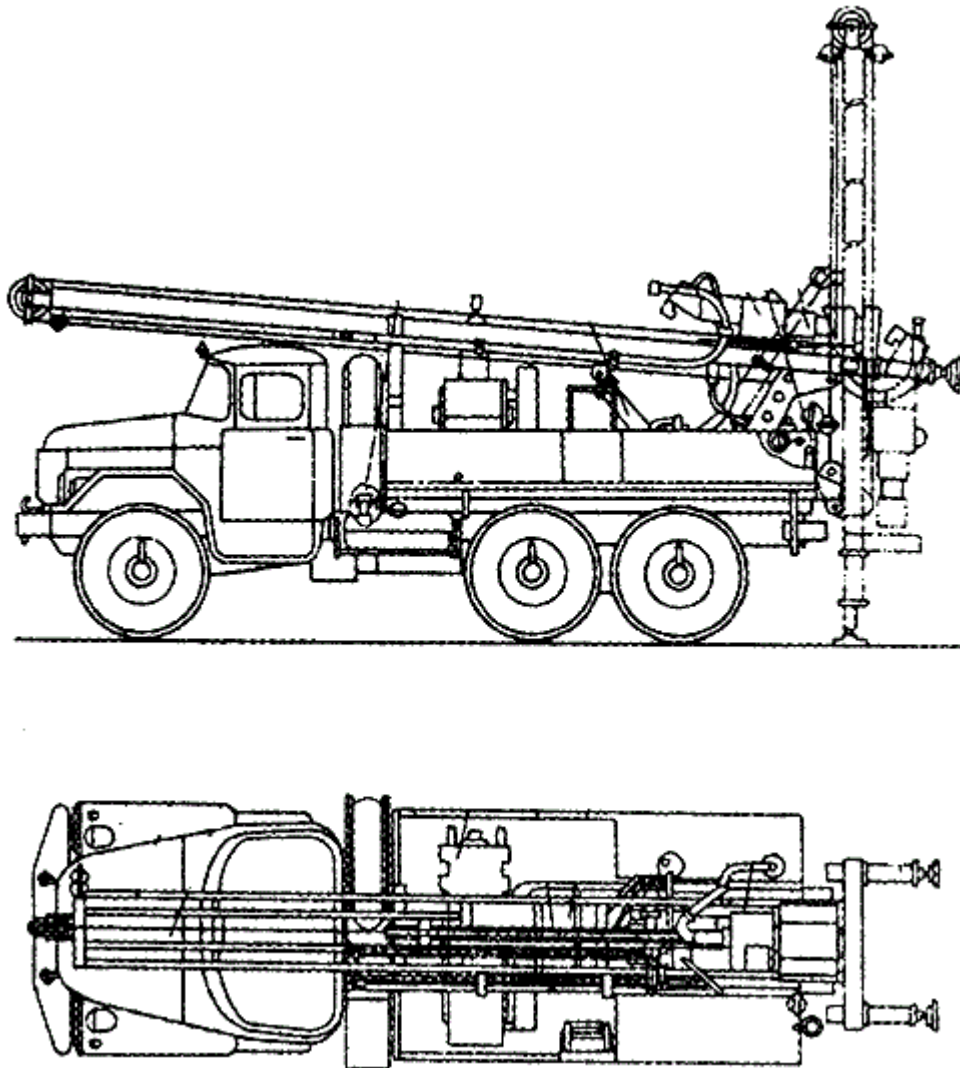


Рисунок 1.2 – Бурова установка УРБ-2А2.

Особливістю свердловин даного водоносного горизонту є те, що установка фільтра у свердловину не є обов'язковою через характер руху підземних вод в ньому [7].

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Обсяги споживання питної води жителями селища

Основними витратами споживаної питної води жителями селища є середня, максимальна і мінімальна добові витрати, максимальна і мінімальна годинні витрати, а також секундні витрати води [1, 3-4, 11]. Як вихідні дані для розрахунку є число жителів у селищі ( $N_{жс} = 4800$ ), норма водоспоживання, яка залежить від ступеню благоустрою забудови (для будівель з внутрішнім водопроводом, каналізацією, ваннами і місцевими водонагрівачами  $q_{жс} = 230$  л/(доб×чол) [1, табл.1].

Також в розрахунку передбачаються невраховані витрати води, які зазвичай включають витоки, аварійні втрати, похибку обліку і промивання мереж, а також покриття втрат води на функціонування міської інфраструктури (адміністративних і офісних будівель, торговельних точок, закладів охорони здоров'я, культурно-побутовий сектор тощо). Для малих населених пунктів [1, табл.1] і розрахунковому строкові дії генерального плану коефіцієнт неврахованих витрат може бути прийнятий в межах 10% від середньодобового водоспоживання, тобто  $K_n = 1,1$  [1, табл.1].

Отже, середньодобова витрата [1, п. 6.1.2, формула (1)]:

$$Q_{сер}^{доб} = \frac{q_{жс} \cdot N_{жс}}{1000} K_n = \frac{230 \cdot 4800}{1000} \cdot 1,1 = 1215 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.1)$$

Максимальне і мінімальне добове водоспоживання (в середньому за рік) з урахуванням коефіцієнтів годинної нерівномірності ( $k_{макс}^{доб} = 1,2$ ,  $k_{мін}^{доб} = 0,9$  [1, п. 6.1.2]) буде: [1, п. 6.1.2, формули (2)]:

$$Q_{макс}^{доб} = k_{макс}^{доб} \cdot Q_{сер}^{доб} = 1,2 \cdot 1215 = 1460 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.2)$$

$$Q_{мін}^{доб} = k_{мін}^{доб} \cdot Q_{сер}^{доб} = 0,9 \cdot 1215 = 1100 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.3)$$

Максимальна і мінімальна годинні витрати води на питні потреби жителів розраховуємо по [1, п. 6.1.2, формули (3)]:

$$q_{макс}^{год} = \frac{k_{макс}^{год} \cdot Q_{макс}^{доб}}{24} = \frac{2,00 \cdot 1460}{24} = 122,0 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.4)$$

$$q_{\min}^{\text{год}} = \frac{k_{\min}^{\text{год}} \cdot Q_{\min}^{\text{доб}}}{24} = \frac{0,15 \cdot 1100}{24} = 6,9 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.5)$$

При цьому числові величини коефіцієнтів годинної нерівномірності  $K_{\max}^{\text{год}}$  і  $K_{\min}^{\text{год}}$  розраховуємо по формулам [1, п. 6.1.2, формули (4)]. Коефіцієнти, що враховують ступінь благоустрою забудови, режим роботи громадсько-культурних будівель, агропідприємства і селищної інфраструктури та інші місцеві умови приймемо  $\alpha_{\max} = 1,4$ ;  $\alpha_{\min} = 0,6$  по [1, п. 6.1.2]. А коефіцієнти, які залежать від кількості жителів у селищі по [1, табл. 2] дорівнюють  $\beta_{\max} = 1,45$ , а  $\beta_{\min} = 0,23$ . Отже:

$$k_{\max}^{\text{год}} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max} = 1,4 \cdot 1,45 = 2,00 \quad (2.6)$$

$$k_{\min}^{\text{год}} = \alpha_{\min} \cdot \beta_{\min} = 0,6 \cdot 0,25 = 0,15 \quad (2.7)$$

## 2.2 Водоспоживання крупних окремих споживачів

На території селища, крім житлової забудови і відносно дрібної інфраструктури, розміщено декілька більш крупних споживачів питної води, зокрема:

1. Молочна ферма, розрахована на потужність 300 голів. Прийнята кількість працівників на фермі – 25 штатних одиниць;
2. Дитячий садок на 180 дітей і 40 одиниць штатного обслуговуючого персоналу;
3. Загальноосвітня середня школа з групами подовженого дня, обладнана душовими на 280 школярів і 35 штатних одиниць педагогічного та технічного персоналу;

Як було зазначено в розділі 2.1, водоспоживання об'єктів, будівель, закладів і споруд іншої міської інфраструктури (побутовий сектор, торгівельні точки, будівлі медичного, адміністративного і культурного призначення, офіси тощо) передбачено неврахованими витратами води (формула 2.1), оскільки вони розміщені рівномірно по території. Їх режим водоспоживання прийнятий відповідно режиму водоспоживання жителів.

Технологічні розрахунки добового і годинного споживання питної води крупними споживачами води селища (заклади загальної і дошкільної освіти, молочна ферма) проводимо у відповідності з діючими нормами і методиками розрахунку [12, додаток А, табл. А.2].

Для школи з душовими кабінами і групами подовженого дня прийняті норми: для учнів –  $q_{\text{уч}} = 50$  л/учня на добу, для персоналу  $q_{\text{перс}} = 25$ л/працівника на добу. Режим водоспоживання – 10 годин протягом доби (з 08.00 до 18.00), що відповідає режиму роботи закладу освіти. Витрати питної води на миття посуду, вологе прибирання тощо (технологічні витрати води), в проекті прийняті в межах 20% від добової потреби в питній воді. Величина максимального коефіцієнту годинної нерівномірності  $K_{\text{год}}^{\text{макс}} = 3,0$  [12].

Розрахунок зазначених витрат води для загальноосвітньої середньої школи проведемо в табличній формі (Таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Розрахунок основних витрат води загальноосвітньої школи

Статті витрат	Кількість	Норма водоспоживання на одиницю, л/добу	Коефіцієнт годинної	Витрати води		
				Середня за добу, м <sup>3</sup> /добу	Середня за годину, м <sup>3</sup> /год	Максимальна за годину, м <sup>3</sup> /год
Водоспоживання учнів	280 учнів	50	3,0	14	1,4	4,2
Водоспоживання персоналу	35 працівників	25	3,0	0,9	0,09	0,3
Технологічні витрати			3,0	3,0	0,3	0,9
Всього				18,0	1,8	5,4

Норми споживання питної води в дошкільному закладі (дитячому садку з групами продовженого дня) також прийняті згідно нормам [12, додаток А, табл. А.2], зокрема  $q_{\text{дит}} = 90$  л/дитину на добу і для обслуговуючого персоналу  $q_{\text{перс}} = 25$ л/робітника на добу. Добовий режим водоспоживання в садку прийнято 10

годин протягом доби, а саме з 07.00 до 17.00. Технологічні витрати питної води на миття посуду, миття підлог, прання тощо приймемо в розмірі 20% від середньодобової витрати (коефіцієнт технологічних витрат  $K_{\text{тех}} = 1,2$ ). Максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності дорівнює 3,0 у відповідності з [12, додаток А, табл. А.2]. Балан водоспоживання дитячого садка також проведемо в табличній формі (Таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Водоспоживання в дитячому садку

Статті витрат	Кількість	Норма водоспоживання на одиницю, л/добу	Коефіцієнт годинної	Витрати води		
				Середня за добу, м <sup>3</sup> /добу	Середня за годину, м <sup>3</sup> /год	Максимальна за годину, м <sup>3</sup> /год
Водоспоживання дітей	180 дітей	90	3,0	16,2	1,62	4,9
Водоспоживання персоналу	40 працівників	25	3,0	1,0	0,1	0,3
Технологічні витрати			3,0	3,45	0,35	1,05
Всього				20,65	2,1	6,3

На молочній фермі – агротехнічному підприємстві підвищувальний коефіцієнт технологічних витрат води прийнятий в розмірі  $K_{\text{тех}} = 1,4$ . Технологічні витрати зумовлені допоміжними виробничими операціями (миття підлог, ясел, загонів, обладнання тощо). Коефіцієнт максимальної годинної нерівномірності прийнятий в проєкті  $K_{\text{год}} = 2,0$  згідно рекомендацій [11].

Споживання питної води зумовлено нормою 60 л на 1 голову на добу при нерівномірності добового споживання води  $K_{\text{доб}}^{\text{макс}} = 1,3$  [11]. На потреби обслуговуючого персоналу прийнята норма споживання води  $q_{\text{перс}} = 25\text{л/працівника на добу}$  [12]. Режим активного споживання води підприємством становить 8 годин протягом доби, а саме з 07.00 до 11.00 і з 16.00 до 20.00.

Розрахунок водоспоживання молочної ферми також проведемо по аналогії з іншими зосередженими витратами у формі таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Витрати питної води на молочній фермі.

Статті витрат	Кількість	Норма водоспоживання на одиницю, л/добу	Коефіцієнт годинної нерівномірності	Витрати води		
				Максимальна добу, м <sup>3</sup> /добу	Середня за годину, м <sup>3</sup> /год	Максимальна за годину, м <sup>3</sup> /год
Водоспоживання тваринами	300 голів	60	2,0	23,4	2,3	4,6
Водоспоживання персоналу	25 працівників	25	2,0	0,63	0,08	0,16
Технологічні витрати	300 голів	45	2,0	17,5	2,2	4,4
Всього				41,5	4,6	9,2

Сумарний добовий погодинний баланс водоспоживання селища, окремих його крупних споживачів і міської інфраструктури складемо на основі проведених розрахунків і зведемо в табличну форму (таблиця 2.4). За даними сумарного балансу побудуємо сумісний ступінчастий графік споживання води для максимальної доби і графік роботи насосів 2-го підйому (рисунок 2.1) [9].

### 2.3 Розрахунок водонапірної вежі на мережі селища

Водонапірна вежа є важливим елементом системи водопостачання населеного пункту та призначена для створення необхідного напору у водопровідній мережі, регулювання нерівномірності водоспоживання і забезпечення запасу води. У системах водопостачання селищ водонапірні вежі широко застосовуються завдяки простоті конструкції, надійності роботи та можливості підтримання стабільного тиску у мережі без постійної роботи насосного обладнання [3-4, 11].

Таблиця 2.4 – Сумарний баланс водоспоживання в селищі Дніпропетровській області.

Години доби	Водоспоживання жителів		Зосереджені витрати						Сумарне водоспоживання	
			Школа		Дитячий садок		Ферма			
			% Q <sub>м</sub>	м <sup>3</sup> /ГОД	%	м <sup>3</sup> /ГОД	%	м <sup>3</sup> /ГОД		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
00:01	0,75	10,95							0,71	10,95
01:02	0,75	10,95							0,71	10,95
02:03	1,00	14,60							0,95	14,60
03:04	1,00	14,60							0,95	14,60
04:05	3,00	43,80							2,84	43,80
05:06	5,50	80,30							5,21	80,30
06:07	5,50	80,30							5,21	80,30
07:08	5,50	80,30			5	1,04	4	1,66	5,39	83,00
08:09	3,50	51,10	5	0,90	5	1,04	37,5	15,56	4,45	68,60
09:10	3,50	51,10	30	5,40	30	6,21	3,5	1,45	4,17	64,16
10:11	6,00	87,60	5	0,90	10	2,07	4	1,66	5,99	92,23
11:12	8,50	124,10	5	0,90	5	1,04			8,18	126,04
12:13	8,50	124,10	4,5	0,81	4,5	0,93			8,17	125,84
13:14	6,00	87,60	5,5	0,99	5,5	1,14			5,83	89,73
14:15	5,00	73,00	5	0,90	10	2,07			4,93	75,97
15:16	5,00	73,00	5	0,90	5	1,04			4,87	74,94
<b>16:17</b>	3,50	51,10	30	5,40	20	4,14	37,5	15,56	4,95	76,20
17:18	3,50	51,10	5	0,90			5	2,08	3,51	54,08
18:19	6,00	87,60					5	2,08	5,82	89,68
19:20	6,00	87,60					3,5	1,45	5,78	89,05
20:21	6,00	87,60							5,69	87,60
21:22	3,00	43,80							2,84	43,80
22:23	2,00	29,20							1,90	29,20
23:24	1,00	14,60							0,95	14,60
	100,0	1460,00	100	18,00	100	20,70	100	41,50	100,00	1540,20

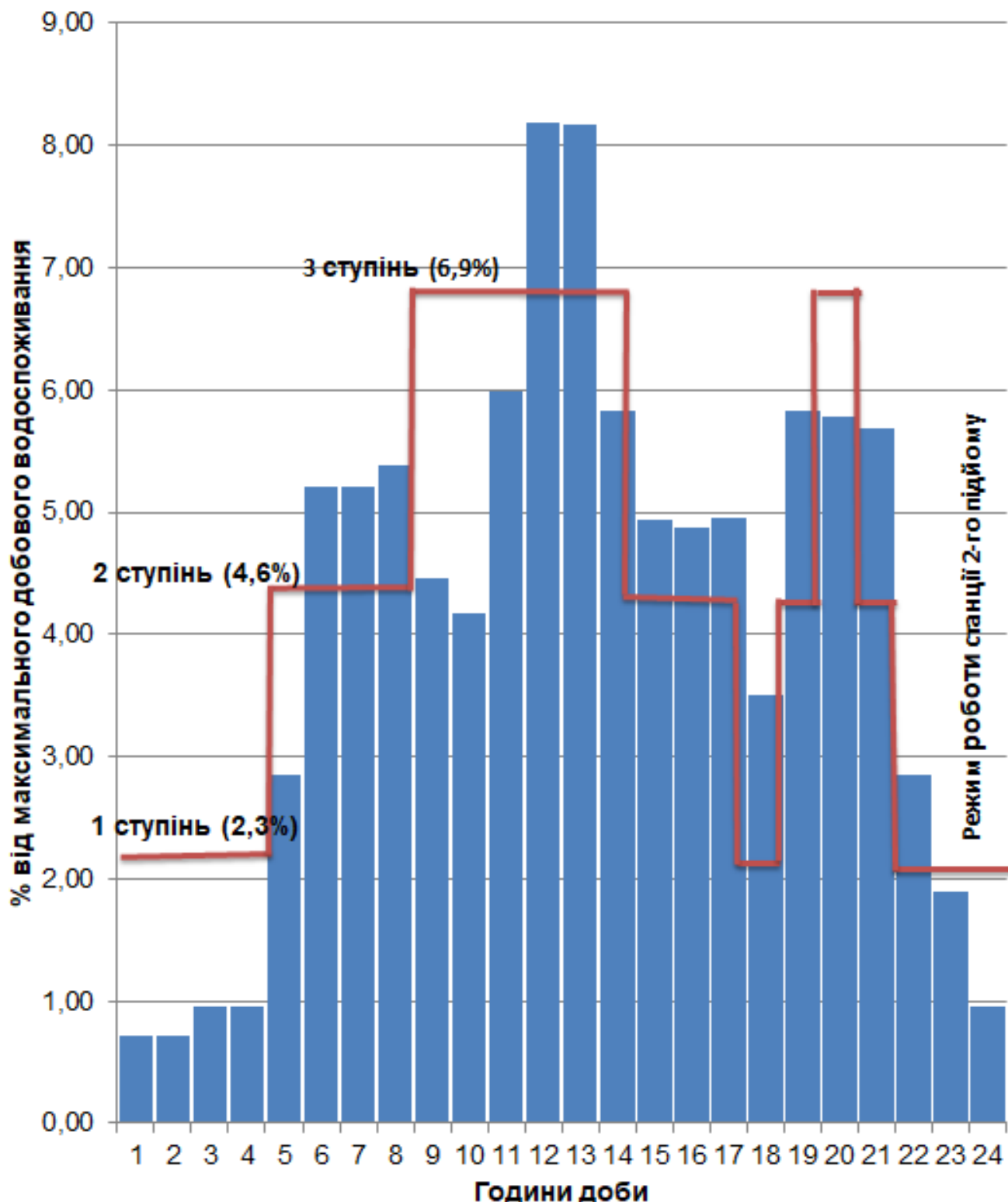


Рисунок 2.1 – Графік водоспоживання і режим роботи насосів 2-го підйому

Основне призначення водонапірної вежі полягає у накопиченні певного запасу води та подачі її у водопровідну мережу під дією сили тяжіння. Вежа дозволяє компенсувати нерівномірність водоспоживання протягом доби. У

години малого споживання води, переважно вночі, насоси подають воду у резервуар вежі, де вона накопичується. У періоди максимального водоспоживання, зокрема вранці та ввечері, вода надходить до мережі як безпосередньо від насосів, так і з резервуара водонапірної вежі. Таким чином забезпечується стабільний тиск у системі та безперебійне водопостачання споживачів [4, 11].

