

**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 «**КОМПЛЕКС СПОРУД ВОДОПОСТАЧАННЯ СЕЛИЩА  
ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ**»

Виконала: здобувач вищої освіти  
4-го курсу, групи ХарЦІ 2022-1з  
спеціальності 192 – Будівництво  
та цивільна інженерія освітня  
програма  
«Цивільна інженерія»  
Тітова В.Є.  
Керівник Сироватський О.А.  
Рецензент Айрапетян Т.С.

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.**

“ 15 ” 06 2026 року

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

*Тітовій Валерії Євгенівні*

1. Тема роботи «Комплекс споруд водопостачання селища Волинської області»

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.







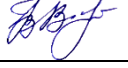
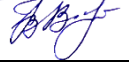
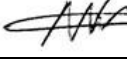
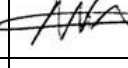
3. Вихідні дані до роботи: для населеного пункту з підприємством агропромислового сектору і міською інфраструктуррою, розташованому в Полтавській області виконати проєкт зовнішньої водопровідної мережі, виконати розрахунок водоспоживання селища, акумулюючих і регулюючих ємкостей, виконати побудову н'єзометричних ліній, запроєктувати блок споруд для забору води і насосну станцію другого підйому, вибрати технологічне обладнання, побудувати схему комунікацій насосної станції, 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;

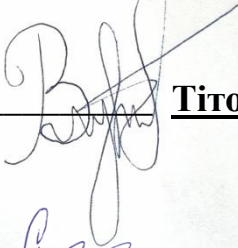
## 6. Консультанти розділів роботи

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


**Тітова В.Є.**

Керівник роботи


**Сироватський О.А.**

**ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу  
бакалавра  
здобувачу освіти 4-го курсу,  
групи ХарЦІ 2022-1з  
Тітовій В.Є.

1. Генеральний план населеного пункту М 1:5000;
2. Населення селища – 4,5 тисячі жителів;
3. Поверховість забудови – приватний сектор і 3-поверхова;
4. Ступінь благоустрою забудови – з ваннами і місцевими водонагрівачами;
5. Область будівництва – Волинська;
6. Розрахунок проекту – на повний строк дії генерального плану;
7. Відомості про промислові підприємства міста:
  - Загальноосвітня середня школа на 250 учнів і 30 одиниць педагогічного і обслуговуючого персоналу;
  - Заклад дошкільної освіти на 150 дітей і 35 штатних одиниць обслуговуючого персоналу;
  - Агропідприємство: свиноферма (м'ясні породи) потужністю 500 голів. Обслуговуючий персонал – 20 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 - 500 м,
  - 2-го підйому – 1000 м.

**Здобувач освіти**



**Валерія ТІТОВА**

**Керівник роботи**



**Олександр СИРОВАТСЬКИЙ**

## ЗМІСТ

	стор
ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	7
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	20
2.1 Питне водоспоживання на господарсько-побутові потреби жителів	20
2.2 Водоспоживання окремих зосереджених споживачів	21
2.3 Розрахунок регулюючої ємності на мережі	25
2.4 Гідравлічний розрахунок мережі на випадок максимального водоспоживання	29
2.5 Розрахунок мережі на випадок максимального транзиту води в бак контррезервуара	32
2.6 Побудова п'єзометричних ліній	37
2.7 Мережа поливального водопроводу	38
2.8 Протипожежне водопостачання селища	43
2.9 Розрахунок свердловинної насосної станції	46
2.10 Резервуари чистої води (РЧВ)	52
2.11 Проект насосної станції 2-го підйому	54
3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ І НАПІРНИХ ВОДОВОДІВ 2-ГО ПІДЙОМУ	66
3.1 Загальні положення щодо експлуатації споруд	66
3.2 Організація роботи насосної станції другого підйому	66
3.3 Контроль технічного стану обладнання	67
3.4 Експлуатація будівлі насосної станції	68
3.5 Організація експлуатації напірних водоводів	69
3.6 Заходи щодо забезпечення санітарної надійності системи	70
3.7 Заходи з енергозбереження та підвищення техніко-економічної ефективності	71
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	72
4.1 Аналіз умов праці на об'єкті проєктування	73
4.2 Організація безпечних і нешкідливих умов праці на об'єкті проєктування	75
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	78
4.4 Індивідуальне завдання	80
ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84

## 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 86 сторінок, 20 таблиць та 11 рисунків, список використаних джерел містить 29 позицій.

### *ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕРЕЖ, КОМПЛЕКС СВЕРДЛОВИН, ЗАГЛИБЛЕНА НАСОСНА СТАНЦІЯ*

*Мета роботи* – виконання проекту централізованого питного і поливального водопостачання селища у Волинській області.

Забезпечення населення якісною питною водою є фундаментом соціально-економічного розвитку та санітарної безпеки територіальних громад. Для західної частини Волинської області, зокрема Шацького регіону, це питання має стратегічне значення.

Використання підземних джерел для господарсько-питного водопостачання є найбільш виправданим рішенням для Волині.

Для вирішення цієї проблеми у проєкті передбачено впровадження прогресивної двоконтурної схеми водопостачання [1]. Це рішення забезпечує ощадливість, економічність і стабільність роботи системи в цілому [2].

Перспектива даної роботи полягає у створенні моделі сталого водокористування, яка може бути впроваджена в інших населених пунктах Волинської області зі схожими гідрогеологічними умовами [3].

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Селище, що розглядається в даному проєкті розташоване в західній частині Волинської області в районі м. Шацьк. Територія селища відноситься до I архітектурно-кліматичного району, підрайон Полісся, пануючі ветри в районі – помірні західні [4]. Рельєф місцевості на території селища є помірним з рівномірним підйомом із півдня на північний схід в середньому на 5,0 м. Розміри меж забудови селища 2,7 км із заходу на схід і 2,3 км з півдня на північ. Площа населеного пункту орієнтовно складає 621 га. Щільність населення 720 жителів на 1 км<sup>2</sup>.

Проєктна кількість жителів в селищі – 4500 тисячі. Крім житлового сектору в селищі розміщено дитячий садок на 150 дітей і 35 працівників обслуговуючого персоналу, заклад середньої освіти (загальноосвітня школа на 250 учнів і 30 осіб педагогічного і допоміжного персоналу), підприємство агротехнічного сектору – свиноферма на 500 голів. Фермерське господарство обслуговує 6 штатних працівників і розташовано на північному сході забудованої території.

Житлова забудова даного населеного пункту представлена приватним сектором і типовими 3 поверховими будинками. Конструкція поверхових будинків - 2 під'їзди на 24-квартири. Житлова забудова передбачає за ступенем благоустрою наявність внутрішнього водопроводу і каналізації, обладнана ваннами з місцевими водонагрівачами. Дана робота враховує перспективу проєкту системи на розрахунковий термін дії генерального плану [1].

На півдні території селища розміщений природний ставок з джерельним живленням, який використовується для рибогосподарських і рекреаційних потреб жителів (відпочинок, купання, рибна ловля, естетичні цілі). Площа ставка складає  $\approx 34$  га, об'єм 200000 м<sup>3</sup>, середня глибина 3,5-4,5 метри. Прибережна мілководна зона ставка в межах культурно-оздоровчого використання складає до 2,0 м. На сході ставка улаштована земляна гребля із скидом води.

Генеральний план з крупними окремими споживачами води (свиноферма, загальноосвітня школа, дитячий садок), інфраструктурою міста, рекреаційно-

парковими зонами, житловою забудовою, а також ставком і прилеглими територіями представлена на генеральному плані селища (аркуш 1 графічної частини атестаційної роботи бакалавра).

Як було зазначено вище, з метою заощадження запасів підземних вод в проєкті планується розробка двох незалежних систем зовнішнього водопроводу, а саме: питного і поливального [1]. Живлення системи питного водопостачання здійснюватиметься з підземного джерела, поливального водопроводу – із ставка навколо селища.

У Волинській області підземні води формуються в межах Волино-Подільського артезіанського басейну і представлені кількома водоносними горизонтами різного геологічного віку [5]. Характеристика основних горизонтів в даній місцевості надана в таблиці 1.1.

Отже, в результаті проведеного аналізу можна сказати, що у Волинській області виділяють кілька водоносних горизонтів: четвертинний (грунтові води), крейдовий (сенон-туронський), а також палеозойські (силурійський, девонський, карбоновий) та рифей-кембрійський горизонти [5]. Основним джерелом централізованого водопостачання є крейдовий горизонт, який характеризується значними запасами, стабільними дебітами та відносно доброю якістю води. Грунтові води використовуються переважно для індивідуальних потреб, тоді як глибокі горизонти часто мають підвищену мінералізацію і обмежене застосування.

Таким чином, можна зробити висновок, що з точки зору кількісних показників і глибини залягання, крейдовий (сенон-туронський) водоносний горизонт підземних вод для даної місцевості є найбільш перспективним джерелом централізованої системи водопостачання. Вода майже питної якості, захищена масивними водоупорами, достатній і стабільний дебіт, відносно невелика глибина залягання.

Крейдовий (сенон-туронський) водоносний горизонт характеризується коефіцієнтом фільтрації в межах 0,5–5 м/добу (у середньому 1–3 м/добу) та потужністю пласта 10–40 м (для попередніх розрахунків і оцінкових проєктів

можна приймати  $m = 20\text{--}30$  м). Водонесні породи представлені тріщинуватою крейдою та мергелями, що забезпечує достатню водовіддачу і обумовлює використання горизонту для централізованого водопостачання [5].

Таблиця 1.1 – Горизонти підземних вод Волинської області

Горизонт	Глибина	Характеристика
Четвертинний (грунтовий) горизонт	2–8 м	Породи: піски, суглинки, гравій (алювіальні та флювіогляціальні). Тип: безнапірні (грунтові води). Дебіт: невеликий, нестійкий, сильно залежить від опадів і річок. Вода часто забруднена (болота, залізо, нітрати)
Крейдовий горизонт (сенон-туронський)	30–150 м	Породи: крейда, мергелі. Тип: напірний. Вода прісна, задовільної якості. Дебіт достатній для централізованого водопостачання.
Силурійський горизонт	50–150 м	Породи: вапняки. Тип: напірний. Вода відносно якісна, локального використання.
Девонський (нижньокарбоновий) горизонт	200–400 м	Породи: мергелі. Тип: напірний. Вода часто надто мінералізована, містить $\text{CO}_2$ , метан. Обмежено придатна для пиття.
Намюрський (карбоновий) горизонт	300–380 м	Вода високої мінералізації, що значно обмежує можливості її використання для централізованого питного водопостачання. Дебіт низький.

Підземні води крейдового (сенон-туронського) водонесного горизонту Волинської області характеризуються доброю якістю та належать до гідрокарбонатно-кальцієвого типу з мінералізацією 0,3–0,8 г/л. Води є прісними, прозорими та, як правило, бактеріологічно безпечними [5]. Основними недоліками є підвищений вміст заліза та жорсткість, що потребує застосування

процесів знезалізнення та пом'якшення перед подачею у водопровідну мережу. Усереднений якісний склад вод зазначеного джерела представлений в таблиці 1.2.

Аналіз наведених в таблиці даних показує, що води крейдового горизонту за якісними показниками близькі до вимоги, що пред'являються для питної води і мають стабільні протягом року характеристики [6]. Між тим, за вмістом заліза і марганцю вони часто перевищують норму, що зумовлює необхідність улаштування блоку підготовки, який включає аерацію і фільтрування з метою вилучення неорганічних сполук заліза і марганцю. В окремих випадках доцільним буде запровадження заходів з пом'якшення води [7].

Таблиця 1.2 – Усереднений якісний склад підземних вод сенон-туронського водоносного горизонту в межах Волинської області.

Показник якості	Вміст
Загальна мінералізація	300-800 мг/л (іноді до 1000 мг/л)
$\text{HCO}_3^-$	200-400 мг/л
$\text{Ca}^{2+}$	40-100 мг/л
$\text{Mg}^{2+}$	10-50 мг/л
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	до 50 мг/л
$\text{SO}_4^{2-}$	до 50 мг/л
$\text{Cl}^-$	до 50 мг/л
Загальна жорсткість	3 – 7 мг-екв/л
$\text{Fe}^{2+}$	0,3 – 2,0 мг/л
$\text{Mn}^{2+}$	0,05 – 0,3 мг/л
Запах	Майже відсутній
Колір	Безбарвний

Обґрунтування використання вод сенон-туронського (крейдового) водоносного горизонту для централізованого водопостачання селища у Волинській області базується на його унікальних гідрогеологічних

характеристиках, надійній захищеності та здатності задовольнити значні господарські потреби.

Для населеного пункту з населенням 4500 жителів та розвиненою інфраструктурою (соціальна, громадська, культурно-побутова, аграрно-промислова) загальна добова потреба у воді становить орієнтовно 1300–1500 м<sup>3</sup>/добу. Сенон-туронський горизонт є одним із найбільш водозбагачених в області. Питомі дебіти свердловин часто перевищують 10–15 м<sup>3</sup>/год, що дозволяє організувати стабільне водопостачання за допомогою 3–5 експлуатаційних свердловин.

Використання саме цього горизонту мінімізує можливі екологічні ризики:

- Горизонт перекритий товщею мергельно-крейдових порід (корою вивітрювання), що діють як природний фільтр і бар'єр для поверхневих забруднень.
- Завдяки глибині та водотривкій покрівлі, відходи тваринництва при належному зберіганні не потрапляють у водоносний шар, на відміну від ґрунтових колодязів.
- Ресурс відновлюється за рахунок інфільтрації, що забезпечує довгострокову експлуатацію без виснаження

Глибина залягання даного горизонту (зазвичай 40–150 м) є "золотою серединою". Це дешевше, ніж буріння на палеозойські горизонти (300+ м), але надійніше за ґрунтові свердловини, які часто потребують вартісної очистки від пестицидів та нітратів [7].

Свердловини в крейдових породах менше схильні до замулювання порівняно з піщаними, що подовжує термін служби водозабору до 25–50 років.

Отже можна зробити висновок, що сенон-туронський (крейдовий) водоносний горизонт є найбільш раціональним вибором для селища, що розглядається. Він забезпечує необхідну кількість води для соціальних об'єктів та агросектору, гарантує безпеку населення від бактеріологічного забруднення, є економічно виправданим завдяки високій продуктивності свердловин і дозволяє

довготривалу і стабільну систему забезпечення жителів селища якісною питною водою.