Важливою функцією водонапірної вежі є також створення аварійного запасу води. У разі відключення електроенергії або зупинки насосів вежа може певний час забезпечувати населення водою за рахунок накопиченого об'єму. Крім того, запас води у вежі може частково використовуватися для забезпечення протипожежних потреб на початковому етапі гасіння пожежі.

Принцип дії водонапірної вежі базується на використанні потенціальної енергії води, піднятої на певну висоту. Чим вище розташований резервуар, тим більший тиск створюється у водопровідній мережі. Напір у мережі залежить від різниці між рівнем води у баку вежі та відміткою поверхні землі у точці водоспоживання. Завдяки цьому вода може надходити до споживачів самопливом без додаткового підвищення тиску [4, 11, 13].

Для селища з населенням близько 4800 жителів водонапірна вежа є доцільним елементом системи водопостачання, оскільки забезпечує стабільний режим роботи мережі та зменшує навантаження на насосне обладнання. Особливо це важливо для населених пунктів зі змішаною забудовою, де поєднуються приватний сектор і багатоквартирні триповерхові будинки. У таких умовах водоспоживання протягом доби є нерівномірним, а використання водонапірної вежі дозволяє згладити пікові витрати води.

Перевагами використання водонапірної вежі є автономність роботи системи, стабільність тиску, економічність експлуатації та наявність резерву води. Завдяки зменшенню кількості вмикань насосів підвищується довговічність насосного обладнання та знижуються витрати електроенергії. Крім того, водонапірна вежа дозволяє підтримувати роботу системи навіть у випадку короткочасного припинення електропостачання [4, 13].

Ємність баку вежі зумовлюється сумарним регулюючим, протипожежним і аварійними об'ємами води [1]:

$$W_{\text{б}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож}} \quad (2.8)$$

Об'єм на протипожежні потреби, розраховується за умов зберігання 10-хвилинного обсягу води на одну зовнішню [1, п.13.1.5] і одну внутрішню пожежі [12]. Для умов проєкту на зовнішню пожежу витрата становить  $q_{\text{зов}}^{\text{пож}} = 10$  л/с, на внутрішню пожежу  $q_{\text{зов}}^{\text{пож}} = 2,5$  л/с. Загальний протипожежний об'єм буде, м<sup>3</sup>:

$$W_{\text{пож}} = \frac{(q_{\text{зов}}^{\text{пож}} + q_{\text{вн}}^{\text{пож}}) \cdot 60 \cdot 10}{1000} = \frac{(10 + 2,5) \cdot 60 \cdot 10}{1000} = 7,5 \text{ м}^3 \quad (2.9)$$

Регулюючу ємність вежі встановлюємо розрахунком і проводимо за суміщеним графіком водоспоживання селища і режиму роботи насосної станції 2-го підйому (див. рисунок 2.1) [13].

Розрахунок проводимо у формі таблиці (таблиця 2.5).

Як видно з даних таблиці 2.5, регулюючий об'єм складає не менше 7,56% від добового споживання води селищем, що є властивим для малих міст [10]. Бак вежі заповнений повністю (година 03.00-04.00). Повне спорожнення відбувається в період 21.00-22.00. В годину максимального водоспоживання 11.00-12.00 з баку вежі в мережу надходить витрата 19,7 м<sup>3</sup>/год або 5,5 л/с.

Регулюючий об'єм у вежі:

$$W_{\text{рег}} = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot 5,56}{100} = \frac{1540 \cdot 5,56}{100} = 85,6 \text{ м}^3 \quad (2.10)$$

Передбачаємо аварійний запас води в баку в розмірі 5% від сумарної необхідної ємності.

Повний об'єм води в баку вежі, м<sup>3</sup>:

$$W_{\text{б}} = 1,05 \times (85,6 + 7,5) = 97,8 \text{ м}^3$$

В проєкті прийmemo 2 типові водонапірні башти ВБР- місткістю по 50 м<sup>3</sup> кожна по типовому проєкту ТП 901-5-29 [14]. Висота баку вежі – 11 м, діаметр баку – 2,4 м, діаметр стовбура – 1,2 м, маса конструкції – 8,6 т.

Таблиця 2.5 – Розрахунок регулюючого об'єму вежі

Години доби	Водоспоживання міста, % від $Q_{\text{доб}}$	Подача, % від $Q_{\text{доб}}$	Надходження або витрата з баку вежі, % від $Q_{\text{доб}}$	Залишок води у вежі, % від $Q_{\text{доб}}$
00:01	0,71	2,30	1,59	3,35
01:02	0,71	2,30	1,59	4,93
02:03	0,95	2,30	1,35	6,29
03:04	0,95	2,30	1,35	7,64
04:05	2,84	2,30	-0,54	7,09
05:06	5,21	2,30	-2,91	4,18
06:07	5,21	4,60	-0,61	3,57
07:08	5,39	4,60	-0,79	2,78
08:09	4,45	4,60	0,15	2,93
09:10	4,17	6,90	2,73	5,66
10:11	5,99	5,70	-0,29	5,37
11:12	8,18	6,90	-1,28	4,09
12:13	8,17	6,90	-1,27	2,82
13:14	5,83	6,90	1,07	3,89
14:15	4,93	4,60	-0,33	3,56
15:16	4,87	4,60	-0,27	3,29
16:17	4,95	4,60	-0,35	2,95
17:18	3,51	2,30	-1,21	1,74
18:19	5,82	4,60	-1,22	0,51
19:20	5,78	6,90	1,12	1,63
20:21	5,69	4,60	-1,09	0,54
21:22	2,84	2,30	-0,54	0,00
22:23	1,90	2,30	0,40	0,40
23:24	0,95	2,30	1,35	1,76
	100	100,00	0,00	

Конструктивно водонапірна вежа складається з резервуара для води, опорної частини та системи трубопроводів. Опора або стовбур вежі служить для підняття резервуара на необхідну висоту. Усередині або поруч із опорою розташовуються підвідні та відвідні трубопроводи. Підвідний трубопровід подає воду від насосної станції до резервуара, а відвідний забезпечує подачу води у водопровідну мережу. Також конструкція передбачає переливну трубу для

запобігання переповненню резервуара, спускнун трубу для промивки та спорожнення бака, люки для обслуговування та драбини для доступу персоналу [14]. Розрахунок необхідної висоти стовбура вежі проведений в межах розділу побудови п'єзометричних ліній.

Місце установки вузла веж подано на аркуші 1 графічної частини проєкту, висотна схема показана на аркуші 2.

Загалом водонапірна вежа є ефективним та технічно обґрунтованим елементом локальної системи водопостачання селища. Її застосування забезпечує надійне та безперебійне водопостачання населення, стабільний тиск у мережі та створення необхідного запасу води для господарських і аварійних потреб.

#### **2.4 Гідравлічний розрахунок мережі питного водопостачання**

Кільцева водопровідна мережа є найбільш надійною схемою організації системи розподілу води в населених пунктах і широко застосовується для централізованого водопостачання житлових районів, громадських будівель та виробничих об'єктів. Для селища зі змішаною забудовою, розвиненою інфраструктурою та підвищеними вимогами до надійності водозабезпечення використання кільцевої мережі є технічно та економічно доцільним рішенням [1, 3, 15].

Кільцева водопровідна мережа являє собою систему трубопроводів, у якій окремі лінії з'єднані між собою таким чином, що утворюють замкнуті контури або кільця. На відміну від тупикової схеми, де вода надходить до споживачів лише з одного напрямку, у кільцевій мережі подача води може здійснюватися одночасно з декількох сторін. Це забезпечує більш рівномірний розподіл тиску та значно підвищує надійність системи [15].

Принцип роботи кільцевої мережі полягає в тому, що вода може надходити до споживача з різних напрямків. У нормальному режимі це забезпечує рівномірний розподіл витрат і стабільний тиск у всіх точках мережі. У разі аварії або відключення однієї з ділянок вода продовжує подаватися обхідними шляхами

через інші частини кільця. Саме ця властивість є головною перевагою кільцевої схеми порівняно з тупиковою мережею.

Однією з найважливіших переваг кільцевої водопровідної мережі є висока надійність роботи. У разі пошкодження трубопроводу або проведення ремонтних робіт без водопостачання залишається лише невелика частина споживачів, тоді як решта мережі продовжує функціонувати. Це особливо важливо для населених пунктів із соціально значущими об'єктами — школами, дитячими садками, закладами охорони здоров'я та виробничими підприємствами.

Кільцева схема також забезпечує кращі гідравлічні умови роботи мережі. Завдяки двосторонньому або багатосторонньому живленню зменшуються втрати напору в трубопроводах і вирівнюється тиск у різних районах селища. Це особливо важливо для територій зі змішаною забудовою, де приватний сектор поєднується з триповерховими будинками підвищеної комфортності. Стабільний тиск у мережі забезпечує нормальну роботу сантехнічного обладнання та підвищує комфорт користування системою водопостачання [15].

Гідравлічний розрахунок кільцевої водопровідної мережі є одним із найважливіших етапів проектування системи водопостачання. Його метою є визначення витрат води на окремих ділянках мережі, підбір діаметрів трубопроводів, визначення втрат напору та забезпечення необхідного тиску у всіх точках системи. Для кільцевих мереж розрахунок є складнішим, ніж для тупикових, оскільки вода може рухатися по кількох напрямках одночасно. Отже, розрахунок мережі здійснюємо за спрощеною схемою водовідбору на випадок години максимального водоспоживання (11.00-12.00) [15] (див. рисунок 2.1).

Мережею в цей момент відбирається 118,12 м<sup>3</sup>/год води, включаючи, школу (0,90 м<sup>3</sup>/год) і дитячий садок (1,04 м<sup>3</sup>/год). Відбір води агропромисловим підприємством (молочною фермою) в цей період відсутній.

Трасування мережі проводимо виходячи з умови постачання води до найбільш крупних споживачів найкоротшим шляхом. Розрахункова схема конструкції мережі з довжинами ділянок і номерами вузлів показана на рисунку 2.2. Труби для мережі вибираємо поліетиленові напірні серії ПЕ 100 [16].

Питома витрата води [15]:

$$q_{\text{пит}} = \frac{Q_{\text{сум}}^{\text{зод}} - \sum Q_{\text{зос}}}{\sum L} = \frac{126,04 - (0,9 + 1,04)}{3,6 \cdot 11810} = 0,00292 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}} \quad (2.11)$$

$\sum L$  – загальна довжина всіх ділянок мережі, м (по рис 2.2  $\sum L$  11810 м).

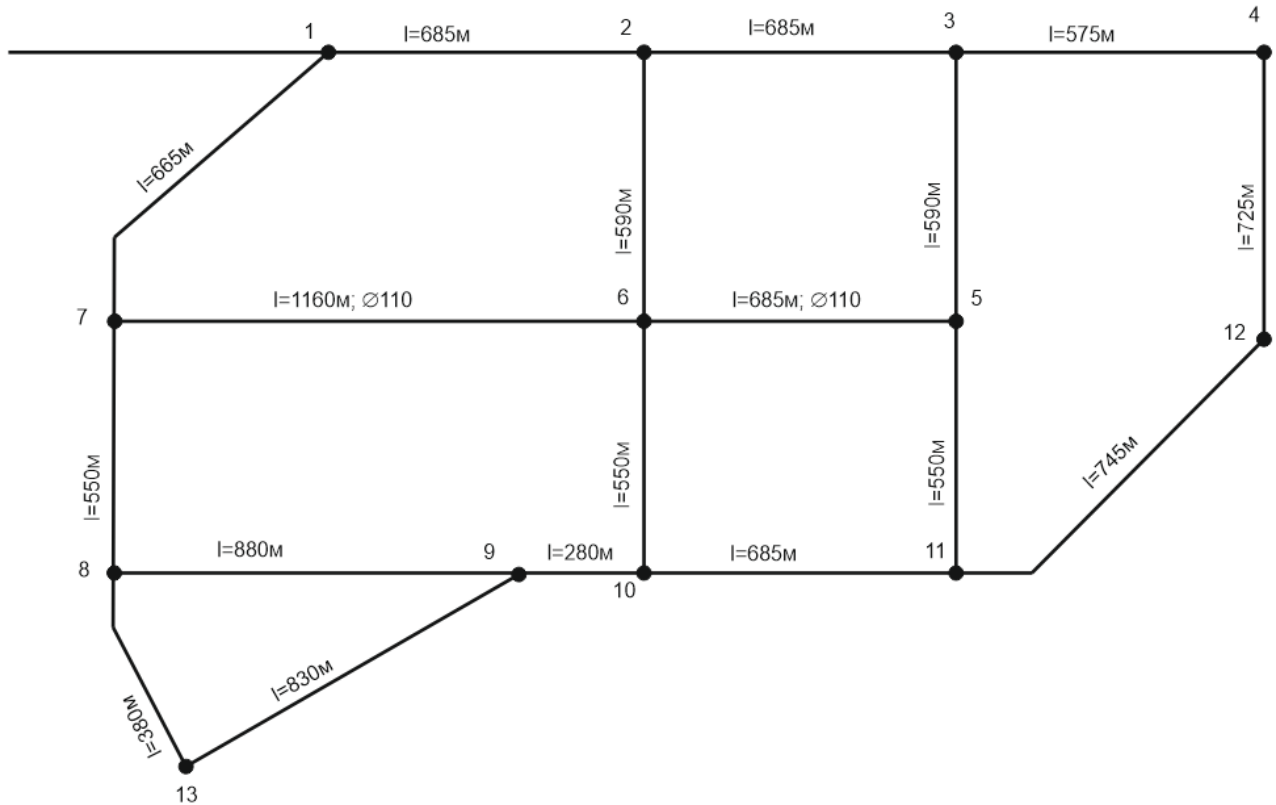


Рисунок 2.2 – Конструкція кільцевої мережі питного водопостачання селища

Шляхові ( або попутні) витрати води на ділянці довжиною  $L_i$ , м [15]:

$$Q_{\text{шл}} = q_{\text{пит}} \cdot L_i, \text{ л / с} \quad (2.12)$$

Визначення числових значень шляхових витрат на мережі зручно проводити у формі таблиці 2.6.

Вузлові витрати в точках мережі при відомих значення попутних витрат по ділянках, що утворюють певний вузол,  $Q_i^{\text{шл}}$ , л/с і зосереджених витрат  $Q_{\text{зос}}$ , л/с у вузлах 6 (дитячий садок) і 10 (школа) [15]:

$$Q_i^{\text{вузл}} = Q_{\text{зос}} + 0,5 \sum Q_i^{\text{шл}} \quad (2.13)$$

Результати визначення вузлових витрат наведені в таблиці 2.7 і показані на розрахунковій схемі мережі з попереднім розподілом потоків води, номерами кілець і ділянок (рисунок 2.2).

Таблиця 2.6 – Розрахунок попутних витрат

Ділянки	Довжина, м	Питоме водоспоживання	Шляхова витрата, л/с
1-2	685	0,00292	2,00
2-3	685	0,00292	2,00
3-4	575	0,00292	1,68
1-7	665	0,00292	1,94
2-6	590	0,00292	1,72
3-5	590	0,00292	1,72
4-12	725	0,00292	2,12
6-7	1160	0,00292	3,39
5-6	685	0,00292	2,00
7-8	550	0,00292	1,61
6-10	550	0,00292	1,61
5-11	550	0,00292	1,61
11-12	745	0,00292	2,17
8-9	880	0,00292	2,57
9-10	280	0,00292	0,82
10-11	685	0,00292	2,00
8-13	380	0,00292	1,11
9-13	830	0,00292	2,42
Σ	11810		34,47

Ув'язування кільцевої мережі проводимо методом Лобачова-Кроса за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми «Кільця-пластик». Суть ув'язки полягає у забезпеченні рівності сум втрат напору в замкненому контурі. У будь-якому кільці алгебраїчна сума втрат напору повинна дорівнювати нулю [15].

Підготовка мережі до гідравлічного розрахунку (опис кілець, ділянок і вузлів, а також попередній розподіл витрат води по ділянках) показана на рисунку 2.3 і в таблицях 2.8-2.11.



Таблиця 2.8 – Загальні відомості

Варіант розрахунку	Година найбільшого водоспоживання
Кількість кілець в мережі	6
Кількість вузлів на мережі	13
Кількість ділянок на мережі	18
Допустима нев'язка	0,05
Максимальна кількість ітерацій	50

Таблиця 2.9 – Опис кілець на мережі

Номер кільця	Число ділянок, що утворюють кільце	Номери ділянок, що утворюють кільце зі знаками				
		1	5	-17	-4	
1	4	1	5	-17	-4	
2	5	17	9	-8	-13	-14
3	3	14	-15	-16		
4	4	2	6	-5	-18	
5	4	10	18	-9	-12	
6	5	3	7	-6	-10	-11

Таблиця 2.10 – Опис ділянок на мережі

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Діаметр ділянки, мм	Витрата по ділянці, л/с
1	685	160	15,36
2	685	160	7,9
3	575	110	2,9
4	665	180	17,73
5	590	110	4,6
6	590	75	2,3
7	725	90	1,0
8	550	125	9,64
9	550	75	2,2
10	550	75	2,0
11	745	50	1,15
12	685	50	2,02
13	280	50	2,33
14	880	75	3,0
15	380	90	4,0
16	830	75	2,23
17	1160	125	4,62
18	685	75	2,36

Результати ув'язки мережі показані в таблицях 2.12-2.13 і на розрахунковій схемі мережі (рисунок 2.4), де зазначений кінцевий розподіл витрат води по ділянках і дійсні втрати напору на них.