Для крейдового (сенон-туронського) горизонту у Волинській області (при глибині 70 – 150 м) зазвичай застосовують механічне буріння, тобто оптимальним варіантом є роторний спосіб з промивкою свердловини глинистим розчином [1, табл. Б.1].

Буріння свердловин в такий спосіб дозволяє стабілізувати стінки свердловини і бурити на глибину до 150 м. Породи, що складають горизонт (крейда, мергелі) є геологічно м'якими, добре тріщинуватими і легко розмиваються [8].

Використання інших способів є менш доцільним через наявні недоліки. Наприклад, ударно-канатний застосовується лише при відсутності води для промивки, буріння є більш тривалим і менш ефективним. Шнековий спосіб не підходить для глибоких свердловин і використовується лише для верхніх шарів (20-30 м) [8].

Таким чином, для спорудження свердловини, що експлуатує крейдовий (сенон-туронський) водоносний горизонт, в кваліфікаційній роботі бакалавра приймаємо роторний спосіб буріння з прямою промивкою. Даний метод забезпечує ефективне проходження м'яких крейдових порід, стабілізацію стінок свердловини та можливість досягнення необхідної глибини.

Принцип роторного способу полягає в одночасному руйнуванні породи та її винесенні на поверхню потоком промивальної рідини [8].

Механіка процесу може бути описана так [5, 8]:

1. Потужний двигун через ротор (наземний механізм) передає обертання на бурову колону труб, на кінці якої закріплено долото (шарошкове або лопатеве). Долото механічно роздрібнює породу на вибої.
2. Глинистий розчин за допомогою бурового насоса закачується всередину бурових труб. Він доходить до долота, виходить через його отвори, омиває вибій та охолоджує інструмент.

3. Під тиском насоса розчин піднімається вгору вже по затрубному простору (між трубою і стінкою свердловини), підхоплюючи з собою частки розбуреної породи (шлам).

Глиниста суспензія виконує кілька критичних функцій. По-перше, це укріплення стінок. На стінках свердловини утворюється тонка, але щільна глиниста кірка, яка запобігає обвалам пухких порід (пісків, супісків).

По-друге, це гідростатичний тиск. Тобто стовп розчину тисне на стінки, не даючи пластовим водам або газопроявам передчасно прорватися в стовбур.

По-третє, це змащення. Розчин зменшує тертя бурової колони об породу та запобігає перегріву долота.

На поверхні розчин зі шламом потрапляє в систему очищення (відстійники або вібросита). Там важкі часточки породи осідають, а очищений розчин знову засмоктується насосом і направляється в свердловину. Цей цикл триває безперервно до досягнення проектної глибини.

Технологічна схема буріння в роторний спосіб з прямою промивкою глинистим розчином показана на рисунку 1.1 [8].

Приймаємо конструкцію водозабірної свердловини в складі [5, 8]:

1. Напрямна колона для закріплення гирла і захисту від обвалення верхніх пород. Діаметр колони 300 мм, матеріал труби – сталь, довжина – 3 – 6 м.;
2. Кондуктор для ізоляції нестійких і водонасичених верхніх шарів та захисту від забруднення. Діаметр труби 250 мм, матеріал – сталь, довжина – 15 – 25 м.
3. Експлуатаційна колона. Діаметр 200 мм, труби сталеві, довжина до 150 м.
4. Фільтрова колона. Діаметр 200 мм, Довжина 10 – 20 м.

Для свердловин даного водоносного горизонту зазвичай використовують фільтр щілинного типу, тобто відрізок обсадної труби (пластикової або сталеві), у стінках якої прорізані наскрізні отвори у формі щілин. В проєкті приймемо щілинний фільтр довжиною 15 м із сталеві труби. Щілини розміщуємо

рівномірно по поверхні труби, товщина щілин 1,0 – 1,5 мм. Довжина щілини — від 10 до 70 мм. Загальна площа щілин – 20% від площі поверхні фільтра.

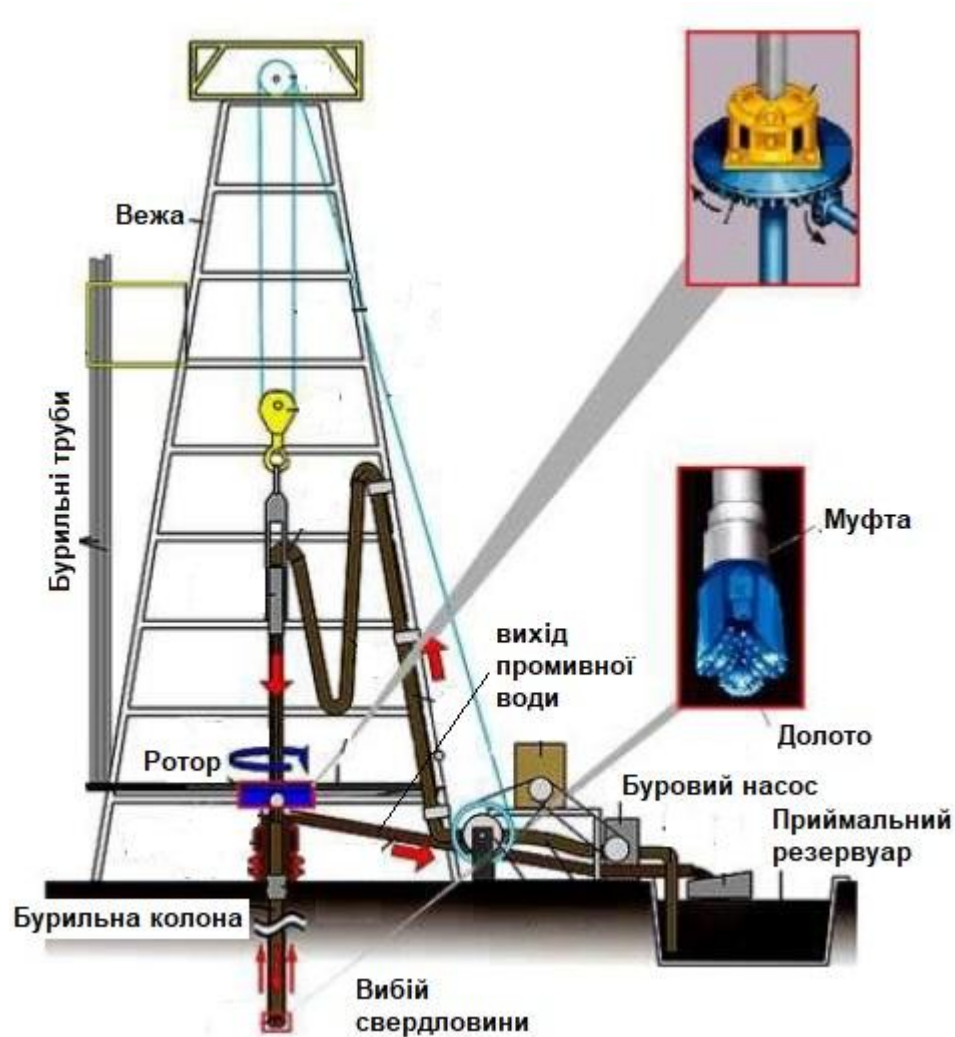


Рисунок 1.1 – Буріння свердловини на воду роторним способом з прямою промивкою глинистим розчином

Для селища, що розглядається в проєкті з чисельністю населення 4500 жителів передбачається організація централізованого водопостачання [1, 7, 9-10]. Населений пункт характеризується переважно приватною та малоповерховою забудовою, наявністю присадибних ділянок, а також об'єктів соціальної та виробничої інфраструктури, зокрема школи, дитячого садка та свиноферми.

У зв'язку з різноманітністю водоспоживання та різними вимогами до якості води в межах проєкту вважаємо за доцільне улаштування двох незалежних систем водопостачання: господарсько-питної — з підземного джерела (крейдового

водоносного горизонту) і поливальної (технічної) — з поверхневого джерела (тобто ставка, розташованого на півдні селища) [1-2].

Господарсько-питне водопостачання повинно забезпечувати подачу води, що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам [6]. Для цього, як зазначено вище, найбільш доцільним є використання підземних вод крейдового (сенон-туронського) горизонту, які характеризуються стабільним хімічним складом, низькою каламутністю та високою бактеріологічною безпекою.

Разом з тим, значна частина водоспоживання у селищі припадає на технічні потреби: полив присадибних ділянок, господарські потреби приватних домогосподарств, забезпечення роботи свиноферми, миття територій, благоустрій, полив зелених насаджень та інші комунальні потреби.

Використання питної води для цих цілей є недоцільним, оскільки потребує доведення всієї води до високих стандартів якості [2].

Вода зі ставка має змінний склад, містить завислі речовини та органічні домішки, однак після спрощеної очистки, або взагалі без неї, може бути використана для технічних потреб [2, 10]. Таким чином, розділення систем дозволяє:

- забезпечити населення якісною питною водою;
- використовувати менш якісну воду для поливу та виробничих потреб;
- оптимізувати технологічні процеси водопідготовки.

Очищення води до питної якості є складним і витратним процесом, який включає аерацію, фільтрацію, знезалізнення та знезараження [7]. При використанні єдиної системи всі об'єми води підлягали б такій обробці, що призвело б до значного збільшення капітальних та експлуатаційних витрат.

Розділення систем водопостачання дозволяє скоротити обсяг води, що підлягає глибокій очистці, зменшити витрати електроенергії та реагентів, знизити зношення обладнання, спростити експлуатацію системи [2].

Крім того, використання поверхневого джерела для поливу дозволяє зменшити навантаження на свердловини, що знижує витрати на їх експлуатацію та продовжує термін служби [10].

Хоча будівництво двох окремих мереж потребує додаткових капіталовкладень, у довгостроковій перспективі така схема є економічно вигіднішою за рахунок зменшення експлуатаційних витрат.

Крейдовий водоносний горизонт є важливим джерелом питної води, що потребує раціонального використання та охорони. Надмірна експлуатація підземних вод може призвести до зниження їх рівня та погіршення якості [2, 5].

Запровадження двох систем водопостачання дозволить зменшити водовідбір із підземного горизонту, забезпечити збереження природного гідрогеологічного балансу, раціонально використовувати водні ресурси.

Використання води зі ставка для технічних потреб сприяє ефективному залученню місцевих поверхневих ресурсів. Крім того, зменшення обсягів водопідготовки призводить до зниження використання хімічних реагентів та, відповідно, зменшення негативного впливу на довкілля.

Організація двох незалежних систем водопостачання також забезпечує підвищення якості питної води для населення, безперебійне забезпечення водою об'єктів соціальної інфраструктури (школа, дитячий садок), можливість задоволення потреб населення у поливі без перевантаження системи, підвищення надійності та гнучкості водопостачання.

Таким чином, для селища улаштуємо дві незалежні системи водопостачання: господарсько-питної — з підземного крейдового горизонту та поливальної — із природного ставка. Такий підхід забезпечує відповідність якості води її призначенню, дозволяє оптимізувати технологічні процеси, зменшити експлуатаційні витрати та забезпечити раціональне використання водних ресурсів. Запропоноване рішення є технічно обґрунтованим, економічно доцільним і екологічно безпечним, що відповідає сучасним вимогам до проектування систем водопостачання населених пунктів і раціонального водокористування [2, 9-10].

Для селища у Волинській області з чисельністю населення близько 4500 осіб, яке має централізовану систему господарсько-питного водопостачання з тупиковою (розгалуженою) мережею, доцільним є влаштування протипожежного

водопостачання із підземних резервуарів [3, 10]. Таке рішення обумовлюється особливостями гідравлічного режиму мережі, умовами забудови, а також експлуатаційними та економічними чинниками.

Тупикова мережа водопостачання, яка характерна для невеликих населених пунктів із індивідуальною та малоповерховою забудовою, має обмежену надійність у забезпеченні значних витрат води. У звичайному режимі вона працює на покриття господарсько-питних потреб населення, які є відносно рівномірними та значно меншими за протипожежні витрати. У разі виникнення пожежі необхідно забезпечити короткочасну, але значну витрату води (5–10 л/с і більше), що для тупикової мережі є складним завданням. Через обмежену пропускну здатність трубопроводів, значні втрати напору та відсутність кільцевих зв'язків можливе різке падіння тиску у мережі, що призводить до погіршення умов водопостачання як для гасіння пожежі, так і для споживачів [3].

У цих умовах використання підземних резервуарів протипожежного запасу води є технічно обґрунтованим рішенням. Резервуари дозволяють накопичувати необхідний об'єм води та забезпечувати її подачу з необхідною витратою незалежно від гідравлічного стану мережі. Це особливо важливо для селищ із розосередженою забудовою, де довжина мережі значна, а діаметри труб відносно невеликі [3]. Наявність резервуарів забезпечує стабільний тиск у системі під час пожежогасіння та підвищує надійність водопостачання.

Додатковим аргументом є те, що поливальне водопостачання та витрати на благоустрій території у даному селищі здійснюються з окремого джерела. Це означає, що господарсько-питна система не перевантажується додатковими витратами, однак і не має значного резерву пропускну здатності для покриття пікових протипожежних навантажень. Таким чином, створення окремого протипожежного запасу води у резервуарах дозволяє уникнути необхідності значного збільшення діаметрів труб та потужності насосного обладнання у мережі питного водопостачання.

З експлуатаційної точки зору підземні резервуари мають ряд переваг. Вони забезпечують постійну готовність системи до роботи, не залежать від миттєвого

режиму водоспоживання та дозволяють швидко подавати необхідну кількість води у разі пожежі. Крім того, підземне розміщення забезпечує захист води від замерзання у зимовий період, що є важливим для кліматичних умов Волинської області. Резервуари також можуть розміщуватися у найбільш відповідальних точках мережі, що скорочує довжину шляхів подачі води до місця пожежі.

Важливим є і те, що відновлення протипожежного запасу води здійснюється з централізованої системи господарсько-питного водопостачання. Це дозволяє рівномірно поповнювати резервуари у міжпожежний період без значного впливу на роботу системи. Заповнення може здійснюватися поступово, у години мінімального водоспоживання, що забезпечує ефективне використання насосного обладнання та зменшує енергетичні витрати.