Таблиця 2.11 – Опис вузлів на мережі

Номер вузла	Вузлова витрата зі знаком	Число ділянок, що утворюють вузел	Номери ділянок, що утворюють вузол зі знаками			
1	33,09	2	-1	-4		
2	-2,86	3	1	-2	-5	
3	-2,70	3	2	-3	-6	
4	-1,90	2	3	-7		
5	-2,66	3	6	18	-10	
6	-4,66	4	5	17	-9	-18
7	-3,47	3	4	-8	-17	
8	-2,64	3	8	-14	-15	
9	-2,90	3	14	16	-13	
10	-2,51	3	9	13	-12	
11	-2,89	3	10	12	-11	
12	-2,15	2	7	11		
13	-1,77	2	15	-16		

Таблиця 2.12 – Результати гідравлічного розрахунку кільцевої мережі (кількість виконаних ітерацій – 13, досягнена нев'язка – «-0,049 м»)

№ ділянки мережі	Витрата по ділянці, л/с	Втрати напору по ділянці, м	Швидкість руху води, м/с
1	16,30	3,05	0,81
2	9,59	1,19	0,47
3	4,52	1,58	0,48
4	16,79	1,78	0,66
5	3,85	1,22	0,41
6	2,37	3,19	0,53
7	2,62	1,97	0,41
8	7,76	2,14	0,63
9	2,58	3,47	0,58
10	1,88	1,98	0,42
11	-0,47	1,59	0,24
12	0,51	1,76	0,27
13	0,45	0,56	0,23
14	1,92	3,30	0,43
15	3,20	1,47	0,50
16	1,43	1,85	0,32
17	5,56	2,50	0,45
18	2,17	3,20	0,49

Таблиця 2.13 – Величина досягненої нев'язки по кільцям

Номер кільця	Нев'язка по кільцю, м
1	-0,011
2	-0,039
3	-0,021
4	-0,032
5	-0,049
6	-0,033

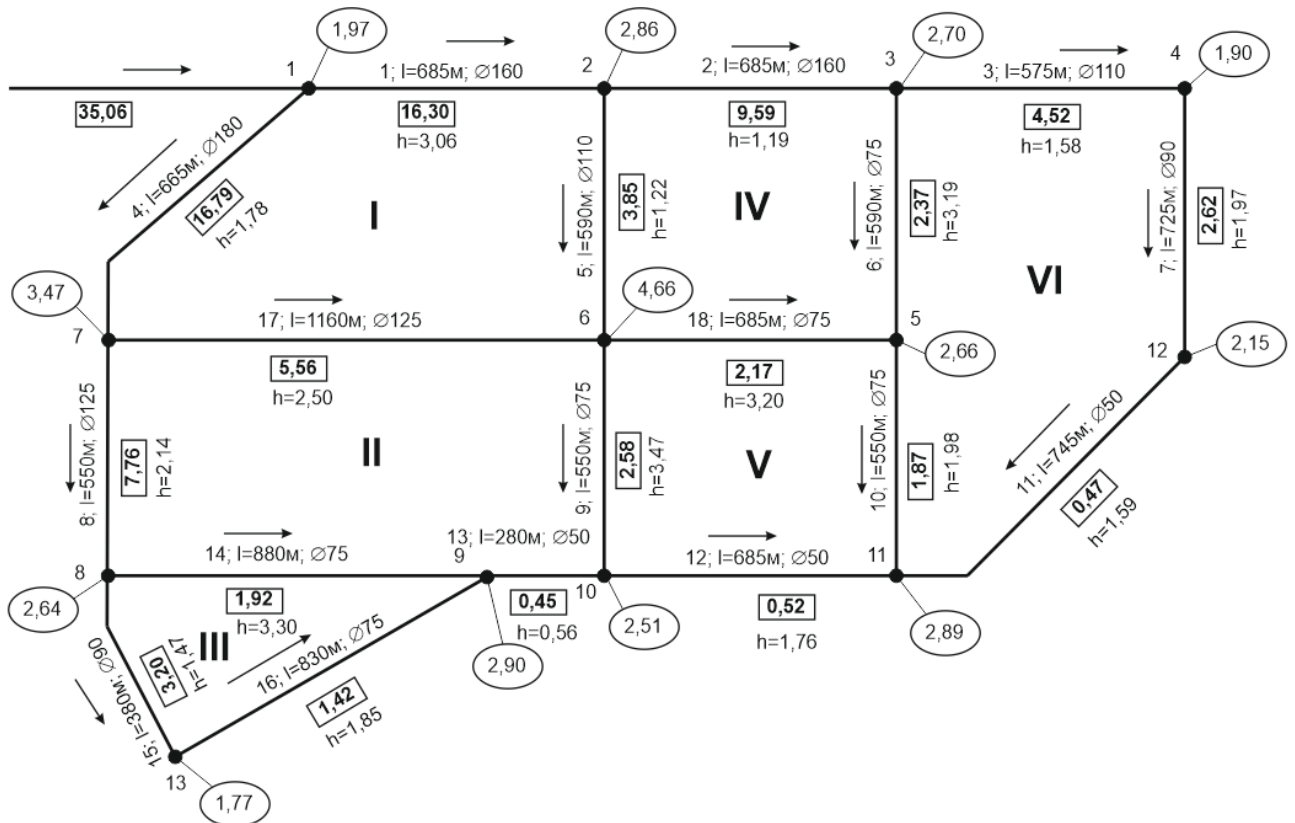


Рисунок 2.4 – Кінцевий розподіл витрат води по ділянках мережі і втрати напору

## 2.5 Побудова п'єзометричної лінії для водопровідної мережі питної води

П'єзометрична лінія являє собою графік зміни п'єзометричного напору вздовж водопровідної мережі. П'єзометричний напір у будь-якій точці системи характеризує енергію води та визначається висотою, на яку підніметься вода у вертикальній трубці, приєднаній до трубопроводу. Іншими словами, п'єзометрична лінія показує рівень води, який відповідає наявному тиску у трубопроводі. [3, 11, 15].

Лінії дозволяють оцінити умови роботи мережі, перевірити достатність напору у споживачів, визначити втрати напору та проаналізувати роботу системи у різних режимах експлуатації [13, 15].

Побудову п'єзометричних ліній в проекті здійснюємо за результатами ув'язки мережі, проведеної в попередньому розділі, по диктуючому напрямку [15]. За диктуючий напрямок прийнята лінія 1-2-3-4-12-11 (рис. 2.4). Диктуючою точкою по рельєфу території і конфігурації мережі є вузел 12.

Гарантований мінімальний вільний напір залежить від поверховості забудови [1, п.6.3.1]:

$$H_g = 10 + 4 \cdot (П - 1) = 10 + 4 \cdot (3 - 1) = 18 \text{ м} \quad (2.14)$$

Отже, з результатів побудови п'єзометричної лінії видно, що вільний напір на початку мережі має бути не менше 22,4 м, що дорівнює висоті стовбура баку водонапірної вежі. Максимальний напір в мережі не перевищує допустимого (45,0 м) [1, п.6.3.1].

П'єзометрична лінія для розрахункового випадку мережі представлена на аркуші 2 графічної частини проекту.

## 2.6 Протипожежне водопостачання селища

Як було зазначено вище, організація протипожежного водопостачання передбачена за рахунок підземних протипожежних резервуарів, розміщених по території населеного пункту. Відновлення протипожежного запасу води в резервуарах здійснюється з мережі питного водопроводу за рахунок допустимого зниження споживання води на питні потреби на 30%. [1, п. 6.2.1 і п. 6.2.3]. Відновлення має бути повністю забезпечено протягом 72 годин [1, п. 6.2.14].

Радіус дії кожного з підземних протипожежних резервуарів становить до 400 м згідно нормативу [1, п. 12.5].

Достатній об'єм 1 протипожежного резервуара визначимо з умови зберігання води на ліквідацію 1 зовнішньої і 1 внутрішньої пожежі по нормі [1, п. 13.1.4]. По діючому ДБН [1, п.6.2.2] прийнята 1 зовнішня пожежа з витратою  $q_{\text{позж}} = 10$  л/с, а також 1 внутрішня пожежа з нормативною витратою  $q_{\text{вн}} = 2,5$  л/с [11]. Тривалість ліквідації пожежі прийнята  $T_{\text{позж}} = 3$  години по [1, п.6.2.13]. Об'єм одного резервуара буде,  $\text{м}^3$ :

$$W_{\text{рез}}^{\text{позж}} = \frac{(q_{\text{зов}}^{\text{позж}} + q_{\text{вн}}^{\text{позж}}) \cdot T_{\text{позж}} \cdot 3600}{1000} = \frac{(10 + 2,5) \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 135 \text{ м}^3 \quad (2.15)$$

Вибираємо в проєкт типові підземні протипожежні резервуари об'ємом 140  $\text{м}^3$  кожен. Матеріал конструкції – склопластик. Довжина резервуара – 17,8 м,

діаметр – 3,2 м. Підвідний і відвідний трубопроводи сталеві електрозварні діаметром 200 мм.

В населеному пункті приймемо 6 резервуарів з радіусом дії до 400 м [17]. Місця улаштування резервуарів показані на аркуші 1 графічної частини до проекту. Технологічне креслення одного з таких резервуарів (ПР6) з прив'язкою до місцевості подано на аркуші 5 графічної частини проекту.

Подача води станцією 2-го підйому становить  $106,2 \text{ м}^3/\text{год}$ . Тоді 30% від цієї витрати –  $32 \text{ м}^3/\text{год}$ . Таким чином наповнення резервуару в будь-якій точці мережі відбудеться за:

$$T = \frac{140 \text{ м}^3}{32 \text{ м}^3 / \text{год}} \approx 4,3 \text{ години} \leq 72 \text{ години}$$

## 2.7 Гідралічний розрахунок мережі поливального водопроводу

Для населеного пункту в проекті запропоновано улаштування окремої незалежної мережі поливального водопроводу. Джерелом водопостачання на полив і благоустрій є ставок розташований поблизу селища. Дане рішення зумовлене значними обсягами сезонного водоспоживання і доцільністю раціонального використання води підземного джерела [1, п. 6.1.3].

Сезонний режим експлуатації водопроводу поливу прийнятий в проміжку року травень-вересень. В поливальний період даний водопровід працює протягом 10 годин на добу: зранку (з 6.00 до 11.00) і увечері (з 16.00 до 21.00).

Витрата води на благоустрій території населеного пункту залежить від норми споживання води,  $q_n$ . Територія селища по [6] відноситься до II архітектурно-кліматичного району будівництва, підрайон південний степ. Тоді за [1, п. 6.1.4, додаток А, табл. А.2]  $q_n = 55 \text{ л}/(\text{доб.чол})$ .

Витрата води на благоустрій:

$$Q_{\text{ол}} = \frac{q_{\text{пол}} \cdot N_{\text{жс}}}{1000} = \frac{55 \cdot 4800}{1000} = 264 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.16)$$

Норма на полив присадибних ділянок приватного сектору прийнята в розмірі  $13 \text{ м}^3$  води на  $100 \text{ м}^2$ /місяць поливної площі [11]. Кількість ділянок

приватного сектору в місті – 370. Площа, призначена для поливу становить орієнтовно половину загальної площі, тобто по  $100 \text{ м}^2$  на кожній ділянці. Загальна площа поливу становить  $370 \times 100 = 37000 \text{ м}^2$ .

Добова витрата води на полив:

$$Q_{\text{пол}} = \frac{13 \cdot 3700}{30} = 1603 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Таким чином, добова продуктивність поливального водопроводу,  $\text{м}^3/\text{добу}$ :

$$Q_n = Q_{\text{пол}} + Q_{\text{ол}} = 1603 + 264 \approx 1870 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.17)$$

Виходячи з 10-годинної за добу експлуатації, продуктивність поливального водопроводу за годину:

$$q_n = \frac{Q_n}{10} = \frac{1870}{10} = 190,0 \text{ м}^3 / \text{год} = 52 \text{ л} / \text{с} \quad (2.18)$$

Розрахунок системи поливального водопроводу проводимо за схемою спрощеного водовідбору, аналогічно питному водопроводу [3, 15] при сумарній довжині ділянок системи 9205 м (див. рис. 2.5).

Питома витрата,  $\text{л}/\text{с} \times \text{п.м}$ :

$$q_{\text{пит}} = \frac{q_n}{\sum L} = \frac{52}{9205} = 0,0056 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}} \quad (2.19)$$

Шляхові (попутні) і вузлові витрати води мережі визначаємо по формулам аналогічно використаним при гідравлічному розрахунку мережі питного водопроводу [15]. Результат проведеного розрахунку показаний в таблицях

Розрахунок проводимо в табличній формі (таблиці 2.14-2.15).

Отримані вузлові витрати наносимо на розрахункову схему мережі і проводимо розподіл витрат по ділянках. За рекомендованими економічними швидкостями руху води і витратами по ділянках визначаємо діаметри труб мережі [17]. Прийmemo мережу з поліетиленових напірних труб серії ПЕ63 MRS6,3 SDR17,6 S8,3 [16]. По кожній ділянці мережі фіксуємо показник питомі втрати напору 1000і і швидкість потоку води в трубах,  $V$ , м/с.

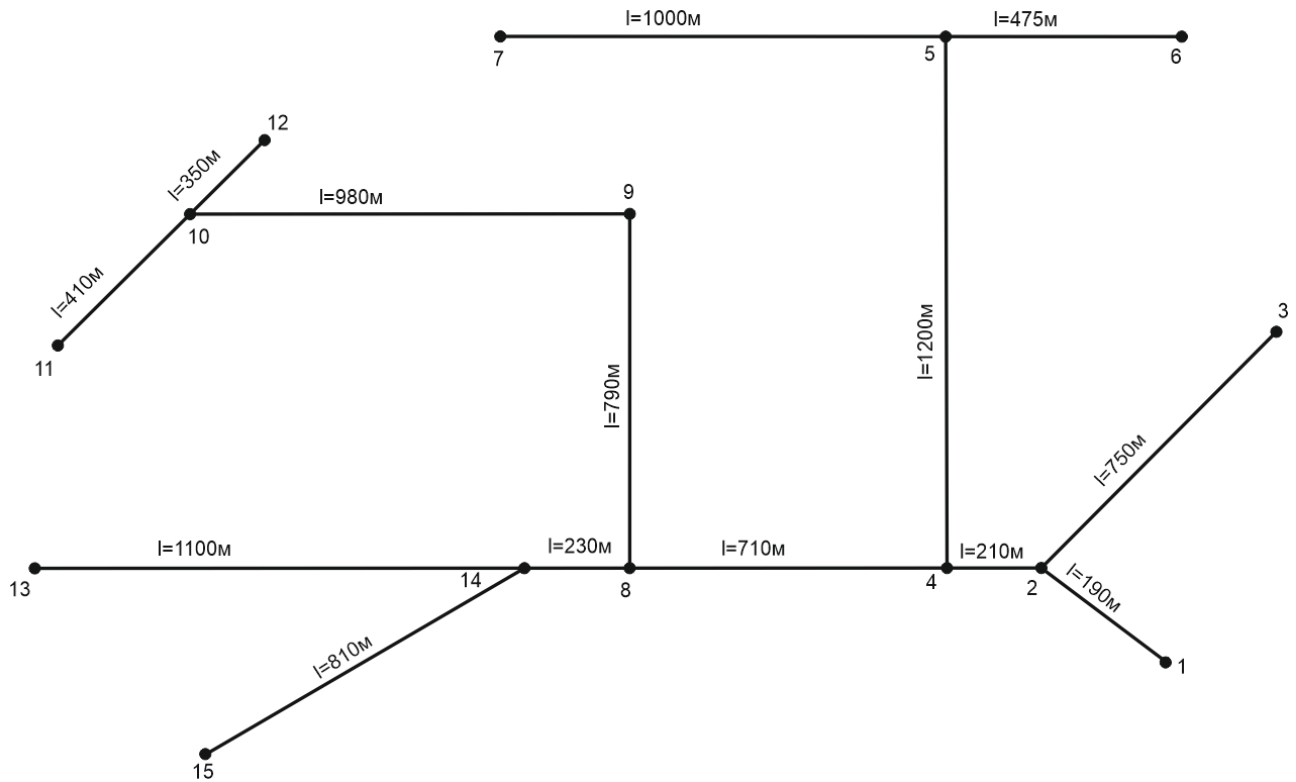


Рисунок 2.5 – Конструкція мережі поливального водопроводу селища

Таблиця 2.14 – Попутні витрати

Ділянки	Довжина, м	Питоме водоспоживання	Шляхова витрата, л/с
1-2	190	0,0056	1,07
2-3	750	0,0056	4,24
2-4	210	0,0056	1,19
4-5	1200	0,0056	6,78
5-6	475	0,0056	2,68
5-7	1000	0,0056	5,65
4-8	710	0,0056	4,01
8-9	790	0,0056	4,46
9-10	980	0,0056	5,54
10-11	410	0,0056	2,32
10-12	350	0,0056	1,98
8-14	230	0,0056	1,30
13-14	1100	0,0056	6,21
14-15	810	0,0056	4,58
$\Sigma$	9205		52,00

Таблиця 2.15 – Вузлові витрати

Вузли	Ділянки, що утворюють вузел	Вузлова витрата
1	1-2	0,54
2	1-2; 2-3; 2-4	3,25
3	2-3	2,12
4	2-4; 4-5; 4-8	5,99
5	4-5; 5-6; 5-7	7,56
6	5-6	1,34
7	5-7	2,82
8	4-8; 8-9; 8-14	4,89
9	8-9; 9-10	5,00
10	9-10; 10-11; 10-12	4,91
11	10-11	1,16
12	10-12	0,99
13	13-14	3,11
14	8-14; 13-14; 14-15	6,04
15	14-15	2,29
$\Sigma$		52,00

Результати проведеного розрахунку представимо у вигляді таблиці 2.16, а також на розрахунковій схемі (рисунок 2.6). Мережа поливального водопроводу подана на аркуші 1 (генеральний план) графічної частини.

Таблиця 2.16 – Результати розрахунку мережі

Ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр, мм	Швидкість, м/с	1000і	Втрати напору, м
1-2	190	51,46	280	1,25	6,17	1,17
2-3	750	2,12	90	0,5	4,878	3,66
2-4	210	46,1	250	1,402	8,729	1,83
4-5	1200	11,72	180	0,689	3,702	4,44
5-6	475	1,34	75	0,453	5,135	2,44
5-7	1000	2,82	110	0,443	3,097	3,10
4-8	710	28,39	250	0,864	3,694	2,62
8-9	790	12,06	180	0,709	3,895	3,08
9-10	980	7,06	160	0,525	2,648	2,60
10-11	410	1,16	63	0,559	9,29	3,81
10-12	350	0,99	63	0,477	7,013	2,45
8-14	230	11,44	160	0,851	6,234	1,43
13-14	1100	3,11	110	0,489	3,685	4,05
14-15	810	2,29	110	0,36	2,141	1,73
$\Sigma$	9205					

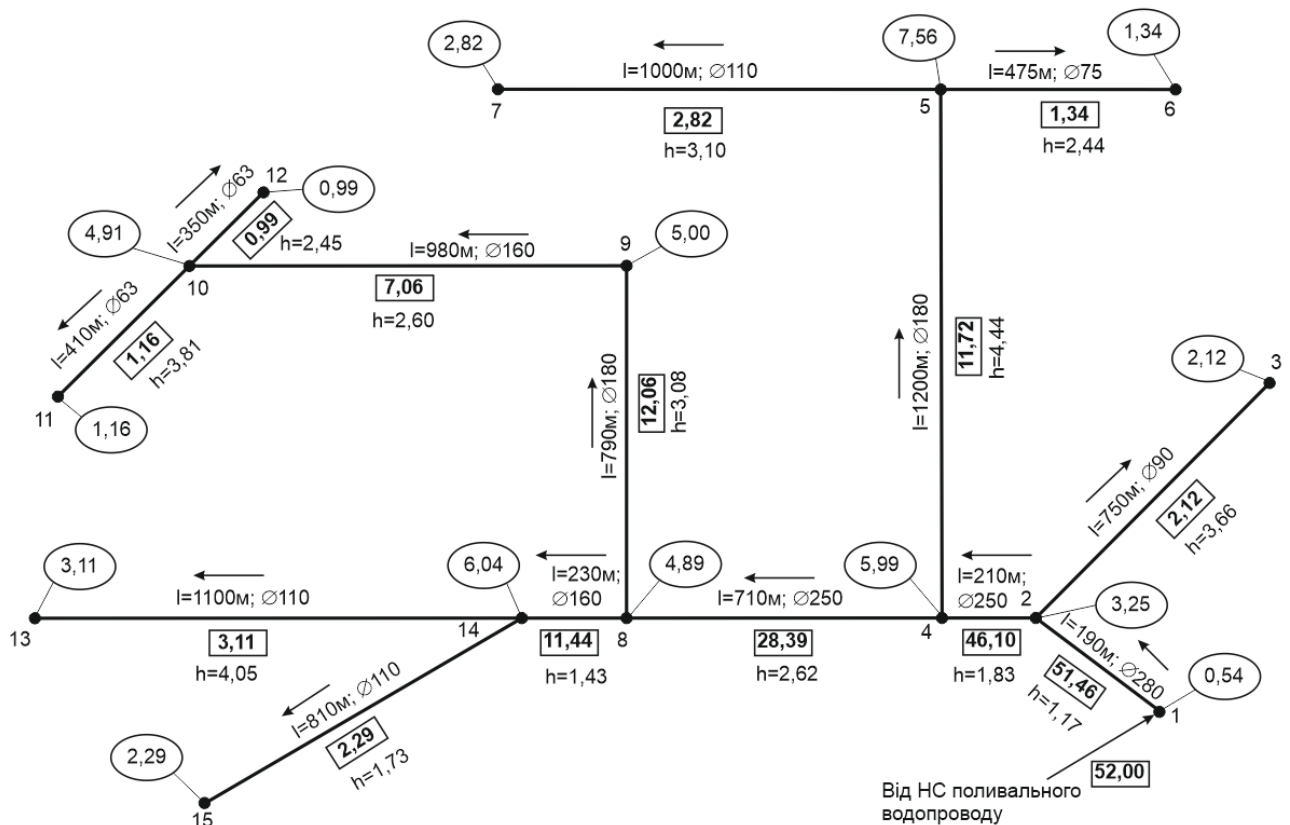


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема мережі поливального водопроводу селища

## 2.8 Проект свердловинної насосної станції з підземного джерела

Принципова схема забору, транспортування і розподілу питної води із свердловини підземного горизонту тріщинуватих кристалічних порід Українського щита представлена на рисунку 2.7.

Продуктивність блоку свердловин забору води з підземного горизонту розраховуємо з умови витрат води на власні потреби очисної станції. Розрахунок станції очистки природної води в межах кваліфікаційної роботи не проводиться, тому зазначені обсяги води прийемо орієнтовно за рекомендаціями [1, п.10.1.6]. Згідно нормативам, коефіцієнт власного споживання дорівнює 4% витрати від сумарного споживання питної води селищем. З урахуванням цього ( $\alpha = 1,04$ ) розрахункова продуктивність блоку (куща свердловин):

$$Q_v = Q_{\text{доб}}^{\text{макс}} \cdot \alpha = 1540 \cdot 1,04 = 1600 \text{ м}^3 / \text{добу} = 67 \text{ м}^3 / \text{год} = 18,5 \text{ л / с} \quad (2.20)$$

Конструкція прийнятих в роботі свердловин є досконалою при усталеному режимі фільтрації. Дебіт однієї свердловини встановлюємо залежністю Дююї для досконалих свердловин [11]. Для водоносного горизонту кристалічних тріщинуватих порід Українського щита в західному регіоні Дніпропетровської області встановлені такі параметри водоносного пласта: потужність пласта  $m$  – 20 – 40 м, коефіцієнт фільтрації  $K$  від 1 до 5 м/добу, глибина статичного рівня води в свердловині  $h_{св}$  – 10 – 20 м, пониження рівня води в свердловині  $S$  для тріщинуватих порід становить 10 – 15 м [7, 9]. Таким чином приймемо усереднені значення:  $K = 3$  м/добу,  $m = 30$  м,  $S = 15,0$  м,  $h_{св} = 15$ . В проєкті передбачено буріння свердловини діаметром 250 мм, тобто її радіус в місці буріння  $r = 0,125$  м. Отже при заданих параметрах дебіт однієї свердловини дорівнює [11]:

$$Q = \frac{2.73 \cdot K \cdot m \cdot S}{\lg\left(\frac{R}{r}\right)} = \frac{2.73 \cdot 3 \cdot 30 \cdot 15}{\lg\left(\frac{270}{0,125}\right)} = 1108 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.21)$$

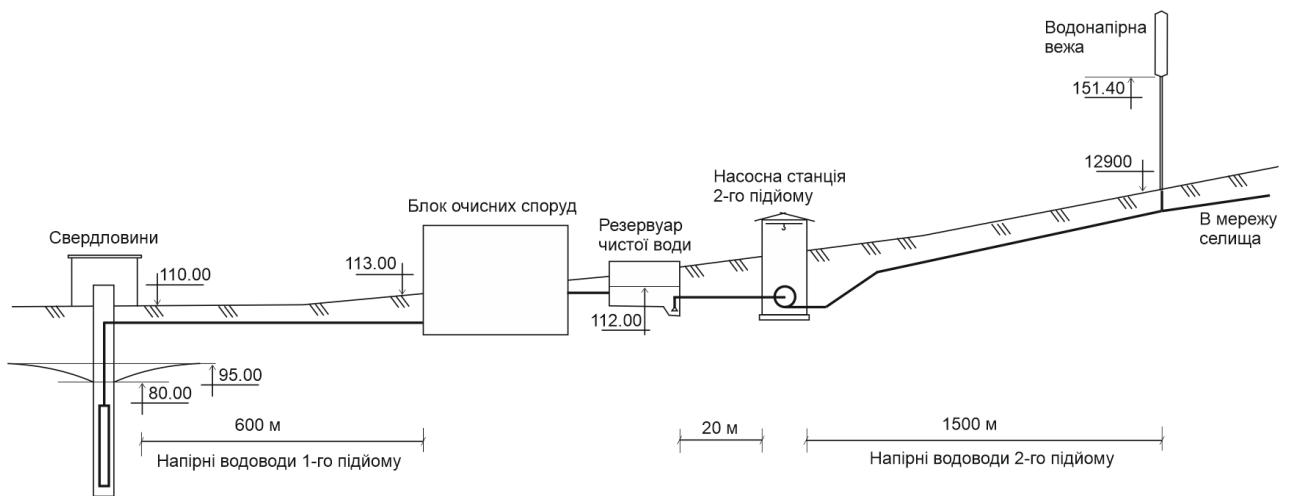


Рисунок 2.7 – Принципова висотна схема подачі води

Величину радіуса взаємного впливу свердловин  $R$  встановимо по формулі Зіхарда [7, 11]:

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{K} = 3000 \cdot 15 \cdot \sqrt{\frac{3}{86400}} = 265 \approx 270 \text{ метрів} \quad (2.22)$$

Число робочих свердловин згідно нормативу [1, п. 9.1.2.3, табл. 10]:

$$N_{cv} = \frac{Q_g}{Q_o} = \frac{1600}{1108} = 1,44 \approx 2 \text{ свердловини} \quad (2.23)$$

Таким чином, запроваджуємо будівництво 2 робочих і 1 резервної свердловини [1, п. 9.1.2.3, табл. 10].

Витрата води, яку забезпечує 1 артезіанська свердловина:

$$Q_{cv} = \frac{Q_g}{N_{cv}} = \frac{1600}{2} = 800 \text{ м}^3 / \text{добу} = 33,3 \text{ м}^3 / \text{год} = 9,3 \text{ л / с} \quad (2.24)$$

Потрібний напір насоса для свердловини враховує втрати напору в напірних лініях,  $h_n$ , геометричну висоту підйому води,  $H_r$ , а також вільний напір в кінці водоводу ( $h_b = 1,0$  м) [13, 18]:

$$H_{nc1} = H_r + h_n + h_b = 40,0 + 7,6 + 1,0 = 48,6 \text{ м} \approx 50,0 \text{ м} \quad (2.25)$$

Геометрична (геодезична) висота підйому води дорівнює різниці геодезичної позначки на вході в блок очистки (по завданню  $Z_{oc} = 125,00$ ) і позначки динамічного рівня води в свердловині, який, визначається позначкою поверхні землі в місці буріння ( по завданню  $Z_{cv} = 110,00$ ), статичним рівнем і пониженням рівня води  $S$ :

$$H_r = Z_{oc} - Z_{дин} = 125,00 - 80,00 = 40 \text{ м} \quad (2.26)$$

$$Z_{дин} = Z_{cv} - h_{cv} - S = 110,00 - 15 - 15 = 80,00 \quad (2.27)$$

Напірні трубопроводи куща (блоку) свердловин запровадимо в 2 нитки у відповідності з [1, п. 11.5]. Труби поліетиленові напірні серії ПЕ100 MRS 8,0 SDR 13,6 S6,3 [16]. Довжина ліній – 600 м (рис. 2.7). Витрата по кожній трубі в нормальному режимі роботи становить 9,3 л/с.

Запроектуємо напірні водоводи блоку свердловин діаметром  $d_n = 125$  мм,  $V = 1,042$  м/с;  $1000i = 11,465$  м. Загальні втрати напору в водоводі є сумою втрат і втрат на подолання місцевих опорів і втрат напору по довжині [1, додаток К]:

$$h_n = h_l + h_m = 6,88 + 0,68 = 7,56 \approx 7,6 \text{ м} \quad (2.28)$$

Втрати напору по довжині труби, м:

$$h_l = 1000i \cdot L_n = \frac{11,465 \cdot 600}{1000} = 6,88 \text{ м} \quad (2.29)$$

Згідно [1, додаток К, п. К.4] величину місцевих втрат приймемо:

$$h_m = 0.1h_l = 0,1 \cdot 6,88 = 0,68 \text{ м} \quad (2.30)$$

За розрахунковою продуктивністю  $Q_{\text{св}} = 33,3 \text{ м}^3/\text{год}$  і визначеною величиною необхідного напору  $H = 50 \text{ м}$  обираємо свердловинний насос Calpeda 6SDS 32/6 (Італія) для кожної свердловини [19]. Характеристики і робочі параметри обраного обладнання (див. рисунки 2.8 і 2.9):

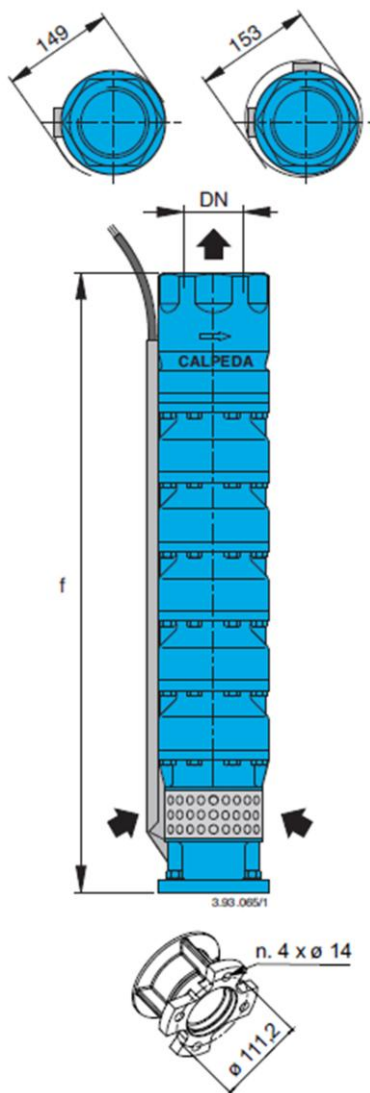


Рисунок 2.8 – Свердловинний насос Calpeda 6SDS 32/6

Подача –  $33,3 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

Напір насоса –  $52,3 \text{ м}$ .

Кількість ступенів – 6

Діаметр корпусу насоса –  $150 \text{ мм}$

Діаметр обсадної труби для насоса –  $250 \text{ мм}$

Потужність насоса –  $7,5 \text{ кВт}$

Довжина насоса  $f = 992 \text{ мм}$

Напірна труба -  $D_N = 3 \text{ дюйми} = 75 \text{ мм}$

Коефіцієнт корисної дії –  $85\%$

Частота обертання двигуна –  $n = 2900 \text{ об/хв}$

Вага агрегата –  $46 \text{ кг}$ .

Для забезпечення належної експлуатації артезіанських свердловин на кожній із них передбачено будівництво наземного павільйону розмірами  $3,4 \times 2,7 \text{ м}$  із встановленням оголовка типу ОСГО-300-57фл [11]. Основними технологічними комунікаціями свердловин прийнято сталеві напірні трубопроводи діаметром  $100 \text{ мм}$  [20], які забезпечують

транспортування води до системи водопостачання.

Конструкція павільйону запроєктована з керамзитобетонних блоків товщиною  $400 \text{ мм}$ , що забезпечує достатню міцність, теплоізоляцію та довговічність будівлі. Переkritтя прийнято із залізобетонних плит ПЗ0.10-4та, а фундамент виконано зі збірних залізобетонних блоків. Висота будівлі становить  $3,0 \text{ м}$ , що створює необхідні умови для безпечного розміщення та обслуговування

технологічного обладнання. Для проведення монтажу і демонтажу насосного обладнання у перекритті павільйону передбачено знімний монтажний люк діаметром 700 мм. Підлога приміщення облицьовується керамічною плиткою, що забезпечує зручність експлуатації та дотримання санітарно-гігієнічних вимог. Для природного освітлення приміщення передбачено віконний отвір розміром 1,0×1,5 м, а вхід до павільйону обладнується металевими дверима розміром 0,9×2,1 м.

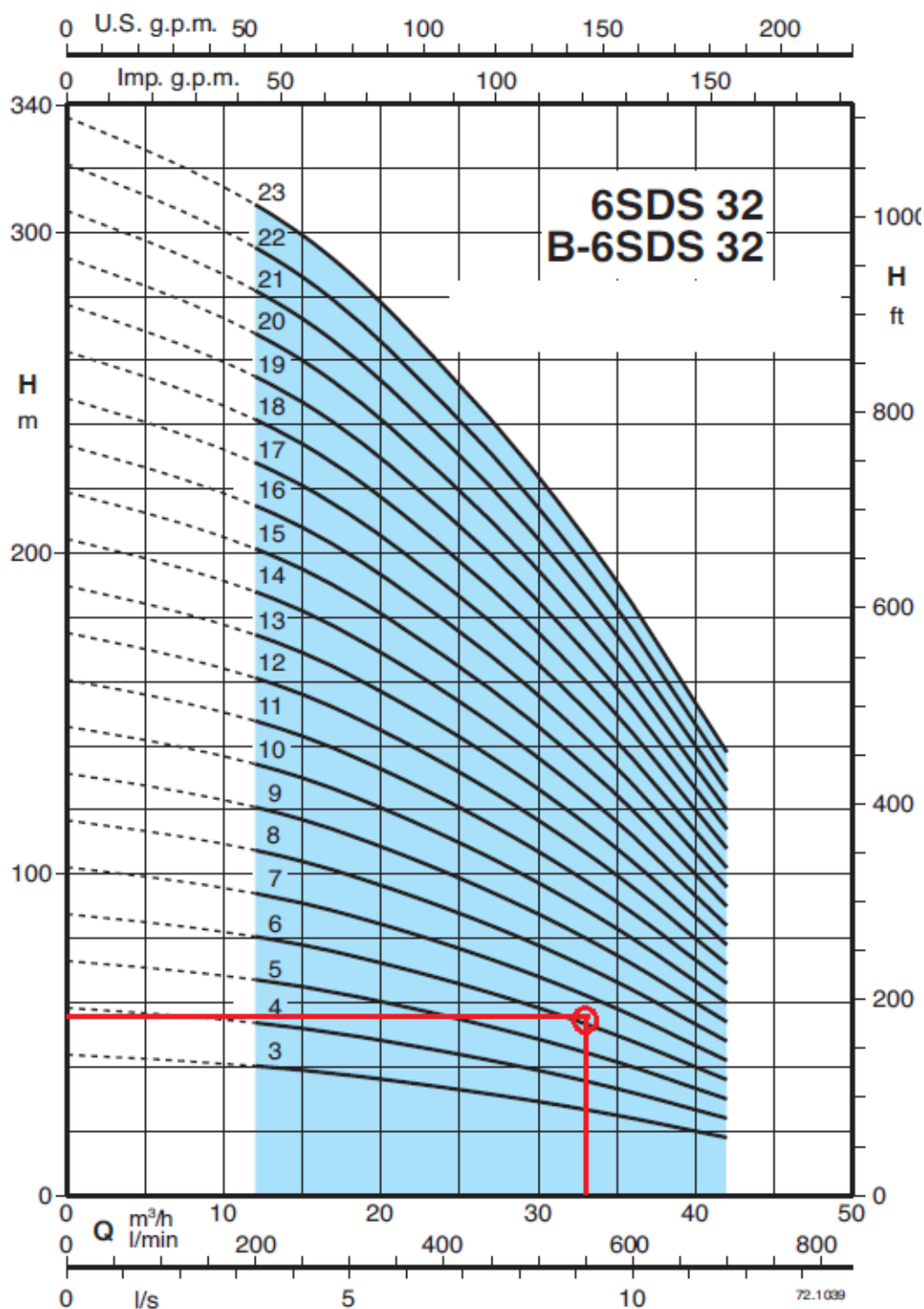


Рисунок 2.9 – Робочі характеристики насосів Calpeda 6SD 18/6 [19]

Кожна свердловина оснащується необхідною запірною та контрольно-вимірною арматурою, зокрема засувками, зворотним клапаном, вантузом для видалення повітря, рукавною головкою, манометром і лічильником води. Вибір арматури здійснюється відповідно до номінального діаметра трубопроводів і максимально допустимого тиску в системі згідно з каталогами виробників [21-23]. Для даного проєкту прийнято робочий тиск  $P_y = 1,0$  МПа.