З економічної точки зору застосування підземних резервуарів є доцільним, оскільки дозволяє уникнути значних капітальних витрат на реконструкцію всієї водопровідної мережі з метою забезпечення протипожежних витрат. Збільшення діаметрів труб, встановлення більш потужних насосів та забезпечення необхідного напору у всіх точках мережі потребувало б значних інвестицій. Натомість будівництво локальних резервуарів є більш економічним рішенням, яке забезпечує необхідний рівень пожежної безпеки при менших витратах.

Таким чином, влаштування протипожежного водопостачання із підземних резервуарів для селища з тупиковою мережею є технічно обґрунтованим, експлуатаційно надійним та економічно ефективним рішенням. Воно дозволяє забезпечити необхідні витрати води для гасіння пожеж, стабілізувати гідравлічний режим мережі, зменшити навантаження на систему господарсько-питного водопостачання та підвищити загальний рівень безпеки населеного пункту.

Таким чином, в межах даної кваліфікаційної роботи бакалавра маємо виконати такі технологічні завдання і проекти:

1. Гідравлічний розрахунок зовнішніх тупикових мереж питного і поливального водопроводів. Мережі наносимо на генеральний план селища з вказанням діаметрів труб і довжини магістральних ділянок;

2. Побудова п'єзометричної лінії на годину пропуску найбільшої витрати в добу максимального водоспоживання для оцінки пропускнуої спроможності мережі, визначення необхідного напору насосів і висоти розміщення регулюючих ємностей;
3. Визначення режиму роботи насосної станції 2-го підйому і здійснення вибору необхідних регулюючих і акумулюючих ємностей на мережі, розрахунок резервуарів чистої води;
4. Розробка докладного проекту однієї з водозабірних свердловин для питного водопостачання з вибором необхідного обладнання і будівельною частиною;
5. Виконання проекту насосної станції 2-го підйому, побудова технологічної схеми комунікацій, вибір обладнання, будівельна частина, проведення необхідних гідравлічних і технологічних розрахунків.

Проектування блоку очисних споруд і відповідні розрахунки, за винятком РЧВ, в даній роботі не передбачається.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Питне водоспоживання на господарсько-побутові потреби жителів

Середньодобова витрата на господарсько-питні потреби жителів селища визначається по [1, п. 6.1.2, формула (1)]. Число жителів в селищі у відповідності із завданням складає  $N_{жс} = 4500$ , жителів:

$$Q_{сер}^{доб} = \frac{q_{жс} \cdot N_{жс}}{1000} K_n = \frac{230 \cdot 4500}{1000} \cdot 1,1 = 1140 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.1)$$

При цьому норму водоспоживання,  $q_{жс}$ , л/(доб×чол.), приймаємо за [1, табл.1] в залежності від заданого ступеню благоустрою забудови селища. В нашому випадку маємо житлову забудову з внутрішнім водопроводом, каналізацією з ваннами і місцевими водонагрівачами. Тоді приймемо  $q_{жс} = 230$  л/(доб×чол.).

Задана перспектива забудови відповідає розрахунковому строку дії генерального плану, а селище по класифікації [1, табл.1] відноситься до малих. У відповідності із цим невраховані витрати води складають 10% від середньодобового споживання, тобто коефіцієнт, неврахованих витрат води,  $K_n = 1,1$  [1, табл.1]. За місто відноситься до малих.

Витрати води за добу максимального і мінімального за рік споживання питної води в селищі розраховуємо по [1, п. 6.1.2, формули (2)]:

$$Q_{макс}^{доб} = k_{макс}^{доб} \cdot Q_{сер}^{доб} = 1,2 \cdot 1140 = 1370 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.2)$$

$$Q_{мін}^{доб} = k_{мін}^{доб} \cdot Q_{сер}^{доб} = 0,9 \cdot 1265 = 1030 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.3)$$

Максимальний і мінімальний коефіцієнти добової нерівномірності споживання води  $k_{макс}^{доб}$  і  $k_{мін}^{доб}$  згідно [1, п. 6.1.2] для умов кваліфікаційної роботи приймемо  $k_{макс}^{доб} = 1,2$ ,  $k_{мін}^{доб} = 0,9$ .

Годинні максимальна і мінімальна витрати води на питні потреби жителів населеного пункту визначаються по [1, п. 6.1.2, формули (3)]:

$$q_{макс}^{год} = \frac{k_{макс}^{год} \cdot Q_{макс}^{доб}}{24} = \frac{2,00 \cdot 1370}{24} = 115,0 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.4)$$

$$q_{мін}^{год} = \frac{k_{мін}^{год} \cdot Q_{мін}^{доб}}{24} = \frac{0,15 \cdot 1030}{24} = 6,5 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.5)$$

Числові значення коефіцієнтів годинної нерівномірності  $K_{\max}^{\text{год}}$  і  $K_{\min}^{\text{год}}$  (мінімального і максимального) розрахуємо по [1, п. 6.1.2, формули (4)]:

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

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

Коефіцієнти  $\alpha_{\max}$  і  $\alpha_{\min}$  (максимальний і мінімальний відповідно), які враховують режим роботи агропідприємства, громадсько-культурних будівель і селищної інфраструктури, ступінь благоустрою забудови та інші місцеві умови згідно [1, п. 6.1.2] приймаються в проміжку 1,2 – 1,4 і 0,6 – 0,8 відповідно. Отже, приймемо  $\alpha_{\max} = 1,4$ ;  $\alpha_{\min} = 0,6$ .

Числові значення коефіцієнтів  $\beta_{\max}$  і  $\beta_{\min}$  залежать від числа жителів, які постійно проживають на території селища, і визначаються даними таблиці [1, табл. 2], тобто  $\beta_{\max} = 1,45$ , а  $\beta_{\min} = 0,23$ .

## 2.2 Водоспоживання окремих зосереджених споживачів

На території селища, що розглядається, розміщено декілька відносно крупних зосереджених споживачів питної води, а саме:

1. Дитячий садок на 150 дітей і 35 одиниць штатного обслуговуючого персоналу;
2. Загальноосвітня середня школа з групами подовженого дня, обладнана душовими на 250 школярів і 30 штатних одиниць педагогічного та технічного персоналу;
3. Свиноферма, розрахована на потужність 500 голів. Прийнята кількість працівників на фермі – 20 штатних одиниць;
4. Об'єкти, будівлі, заклади і споруди іншої міської інфраструктури (побутовий сектор, торговельні точки, будівлі адміністративного, медичного і культурного призначення, офіси тощо) в межах даної кваліфікаційної роботи бакалавра відбирають воду в режимі водоспоживання жителів, тобто приблизно рівномірно по території.

Проведемо технологічні розрахунки добового і годинного споживання питної води найбільш крупними водоспоживачами води в селища (школа, садок, ферма). При розрахунку застосовуємо вимоги та рекомендації діючої нормативної літератури [11, додаток А, табл. А.2].

Для школи з групами подовженого дня та душовими прийняті норми водоспоживання для учнів –  $q_{уч} = 50$  л/учня на добу і персоналу  $q_{перс} = 25$ л/працівника на добу. Режим водоспоживання відповідає режиму роботи закладу освіти, тобто – 10 годин протягом доби (з 08.00 до 18.00). Технологічні витрати питної води (миття посуду, вологе прибирання тощо) складають до 20% від добової потреби в питній воді. Числове значення прийнятого максимального коефіцієнту годинної нерівномірності  $k_{год}^{макс} = 3,0$  [11].

Таким чином для школи середньодобове водоспоживання складає:

$$Q_{сер}^{доб} = \left( \frac{q_{уч} \cdot N_{уч}}{1000} + \frac{q_{перс} \cdot N_{перс}}{1000} \right) K_{тех} = \left( \frac{50 \cdot 250}{1000} + \frac{30 \cdot 25}{1000} \right) \cdot 1,2 = 16 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.8)$$

Середня за годину витрата питної води буде:

$$q_{сер}^{год} = \frac{Q_{сер}^{доб}}{10} = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.9)$$

Водоспоживання за максимальну годину доби визначиться як:

$$q_{макс}^{год} = q_{сер}^{год} \cdot k_{макс}^{год} = 1,6 \cdot 3,0 = 4,8 \text{ м}^3 / \text{год} = 1,33 \text{ л} / \text{с} \quad (2.10)$$

Норми споживання питної води в дитячому садку також прийняті у відповідності з [11, додаток А, табл. А.2], а саме  $q_{дит} = 90$  л/дитину на добу і персоналу  $q_{перс} = 25$ л/робітника на добу. Споживання води дитячим садком протягом доби в проєкті прийнято 10 годин протягом доби, тобто з 07.00 до 17.00. Норма технологічних або неврахованих витрат води (миття посуду, миття підлог, прання тощо) складає 20% середньодобової, тобто коефіцієнт технологічних витрат  $K_{тех} = 1,2$ . Годинна нерівномірність споживання води характеризується максимальним коефіцієнтом годинної нерівномірності, який дорівнює 3,0 для даного випадку [11, додаток А, табл. А.2].

Таким чином, середньодобове водоспоживання в дитячому садку:

$$Q_{сер}^{доб} = \left( \frac{q_{дum} \cdot N_{дum}}{1000} + \frac{q_{перс} \cdot N_{перс}}{1000} \right) K_{тех} = \left( \frac{90 \cdot 150}{1000} + \frac{25 \cdot 35}{1000} \right) \cdot 1,2 = 17,3 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.11)$$

При цьому середнє за годину водоспоживання:

$$q_{сер}^{год} = \frac{Q_{сер}^{доб}}{10} = \frac{17,3}{10} = 1,7 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.12)$$

Максимальна годинна витрата:

$$q_{макс}^{год} = q_{сер}^{год} \cdot k_{макс}^{год} = 1,7 \cdot 3 = 5,2 \text{ м}^3 / \text{год} = 1,4 \text{ л} / \text{с} \quad (2.13)$$

На підприємстві агротехнічного сектору – свинофермі підвищувальний коефіцієнт технологічних витрат води прийнято  $K_{тех} = 1,4$ . Ці витрати зумовлені допоміжними операціями (миття підлог, ясел, загонів, обладнання тощо). Величина коефіцієнта максимальної годинної нерівномірності складає для таких підприємств  $K_{год} = 2,0$  [10].

Норма споживання питної води для свиноферми лежить в межах 20-30 л на 1 голову на добу при добовій нерівномірності споживання води  $K_{доб}^{макс} = 1,3$ . Норма на питні потреби обслуговуючого персоналу:  $q_{перс} = 25$  л/працівника на добу, що відповідає нормам для підприємств з помірними тепловиділеннями («холодними» цехами). Режим активного водоспоживання води фермою становить 8 годин протягом доби, зокрема з 07.00 до 11.00 і з 16.00 до 20.00.

Отже, середня за добу потреба води для обслуговуючого персоналу:

$$Q_{перс}^{доб} = \frac{q_{перс} \cdot N_{перс}}{1000} = \frac{25 \cdot 20}{1000} = 0,5 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.14)$$

Максимальна витрата води за добу на забезпечення технологічного процесу свиноферми:

$$Q_{св}^{доб} = \frac{q_{св} \cdot N_{св}}{1000} \cdot K_{тех} \cdot K_{доб} = \frac{30 \cdot 500}{1000} \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 23,4 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.15)$$

В підсумку загальне добове водоспоживання на фермі для м'ясних порід свиней:

$$Q_{ферм}^{доб} = Q_{перс}^{доб} + Q_{св}^{доб} = 0,5 + 23,4 = 23,9 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.16)$$

При цьому максимальне за годину водоспоживання на свинофермі:

$$q_{ферм}^{год} = \frac{Q_{ферм}^{доб}}{8} \cdot K_{год} = \frac{23,9}{8} \cdot 3,0 = 9,0 \text{ м}^3 / год = 2,5 \text{ л / с} \quad (2.17)$$

На основі проведених розрахунків в розділах роботи 2.1 і 2.2 складемо сумарний добовий погодинний баланс споживання води селища і його інфраструктури (таблиця 2.1). По даних складеної таблиці побудуємо ступінчастий погодинний графік споживання питної води для максимальної доби року (рисунок 2.1) [9].

Таблиця 2.1 – Сумарне водоспоживання питної води в селищі. Балансовий розрахунок.