Внутрішні трубопровідні комунікації в межах павільйону виконуються зі сталевих електрозварних труб на зварних з'єднаннях відповідно до вимог [1, п. 11.12]. Рознімні фланцеві з'єднання передбачаються лише у місцях встановлення арматури, що забезпечує надійність та герметичність системи. Діаметри трубопроводів визначаються на основі рекомендованих швидкостей руху води відповідно до [1, п. 11.8]. Фасонні елементи трубопроводів також приймаються сталевими згідно з чинними стандартами [22].

Основне технологічне обладнання павільйону свердловини наведено в таблиці 2.17.

Розміри павільйону та компоновка обладнання прийняті з урахуванням забезпечення зручності монтажу, демонтажу та технічного обслуговування обладнання відповідно до вимог [1, п. 12.65, 14.2, 14.10].

Проєкт комплексу артезіанських свердловин для системи питного водопостачання селища наведений на аркушах 3 і 4 графічної частини. До складу проєкту входять робочі креслення павільйону з технологічними комунікаціями та обладнанням, конструкція оголовка свердловини, геологічний розріз водоносних горизонтів у місці будівництва, технологічна схема трубопроводів, а також специфікація обладнання і матеріалів.

Межі першої зони санітарної охорони для умов даного проєкту визначені відповідно до нормативної літератури [1, п. 15.2.1.1] та становлять 30 м в усіх напрямках від осі свердловини. Генеральний план першої зони санітарної охорони однієї зі свердловин із під'їзною дорогою, павільйоном, металевою огорожею та воротами наведений на аркуші 4 графічної частини проєкту.

Таблиця 2.17 – Обладнання камер свердловинного водозабору (за даними [21-23])

№	Назва	Габарити	Маса, кг
1.	Свердловинний насос з занурювальним електродвигуном Calpeda 6SDS 32/6	L=992 мм, D=150 мм	46,0
2.	Лічильник води турбінний MWN Nubis IP65 (D <sub>y</sub> 100)	L=250 мм, H=220 мм	16
3.	Затвор дисковий 2103 Genebre (Ø50)	L=43 мм, H=200 мм	4.2
4.	Затвор дисковий 2103 Genebre (Ø100)	L=52 мм, H=220 мм	6.8
5.	Клапан зворотний фланцевий 2453 Genebre (Ø100)	L=190 мм, H=175 мм	14,5
6.	Вантуз чавунний фланцевий вертикальний D <sub>y</sub> 50, P <sub>y</sub> 16 кгс/см <sup>2</sup>	H=254 мм D=160 мм	9
7.	Кран пробковий триходовий чавунний фланцевий 11ч186к (Ø25), P <sub>y</sub> 0.63 МПа	L=145 мм, H=185 мм	4,4
8.	Манометр AFRISO RF 50 RAD (0-16 бар). Клас точності 2,5. Радіальний.	D=50 мм	0,7
9.	Відвод сталевий безшовний приварний 90°. ДСТУ ГОСТ 17375:2003. (Ø100)	L=150 мм	3,8
10.	Головка рукавна ГР-50		0,38
11.	Оголовок свердловинний герметичний ОСГО-300 (Ø300)		27,0

## 2.9 Резервуари чистої води (РЧВ)

Резервуари чистої води (РЧВ) є важливим елементом у загальній схемі централізованого водопостачання селища [3, 4, 11]. Вони розміщуються після споруд водопідготовки і свердловинних насосних станцій першого підйому та слугують для накопичення вже очищеної води перед її подачею у розподільчу мережу (див. рис. 2.5). Основне призначення резервуарів полягає у вирівнюванні нерівномірності водоспоживання, створенні запасу води для господарсько-питних потреб, а також забезпеченні надійної та безперебійної роботи всієї системи водопостачання.

Методика розрахунку об'єму резервуарів чистої води базується на визначенні сумарного необхідного запасу,  $W_{рез}$ , який включає кілька складових: регулюючий об'єм,  $W_{рег}$ , (для покриття добової нерівномірності водоспоживання),

протипожежний запас,  $W_{\text{пож}}$ , (на забезпечення гасіння пожежі протягом нормативного часу), аварійний запас (на випадок перебоїв у роботі водозабору або насосного обладнання) і запас води на промивання фільтрів станції очистки,  $W_{\text{пром}}$  [1, п. 13.1.1]:

$$W_{\text{рез}} = W_{\text{рез}} + W_{\text{пож}} + W_{\text{пром}} = 385 + 108 + 34 = 527 \text{ м}^3 \quad (2.31)$$

Регулюючий об'єм резервуара,  $W_{\text{рег}}$ ,  $\text{м}^3$  [1, п. 13.1.2]:

$$W_{\text{рег}} = Q_{\text{доб}}^{\text{макс}} \left[ 1 - K_n + (K_{\text{год}}^{\text{макс}} - 1) \left( \frac{K_n}{K_{\text{год}}^{\text{макс}}} \right)^{\left( \frac{K_{\text{год}}^{\text{макс}}}{K_{\text{год}}^{\text{макс}} - 1} \right)} \right] =$$

$$= 1540 \left[ 1 - 1,0 + (2,0 - 1) \left( \frac{1,0}{2,0} \right)^{\frac{2,0}{(2,0-1)}} \right] = 385 \text{ м}^3 \quad (2.32)$$

Протипожежний об'єм резервуара згідно [1, п. 13.1.4] включає повний обсяг води на ліквідацію зовнішніх пожеж протягом прийнятої тривалості пожежі:

$$W_{\text{пож}} = \frac{q_{\text{пож}} \cdot n \cdot t \cdot 3600}{1000} = \frac{10 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 108 \text{ м}^3 \quad (2.33)$$

Обсяг води для промивання фільтрів знезалізнення станції очистки проводимо орієнтовно, припускаючи, що на станції прийняті напірні фільтри діаметром 2,0 м (площа кожного фільтра  $F_{\text{ф}} = 3,14 \text{ м}^2$ ) [7]. Одночасно промивається лише 1 апарат. Інтенсивність промивання типова для піщаних фільтрів  $W = 15 \text{ л/с} \times \text{м}^2$ , тривалість промивання  $t = 6$  хвилин по [1, п. 10.12.15]. тоді:

$$W_{\text{пром}} = \frac{W_1 \cdot F_{\text{ф}} \cdot n \cdot t \cdot 60}{1000} = \frac{15,0 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 60}{1000} = 34 \text{ м}^3 \quad (2.34)$$

З конструктивної точки зору прийемо РЧВ підземними, що є доцільним для умов селища, оскільки це забезпечує захист води від замерзання, впливу температурних коливань та забруднення. Передбачається влаштування двох резервуарів для забезпечення можливості їх поетапного виведення в ремонт без припинення водопостачання. Резервуари обладнуються підвідними та відвідними

трубопроводами, переливними та спускними пристроями, вентиляцією, а також засобами контролю рівня води.

Отже приймаємо два резервуара РЕ6-3,0 із збірного залізобетону (з використанням стінових панелей із опорною п'ятою) об'ємом по 300 м<sup>3</sup> кожний (типовий проєкт 901-4-64.83). Ширина резервуара 6,0 м, довжина 15,0 м, середня глибина 3,8 м.

Таким чином, резервуари чистої води виконують ключову роль у забезпеченні стабільності, надійності та безперервності водопостачання селища, дозволяючи ефективно регулювати подачу води відповідно до змін водоспоживання та гарантувати наявність необхідних запасів у різних режимах роботи системи [1, 4, 11].

## **2.10 Проєкт насосної станції 2-го підйому**

Насосна станція другого підйому (НС-II) є також одним з головних елементів системи централізованого питного водопостачання селища із загальним добовим споживанням 1540 м<sup>3</sup>/добу. Цей комплекс гідротехнічних споруд та інженерного обладнання призначений для забезпечення безперебійної та надійної подачі питної води нормативної якості безпосередньо споживачам селища (у житлові будинки, громадські будівлі та на господарські потреби) [3-4].

Станція виконує функцію забору підготовленої, знезараженої води з резервуарів чистої води (РЧВ) і транспортування її під необхідним тиском у розподільну кільцеву мережу селища. Оскільки на початку мережі розташована водонапірна вежа Рожновського (ВБР-50) [14], головним технологічним завданням насосної станції є циклічне наповнення цієї вежі. Водонапірна вежа, у свою чергу, акумулює запас води для періодів максимального водорозбору, регулює напір у мережі та забезпечує стабільний тиск у споживачів навіть під час короткочасних зупинок насосного обладнання.

Будівля насосної станції виконана за напівзаглибленим типом [13, 24]. Головною особливістю такої конструкції є відсутність суцільного міжповерхового перекриття між підземною частиною (де розташований машинний зал з

насосними агрегатами) та наземною частиною споруди. Таке рішення дозволяє створити єдиний внутрішній простір, що значно полегшує візуальний контроль за роботою обладнання, покращує природне освітлення машинного залу та спрощує вентиляцію приміщення. Простір наземної частини використовується для розміщення шаф автоматики, силових щитів керування, засобів вимірювальної техніки, а також підйомно-транспортних механізмів (талей або кран-балок) для монтажу та демонтажу обладнання.

Машинний зал заглиблено відносно поверхні землі на глибину, яка забезпечує встановлення насосів під заливом. Це означає, що вісь відцентрових насосів розташована нижче мінімального рівня води в резервуарах чистої води. Завдяки цьому робочі камери насосів завжди заповнені водою, що виключає необхідність проектування складних вакуумних систем для заливки насосів перед пуском. Таке розташування суттєво підвищує надійність системи автоматичного пуску обладнання, знижує ризик «сухого ходу» та кавітації, а також спрощує експлуатацію станції в автоматичному режимі [27].

Джерелом водопостачання для НС-II є два резервуари чистої води (РЧВ) ємністю  $300\text{м}^3$  кожний. Загальний об'єм резервуарів забезпечує регулюючий та недоторканий пожежний запас води для селища. Резервуари з'єднані з насосною станцією окремими (індивідуальними) всмоктувальними трубопроводами. Система обв'язки дозволяє забирати воду як з обох РЧВ одночасно, так і з кожного окремо (наприклад, під час чищення, дезінфекції чи ремонту одного з резервуарів).

Як основне робоче обладнання на станції планується установка насосів консольного типу. Це горизонтальні відцентрові одноступеневі насоси з осьовим підведенням рідини, де робоче колесо розташоване на кінці вала (консолі), закріпленого в підшипниковому вузлі. Консольні насоси відрізняються високою ремонтпридатністю: їхня конструкція дозволяє проводити технічне обслуговування, заміну сальникових або торцевих ущільнень та ремонт підшипників без від'єднання корпусу насоса від всмоктувального та напірного трубопроводів [13].

У машинному залі змонтовано групу насосів, яка включає робочі агрегати для забезпечення ступеневого режиму та обов'язковий резервний насос (згідно III категорії надійності дії станції допускається 1 агрегат). Кількість та параметри насосів підбираємо таким чином, щоб повністю покривати максимальні годинні витрати селища та мати можливість працювати в паралельному режимі.

Допоміжне обладнання та обв'язка включають [24-25]:

- Внутрішні трубопроводи та арматуру: на кожному всмоктувальному та напірному патрубку насосів встановлено запірні засувки (типу «батерфляй»). На напірних лініях додатково змонтовані зворотні клапани для запобігання зворотному току води через непрацюючі насоси та захисту від гідроудару.
- Дренажну систему: оскільки станція напівзаглиблена, у нижній точці машинного залу передбачено дренажний приямок зі змонтованим занурювальним дренажним насосом типу ГНОМ 10-10 для відведення випадкових або витокових вод (від сальників консольних насосів чи під час ремонтних робіт).
- Контрольно-вимірювальні прилади (КВП): станція оснащена датчиками тиску (манометрами) на напірних лініях і вакуумметрами на всоктувальних, ультразвуковими витратомірами для обліку поданої в селище води, а також датчиками сухісного ходу.

Враховуючи загальну продуктивність  $1540 \text{ м}^3$  та роботу на блок водонапірних веж (2 шт. ВБР-50), насосна станція запроектована для роботи в 3-ступеневому режимі. Такий режим дозволяє максимально наблизити графік подачі води насосами до графіку нерівномірного добового споживання селища, що мінімізує кількість пусків/зупинок обладнання та заощаджує електроенергію [13].

Три ступені роботи реалізуються за рахунок увімкнення різної кількості насосних агрегатів протягом доби (див. рис. 2.1):

1. Перший ступінь (мінімальний режим): працює один насос в години з 21.00 до 06.00 і в період 17.00-18.00, коли водоспоживання в селищі практично відсутнє, а вода йде переважно на повільне наповнення вежі та покриття мінімальних потреб.

2. Другий ступінь (середній режим): працює два насоси з 06.00 до 09.00, з 14.00 до 17.00 і в періоди 18.00-19.00 і 20.00-21.00 у денні години зі стабільним, середнім рівнем споживання води.
3. Третій ступінь (максимальний режим): вмикаються в роботу паралельно три насоси в години пікових навантажень (ранок та вечір) з 09.00 до 10.00, з 11.00 до 14.00 і з 19.00 до 20.00, коли витрати води селищем перевищують пропускну здатність одного насоса.

Управління роботою насосної станції повністю автоматизоване і здійснюється за рівнем води у водонапірній вежі ВБР-50. У баку вежі встановлено гідростатичні датчики рівня, які передають сигнали на центральний пульт керування в насосній станції, а саме [13]:

- Коли рівень води у вежі падає до першої критичної позначки, автоматика вмикає перший ступінь насосів.
- Якщо рівень продовжує знижуватися через інтенсивне споживання, вмикається наступний ступінь (додатковий насос).
- При досягненні верхнього граничного рівня води у вежі, що свідчить про її повне наповнення, контролер по черзі вимикає насосні агрегати.

Додатково система автоматизації забезпечує захист консольних насосів від аварійних режимів: перевантаження двигунів, зникнення або перекосу фаз живлення, падіння тиску на виході (прорив мережі) або критичного зниження рівня води в РЧВ. Станція проектується як об'єкт без постійної присутності обслуговуючого персоналу; всі дані про роботу, витрату води та можливі аварії передаються через канали зв'язку (GSM/GPRS або радіоканал) на диспетчерський пункт управління.

По ступеню забезпеченості подачі води насосну станцію, що проектується, відносимо до III категорії надійності дії [1].

Розрахункова продуктивність насосів по ступеням (див. рисунок 2.1):

1 ступінь – подача 2,3% від максимального споживання води селищем за добу, м<sup>3</sup>/год:

$$q_I = \frac{2,3 \cdot Q_{добр}^{макс}}{100} = \frac{2,3 \cdot 1540}{100} = 35,5 \text{ м}^3 / год \quad (2.35)$$

2 ступінь – подача 4,6% від максимального споживання питної води селищем за добу, м<sup>3</sup>/год:

$$q_{II} = \frac{4,6 \cdot Q_{добр}^{макс}}{100} = \frac{4,6 \cdot 1540}{100} = 71,0 \text{ м}^3 / год \quad (2.36)$$

3 ступінь – 6,9% від максимального споживання питної води селищем за добу, м<sup>3</sup>/год:

$$q_{III} = \frac{6,9 \cdot Q_{добр}^{макс}}{100} = \frac{6,9 \cdot 1540}{100} = 106,2 \text{ м}^3 / год \quad (2.37)$$

Розрахуємо необхідний напір насосів при випадку максимального водоспоживання за диктуючим напрямком руху води в мережі 1-2-3-4-12-11 (диктуюча точка – вузол 11) [13, 25]:

$$\begin{aligned} H_{нс2} &= H_z + h_{вс} + h_{ст} + h_n + h_{мер} + H_v = \\ &= 14,0 + 1,0 + 3,0 + 11,0 + 9,5 + 18,0 = 56,5 \approx 57,0 \text{ м} \end{aligned} \quad (2.38)$$

$h_{ст}$  – втрати напору в комунікаціях насосної станції, м. Прийmemo  $h_{ст} = 3,0$  м;

$h_n$  – втрати в напірних лініях, м;

$h_{вс}$  – втрати в усмоктуючих трубопроводах, м. Прийнято  $h_{вс} = 1,0$  м;

$H_r$  – геометрична висота підйому, м;

$H_v$  – вільний напір в диктуючому вузлі 11. Прийнятий  $h_v = 18,0$  м.

$h_{мер}$  – втрати напору за диктуючим напрямком руху води при максимальному водоспоживанні (див. розділ 2.3 і аркуш 2 графічної частини):

$$h_{мер} = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} + h_{4-12} + h_{12-11} = 3,06 + 1,19 + 1,58 + 1,97 + 1,59 = 9,39 \approx 9,5 \text{ м} \quad (2.39)$$

$$H_z = Z_{д.т.} - Z_{рчв}^{мін} = 124,00 - 110,00 = 14,0 \text{ м} \quad (2.40)$$

$Z_{д.т.}$  – геодезична позначка поверхні землі навколо диктуючої точки мережі (вузол 11). По генплану (арк. 1 графічної частини)  $Z_{д.т.} = 124,00$  м;

$Z_{рчв}^{мін}$  – позначка мінімального рівня води в резервуарах чистої води, по завданню

$Z_{рчв}^{мін} = 110,00$ .

Прийmemo 2 гілки напірних водоводів від станції до селища у відповідності з вимогами [1, п. 11.5]. Труби застосовуємо з напірного поліетилену серії ПЕ 80 MRS 8,0 SDR 13,6 S6,3 [16]. Довжина трубопроводів від станції до селища –  $L_n = 1500$  м (див. рис. 2.5). Продуктивність кожної труби при нормальному режимі роботи [24-25]:

$$q_s = \frac{106,2}{2} = 53,1 \text{ м}^3 / \text{год} = 15 \text{ л / с}$$

Діаметри труб водоводів оберемо виходячи з економічно вигідного режиму швидкості руху потоку води [17], тобто:  $d_n = 160$  мм,  $V = 1,027$  м/с;  $1000i = 8,252$  м.

В такому разі загальні втрати напору становлять [24-25]:

$$h_n = h_l + h_m = 9,75 + 0,98 = 10,73 \approx 11,0 \text{ м} \quad (2.41)$$

$$h_l = 1000i \cdot L_n = \frac{8,252 \cdot 1500}{1000} = 9,75 \text{ м} \quad (2.42)$$

Втрати напору на подолання місцевих опорів розрахуємо по [1, додаток К, п. К.4], тобто:

$$h_m = 0,1h_l = 0,1 \cdot 9,75 = 0,98 \text{ м} \quad (2.43)$$

Оскільки продуктивності насосів (ступенів) є кратними ( $q_{III} \approx 3q_I$  і  $q_{II} = 2q_I$ ), вибір насосів здійcнимо за умови, що насоси однотипні. На першому ступеню працює один робочий насос, на другому ступеню два робочих насоса і на третьому ступеню три робочих насоса. Резервний насос запровадимо один, що допустимо для III категорії надійності [1].

Виходячи з розрахункових параметрів  $Q_n = 35,5$  м<sup>3</sup>/год,  $H_{НС} = 57,0$  м проведемо підбір основних насосів. За робочими параметрами прийняті відцентрові горизонтальні моноблочні насоси консольного типу марки СМ 40-250С EN733 (виробництво Pentax Industries S.p.A., Італія) [26]. Робочі параметри насоса (див. рисунки 2.10 і 2.11):

Подача 35,5 м<sup>3</sup>/год;

Напір 58,0 м;

Потужність 10,0 кВт;

ККД 58%;

Кавітаційний запас,  $\Delta h$  (NPSH) = 3,0 м;

Споживана напруга – 380В;

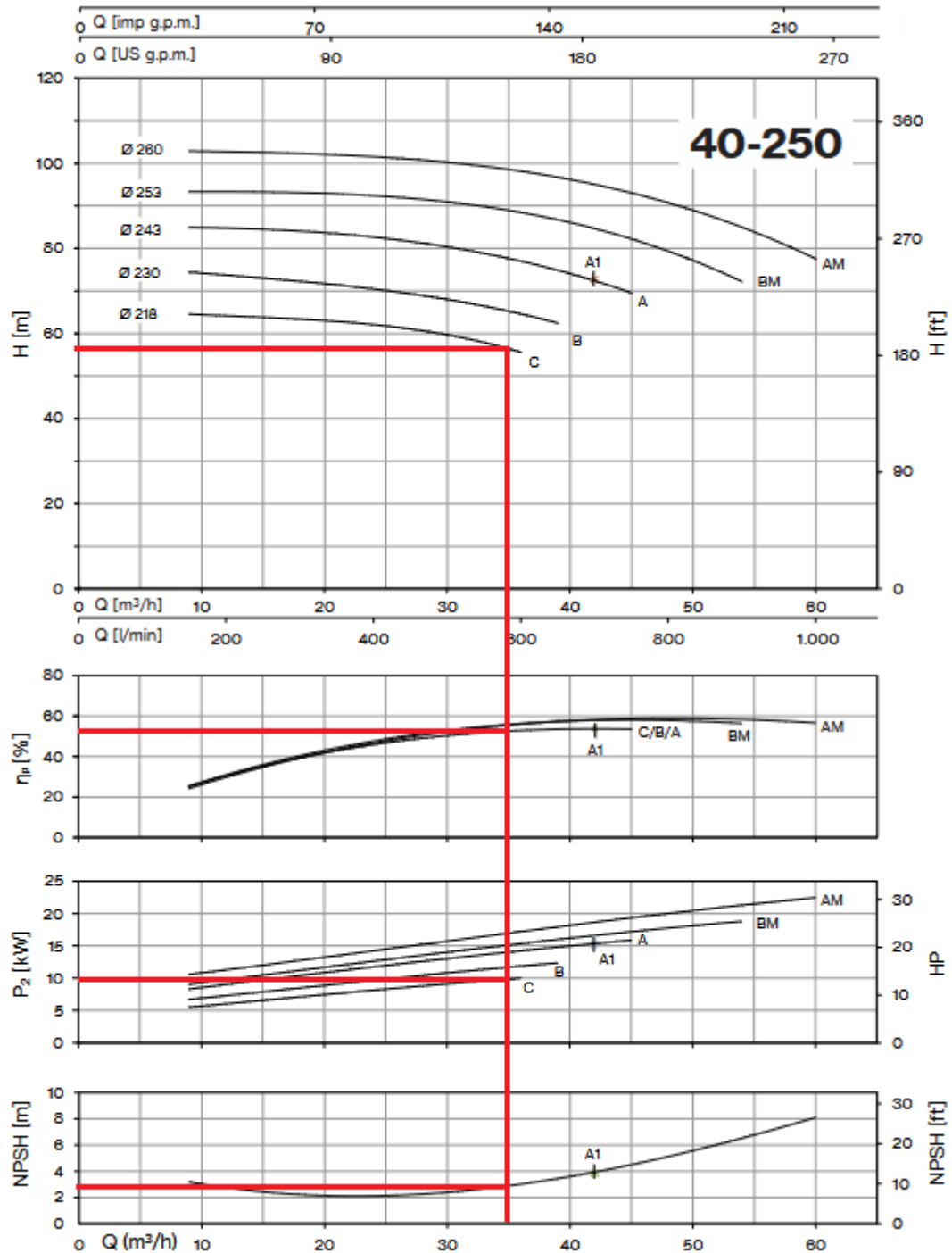


Рисунок 2.10 – Робочі характеристики агрегата CM 40-250C EN733 [26]

Напірний патрубок 40 мм;

Всмоктуючий патрубок 65 мм;

Довжина насоса 670 мм;

Ширина 332 мм;

Висота 405 мм;

Маса 143,5 кг;

Розмір фундаменту під насос:  $A \times B \times H = 900 \times 500 \times 200$  мм.

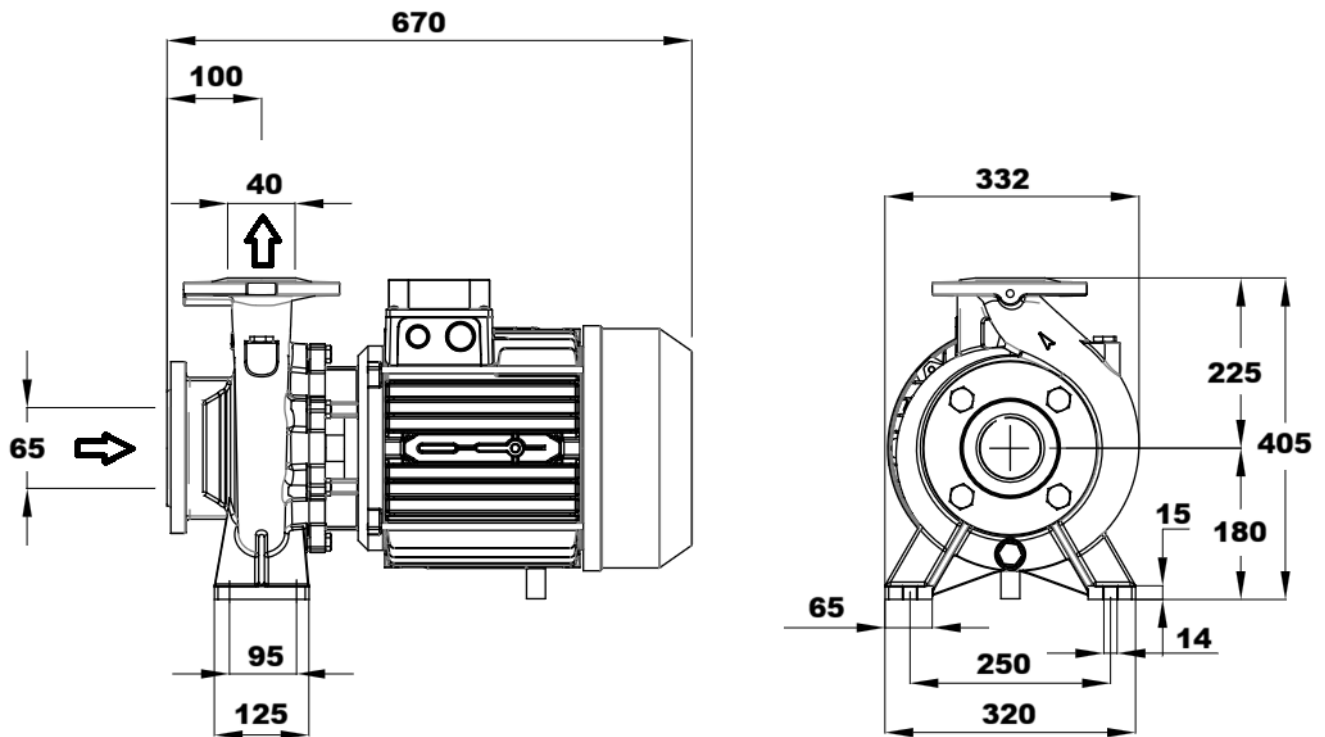


Рисунок 2.11 – Габаритні розміри насоса SM 40-250C EN733 [23]

Розроблена схема технологічних комунікацій станції подана на рисунку 2.12 [13, 24-25].

Матеріал труб всмоктувальних труб і напірних комунікацій всередині станції (до виходу з камери переключення) – сталь [1]. Для кожного насоса передбачена індивідуальна всмоктуюча лінія з параметрами:  $d_{\text{вс}} = 100$  мм,  $V = 0,97$  м/с,  $1000i = 17,5$ ,  $q = 9,9$  л/с.

Напірні трубопроводи кожного з насосів мають характеристики:  $d_{\text{нап}} = 80$  мм,  $V = 1,4$  м/с,  $1000i = 44,5$ ,  $q = 9,9$  л/с. Напірний колектор приймемо по схемі (рис 2.10) з параметрами:  $d_{\text{кол}} = 100$  мм,  $V = 1,45$  м/с,  $1000i = 37,6$ ,  $q = 14,75$  л/с.

Для технологічного з'єднання трубопроводів застосовуються типові сталеві фасонні елементи, що монтуються за допомогою зварювання [22]. Вузли перетину зі стінами споруди реалізовані із використанням натискних сталевих сальників

[21, 23]. Контроль параметрів роботи кожної насосної одиниці забезпечується встановленням вакуумметрів на лініях всмоктування та манометрів на лініях нагнітання; крім того, на кожному напірному відгалуженні колектора передбачено монтаж турбінного водолічильника. Підбір запірної, регулюючої та захисної арматури здійснюється відповідно до номенклатури заводів-виготовлювачів, виходячи з умовного діаметра трубопроводів та робочого тиску, що не перевищує 1 МПа [21, 23].

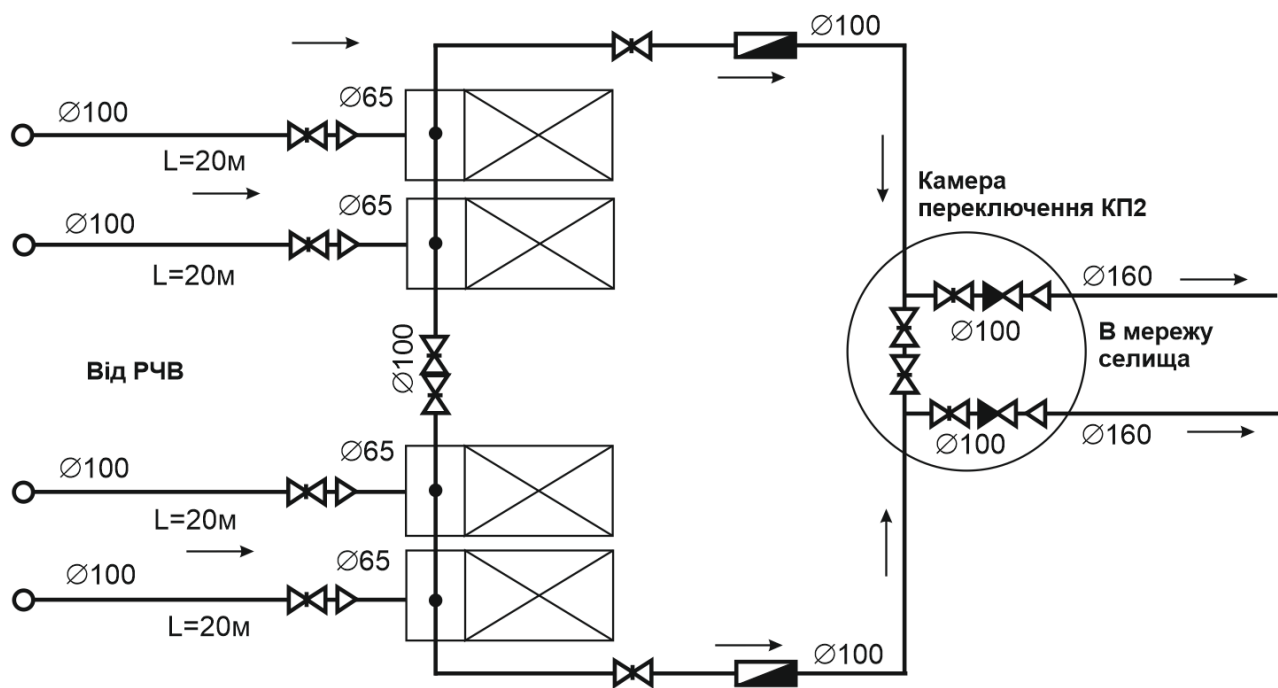


Рисунок 2.12 – Розрахункова схема основних технологічних трубопровідних комунікацій станції 2-го підйому

З метою оптимізації внутрішнього простору машинного залу та спрощення його подальшого обслуговування, на комунікаціях обв'язки монтуються міжфланцеві дискові поворотні затвори серії 21А (типу «батерфляй») від українського виробника «СМО» (м. Луцьк) [21]. Конструкція цих пристроїв дозволяє здійснювати їх монтаж як на вертикально, так і на горизонтально орієнтованих фрагментах трубопроводів. Специфіка їх експлуатації вимагає дотримання гідравлічних умов для мінімізації опору та виключення кавітаційних явищ: довжина прямолінійного відрізка труби до затвора має становити щонайменше  $1,5d_y$ , а після нього — не менше  $2 d_y$ .

Монтаж зворотних клапанів на напірному патрубку кожного агрегату дозволяє заблокувати зворотний рух рідини з напірного тракту у разі аварійної чи планової зупинки обладнання, що захищає вал двигуна та робоче колесо від небезпечного реверсного обертання. До того ж наявність клапанів значно полегшує реалізацію алгоритмів автоматичного пуску та зупинки насосів.

Повний перелік ключового технологічного обладнання та з'єднувальних фасонних деталей представлено у таблиці 2.18 [20-23].

Таблиця 2.18 – Головне технологічне обладнання і фасонні частини насосної станції 2-го підйому (за даними [20-23])

№	Назва	Габарити	Маса, кг
1.	Лічильник води турбінний MWN Nubis IP65 (D <sub>y</sub> 100)	L=250 мм, H=220 мм	16
2.	Затвор поворотний дисковий міжфланцевий 21 А СМО (Ø80)	L = 45 мм, H = 181 мм	3,9
3.	Затвор поворотний дисковий міжфланцевий 21 А СМО (Ø100)	L = 52 мм, H = 200 мм	5,2
4.	Клапан зворотний фланцевий, Zetkama 287 (Ø80)	L=310 мм	31
5.	Клапан зворотний фланцевий, Zetkama 287 (Ø100)	L=360 мм	42
6.	Манометр AFRISO RF 50 RAD (0-16 бар). Клас точності 2,5. Радіальний.	D=50 мм	0,7
7.	Вакуумметр ДВ 05100- (-100-0 кПа) – клас точності 1,5.	D=50 мм	0,7
8.	Перехід сталевий безшовний приварний концентричний. ДСТУ ГОСТ 17375:2003. (Ø80×Ø40)	L=75 мм	1,1
9.	Перехід сталевий безшовний приварний ексцентричний. ДСТУ ГОСТ 17375:2003. (Ø100×Ø65)	L=80 мм	1,1
10.	Відвод сталевий безшовний приварний 90°. ДСТУ ГОСТ 17375:2003. (Ø100)		3,8
11.	Трійник сталевий безшовний приварний перехідний. ДСТУ ГОСТ 17376:2003. (Ø100×Ø80)	L=200 мм H=80 мм	4,7
12.	Сальник натискний сталевий. ТМ 95-02. (Ø100)	L=500 мм	16,0
13.	Труби сталеві електрозварні. ДСТУ 8943:2019 (Ø100)	S = 3,5 мм	9,02 п.м.

Живлення кожного насоса здійснюється через окрему всмоктувальну магістраль від РЧВ протяжністю 20,0 м. Початкова ділянка цього трубопроводу комплектується вхідним лійковидним елементом для покращення гідравлічних характеристик потоку, коліном (відводом) на  $90^\circ$ , дисковим поворотним затвором, а також концентричним переходом  $100 \times 65$  [13, 25].