Години доби	Водоспоживання жителів		Зосереджені витрати води						Сумарне водоспоживання	
			Школа		Дитячий садок		Свиноферма			
	% Q <sub>м</sub>	м <sup>3</sup> /год	%	м <sup>3</sup> /год	%	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	10,28							0,72	10,28
01:02	0,75	10,28							0,72	10,28
02:03	1,00	13,70							0,96	13,70
03:04	1,00	13,70							0,96	13,70
04:05	3,00	41,10							2,88	41,10
05:06	5,50	75,35							5,28	75,35
06:07	5,50	75,35							5,28	75,35
07:08	5,50	75,35			5	0,87	4	0,96	5,41	77,17
08:09	3,50	47,95	5	0,80	5	0,87	37,5	8,96	4,10	58,58
09:10	3,50	47,95	30	4,80	30	5,19	3,5	0,84	4,12	58,78
10:11	6,00	82,20	5	0,80	10	1,73	4	0,96	6,00	85,69
11:12	8,50	116,45	5	0,80	5	0,87			8,28	118,12
12:13	8,50	116,45	4,5	0,72	4,5	0,78			8,26	117,95
13:14	6,00	82,20	5,5	0,88	5,5	0,95			5,89	84,03
14:15	5,00	68,50	5	0,80	10	1,73			4,98	71,03
15:16	5,00	68,50	5	0,80	5	0,87			4,92	70,17
16:17	3,50	47,95	30	4,80	20	3,46	37,5	8,96	4,57	65,17
17:18	3,50	47,95	5	0,80			5	1,20	3,50	49,95
18:19	6,00	82,20					5	1,20	5,84	83,40
19:20	6,00	82,20					3,5	0,84	5,82	83,04
20:21	6,00	82,20							5,76	82,20
21:22	3,00	41,10							2,88	41,10
22:23	2,00	27,40							1,92	27,40
23:24	1,00	13,70							0,96	13,70
Σ	100,0	1370,00	100	16,00	100	17,30	100	23,90	100,00	1427,20

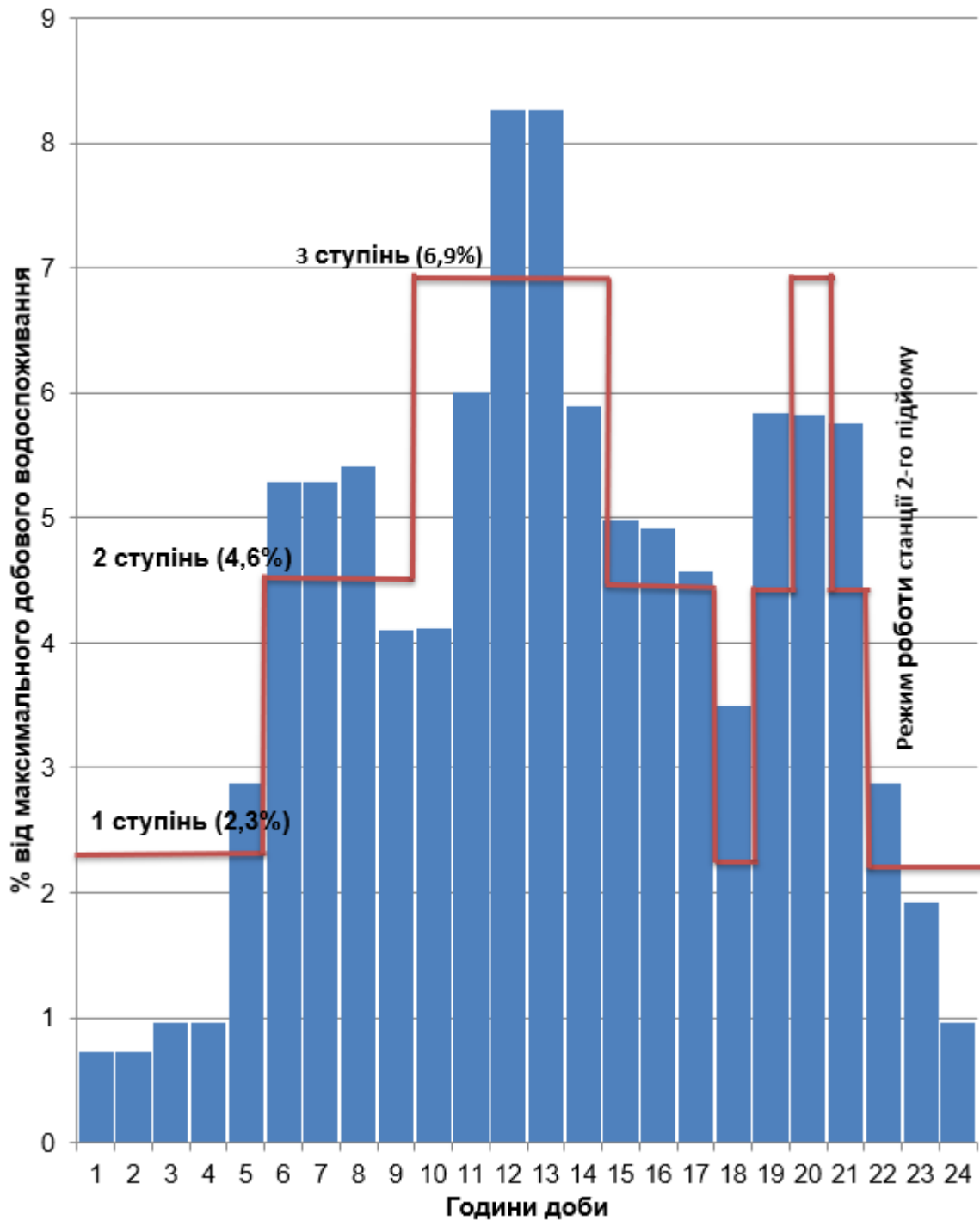


Рисунок 2.1 – Суміщений ступінчастий графік водоспоживання і режим роботи насосів 2-го підйому

### 2.3 Розрахунок регулюючої ємності на мережі

В якості регулюючої ємності на водопровідній мережі селища, приймемо в проєкті водонапірну вежу [9].

Водонапірна башта — це гідротехнічна споруда, яка регулює тиск і витрату води у водопровідній мережі [9, 12].

Її основні функції включають [12]:

- Підтримання стабільного тиску. Завдяки висоті розташування бака створюється гравітаційний напір, що забезпечує подачу води споживачам без постійної роботи насосів.
- Регулювання навантаження на насосну станцію 2-го підйому. У години пікового споживання (наприклад, вранці) башта віддає накопичену воду, а вночі, коли попит мінімальний, насоси наповнюють резервуар. Це дозволяє використовувати менш потужні насоси та подовжує термін їхньої служби.
- Створення резервного запасу. Башта забезпечує недоторканий запас води на випадок аварій на електромережі (коли насоси не працюють) або для гасіння можливих пожеж.
- Економія електроенергії: Насоси можуть працювати в оптимальному режимі, а не вмикатися щоразу, коли спостерігаються незначні коливання споживання води.

Найпоширенішим типом таких споруд у населених пунктах України є башта Рожновського [13].

Як правило водонапірну вежу розміщують на підвищених позначках території, яку водна обслуговує. Отже, це є підґрунтям для розташування башти в найвищій точці у відповідності з рельєфом [12]. Блок водонапірних веж встановлюємо в кінці мережі (на північному сході навколо свиноферми) і підключаємо до вузла 12 (див. аркуш 1 графічної частини) на геодезичній позначці 119.50. Відповідно цього, маємо водопровідну мережу з контррезервуаром, що зумовлює необхідність додаткового розрахунку мережі на випадок максимального транзиту води в бак.

Висота ствола баку вежі (тобто відстань від поверхні землі до низу баку) отримана розрахунковим шляхом при побудові п'єзометричних ліній і складає 21,0 м (див. відповідний розділ побудови п'єзометричної лінії, наведений нижче).

Необхідна ємність баку водонапірної башти зумовлюється сумарним регулюючим, аварійним і протипожежним об'ємами води [1]:

$$W_{\bar{o}} = W_{рег} + W_{пож} \quad (2.18)$$

Об'єм води у вежі, призначений на протипожежні потреби, розраховується з умов зберігання 10-хвилинного обсягу витрати на одну зовнішню [1, п.13.1.5] і одну внутрішню вірогідні пожежі [11]. На ліквідацію зовнішньої пожежі для умов проєкту ця витрата складає  $q_{зов}^{пож} = 10$  л/с, на внутрішню пожежу  $q_{зов}^{пож} = 2,5$  л/с. Тоді протипожежний об'єм буде:

$$W_{пож} = \frac{(q_{зов}^{пож} + q_{вн}^{пож}) \cdot 60 \cdot 10}{1000} = \frac{(10 + 2,5) \cdot 60 \cdot 10}{1000} = 7,5 \text{ м}^3 \quad (2.19)$$

Необхідна регулююча ємність контррезервуара встановлюється окремим розрахунком і проводиться за суміщеним графіком погодинного водоспоживання селища і режиму роботи насосів 2-го підйому (рисунок 2.1) [12].

В межах даної роботи проводимо такий розрахунок в формі таблиці (таблиця 2.2).

Як показують результати розрахунку, регулюючий об'єм має складати не менше 7,56% від добового водоспоживання, що підтверджується статистичними даними для малих міст [10]. Бак вежі повністю заповнений (година 03.00-04.00). Спорожнення баку відбувається наприкінці години 21.00-22.00. Година максимального транзиту води в бак башти відповідає проміжку 01.00-02.00. Зазначені режими відповідають прийнятій добі максимального водоспоживання в населеному пункті.

Отже, регулюючий об'єм баку контррезервуара складає:

$$W_{рег} = \frac{Q_{доб} \cdot 4,49}{100} = \frac{1427 \cdot 7,56}{100} = 91,2 \text{ м}^3 \quad (2.20)$$

Загальний необхідний об'єм води в баку з урахуванням збереження протипожежного запасу:

$$W_{\bar{o}} = 91,2 + 7,5 = 98,7 \text{ м}^3$$

На покриття аварійного запасу води відводимо об'єм, що дорівнює  $1,3 \text{ м}^3$ .

В проєкті приймемо 2 типові водонапірні башти конструкції Рожновського місткістю по 50 м<sup>3</sup> з характеристиками [13]:

Водонапірна башта Рожновського ВБР-50:

Типовий проєкт ТП 901-5-29.

Таблиця 2.2 – Розрахунок регулюючого об'єму контррезервуара

Години доби	Водоспоживання міста, % від Q <sub>доб</sub>	Подача, % від Q <sub>доб</sub>	Надходження або витрата з баку башти, % від Q <sub>доб</sub>	Залишок води в башті, % від Q <sub>доб</sub>
00:01	0,72	2,30	1,58	3,30
01:02	0,72	2,30	1,58	4,88
02:03	0,96	2,30	1,34	6,22
03:04	0,96	2,30	1,34	7,56
04:05	2,88	2,30	-0,58	6,98
05:06	5,28	2,30	-2,98	4,00
06:07	5,28	4,60	-0,68	3,32
07:08	5,41	4,60	-0,81	2,51
08:09	4,1	4,60	0,50	3,01
09:10	4,12	6,90	2,78	5,79
10:11	6	5,70	-0,30	5,49
11:12	8,27	6,90	-1,37	4,12
12:13	8,26	6,90	-1,36	2,76
13:14	5,89	6,90	1,01	3,77
14:15	4,98	4,60	-0,38	3,39
15:16	4,92	4,60	-0,32	3,07
<b>16:17</b>	4,57	4,60	0,03	3,10
17:18	3,5	2,30	-1,20	1,90
18:19	5,84	4,60	-1,24	0,66
19:20	5,82	6,90	1,08	1,74
20:21	5,76	4,60	-1,16	0,58
21:22	2,88	2,30	-0,58	0,00
22:23	1,92	2,30	0,38	0,38
23:24	0,96	2,30	1,34	1,72
	100	100,00	0,00	

Кількість контррезервуарів – 2 шт.

Об'єм кожного бака - 50 м<sup>3</sup> (2 шт)

Висота стовбура вежі – 23 м

Діаметр стовбура башти – 1200 мм

Висота баку контррезервуара – 11 м

Діаметр баку башти – 2400 мм

Товщина стінки баку – 5 мм

Загальна маса башти – 8,6 т

Місце установки башт показано на аркуші 1 графічної частини, їх висотна схема в гідравлічній системі мережі показана на аркуші 2.

#### **2.4 Гідравлічний розрахунок мережі на випадок максимального водоспоживання**

У відповідності з [1] для даних умов і чисельності жителів в селищі може бути запроєктована тупикова (розгалуджена) мережа питного водопроводу. Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі проводимо за спрощеною схемою водовідбору (метод зосереджених витрат) на два основних розрахункових випадки: випадок найбільш напруженої роботи мережі, тобто на годину максимального водоспоживання в максимальну добу (11.00-12.00) і випадок максимального транзиту води в бак (01.00-02.00) [14] (див. рисунок 2.1).

Суть методу зосереджених витрат полягає у перетворенні рівномірно розподіленого водовідбору вздовж ділянок у фіктивні витрати, зосереджені у вузлах мережі.

Розрахунковому моменту найбільшого водоспоживання відповідає година 11.00-12.00 роботи мережі питного водопроводу. Мережею при цьому відбирається 118,12 м<sup>3</sup>/год води, включаючи, школу (0,80 м<sup>3</sup>/год) і дитячий садок (0,87 м<sup>3</sup>/год). Відбір води свинофермою в цей період відсутній.

Питома витрата води розраховується по формулі [14]:

$$q_{пит} = \frac{Q_{сум}^{год} - \sum Q_{зос}}{\sum L} = \frac{118,12 - (0,8 + 0,87)}{3,6 \cdot 8120} = 0,00398 \frac{л}{с \cdot м} \quad (2.21)$$

$Q$  – максимальне сумарне годинне водоспоживання в селищі (табл. 2.1),  
 $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$\Sigma Q$  – сума зосереджених витрат води (окремі споживачі води),  $\text{м}^3/\text{год}$ . Див.  
табл. 2.1;

$\Sigma L$  – сумарна довжина ділянок мережі, де відбувається відбір води, м.

Шляхові ( або попутні) витрати води [14]:

$$Q_{\text{шл}} = q_{\text{пит}} \cdot L_i, \text{ л / с} \quad (2.22)$$

$L_i$  – довжина ділянки мережі, м.

Трасування зовнішньої мережі селища показане на генеральному плані (аркуш 1 графічної частини проєкту). Розрахункова схема мережі наведена на рисунку 2.2. Розрахунок проводимо в табличній формі (таблиця 2.3)

Таблиця 2.3 – Розрахунок попутних витрат

Ділянки	Довжина розрахункової ділянки, м	Питоме водоспоживання, $q_{\text{пит}}$ , л/с×м	Шляхова витрата, л/с
1-2	1000	0,00398	3,98
2-3	350	0,00398	1,39
3-4	450	0,00398	1,79
4-5	250	0,00398	1,00
5-6	650	0,00398	2,59
6-7	350	0,00398	1,39
3-8	500	0,00398	1,99
8-9	300	0,00398	1,20
8-10	720	0,00398	2,87
4-11	500	0,00398	1,99
5-12	800	0,00398	3,19
12-13	250	0,00398	1,00
12-14	600	0,00398	2,39
6-15	750	0,00398	2,99
6-16	650	0,00398	2,59
$\Sigma$	8120		32,35

Вузлові витрати в точках мережі [14]:

$$Q_i^{\text{вузл}} = Q_{\text{зос}} + 0,5 \sum Q_i^{\text{шл}} \quad (2.23)$$

$Q_{\text{зос}}$  – зосереджена витрата в окремому вузлі мережі, л/с;



питомі втрати напору  $1000i$  і швидкість руху води в трубах. Зовнішню мережу питного водопостачання селища приймаємо з напірних поліетиленових труб ПЕ 80 MRS 8,0 SDR17 S8 [16].

Розраховуємо втрати напору на всіх ділянках мережі селища, м [1, п. К.6]:

$$h_i = 1000i \cdot L_i \quad (2.24)$$

Результати розрахунку показані в таблиці 2.5 і на розрахунковій схемі мережі (рисунок 2.2).