Сумарні втрати напору в кожній усмоктувальній лінії [24-25]:

$$\begin{aligned} h_{\text{вс}} &= h_l^{\text{вс}} + h_m^{\text{вс}} = 1000i \cdot L_{\text{вс}} + (\xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вор}} + \xi_{\text{нов}} + \xi_{\text{затв}} + \xi_{\text{пер}}) \cdot \frac{V_{\text{вс}}^2}{2g} = \\ &= 15,3 \cdot 0,02 + (0,5 + 0,5 + 0,5 + 3,0 + 0,5) \frac{0,9^2}{2 \cdot 9,81} = 0,50 \text{ м} \end{aligned} \quad (2.44)$$

Діаметр вхідної лійки на всмоктуючих трубах насосів в РЧВ визначаємо з умови [25]:

$$D_{\text{вх}} = (1,3 \div 1,5) d_{\text{вс}} = 1,3 \cdot 0,1 \approx 0,15 \text{ м} = 150 \text{ мм} \quad (2.45)$$

Насоси встановлюємо під заливом відносно мінімального рівня води в РЧВ (верх корпуса насоса нижче рівня води). Це дозволяє автоматизувати роботу насосів і спростити їх експлуатацію і [1, п. 11.3]. Рівень вісі насоса визначиться із залежності [13, 18, 24-25]:

$$Z_{\text{в.н}} = Z_{\text{ст}}^{\text{мін}} - h_{\text{кр}} = 110,00 - 0,23 = 109,77 \text{ м} \approx 109,55 \text{ м} \quad (2.46)$$

Висота фундаментів насосів прийнята  $h_{\text{ф}} = 200$  мм. Тоді з урахуванням даних рисунку 2.7 ( $h_1 = 0,18$  м), позначка рівня підлоги в насосній буде [24]:

$$Z_n = Z_{\text{в.н.}} - h_1 - h_{\text{ф}} = 109,45 - 0,18 - 0,2 = 109,15 \quad (2.47)$$

Нормативні відстані від низу труб до підлоги машинного залу лежать в допустимих межах [1, п. 12.65]. Випуск напірних труб насосів з будівлі станції запровадимо на рівні 111.25, тобто з урахуванням проникнення в ґрунт нульової температури в даній місцевості ( $h_{\text{пром}} = 1,2$  м) [1]:

$$Z_{\text{н.пр.}} = Z_3^{\text{НС}} - h_{\text{пром}} - 0,5 + \frac{d_{\text{н.пр.}}}{2} = 113,15 - 1,2 - 0,5 + \frac{0,1}{2} = 111,50 \approx 111,25 \quad (2.48)$$

Тоді заглиблення машинного залу станції становить по [13, 24]:

$$h_3 = Z_3^{\text{НС}} - Z_n = 113,15 - 109,15 = 4,0 \text{ м} \quad (2.49)$$

Для спорудження підземного об'єму насосної станції застосовується монолітний залізобетон класу В15 із товщиною стінових конструкцій 400 мм. Споруда має прямокутну конфігурацію у плані з габаритними розмірами 6,0×4,5 м. Товщина плити монолітного днища прийнята рівною 600 мм. Для доступу всередину машинного залу з наземного блоку запроектовані сходи завширшки 800 мм. Розміщення насосних агрегатів передбачено на двох ізольованих фундаментах, кожен з яких розрахований на установку двох насосів, що повністю відповідає нормативним вимогам для цих умов [1].

Виконання монтажних-демонтажних робіт з технологічним устаткуванням у межах будівлі реалізується за допомогою пересувної ручної талі з черв'ячним редуктором, що має вантажопідйомність 1 т (при цьому гранична маса одиничного обладнання на станції становить 145 кг для насосного агрегату). Вивіз вузлів та деталей за межі приміщення здійснюється на колісному візку, з якого за допомогою автовантажувача або автомобільного крана переміщується безпосередньо у кузов транспортного засобу [25].

Визначимо мінімальну технологічну висоту наземної частини будівлі, враховуючи довжину вантажних строп талі ( $h_c = 0,5$  м), висоту колісної платформи візка ( $h_{тр} = 0,5$  м), максимальний вертикальний габарит обладнання — насоса ( $h_b = 0,4$  м), а також конструктивний габарит самого підйомного механізму від осі гака до нижньої грані плит перекриття ( $h_{кр} = 0,4$  м) [24]:

$$H_{б\ddot{y}д} = h_{тр} + 0,3 + h_b + h_c + h_{кр} = 0,5 + 0,3 + 0,4 + 0,5 + 0,4 = 2,1\text{ м} \quad (2.50)$$

Конструктивно, з урахуванням того, що будівля насосної станції виконується зі збірного залізобетону, приймаємо висоту наземної частини станції  $H_{б\ddot{y}д} = 3,0$  м.

Для забезпечення можливості спорожнення трубопроводних комунікацій станції, а також відведення дренажних і аварійних вод із машинного залу в підземній частині споруди передбачено дренажний приямок розміром 500×500 мм та глибиною 500 мм. У приямку встановлюється дренажний насос занурювального типу ГНОМ 10/10, робота якого здійснюється в автоматичному режимі залежно від рівня заповнення приямка. Продуктивність насоса становить

до 10 м<sup>3</sup>/год, напір – до 10 м, потужність електродвигуна – 1,1 кВт, маса агрегату – 11,0 кг. Габаритні розміри насоса складають 360×210 мм, а діаметр нагнітального патрубку дорівнює 50 мм. Відведення дренажних вод передбачається до загальної мережі водовідведення очисної станції [13].

Система управління насосним обладнанням прийнята повністю автоматизованою без постійного перебування чергового персоналу. Вмикання та вимикання насосів здійснюється автоматично залежно від рівнів води в резервуарах чистої води, водонапірних баштах і тиску у водопровідній мережі селища. У випадку аварійної зупинки робочого насоса передбачено автоматичне введення в роботу резервного агрегату. Пуск насосів здійснюється при відкритих засувках на напірних трубопроводах. Обслуговування насосного обладнання, арматури та контрольно-вимірювальних приладів виконується безпосередньо з рівня підлоги.

Внутрішня система водопостачання станції для господарсько-питних потреб запроектована з поліетиленових напірних труб діаметром 15 і 25 мм [27]. Вода до санітарно-технічних приладів подається від напірних водоводів станції. У санітарному вузлі додатково передбачено встановлення водонагрівача. Внутрішня побутова каналізація виконана з пластмасових труб діаметром 100 мм. Для збору води після миття підлоги в наземній частині споруди влаштовується трап. Побутові стічні води відводяться у зовнішню каналізаційну мережу очисної станції [27]. Вентиляція внутрішньої каналізаційної мережі забезпечується через каналізаційний стояк, виведений над покрівлю на висоту 0,5 м.

Система централізованого постійного опалення для будівлі насосної станції не передбачається. За необхідності обігрів приміщення здійснюється за допомогою електричних опалювальних приладів типу ПЕТ-4. Вентиляція будівлі прийнята припливно-витяжною з природною циркуляцією повітря через дахові дефлектори.

За ступенем вогнестійкості будівля насосної станції належить до II ступеня, клас вогнестійкості – II. Технологічні процеси, що відбуваються у станції, за рівнем пожежної небезпеки відносяться до категорії «Д».

Наземна частина насосної станції має прямокутну форму в плані з розмірами в осях 4,5×9,0 м та висотою 3,0 м до низу плит перекриття. Архітектурно-будівельні рішення передбачають зведення стін із крупнорозмірних легкобетонних блоків товщиною 400 мм. Фундаменти виконуються зі збірного залізобетону, а перекриття – з пустотних залізобетонних плит товщиною 300 мм. Підлога в наземній і підземній частинах будівлі бетонна з облицюванням керамічною плиткою. Вхід до будівлі обладнаний металевими дверима розміром 1200×2100 мм. Для забезпечення природного освітлення встановлюються три віконні блоки розміром 1000×1500 мм. Внутрішні перегородки виконуються з цегли. Гідроізоляція покриття будівлі передбачає цементну стяжку та 4 шари руберойду. По периметру споруди влаштовується асфальтове вимощення товщиною 30 мм і шириною 1,5 м.

Крім того, у приміщенні насосної станції передбачено встановлення електрощита напругою 380 В, а також щита автоматичного керування основним технологічним обладнанням і системою штучного освітлення.

### **3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЄМКІСНИХ СПОРУД**

Організація експлуатації ємкісних споруд системи водопостачання є одним із основних факторів забезпечення надійної, безперебійної та економічно ефективної роботи всієї системи водопостачання населеного пункту. До ємкісних споруд у даному проєкті належать резервуари чистої води, водонапірні вежі та протипожежні резервуари. Їх експлуатація повинна забезпечувати підтримання необхідних запасів води, стабільного тиску у мережі, дотримання санітарно-гігієнічних вимог, а також безперебійну подачу води споживачам у нормальних та аварійних режимах роботи [28].

У проєкті розробляється система питного водопостачання селища Дніпропетровської області з чисельністю населення 4800 осіб. Добова продуктивність системи становить 1540 м<sup>3</sup>/добу. До складу системи входять водозабірні свердловини, насосна станція другого підйому, водопровідна мережа та комплекс ємкісних споруд.

Для забезпечення необхідних режимів роботи системи передбачено два резервуари чистої води об'ємом по 300 м<sup>3</sup> кожний, дві водонапірні башти Рожновського ВБР-50 об'ємом по 50 м<sup>3</sup> та шість типових протипожежних резервуарів об'ємом по 140 м<sup>3</sup>.

#### **3.1 Резервуари чистої води**

Основним завданням експлуатації резервуарів чистої води (РЧВ) є забезпечення накопичення регулюючого запасу води, створення аварійного та протипожежного запасів, а також підтримання стабільної роботи насосної станції другого підйому. Резервуари виконані із збірного залізобетону та розташовані під землею, що сприяє підтриманню стабільного температурного режиму води та зменшенню ризику її вторинного забруднення.

Під час експлуатації резервуарів особлива увага повинна приділятися забезпеченню герметичності конструкцій. Поява тріщин у стінках або днищі резервуарів може призвести до втрат води, підтоплення споруди та погіршення санітарного стану. Для попередження таких явищ необхідно виконувати регулярні

технічні огляди конструкцій не рідше двох разів на рік. Під час огляду перевіряється стан залізобетонних елементів, стиків, гідроізоляції, трубопроводів та запірної арматури [28].

З метою забезпечення належної якості питної води резервуари повинні регулярно очищуватися та дезінфікуватися. Планове очищення рекомендується проводити не рідше одного разу на рік, а також після виконання ремонтних робіт. Перед введенням резервуара в експлуатацію після очищення необхідно виконувати промивання та дезінфекцію розчинами хлорвмісних реагентів з подальшим лабораторним контролем якості води.

Для забезпечення безперебійної роботи системи резервуари повинні працювати по чергово. Така схема дозволяє виконувати ремонт або санітарну обробку одного резервуара без припинення водопостачання споживачів. При цьому другий резервуар забезпечує подачу необхідного запасу води до мережі.

Важливим заходом під час експлуатації резервуарів є контроль рівнів води. Для цього доцільно передбачити автоматизовані датчики рівня з передачею сигналів до диспетчерського пункту насосної станції другого підйому. Автоматизація дозволяє своєчасно реагувати на зміни режимів водоспоживання, уникати переповнення резервуарів або їх повного спорожнення, а також зменшити витрати електроенергії за рахунок оптимізації роботи насосного обладнання.

Для захисту резервуарів від проникнення поверхневих вод і забруднень територія навколо споруд повинна утримуватися в належному санітарному стані. Навколо резервуарів необхідно передбачити вимощення з ухилом від споруди, а також огорожу санітарної зони. Забороняється розміщення джерел забруднення в межах санітарно-захисної зони резервуарів [28].

### **3.2 Водонапірні вежі Рожновського**

Експлуатація водонапірних башт Рожновського має забезпечувати підтримання необхідного напору у водопровідній мережі та вирівнювання нерівномірності водоспоживання. Башти встановлені на початку мережі, що

дозволяє стабілізувати тиск у системі та забезпечити подачу води у години максимального водоспоживання.

Під час експлуатації водонапірних башт необхідно контролювати технічний стан металевих конструкцій. Основною небезпекою для башт є корозія металу, яка може призвести до зменшення міцності конструкцій та виникнення аварійних ситуацій. Для запобігання корозії необхідно регулярно виконувати очищення поверхонь та поновлення антикорозійного покриття. Зовнішні поверхні башт рекомендується фарбувати не рідше одного разу на 3–5 років залежно від стану покриття [28].

Особливу увагу необхідно приділяти технічному стану опорних конструкцій, зварних швів, люків, сходів та огорожень. Під час щорічного технічного огляду перевіряється наявність деформацій, корозійних пошкоджень та герметичність бака башти. У зимовий період необхідно контролювати температурний режим та запобігати замерзанню води у баку та трубопроводах.

Для забезпечення безпечної експлуатації водонапірних башт необхідно передбачити блискавкозахист та заземлення металевих конструкцій. Також обов'язковим є встановлення вентиляційних пристроїв із захисними сітками, що запобігають потраплянню пилу, комах та сторонніх предметів у воду.

### **3.3 Протипожежні резервуари**

Значну роль у системі водопостачання відіграють протипожежні резервуари. У проєкті передбачено шість підземних склопластикових резервуарів об'ємом по 140 м<sup>3</sup> кожний, рівномірно розташованих по території селища. Таке розміщення забезпечує оперативний доступ до запасів води для потреб пожежогасіння.

Під час експлуатації протипожежних резервуарів необхідно забезпечити постійну готовність споруд до роботи. Рівень води у резервуарах повинен підтримуватися на розрахунковій позначці. Для цього необхідно здійснювати регулярний контроль рівня води та працездатності підвідних і відвідних трубопроводів діаметром 200 мм.

Склопластикові резервуари характеризуються високою стійкістю до корозії та тривалим терміном експлуатації, однак потребують контролю герметичності з'єднань і стану трубопроводів. Не рідше одного разу на рік необхідно виконувати технічний огляд резервуарів, перевіряти стан люків, вентиляції та арматури.

Для забезпечення надійної роботи системи протипожежного водопостачання необхідно організувати періодичне випробування резервуарів та пожежних гідрантів. Під час перевірки визначаються фактичні витрати води, працездатність запірної арматури та можливість подачі необхідної кількості води до місця пожежі.

Важливим напрямком організації експлуатації є впровадження заходів автоматизації та диспетчеризації роботи ємкісних споруд. Використання сучасних систем контролю дозволяє здійснювати безперервний моніторинг рівнів води, тиску у мережі, стану насосного обладнання та аварійних ситуацій. Це забезпечує підвищення надійності роботи системи та скорочення експлуатаційних витрат.

Для підвищення енергоефективності системи рекомендується застосування частотного регулювання насосних агрегатів насосної станції другого підйому. Узгодження режимів роботи насосів із рівнями води у резервуарах та водоспоживанням дозволяє знизити витрати електроенергії та продовжити термін служби обладнання.

Важливим елементом експлуатації є організація виробничого контролю якості питної води. Контроль якості води повинен здійснюватися відповідно до вимог чинних санітарних норм. Необхідно регулярно виконувати лабораторні дослідження фізико-хімічних та бактеріологічних показників води у резервуарах та водопровідній мережі [28].

Для забезпечення безпечної експлуатації ємкісних споруд персонал повинен проходити інструктажі з охорони праці та техніки безпеки. Роботи всередині резервуарів повинні виконуватися лише після відключення споруди від мережі, вентиляції приміщення та перевірки повітряного середовища. Під час виконання робіт необхідно використовувати засоби індивідуального захисту [29].

Експлуатаційна документація повинна включати журнали обліку роботи споруд, графіки технічного обслуговування, результати лабораторного контролю та акти технічних оглядів. Наявність повної документації дозволяє своєчасно виявляти несправності та планувати профілактичні ремонти [28].

Таким чином, організація експлуатації ємкісних споруд системи водопостачання повинна забезпечувати надійну та безперебійну подачу води споживачам, підтримання необхідних запасів води, дотримання санітарно-гігієнічних вимог та економічну ефективність роботи системи. Реалізація комплексу технічних, санітарних та організаційних заходів дозволить забезпечити стабільну роботу системи водопостачання селища та підвищити рівень її експлуатаційної надійності.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є важливою складовою організації будівництва, експлуатації та реконструкції об'єктів систем водопостачання [29]. Основним завданням охорони праці є створення безпечних і нешкідливих умов праці, зниження рівня виробничого травматизму, попередження професійних захворювань та забезпечення збереження життя і здоров'я працівників у процесі виконання будівельно-монтажних та експлуатаційних робіт.

Відповідно до статті 43 Конституції України кожен працівник має право на належні, безпечні та здорові умови праці. Основні принципи державної політики у сфері охорони праці визначені Законом України «Про охорону праці». До них належать пріоритет життя та здоров'я працівників щодо результатів виробничої діяльності, комплексне вирішення питань охорони праці, соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди потерпілим від нещасних випадків, а також встановлення єдиних нормативних вимог з охорони праці для всіх підприємств незалежно від форми власності.

У даній кваліфікаційній роботі бакалавра розробляється система питного водопостачання селища Дніпропетровської області з чисельністю населення 4800 осіб та добовою продуктивністю 1540 м<sup>3</sup>/добу. До складу системи входять резервуари чистої води, водонапірні башти Рожновського та підземні протипожежні резервуари. Особливістю будівництва та експлуатації даних споруд є виконання значного обсягу земляних, монтажних, зварювальних та вантажопідіймальних робіт, а також подальша експлуатація обладнання під тиском, електротехнічних систем та водопровідних мереж.

Під час спорудження ємкісних споруд виникає ряд небезпечних і шкідливих виробничих факторів, пов'язаних із роботою будівельних машин, виконанням робіт у котлованах, на висоті, можливістю ураження електричним струмом, впливом шуму, вібрації, пилу та несприятливих метеорологічних умов. Крім того, в сучасних умовах особливого значення набувають заходи безпеки в умовах надзвичайних ситуацій та військової агресії, оскільки об'єкти водопостачання є критично важливою інфраструктурою [29].

Метою даного розділу є розробка заходів щодо створення безпечних та нешкідливих умов праці при будівництві й експлуатації ємкісних споруд системи водопостачання, а також забезпечення безпеки персоналу та об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій. Реалізація запропонованих заходів дозволить знизити ризик травматизму, забезпечити безперебійну роботу системи водопостачання та підвищити рівень виробничої безпеки.

#### **4.1 Аналіз умов праці на об'єкті проєктування з виявленням можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів**

Будівництво ємкісних споруд системи водопостачання передбачає виконання комплексу земляних, бетонних, монтажних, зварювальних та ізоляційних робіт. Роботи виконуються як під відкритим небом, так і частково у замкнених просторах підземних споруд. Термін будівництва охоплює весняно-літній та осінній періоди року, що супроводжується впливом підвищених температур повітря, атмосферних опадів та сильного вітру [29].