Таблиця 2.4 – Розрахунок вузлових витрат води

Номери вузлів	Номери ділянок мережі, які утворюють вузел	Зосереджені витрати води, л/с	Вузлові витрати води, л/с
1	1-2		1,99
2	1-2, 2-3		2,69
3	2-3, 3-8, 3-4		2,59
4	3-4, 4-5, 4-11	0,24	2,63
5	4-5, 5-6, 5-12		3,39
6	5-6, 6-7, 6-15, 6-16		4,78
7	6-7		0,70
8	3-8, 8-9, 8-10		3,03
9	8-9		0,60
10	8-10		1,43
11	4-11		1,00
12	5-12, 12-14, 12-13	0,2	3,49
13	12-13		0,50
14	12-14		1,20
15	6-15		1,49
16	6-16		1,29
$\Sigma$			32,79

## 2.5 Розрахунок мережі на випадок максимального транзиту води в бак контррезервуара

Випадок максимального транзиту – це такий режим роботи водопровідної мережі, коли максимальний обсяг води проходить крізь усю мережу безпосередньо до резервуара (візел 15), розташованого в протилежному від початку мережі кінці селища. Цей випадок є критичним для гідравлічного

розрахунку і виникає коли «зайва» вода, яку не розібрали споживачі, транзитом іде через усю мережу і наповнює контррезервуар [14].

Цей розрахунок проводимо, щоб по-перше, визначити максимальний тиск у мережі (оскільки водоспоживання мінімальне, втрати напору на тертя в трубах невеликі, а тиск у трубах біля насосної станції досягає пікових значень. Це перевірка труб на міцність. По-друге, розрахувати висоту стовбура контррезервуара (щоб переконатися, що напору насосів 2-го підйомудостатньо, щоб «дотиснути» воду до верхньої відмітки бака). По-третє, перевірити пропускну здатність. (мережа має бути здатна пропустити цей об'єм води без критичного підвищення тиску).

Таблиця 2.5 – Розрахунок втрат напору на випадок максимального водоспоживання

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Витрата води, л/с	Діаметр ділянки, мм	Швидкість руху води, м/с	1000i	Втрати напору по ділянці, м
1-2	1000	25,31	250	0,663	2,112	2,11
2-3	350	22,62	200	0,928	5,038	1,76
3-4	450	14,97	180	0,758	4,003	1,80
4-5	250	11,34	160	0,726	4,289	1,07
5-6	650	2,76	140	0,231	0,661	0,43
6-7	350	0,70	63	0,46	7,965	2,79
3-8	500	5,06	110	0,688	6,172	3,09
8-9	300	0,60	50	0,395	6,059	1,82
8-10	720	1,43	63	0,593	9,416	6,78
4-11	500	1,00	63	0,415	4,992	2,50
5-12	800	5,19	110	0,705	6,456	5,16
12-13	250	0,50	50	0,329	4,385	1,10
12-14	600	1,20	63	0,498	6,898	4,14
6-15	750	4,01	140	0,335	1,282	0,96
6-16	650	1,29	63	0,535	7,843	5,10

Якщо при максимальному споживанні (попередній розрахунковий випадок) вода рухається від насосів і від резервуара (зустрічні потоки), то при максимальному транзиті – весь потік іде в одному напрямку (від насосів до

резервуара). Це створює специфічні умови гідравлічного похилу, які обов'язково враховуються при підборі діаметрів [3].

Максимальний транзит води в бак башти, тобто момент, коли в башту надходить максимальний надлишок води, що подається насосами 2-го підйому, спостерігається в годину 01.00-02.00. Населення і інфраструктура при цьому відбирає 10,28 м<sup>3</sup>/год води. Дитячий садок, школа і свиноферма у відборі участі в цей період не беруть (див. таблицю 2.1). Насоси 2-го підйому подають в селище 2,3% добового водоспоживання, тобто 32,82 м<sup>3</sup>/год. Надлишок (32,82-10,28=22,54 м<sup>3</sup>/год=6,26 л/с) через всю магістральну мережу спрямовується в бак вежі і наповнює її.

В такому разі питома витрата води на 1 п.м мережі визначиться з формули (2.18) [14]:

$$q_{num} = \frac{Q_{сум}^{год}}{\sum L} = \frac{10,28}{3,6 \cdot 8120} = 0,00035 \frac{л}{с \cdot м} \quad (2.25)$$

Шляхові витрати розраховуємо по формулі (2.19).

Розрахункова схема мережі для випадку найбільшого надходження води в бак контррезервуара наведена на рисунку 2.3. Шляхові витрати визначимо в табличній формі (таблиця 2.6).

Вузлові витрати в точках мережі визначимо з формули (2.20). Результати їх розрахунку подані в таблиці 2.7 і показані на схемі мережі (рисунок 2.3).

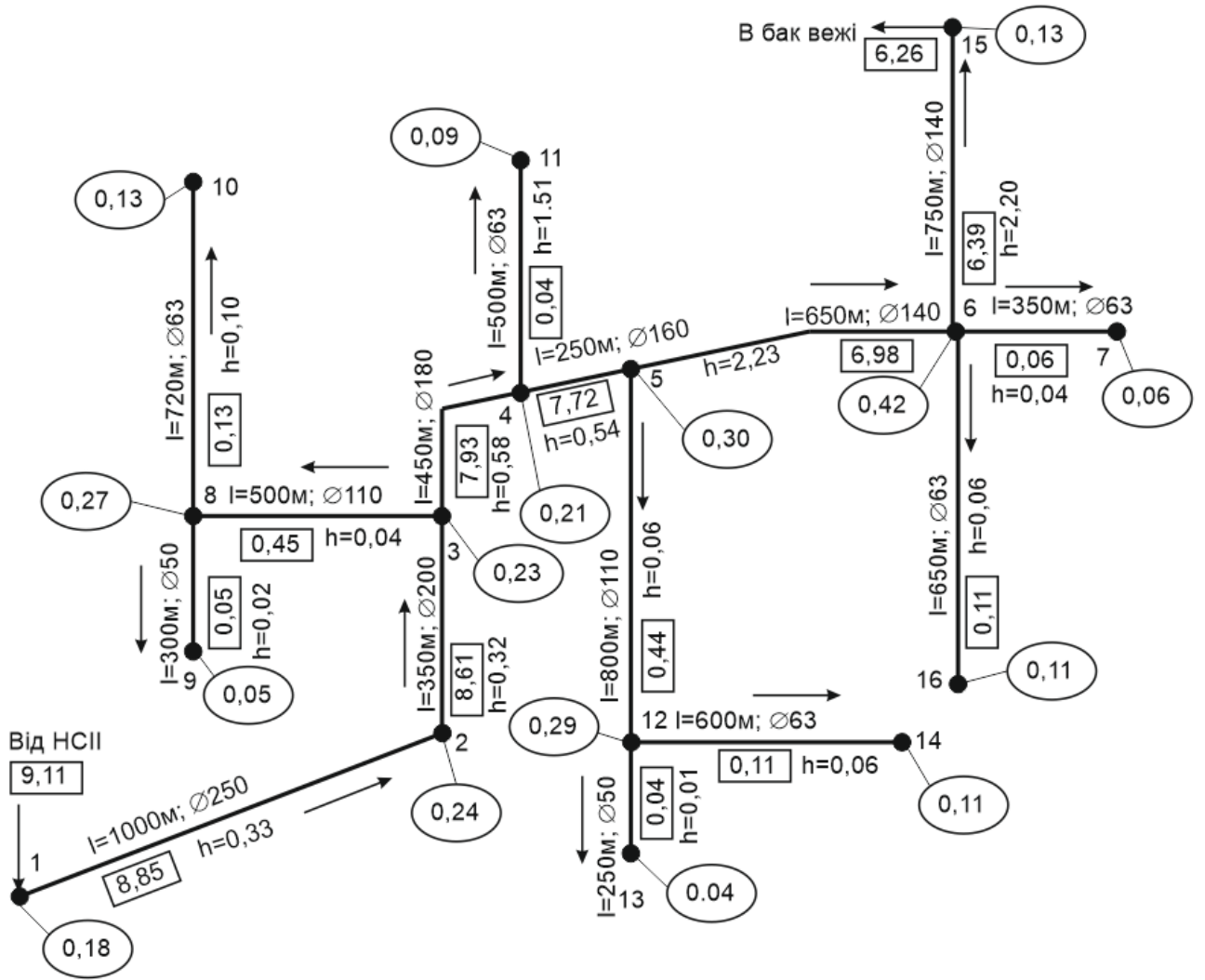


Рисунок 2.3 – Схема розрахунку мережі на випадок максимального транзиту води в бак контррезервуара

Таблиця 2.6 – Шляхові витрати для випадку максимального транзиту

Ділянки	Довжина розрахункової ділянки, м	Питоме водоспоживання, $q_{\text{пит}}$ , л/с×м	Шляхова витрата, л/с
1-2	1000	0,00035	0,35
2-3	350	0,00035	0,12
3-4	450	0,00035	0,16
4-5	250	0,00035	0,09
5-6	650	0,00035	0,23
6-7	350	0,00035	0,12
3-8	500	0,00035	0,18
8-9	300	0,00035	0,11
8-10	720	0,00035	0,25
4-11	500	0,00035	0,18
5-12	800	0,00035	0,28
12-13	250	0,00035	0,09
12-14	600	0,00035	0,21
6-15	750	0,00035	0,26
6-16	650	0,00035	0,23
$\Sigma$	8120		2,86

Таблиця 2.7 – Вузлові витрати для випадку максимального транзиту

Номери вузлів	Номери ділянок мережі, які утворюють вузел	Вузлові витрати води, л/с
1	1-2	0,18
2	1-2, 2-3	0,24
3	2-3, 3-8, 3-4	0,23
4	3-4, 4-5, 4-11	0,21
5	4-5, 5-6, 5-12	0,30
6	5-6, 6-7, 6-15, 6-16	0,42
7	6-7	0,06
8	3-8, 8-9, 8-10	0,27
9	8-9	0,05
10	8-10	0,13
11	4-11	0,09
12	5-12, 12-14, 12-13	0,29
13	12-13	0,04
14	12-14	0,11
15	6-15	0,13
16	6-16	0,11
$\Sigma$		2,86

За результатами розрахунку розподіляємо витрати води по ділянках. Проводимо перевірку пропускної спроможності труб при транзиті трубами, обраними в попередньому розрахунковому випадку. При необхідності (надвисоких втратах напору) діаметри коригуємо в більшу сторону. Аналогічно попередньому розрахунковому випадку, фіксуємо питомі втрати напору  $1000i$ , швидкість руху води в трубах,  $V$ , м/с і розраховуємо втрати напору на ділянках мережі при пропуску транзитної витрати води, м [1, п. К.6].

Результати розрахунку показані в таблиці 2.8 і на розрахунковій схемі мережі (рисунок 2.3).

Таблиця 2.8 – Втрати напору по ділянках мережі для випадку максимального транзиту

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Витрата води, л/с	Діаметр ділянки, мм	Швидкість руху води, м/с	$1000i$	Втрати напору по ділянці, м
1-2	1000	8,85	250	0,232	0,327	0,33
2-3	350	8,61	200	0,353	0,908	0,32
3-4	450	7,93	180	0,401	1,297	0,58
4-5	250	7,72	160	0,494	2,168	0,54
5-6	650	6,98	140	0,584	3,427	2,23
6-7	350	0,06	63	0,39	0,102	0,04
3-8	500	0,45	110	0,61	0,084	0,04
8-9	300	0,05	50	0,033	0,074	0,02
8-10	720	0,13	63	0,054	0,134	0,10
4-11	500	0,09	63	0,037	0,07	0,04
5-12	800	0,44	110	0,06	0,081	0,06
12-13	250	0,04	50	0,026	0,05	0,01
12-14	600	0,11	63	0,046	0,099	0,06
6-15	750	6,39	140	0,534	2,93	2,20
6-16	650	0,11	63	0,046	0,099	0,06
$\Sigma$	8120					

## 2.6 Побудова п'єзометричних ліній

Довжина ділянок мережі, діаметри труб у відповідності з проведеним гідравлічним розрахунком, а також номери камер показані на арк. 1 графічної частини.

П'єзометрична лінія – це графічне представлення надлишкового тиску (напору) у кожній точці водопровідної мережі [12, 14].

Результати проведених вище розрахунків дають виконати побудову п'єзометричних ліній по диктуючому напрямку для обох випадків: максимального водоспоживання і пропуску максимальної транзитної витрати. П'єзометричні лінії показані на арк. 2 графічної частини.

Гарантований мінімальний вільний напір в мережі обумовлюється поверховістю забудови селища, що відповідно завданню дорівнює 3 поверхам [1, п.6.3.1]:

$$H_g = 10 + 4 \cdot (П - 1) = 10 + 4 \cdot (3 - 1) = 18 м \quad (2.26)$$

Таким чином, необхідний вільний напір на початку водопровідної мережі з урахуванням втрат напору по ділянках диктуючого напрямку, згідно побудові складає 28,1 м для максимального водоспоживання і 41,2 м для випадку максимального транзиту. За диктуючий напрямок прийнято 1-2-3-4-5-6-15 (рис. 2.2 і 2.3, аркуш 1 графічної частини). Диктуючою точкою по рельєфу території є вузел б.

Максимальний напір (41,2 м) в зовнішній мережі не перевищує допустимого (45,0 м) [1, п.6.3.1] для умов, що розглядаються в проєкті.

## **2.7 Мережа поливального водопроводу**

Для селища, що розглядається нами запропоновано впровадження окремого поливального водопроводу із використанням води зі ставка джерельного живлення, розташованого поблизу населеного пункту. Таке рішення обумовлене особливостями забудови, значними обсягами сезонного водоспоживання та необхідністю раціонального використання підземних водних ресурсів [1, п. 6.1.3].

Селище характеризується переважанням приватного сектору з присадибними ділянками площею близько 2000 м<sup>2</sup>, що зумовлює значні витрати води на полив у весняно-літній період. Крім того, на території є паркові зони, зелені насадження та зони відпочинку, які також потребують регулярного зрошення. У разі використання централізованої системи господарсько-питного

водопостачання для цих потреб виникало б суттєве перевантаження мережі, особливо у пікові години водоспоживання, що призвело б до зниження тиску та погіршення умов водопостачання населення [10].

Використання окремого поливального водопроводу дозволяє розділити потоки водоспоживання за їх призначенням. Питна вода з підземного джерела використовується виключно для господарсько-питних потреб, тоді як вода зі ставка, якість якої не відповідає питним стандартам, але є достатньою для технічного використання, застосовується для поливу територій та інших господарських потреб. Такий підхід забезпечує раціональне використання водних ресурсів і відповідає сучасним принципам водокористування [2, 3].

Ставок площею 34 га, що має джерельне живлення, є стабільним джерелом води з достатніми запасами для забезпечення поливальних потреб селища. Наявність природного підживлення сприяє підтриманню рівня води навіть у посушливі періоди, що підвищує надійність системи. Крім того, близьке розташування ставка дозволяє зменшити довжину водопровідних мереж і, відповідно, втрати напору та витрати на транспортування води.

Пропонується за конструкцією тупикова мережа, що є доцільним для даних умов, оскільки вона характеризується простотою конструкції, меншою вартістю будівництва та достатньою ефективністю для нерівномірних сезонних навантажень. Поливальні витрати мають періодичний характер і не потребують високого рівня надійності, як у випадку господарсько-питного водопостачання. Тому застосування тупикової схеми є економічно обґрунтованим.

З економічної точки зору впровадження окремого поливального водопроводу знижує енергетичні витрати та спрощує експлуатацію системи. Крім того, зменшується навантаження на свердловини, що подовжує термін їх експлуатації та знижує витрати на обслуговування.

Використання поверхневих вод для поливу дозволяє зберегти підземні водні ресурси, які є стратегічним джерелом питної води. Водночас необхідно враховувати рекреаційне значення ставка, який використовується населенням для відпочинку, рибальства та культурних заходів. Тому водозабір має бути

організований таким чином, щоб не порушувати екологічний баланс водойми, зокрема шляхом обмеження обсягів відбору води та забезпечення санітарних зон.

Отже, впровадження окремого поливального водопроводу із ставка є технічно доцільним, економічно ефективним та екологічно обґрунтованим рішенням для даного селища. Воно дозволяє забезпечити потреби населення у поливі, знизити навантаження на систему питного водопостачання, раціонально використовувати водні ресурси та підвищити загальну ефективність функціонування інженерної інфраструктури населеного пункту.

Режим експлуатації поливального водопроводу прийнято в проміжку травень-вересень. Протягом доби полив передбачений протягом 10 годин: вранці (з 6.00 до 11.00) і у вечірні години (з 16.00 до 21.00).

Витрати води на благоустрій території здійснюються частково автоматичними системами поливу (до 70%), і частково вручну – працівниками комунальних служб (до 30% витрати).

Норма споживання води на благоустрій території,  $q_n$ , залежить від архітектурно-кліматичного району будівництва [4] і приймається по [1, п. 6.1.4, додаток А, табл. А.2]. Для заданих умов  $q_n = 40$  л/(доб.чол).

Таким чином витрата води на благоустрій території:

$$Q_{ол} = \frac{q_{пол} \cdot N_{жс}}{1000} = \frac{40 \cdot 4500}{1000} = 180 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.27)$$

Обсяги води, що витрачаються на полив присадибних ділянок житлового приватного сектору, городів розраховуються відповідно діючих нормативів і відомостей про площі поливу [10].

Кількість ділянок приватного сектору в селищі – 280. Площа, призначена для садових дерев, овочевих культур, городів для поливу становить на кожній ділянці половину займаної площі, тобто  $100 \text{ м}^2$  на кожній ділянці.

Тоді загальна площа поливу по селищу складає  $280 \times 100 = 28000 \text{ м}^2$ . Норма на полив присадибних ділянок прийнята  $13 \text{ м}^3$  води на  $100 \text{ м}^2$  поливної площі в місяць [10].

В такому разі витрата води на полив за добу:

$$Q_{пол} = \frac{13 \cdot 2800}{30} = 1210 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

В підсумку, добова продуктивність системи поливального водопроводу:

$$Q_n = Q_{пол} + Q_{бл} = 1210 + 180 \approx 1400 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.28)$$

Полівальний водопровід експлуатується в рівномірному протягом прийнятого регламенту режимі. Виходячи з 10-годинної протягом доби експлуатації в поливальний період, продуктивність поливального водопроводу за годину:

$$q_n = \frac{Q_n}{10} = \frac{1400}{10} = 140,0 \text{ м}^3 / \text{год} = 40 \text{ л} / \text{с} \quad (2.29)$$

Розрахунок системи поливального водопроводу проводимо за схемою зосереджених витрат, тобто по спрощеному водовідбору, аналогічно системі питного водопостачання [13-14].

Питома витрата:

$$q_{нит} = \frac{q_n}{\sum L} = \frac{40}{7330} = 0,0055 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}} \quad (2.30)$$

Шляхові (попутні) і вузлові витрати води мережі визначаємо по формулам (2.19-2.20) [14].

Трасування тупикової мережі показане на генеральному плані (арк. 1 графічної частини). Розрахункова схема мережі наведена на рисунку 2.4. Розрахунок проводимо в табличній формі (таблиці 2.9-2.10)

Проводимо розподіл витрат води по окремих ділянках поливальної мережі і приймаємо діаметри трубопроводів за економічно обґрунтованими швидкостями [15]. Зовнішня мережа поливального водопроводу запроваджена з напірних поліетиленових труб серії ПЕ63 MRS6,3 SDR17,6 S8,3 [16]. По кожній ділянці фіксуємо показник 1000i і швидкість потоку води в трубах.

Розраховуємо втрати напору на ділянках поливальної мережі. Результати розрахунку представимо в таблиці 2.11 і на розрахунковій схемі мережі (рисунок 2.4). Запроектована мережа показана на арк. 1 графічної частини.

Таблиця 2.9 – Попутні витрати

Номери ділянок	Довжина ділянок мережі, м	Питоме водоспоживання, л/с×м	Шляхові витрати води, л/с
1-2	500	0,0055	2,73
2-3	1000	0,0055	5,46
2-4	550	0,0055	3,00
4-5	950	0,0055	5,18
5-6	500	0,0055	2,73
5-7	300	0,0055	1,64
4-8	300	0,0055	1,64
8-9	700	0,0055	3,82
8-14	280	0,0055	1,53
2-10	600	0,0055	3,27
10-11	900	0,0055	4,91
11-12	350	0,0055	1,91
11-13	400	0,0055	2,18
Σ	7330		40,00

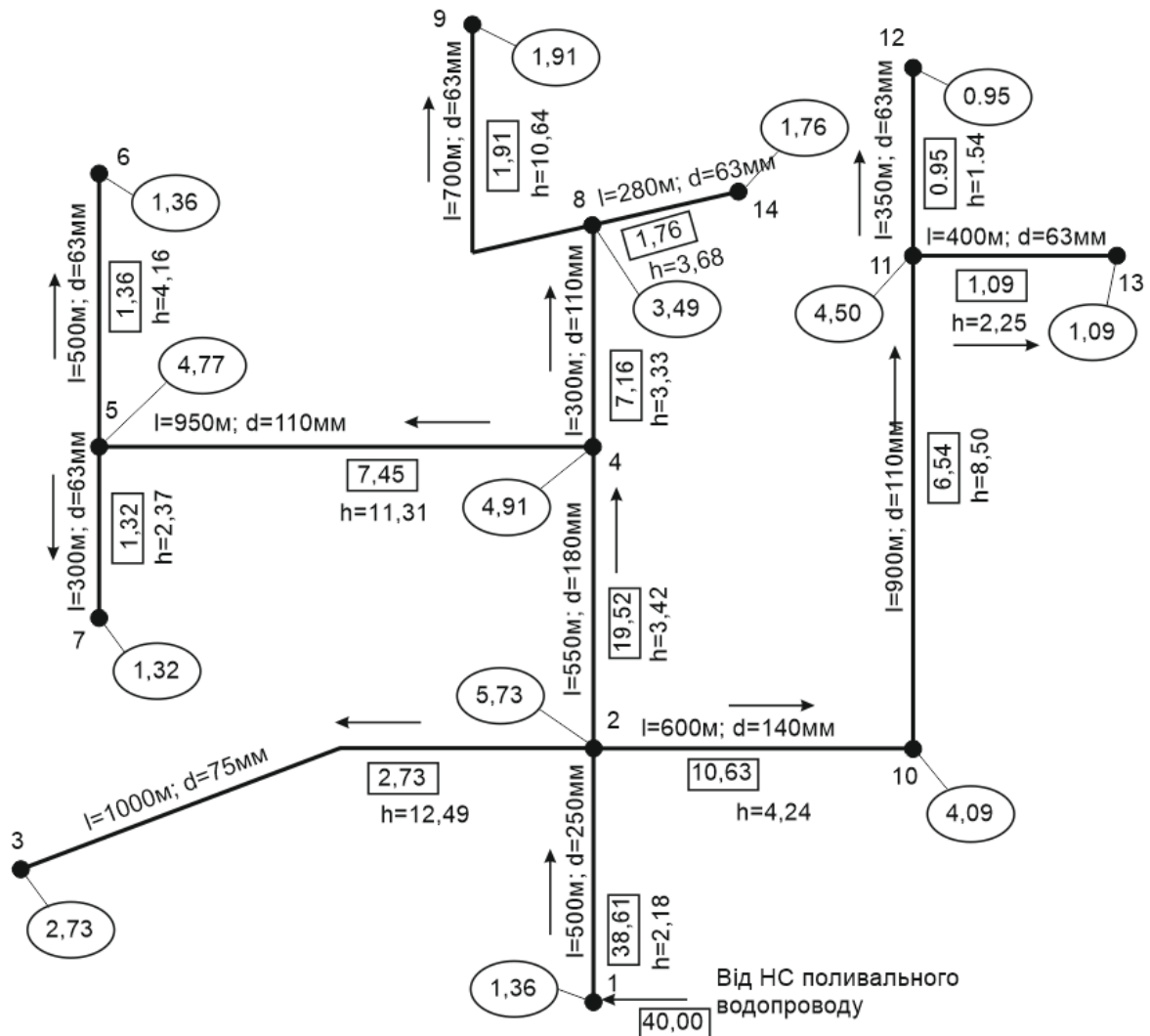


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема мережі

Таблиця 2.10 – Вузлові витрати

Номери вузлів	Ділянки, що примикають до вузлу	Вузлові витрати, л/с
1	1-2	1,36
2	1-2, 2-3, 2-10	5,73
3	2-3	2,73
4	2-4, 4-5, 4-8	4,91
5	4-5, 5-7, 5-6	4,77
6	5-6	1,36
7	5-7	1,32
8	4-8, 8-9, 8-14	3,49
9	8-9	1,91
10	2-10, 10-11	4,09
11	10-11, 11-12, 11-13	4,50
12	11-12	0,95
13	11-13	1,09
14	8-14	1,76
Σ		40,00

Таблиця 2.11 – Результати розрахунку мережі

Номери ділянок мережі	Довжина ділянок, м	Витрата по ділянці, л/с	Діаметр ділянки, мм	Швидкість руху води, м/с	1000і	Втрати напору по ділянці, м
1-2	500	38,61	250	1,001	4,354	2,18
2-3	1000	2,73	75	0,788	12,489	12,49
2-4	550	19,52	180	0,976	6,221	3,42
4-5	950	7,45	110	1	11,902	11,31
5-6	500	1,36	63	0,556	8,323	4,16
5-7	300	1,32	63	0,54	7,893	2,37
4-8	300	7,16	110	0,961	11,093	3,33
8-9	700	1,91	63	0,781	15,203	10,64
8-14	280	1,76	63	0,72	13,149	3,68
2-10	600	10,63	140	0,88	7,061	4,24
10-11	900	6,54	110	0,878	9,446	8,50
11-12	350	0,95	63	0,388	4,404	1,54
11-13	400	1,09	63	0,446	5,62	2,25
Σ	7330					

## 2.8 Протипожежне водопостачання селища

Для селища з заданою чисельністю населення, яке має централізовану систему господарсько-питного водопостачання та тупикову мережу, доцільним є організація протипожежного водопостачання за рахунок пожежних резервуарів,

розміщених по території населеного пункту, з відновленням запасу води з мережі питного водопроводу [1, п. 6.2.1 і п. 6.2.3]. Таке рішення обумовлюється гідравлічними особливостями мережі, характером забудови, а також експлуатаційними та економічними факторами.

Тупикова схема водопровідної мережі, яка є типовою для невеликих населених пунктів із приватною та малоповерховою забудовою, не забезпечує достатньої надійності при подачі значних витрат води, необхідних для пожежогасіння. У нормальному режимі мережа працює на покриття господарсько-питних потреб, які мають відносно невеликі та рівномірні витрати. У випадку пожежі виникає необхідність короткочасного відбору води з великими витратами, що може призвести до різкого падіння тиску, особливо у віддалених та кінцевих ділянках мережі. Це ускладнює або унеможлиблює ефективне гасіння пожежі безпосередньо з водопроводу.

Розміщення пожежних резервуарів по території селища дозволяє створити необхідний запас води у безпосередній близькості до можливих осередків пожежі [17]. Такий підхід забезпечує можливість швидкого відбору води з необхідною витратою незалежно від гідравлічного режиму мережі. Крім того, скорочується довжина рукавних ліній і зменшуються втрати напору під час подачі води до місця пожежі, що підвищує ефективність роботи пожежних підрозділів.

Важливим фактором є характер забудови селища. Приватний сектор із розосередженими будинками, присадибними ділянками, господарськими спорудами, а також наявність об'єктів соціального та виробничого призначення (школа, дитячий садок, ферма) зумовлюють необхідність рівномірного покриття території джерелами протипожежного водопостачання. Розосереджене розміщення резервуарів дозволяє забезпечити нормативні відстані і підвищити оперативність реагування у разі виникнення пожежі [17].

Відновлення протипожежного запасу води з мережі питного водопостачання є раціональним рішенням, оскільки дозволяє використовувати існуючу інфраструктуру без необхідності створення окремих систем підживлення. Заповнення резервуарів може здійснюватися поступово, у періоди зниженого

водоспоживання, що не призводить до перевантаження мережі та не впливає на якість водопостачання для населення. Запровадимо відновлення за рахунок допустимого тимчасового зниження водоспоживання на господарсько-питні потреби на 30%. У відповідності з [1, п. 6.2.14] відновлення має бути забезпечено протягом 72 годин. Такий режим роботи дозволяє рівномірно використовувати насосне обладнання та зменшити енергетичні витрати.