Основними спорудами, що розглядаються в даному розділі, є два підземні резервуари чистої води об'ємом по  $300 \text{ м}^3$ , дві водонапірні башти Рожновського об'ємом по  $50 \text{ м}^3$  та шість підземних протипожежних резервуарів об'ємом по  $140 \text{ м}^3$ . Під час будівництва застосовуються екскаватори, автокрани, бульдозери, зварювальні апарати, бетонозмішувачі, електроінструмент та автотранспорт.

Будівельно-монтажні роботи виконуються в одну зміну, однак окремі роботи з бетонування та монтажу можуть виконуватись у вечірній час із використанням штучного освітлення. Максимальна висота робочих місць при монтажі водонапірних башт досягає понад 20 м над поверхнею землі.

На будівельному майданчику передбачається облаштування тимчасових санітарно-побутових приміщень для працівників, місць відпочинку, душових, гардеробних та забезпечення питною водою відповідно до вимог охорони праці.

На основі аналізу технологічних процесів визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори [29].

Фізичні небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- рухомі машини й механізми — екскаватори, автокрани, самоскиди та бульдозери під час виконання земляних робіт;
- обвалення ґрунту у котлованах під час спорудження підземних резервуарів;
- розташування робочих місць на значній висоті при монтажі водонапірних башт;
- падіння предметів та конструкцій під час вантажопідіймальних робіт;
- підвищений рівень шуму й вібрації від роботи будівельної техніки;
- небезпека ураження електричним струмом при використанні електроінструменту та зварювального обладнання;
- недостатня освітленість робочої зони при виконанні робіт у вечірній час;
- підвищена або знижена температура повітря при роботі на відкритому повітрі;
- слизькі поверхні внаслідок атмосферних опадів.

#### Хімічні небезпечні фактори:

- вплив зварювальних аерозолів та газів під час виконання електрозварювальних робіт;
- контакт із лакофарбовими та гідроізоляційними матеріалами;
- вплив цементного пилу при бетонних роботах.

#### Психофізіологічні фактори:

- фізичне перенавантаження при ручному переміщенні матеріалів;
- нервово-психічне напруження під час виконання висотних і монтажних робіт;
- монотонність окремих технологічних операцій.

При експлуатації ємкісних споруд також можуть виникати небезпечні фактори. До них належать:

- робота у замкнених просторах резервуарів;
- можливість утворення небезпечних газів при очищенні споруд;
- небезпека падіння при обслуговуванні водонапірних башт;
- ураження електричним струмом під час обслуговування насосного обладнання та автоматики;

- небезпека виникнення аварій при порушенні герметичності резервуарів або трубопроводів.

В умовах воєнного стану додатковими небезпечними факторами є можливі ракетні обстріли, руйнування інженерної інфраструктури, перебої електропостачання та виникнення пожеж унаслідок військових дій.

Таким чином, будівництво та експлуатація ємкісних споруд характеризуються наявністю значної кількості небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що потребує впровадження комплексу організаційних та інженерно-технічних заходів безпеки.

#### **4.2 Організація безпечних і нешкідливих умов праці на об'єкті проєктування**

Організація безпечних умов праці на будівельному майданчику здійснюється відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», Закону України «Про охорону праці» та інших чинних нормативних документів.

Будівельний майданчик повинен бути огорожений інвентарною металевою огорожею висотою не менше 2 м. Відстань від огорожі до споруджуваних об'єктів приймається не менше 1,5 м для забезпечення безпечного проходу працівників та руху транспорту. На в'їздах встановлюються попереджувальні знаки, схема руху транспорту та інформаційні щити з правилами безпеки [29].

На території будмайданчика визначаються небезпечні зони:

- зона роботи вантажопідіймального крана;
- зона можливого падіння предметів при монтажі башт;
- зона виконання земляних робіт;
- місця підключення електрообладнання;
- місця складування матеріалів.

Небезпечні зони огорожуються сигнальною стрічкою та позначаються попереджувальними знаками безпеки.

Для запобігання обваленню ґрунту при влаштуванні котлованів під резервуари передбачаються укоси або тимчасове кріплення стінок котловану. Спуск працівників у котлован виконується по інвентарних драбинах. У темний час доби котловани повинні бути освітлені.

Монтаж водонапірних башт виконується із застосуванням автокранів відповідної вантажопідйомності. До виконання висотних робіт допускаються працівники, які пройшли медичний огляд та спеціальне навчання. Працівники повинні використовувати запобіжні пояси, каски та інші засоби індивідуального захисту.

Для забезпечення безпечного руху транспорту на будмайданчику приймається кільцева схема руху. Передбачається два заїзди на територію об'єкта. Ширина тимчасових автомобільних доріг приймається 3,5 м при односторонньому рухові та 6,0 м – при двосторонньому. Дороги виконуються зі щибеневого покриття.

Склади будівельних матеріалів розташовуються поза межами небезпечних зон роботи кранів. Відстань між складськими майданчиками та котлованами приймається не менше 1 м від призми обвалення ґрунту.

На будівельному майданчику встановлюються тимчасові санітарно-побутові приміщення:

- гардеробні;
- приміщення для обігріву та відпочинку;
- душові;
- туалети;
- приміщення для прийому їжі.

Працівники забезпечуються питною водою відповідно до санітарних норм.

При виконанні робіт у другу зміну передбачається штучне освітлення робочих місць. Для освітлення використовуються прожектори та світлодіодні світильники. Освітленість робочих зон повинна відповідати нормативним вимогам. Для охоронного освітлення території у неробочий час встановлюються прожектори по периметру майданчика.

Для захисту працівників від ураження електричним струмом усі електроустановки повинні бути заземлені. Тимчасові електромережі виконуються ізольованими кабелями. Електроцитути обладнуються автоматичними вимикачами та пристроями захисного відключення.

Водонапірні башти повинні бути обладнані системою блискавкозахисту. Металеві конструкції башт приєднуються до заземлювального контуру. Опір заземлення повинен відповідати нормативним вимогам.

При виконанні зварювальних робіт необхідно забезпечити вентиляцію робочої зони та використовувати засоби індивідуального захисту: захисні маски, рукавиці, спецодяг. Балони зі стисненими газами зберігаються у спеціально відведених місцях.

Для безпечної експлуатації резервуарів передбачаються:

- герметичні люки;
- вентиляційні пристрої;
- огороження;
- стаціонарні сходи;
- системи контролю рівня води.

Під час очищення резервуарів роботи виконуються за нарядом-допуском із постійним контролем повітряного середовища. Працівники повинні використовувати страхувальні канати та засоби індивідуального захисту органів дихання.

В умовах військової агресії необхідно передбачити [29]:

- резервні джерела електроживлення;
- аварійний запас води;
- укриття для персоналу;
- системи оповіщення про повітряну тривогу;
- плани евакуації працівників.

Завдяки впровадженню наведених заходів забезпечуються безпечні та нешкідливі умови праці при будівництві й експлуатації ємкісних споруд системи водопостачання.

### 4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Ємкісні споруди системи водопостачання належать до об'єктів критичної інфраструктури, тому забезпечення їх безпечної роботи в надзвичайних ситуаціях має важливе значення для стабільного функціонування населеного пункту.

До можливих надзвичайних ситуацій на об'єкті належать:

- пожежі;
- аварії електропостачання;
- руйнування трубопроводів;
- затоплення споруд;
- техногенні аварії;
- наслідки бойових дій та ракетних ударів.

Для забезпечення пожежної безпеки на будівельному майданчику та під час експлуатації споруд необхідно дотримуватись вимог пожежної безпеки та передбачати комплекс інженерно-технічних заходів.

Протипожежні розриви між спорудами приймаються відповідно до нормативних вимог. До всіх споруд забезпечується під'їзд пожежної техніки. Ширина пожежних проїздів повинна бути не менше 3,5 м.

На території об'єкта передбачаються пожежні гідранти та резервуари протипожежного запасу води. У проекті прийнято шість підземних протипожежних резервуарів об'ємом по 140 м<sup>3</sup>, що забезпечують необхідний запас води для пожежогасіння.

Будівельні конструкції резервуарів чистої води мають високий ступінь вогнестійкості завдяки використанню залізобетону. Металеві конструкції водонапірних башт обробляються антикорозійними та вогнезахисними матеріалами [29].

На об'єкті передбачаються:

- первинні засоби пожежогасіння;
- пожежні щити;
- вогнегасники;
- системи оповіщення;

- інструкції з евакуації.

Електротехнічне обладнання повинно бути захищене від коротких замикань та перевантажень автоматичними вимикачами.

В умовах військової агресії особливе значення мають заходи цивільного захисту. Для забезпечення стійкої роботи системи водопостачання необхідно:

- передбачити резервне електроживлення насосних станцій;
- створити аварійний запас пального;
- забезпечити резервне водопостачання;
- обладнати укриття для обслуговуючого персоналу;
- організувати систему оперативного оповіщення;
- розробити плани дій персоналу при обстрілах та руйнуваннях інфраструктури.

У разі виникнення надзвичайної ситуації персонал повинен діяти відповідно до плану локалізації та ліквідації аварійних ситуацій. Працівники повинні пройти навчання з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та надання домедичної допомоги.

Таким чином, реалізація комплексу організаційних, технічних та протипожежних заходів забезпечує безпечне будівництво та експлуатацію ємкісних споруд системи водопостачання, знижує ризик виникнення аварій та дозволяє забезпечити стійку роботу об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій і військової агресії.

#### **4.4 Індивідуальне завдання**

Визначення небезпечної зони при монтажі водонапірної башти Рожновського ВБР-50:

Під час будівництва системи водопостачання виконується монтаж водонапірної башти Рожновського висотою 22,5 м із застосуванням автомобільного крана.

Необхідно визначити межу небезпечної зони при виконанні монтажних робіт.

Вихідні дані:

- висота монтажу конструкції – 22,5 м;
- найбільший габарит елемента, що монтується – 2,4 м;
- можливе відхилення вантажу при падінні – 7 м;
- мінімальна безпечна відстань згідно ДБН – 5 м.

Розв'язок:

Небезпечна зона при роботі крана визначається за формулою, м:

$$R = r + l + 5 \quad (4.1)$$

$R$  – радіус небезпечної зони, м;

$r$  – радіус повороту стріли крана, м;

$l$  – найбільший розмір вантажу, м;

5 м — мінімальна додаткова безпечна відстань.

Приймаємо радіус повороту стріли крана  $r = 10$  м. Найбільший розмір вантажу  $l = 2,4$  м.

Тоді:

$$R = 10 + 2,4 + 5 = 17,4 \text{ м}$$

Отже, радіус небезпечної зони становить 17,4 м.

При монтажі водонапірної башти необхідно огородити небезпечну зону радіусом не менше 17,4 м. У межах цієї зони забороняється перебування сторонніх осіб. Небезпечна зона повинна бути позначена попереджувальними знаками та сигнальною огорожею відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

## ВИСНОВКИ

1. Проведені водогосподарські розрахунки і складено добовий баланс водоспоживання для селища з населенням 4800 жителів, розташованого в Дніпропетровській області.
2. Проведені гідравлічні розрахунки водопровідних мереж питної і технічної води для селища. Мережа питної води кільцева, поливального водопроводу – тупикова. Матеріал труб мереж - поліетилен серії ПЕ100. Діаметри труб мереж становлять від 50 до 280 мм.
3. Ув'язку кільцевої мережі питної води з 6 кілець виконано на комп'ютері. Побудовано п'єзометричну лінію на випадок максимального водоспоживання, розрахований напір насосів 2-го підйому та висота стовбура водонапірної вежі.
4. Виконано гідравлічні розрахунки ємкісних споруд в системі: підземних залізобетонних резервуарів чистої води (два по 300 м<sup>3</sup> кожен), водонапірних веж конструкції Рожновського ВБР-50 (2 шт. по 50 м<sup>3</sup>) і протипожежних резервуарів 140 м<sup>3</sup> кожен в кількості шести штук.
5. В результаті проведеного гідрогеологічного аналізу, джерелом питної води обраний артезіанський водоносний горизонт Українського щита. Виконано проєкт комплексу куща трьох водозабірних свердловин з наземними павільйонами обслуговування. Свердловини обладнані насосами Calpeda 6SDS 32/6.
6. Розроблений проєкт насосної водопровідної станції 2-го підйому. Конструкція станції напівзаглибленого типу. В машинному залі встановлені горизонтальні консольні моноблочні насоси CM 40-250C EN733 в кількості 4 штук. Робота станції передбачена в триступеневому автоматичному режимі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення.- К.: Мінрегіон України, 2013. 168с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=54058](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54058), вільний.
2. Степова О.В. Навчальний посібник із дисципліни «Раціональне використання водних ресурсів» для здобувачів вищої освіти спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» освітнього першого (бакалаврського) рівня вищої освіти усіх форм навчання / О.В. Степова, І.М. Паращівко. – Полтава: ПолтНТУ, 2018. – 114 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reposit.nupp.edu.ua/item/11715>, вільний.
3. Шадура В. О., Кравченко Н. В. Водопостачання та водовідведення : навч. посіб. Вид. 2-ге, перероб. і допов. – Рівне : НУВГП, 2023. – 385 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ep3.nuwm.edu.ua/28057/> вільний.
4. Новохатній В.Г. Надійність водопостачання малих населених пунктів: Навчальний посібник / В.Г. Новохатній, С.О. Костенко, О.В. Матяш. – Полтава: ПолтНТУ, 2019 – 102 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reposit.nupp.edu.ua/item/16868>, вільний.
5. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 47с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=68456](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68456) , вільний
6. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія.– Київ: ДП НДІБК, 2011.– 127с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=26655](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=26655) , вільний.
7. Зоценко М.Л. Основи гідрогеології та інженерної геології: навч. посібник / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, А.М. Ягольник. – Житомир: ТОВ «Видавничий дім “Бук-Друк”», 2025. – 344 с., іл.: 222, табл.: 47; бібліогр.: 27 назв., видання друге перероблене і доповнене. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reposit.nupp.edu.ua/item/18519> , вільний.
8. Сироватський О.А., Карагяур А.С. Конспект лекцій з дисципліни «Перспективні напрямки вдосконалення водних технологій» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності G19 Будівництво та цивільна інженерія всіх форм навчання / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ, 2026. – 128с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/75363/>, вільний.
9. Буріння свердловин: навч. посіб. [Електронний ресурс] / Є.А. Коровяка, В.Л. Хоменко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.О. Расцветаев ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Електрон. текст. дані. – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 294 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ir.nmu.org.ua/entities/publication/6c66fae8-0bb8-4217-8d95-efde95b10d49>, вільний.

10. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2014.– 28с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=61154](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61154), вільний.
11. Орлов В.О, Зошук А.М. Проектування систем сільськогосподарського водопостачання: Навчальний посібник / В.О. Орлов, А.М. Зошук. – Рівне: НУВГП, 2005. – 252 с., іл. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ep3.nuwm.edu.ua/2249/>, вільний.
12. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід і каналізація.- К.: Мінрегіон України, 2013. 113с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=29848](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=29848), вільний.
13. Сироватський О.А. Гідравлічні та аеродинамічні машини: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Цивільна інженерія» / О.А. Сироватський, А.С. Карагяур, Т. О. Шевченко. – Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. – 119 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/75197/>, вільний.
14. Водонапірні башти Рожновського. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sbk.ltd.ua/uk/vodonapirni-bashti> , вільний
15. Ткачук О.А. Гідравлічні розрахунки трубопровідних систем водопостачання та водовідведення : монографія. – Рівне : НУВГП, 2022. – 183 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ep3.nuwm.edu.ua/23889/> , вільний
16. ДСТУ EN 12201-2:2018 Системи трубопровідних систем для водопостачання, дренажу та каналізації під тиском. Поліетилен (ПЕ). Частина 2. Труби (EN 12201-2:2011 + A1:2013, IDT).- Київ: ДП УкрНДНЦ, 2018. – 27с . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=77362](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77362), вільний.
17. Коноз С.В., Сироватський О.А., Фірман В.М. Техніко-економічний розрахунок напірних поліетиленових, сталевих та чавунних трубопроводів // Науковий вісник будівництва.- 2016.- №4(86).- С. 239-242. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/1148>, вільний.
18. Методичні рекомендації до проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Гідравлічні та аеродинамічні машини» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітня програма «Цивільна інженерія») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. О.А. Сироватський, А.С. Карагяур, Т.О. Шевченко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 59 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/74320/>, вільний.
19. Calpeda в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.calpeda.com.ua/ua/>, вільний.

20. ДСТУ 8943:2019. Труби сталеві електрозварні. Технічні умови. – Київ: Національний стандарт України, 2019. – 20с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=86389](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86389), вільний.
21. Трубопровідна арматура. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://armaх.ua/>, вільний.
22. ДСТУ 17380:2003. Деталі трубопроводів безшовні приварні з вуглецевої і низьколегованої сталі. Загальні технічні умови (ISO 3419-81, IDT). – Київ: УкрНДІССІ Держстандарту України. – 22с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=52153](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=52153), вільний.
23. Запірна арматура водопровідна. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aipr.com.ua/uk/armatura/>, вільний.
24. Методичні рекомендації до проведення лабораторних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Гідравлічні та аеродинамічні машини» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Цивільна інженерія») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад.: О. А. Сироватський, А. С. Карагяур, Т. О. Шевченко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 46 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/74321/>, вільний.
25. Епоян С.М., Друшляк О.Г., Сташук В.А., Сироватський О.А., Карагяур А.С., Ісакієва О.Г. Водозабірні споруди і насосна станція першого підйому: Начально-методичний посібник. – Х.: ХНУБА, 2012. – 67с.
26. Pentax Industries. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pentax-pumps.it/en/>, вільний.
27. Ткачук М.М., Филипчук В.Л., Якимчук Б.Н., Кириша Р.О. Будівництво зовнішніх мереж і монтаж санітарно-технічного обладнання будівель: Навчальний. посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 391 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/297138905.pdf>, вільний.
28. ВНД 33-3.4-01-2000. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації сільських населених пунктів України.– Київ: Інститут «Укрводпроект», 2000. – 143с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=77642](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77642), вільний.
29. Посібник з технологій водопостачання в умовах надзвичайних ситуацій / Арно Корвер [та ін.]; WASH Cluster [та ін.]. - 1-ше вид. - Берлін: Buch und Offsetdruckerei Н. Heenemann, 2021. – 226 с., іл. ISBN 978-3-033-08369-1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.washnet.de/wp-content/uploads/2022/06/Water Compendium Ukraine.pdf> вільний.