З експлуатаційної точки зору пожежні резервуари є надійним і простим у використанні елементом системи. Вони не залежать від коливань тиску у мережі, забезпечують постійну готовність до роботи та обладнуються зручними під'їздами для пожежної техніки. Підземне розміщення резервуарів забезпечує захист води від замерзання та зменшує вплив зовнішніх факторів [17].

З економічної точки зору застосування пожежних резервуарів є більш доцільним порівняно з варіантом забезпечення протипожежних витрат безпосередньо з мережі. Для цього в іншому випадку необхідно було б значно збільшувати діаметри труб, встановлювати більш потужні насосні агрегати та забезпечувати високий тиск у всіх точках мережі, що потребує значних капітальних вкладень. Використання резервуарів дозволяє локалізувати витрати та забезпечити необхідний рівень пожежної безпеки при менших інвестиціях [17].

Отже, організація протипожежного водопостачання селища за рахунок пожежних резервуарів, рівномірно розміщених по території, з підживленням від мережі питного водопостачання і радіусом дії 200 м [1, п. 12.5], є технічно обґрунтованим, експлуатаційно надійним та економічно ефективним рішенням. Воно забезпечує необхідні витрати води для гасіння пожеж, підвищує надійність системи водопостачання та сприяє забезпеченню належного рівня безпеки населеного пункту.

Необхідний об'єм одного протипожежного резервуара розраховується з умови зберігання обсягу води на ліквідацію однієї зовнішньої і однієї внутрішньої пожежі [1, п. 13.1.4]. По [1, п.6.2.2] прийнята одна вірогідна зовнішня пожежа з витратою  $q_{\text{пож}} = 10$  л/с, а також одна внутрішня пожежа з витратою  $q_{\text{вн}} = 2,5$  л/с

[11]. Тривалість пожежі також прийнята  $T_{\text{пож}} = 3$  години згідно нормативів [1, п.6.2.13] Тоді об'єм резервуара:

$$W_{\text{рез}}^{\text{пож}} = \frac{(q_{\text{зов}}^{\text{пож}} + q_{\text{вн}}^{\text{пож}}) \cdot T_{\text{пож}} \cdot 3600}{1000} = \frac{(10 + 2,5) \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 135 \text{ м}^3 \quad (2.31)$$

Отже обираємо типові протипожежні склопластикові резервуари об'ємом  $140 \text{ м}^3$ . Діаметр резервуара – 3,2 м, довжина 17,8 м. Діаметри підвідного і відвідного трубопроводів прийняті 200 мм. Труби сталеві електрозварні.

Для селища приймемо шість резервуарів з радіусом дії до 400 м [17]. Точки розташування резервуарів показані на арк. 1 графічної частини.

Максимальна подача насосів 2-го підйому по графіку водоспоживання (див. рис. 2.1) складає 6,9% ( $98,4 \text{ м}^3/\text{год}$ ). Тоді 30% від цієї витрати –  $29,5 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Наповнення протипожежного резервуару в будь-якій точці населеного пункту відбудеться за час:

$$T = \frac{140 \text{ м}^3}{29,5 \text{ м}^3 / \text{год}} \approx 5 \text{ годин} \leq 72 \text{ години}$$

## 2.9 Розрахунок свердловинної насосної станції

Технологічна схема забору, транспортування і розподілу питної води для селища із свердловин сенон-туронського водоносного горизонту наведена на рисунку 2.5.

Необхідну потужність куца свердловин для відбору питної води визначимо з урахуванням обсягів води на внутрішні потреби станції водопідготовки. Оскільки в даній роботі розрахунок станції водопідготовки не проводиться, тому витрати води на власні потреби очисної станції приймемо за [1, п.10.1.6]. Коефіцієнт власного споживання для нашого передбачає 4% витрати від сумарного господарсько-питного водоспоживання селища, тобто  $\alpha = 1,04$ . Тоді необхідна продуктивність водозабору:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{доб}}^{\text{макс}} \cdot \alpha = 1427 \cdot 1,04 = 1484 \text{ м}^3 / \text{добу} = 62 \text{ м}^3 / \text{год} = 17,2 \text{ л / с} \quad (2.32)$$

Приймаємо в проєкті конструкцію досконалих свердловин при сталому режимі фільтрації. Розрахунковий дебіт однієї свердловини розрахуємо за залежністю Дюпюї [10]. Для сенон-туронського водоносного горизонту на території Волинської області при коефіцієнті фільтрації  $K = 3$  м/добу, потужності пласта  $m = 30$  м, радіуса свердловини  $r = 0,125$  м і пониження рівня води в свердловині  $S = 10,0$  м [5], дебіт свердловини становить [10]:

$$Q = \frac{2.73 \cdot K \cdot m \cdot S}{\lg\left(\frac{R}{r}\right)} = \frac{2.73 \cdot 3 \cdot 30 \cdot 10}{\lg\left(\frac{180}{0,125}\right)} = 778 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.33)$$

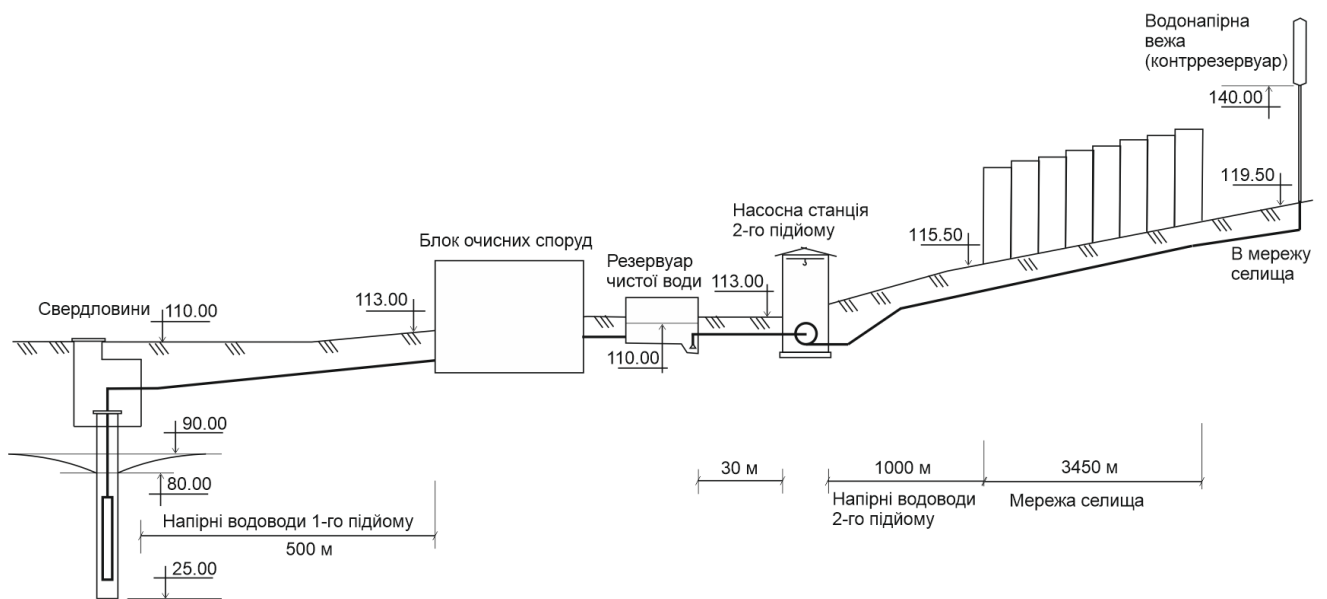


Рисунок 2.5 – Схема подачі води в селище

Радіус впливу свердловини визначимо з формули Зіхарда [5, 10]:

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{K} = 3000 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{3}{86400}} = 176,8 \approx 180 \text{ метрів} \quad (2.34)$$

Кількість робочих водозабірних свердловин відповідно до [1, п. 9.1.2.3, табл. 10]:

$$N_{св} = \frac{Q_в}{Q_д} = \frac{1484}{778} = 1,9 \approx 2 \text{ свердловини} \quad (2.35)$$

Отже, приймемо 2 робочих і 1 резервну свердловину по рекомендаціям [1, п. 9.1.2.3, табл. 10].

Статичний рівень води розташовується на глибині  $h_{св} = 10 - 20$  м, оскільки горизонт є напірним (артезіанським).

В такому разі продуктивність однієї свердловини:

$$Q_{св} = \frac{Q_г}{N_{св}} = \frac{1484}{2} = 742 \text{ м}^3 / \text{добу} = 31 \text{ м}^3 / \text{год} = 8,6 \text{ л / с} \quad (2.36)$$

Розрахунковий напір свердловинного насоса, складається з втрат напору в напірних лініях,  $h_n$ , геометричної висоти підйому води,  $H_r$ , і вільного напору в кінці водоводу, який приймемо  $h_b = 1,0$  м. Тоді необхідний напір насосів, м [12]:

$$H_{нсл} = H_r + h_n + h_b = 40,0 + 5,5 + 1,0 = 46,5 \text{ м} = 47,0 \text{ м} \quad (2.37)$$

Геометрична висота підйому води є різницею між геодезичними позначками у вхідній камері очисних споруд ( $Z_{oc} = 125,00$ ) і динамічного рівня води в свердловині, який, в свою чергу визначається позначкою рівня землі в місці буріння ( $Z_{св} = 110,00$ ), глибиною статичного рівня і пониженням рівня води в свердловині:

$$H_r = Z_{oc} - Z_{дин} = 125,00 - 80,00 = 40 \text{ м} \quad (2.38)$$

$$Z_{дин} = Z_{св} - h_{св} - S = 110,00 - 20 - 10 = 80,00 \quad (2.39)$$

Загальні напірні водоводи від куца свердловин прокладаємо в 2 нитки згідно [1, п. 11.5]. Приймемо поліетиленові напірні труби серії ПЕ80 MRS 8,0 SDR 13,6 S6,3 [16]. Довжина ліній – 500 м (рис. 2.5). Продуктивність кожної гілки в нормальному режимі роботи 8,6 л/с.

Отже, проєктуємо водоводи діаметром  $d_n = 125$  мм,  $V = 0,964$  м/с;  $1000i = 9,979$  м. Втрати напору в напірному водоводі складаються з місцевих втрат і втрат напору на тертя по довжині [1, додаток К]:

$$h_n = h_l + h_m = 5,0 + 0,5 = 5,5 \text{ м} \quad (2.40)$$

Втрати напору на тертя:

$$h_l = 1000i \cdot L_n = \frac{9,979 \cdot 500}{1000} = 5,0 \text{ м} \quad (2.41)$$

Місцеві втрати напору [1, додаток К, п. К.4]:

$$h_m = 0,1h_l = 0,1 \cdot 5,0 = 0,5 \text{ м} \quad (2.42)$$

За продуктивністю свердловини  $Q_{св} = 31 \text{ м}^3/\text{год}$  і напором  $H = 47 \text{ м}$  за даними фірми-виробника [18] обираємо свердловинний ступеневий насос занурювального типу Calpeda 6SD 18/6 для кожної свердловини. Характеристики і робочі параметри обраного обладнання (див. рисунки 2.6 і 2.7):

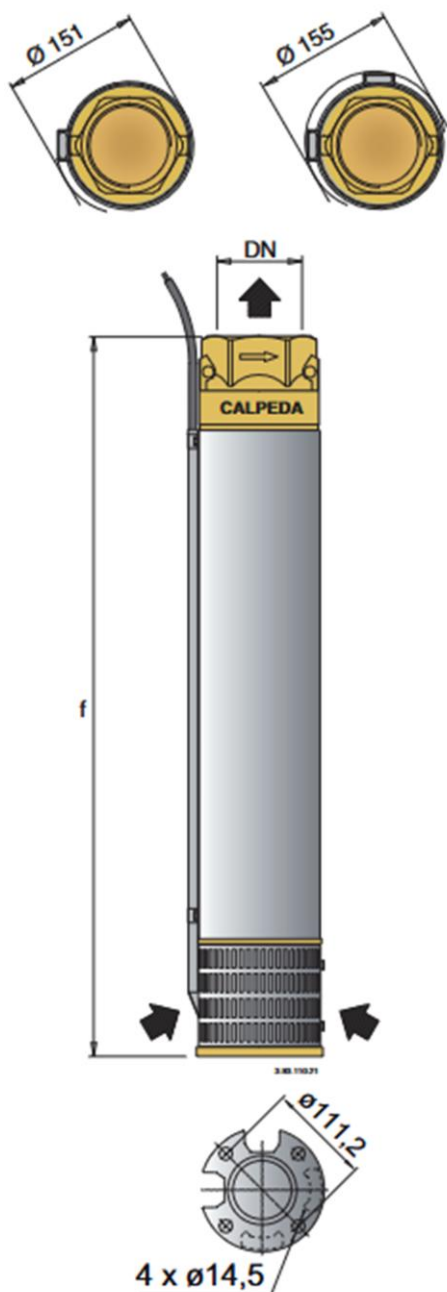


Рисунок 2.6 – Свердловинний насос Calpeda 6SD 18/6

Подача –  $31 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

Напір насоса – 52 м.

Потужність насоса – 9,2 кВт

Кількість робочих колес – 6 штук

Діаметр корпусу насоса – 150 мм

Діаметр обсадної труби для насоса – 200 мм.

Напірна труба -  $D_N=75 \text{ мм}$

Довжина насоса  $f = 974 \text{ мм}$

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

Коефіцієнт корисної дії – 80%

Вага агрегата – 27 кг.

Для обслуговування свердловин передбачений на кожній свердловині блок з двох підземних камер круглих в плані діаметром 1,5 м. Камери виконані із збірного залізобетону, стінових залізобетонних кілець КС-15-2-1А. В першому кільці розміщуємо оголовок свердловини ОСГО-200-57фл з арматурою і манометрами, а в другому – лічильний вузол з засувкою і зворотним клапаном [12]. Основні трубопровідні комунікації свердловин – сталеві напірні труби діаметром 100 мм [19]. Дно колодязів

заглиблене на 2,4 м, в кожній камері улаштовані окремі горловини діаметром 700 мм із знімними чавунними люками для монтажу і демонтажу обладнання, а також для обслуговування свердловини. Горловини виконані із залізобетонних кілець

КЦ-7-3. Фундамент камер передбачений із монолітного залізобетону. В кожній камері улаштований дренажний приямок для відкачування аварійних вод пересувним (портативним) насосом. Діаметр приямка 350 мм. Для спуску персоналу всередину камер передбачені металеві сходи. Над камерами улаштовується ґрунтова насип товщиною шару 900 мм з щебеневою підготовкою. Для природної вентиляції камер передбачені вентиляційні дефлектори діаметром 200 мм. Електроживлення блоку здійснюється від розподільчого електричного щита на відстані 2,0 м від камер. Електрокабель вводиться в камеру на глибині 0,3 м від поверхні через поліетиленовий кожух.

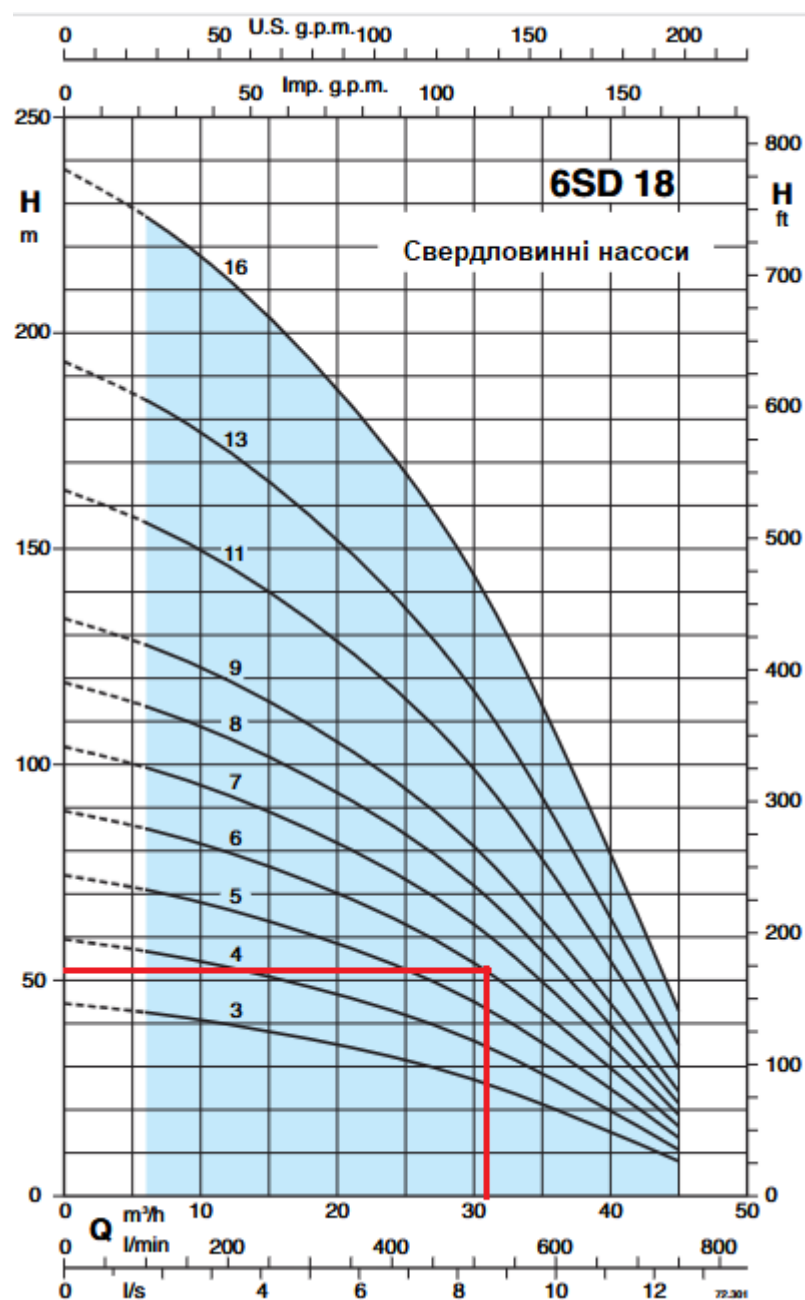


Рисунок 2.7 – Робочі характеристики насосів Calpeda 6SD 18/6

Кожна свердловина обладнується засувками 50, 80 і 100 мм, зворотним клапаном на 100 мм, вантузом для скиду повітря діаметром 50 мм, рукавною головкою 80 мм і контрольно-вимірюючою апаратурою (манометром і лічильником води на діаметр 100 мм). Арматура обирається за номінальним діаметром і максимально можливим тиском в трубопроводі по інформації і даним фірм-виробників [20-21]. В даному випадку робочий тиск складає до  $P_y = 1,0$  МПа.

Основне технологічне обладнання павільйону свердловини наведено в таблиці 2.12.

Внутрішні комунікації в камерах свердловин виконані із сталевих електрозварних труб на зварюванні [1, п. 11.12]. Рознімні (тобто фланцеві) з'єднання передбачаємо в місцях підключення арматури. Діаметри труб розраховані на швидкості руху води в них, рекомендованих ДБН [1, п. 11.8]. Фасонні частини на трубах всередині камер прийняті також сталевими згідно стандарту [21].

Розміри камер водозабору прийняті з урахуванням зручності експлуатації, монтажу, демонтажу і обслуговування устаткування. При цьому враховані вимоги і рекомендації діючої нормативної літератури [1, п. 12.65, 14.2, 14.10].

Робочий проєкт однієї з водозабірних артезіанських свердловин для питного водопостачання з сенон-туронського водоносного горизонту підземних вод поданий на аркушах 3 і 4 графічної частини кваліфікаційної роботи. Розроблений проєкт включає робочі креслення камер свердловинного водозабору з комунікаціями і обладнанням, геологічний переріз водоносного пласта в місці улаштування свердловини, будівельні конструктивні рішення, генеральний план площадки водозабору із зонами санітарної охорони.

Межі зони суворого режиму санітарної охорони для заданих умов визначені діючими нормативами [1, п. 15.2.1.1] і складають по 30 м з усіх боків від вісі свердловини. Розроблений генеральний план зони суворого режиму санітарної охорони однієї з свердловин із під'їзними дорогами, стоянкою технічного транспорту, камерами, електричним щитом (шафою управління), металевою огорожею і воротами поданий на арк. 4 графічної частини.

Таблиця 2.12 – Обладнання камер свердловинного водозабору

№	Назва	Габарити	Маса, кг
1.	Свердловинний насос з занурювальним електродвигуном Calpeda 6SD 18/6	L=974 мм, D=150 мм	27
2.	Манометр AFRISO RF 50 RAD (0-16 бар). Клас точності 2,5. Радіальний.	D=50 мм	0,7
3.	Лічильник води турбінний MWN Nubis IP65 (D <sub>v</sub> 100)	L=250 мм, H=220 мм	16
4.	Засувка чавунна паралельна фланцева 30ч6бр (Ø80)	L=210 мм, H=456 мм	28
5.	Засувка чавунна паралельна фланцева 30ч6бр (Ø100)	L=230 мм, H=540 мм	38
6.	Засувка чавунна паралельна фланцева 30ч6бр (Ø50)	L=180 мм, H=341 мм	18
7.	Клапан зворотний фланцевий аксіальний 35А СМО (Ø100)	L=190 мм, H=175 мм	14,5
8.	Кран пробковий триходовий чавунний фланцевий 11ч186к (Ø25), P <sub>v</sub> 0.63 МПа	L=145 мм, H=185 мм	4,4
9.	Вантуз чавунний фланцевий вертикальний D <sub>v</sub> 50, P <sub>v</sub> 16 кгс/см <sup>2</sup>	H=254 мм D=160 мм	9
10.	Трійник сталевий безшовний приварний перехідний. ДСТУ ГОСТ 17376:2003. (Ø100×Ø50)	L=200 мм H=80	4,5
11.	Трійник сталевий безшовний приварний прохідний. ДСТУ ГОСТ 17376:2003. (Ø100)	L=200 мм H=100 0 мм	5,5
12.	Перехід сталевий безшовний приварний концентричний. ДСТУ ГОСТ 17375:2003. (Ø100×Ø50)	L=80 мм	1,2
13.	Відвод сталевий безшовний приварний 90°. ДСТУ ГОСТ 17375:2003. (Ø100)	L=150 мм	3,8

### 2.10 Резервуари чистої води (РЧВ)

Резервуари чистої води (РЧВ) є важливим елементом у загальній схемі централізованого водопостачання селища [9, 10]. 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,  $W_{пож}$ , (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,  $W_{пром}$  [1, п. 13.1.1]:

$$W_{рез} = W_{рег} + W_{пож} + W_{пром} = 356,8 + 108 + 29,3 = 494,1 \text{ м}^3 \quad (2.43)$$

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

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

$$= 1427 \left[ 1 - 1,0 + (2,0 - 1) \left( \frac{1,0}{2,0} \right)^{\frac{2,0}{(2,0-1)}} \right] = 356,8 \text{ м}^3 \quad (2.44)$$

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

$$W_{пож} = \frac{q_{пож} \cdot n \cdot t \cdot 3600}{1000} = \frac{10 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 108 \text{ м}^3 \quad (2.45)$$

Обсяг води для промивання фільтрів знезалізнення станції очистки проводимо орієнтовно, припускаючи, що на станції прийняті напірні фільтри діаметром 1,8 м (площа кожного фільтра  $F_{\phi} = 2,54 \text{ м}^2$ ) [7]. Одночасно промивається лише 1 апарат. Інтенсивність промивання типова для піщаних фільтрів  $W = 16 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ , тривалість промивання  $t = 6$  хвилин по [1, п. 10.12.15]. тоді:

$$W_{пром} = \frac{W_1 \cdot F_{\phi} \cdot n \cdot t \cdot 60}{1000} = \frac{16,0 \cdot 2,54 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 60}{1000} = 29,3 \text{ м}^3 \quad (2.46)$$

З конструктивної точки зору приймемо 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 збірних залізобетонних резервуара об'ємом по 250 м<sup>3</sup> кожний по типовому проєкту 901-4-58.83. Ширина 6,0 м, довжина 15,0 м, 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 [9, 10].

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

Насосна станція другого підйому є ключовим елементом системи централізованого водопостачання селища і призначена для подачі очищеної води з резервуарів чистої води у розподільчу мережу з необхідним напором і витратою. Вона забезпечує підтримання заданого гідравлічного режиму, покриває нерівномірність водоспоживання протягом доби та гарантує безперебійне водопостачання всіх споживачів, включаючи житлову забудову, громадські об'єкти та виробничі потреби [9-10, 12].

Основною функцією насосної станції другого підйому є підняття тиску у мережі до рівня, достатнього для подачі води у найвіддаленіші та найвищі точки системи (диктуючий вузол б і контррезервуар). Це особливо важливо для селища із тупиковою мережею, де втрати напору можуть бути значними. Крім того, станція забезпечує можливість регулювання подачі води відповідно до змін у водоспоживанні протягом доби [12].

У нашому випадку прийнято триступеневий режим роботи насосної станції (див. розділ 2.2), що означає зміну продуктивності насосного обладнання залежно від періоду доби. У нічний період, коли водоспоживання мінімальне, працює одна група насосів із найменшою подачею. У денний період із середнім водоспоживанням вмикається додаткове обладнання, що забезпечує підвищену подачу. У години максимального водоспоживання (ранкові та вечірні піки) працюють усі або більшість насосів, що дозволяє покрити максимальні витрати води [12]. Такий ступеневий режим забезпечує енергоефективність роботи станції, зменшує зношення обладнання та дозволяє більш точно відповідати графіку водоспоживання.

З експлуатаційної точки зору насосна станція другого підйому обладнується кількома робочими та резервним насосами, що підвищує надійність системи. Вона також оснащується засобами автоматизації, які забезпечують вмикання і вимикання насосів залежно від рівня води у РЧВ, контррезервуарі та тиску у мережі. Таким чином, насосна станція другого підйому відіграє важливу роль у забезпеченні стабільної, економічно ефективною та надійною роботи всієї системи водопостачання селища.

За ступенем забезпеченості подачі води насосна станція відноситься до III категорії надійності дії [1].

Режим подачі насосів 1 ступеня – з 21.00 до 06.00 і в період 17.00-18.00. 2 ступеня – з 06.00 до 09.00, з 14.00 до 17.00 і в періоди 18.00-19.00 і 20.00-21.00. Насоси 3 ступеня працюють з 09.00 до 10.00, з 11.00 до 14.00 і з 19.00 до 20.00 (див. рис. 2.1).

Продуктивність насосів:

1 група – подача 2,3% від максимального добового водоспоживання, м<sup>3</sup>/год:

$$q_I = \frac{2,3 \cdot Q_{доб}^{макс}}{100} = \frac{2,3 \cdot 1427}{100} = 32,8 \text{ м}^3 / год \quad (2.47)$$

2 група – подача 4,6% від максимального добового водоспоживання, м<sup>3</sup>/год:

$$q_{II} = \frac{4,6 \cdot Q_{доб}^{макс}}{100} = \frac{4,6 \cdot 1427}{100} = 65,6 \text{ м}^3 / год \quad (2.48)$$

3 група насосів – 6,9% від максимального добового водоспоживання, м<sup>3</sup>/год:

$$q_{III} = \frac{6,9 \cdot Q_{добр}^{макс}}{100} = \frac{6,9 \cdot 1427}{100} = 98,5 \text{ м}^3 / год \quad (2.49)$$

Необхідний напір насосів:

При максимальному водоспоживанні за диктуючим напрямком руху води в мережі 1-2-3-4-5-6 (диктуюча точка – вузел 6) [12, 22]:

$$\begin{aligned} H_{нс2} &= H_z + h_{вс} + h_{ст} + h_n + h_{мер} + H_в = \\ &= 8,5 + 1,0 + 3,0 + 7,7 + 7,2 + 18,0 = 45,4 \approx 46,0 \text{ м} \end{aligned} \quad (2.50)$$

$h_{ст}$  – 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;

$H_в$  – вільний напір в диктуючому вузлі 6. Прийнятий  $h_в = 18,0$  м.

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

$$h_{мер} = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} + h_{4-5} + h_{5-6} = 2,11 + 1,76 + 1,80 + 1,07 + 0,43 = 7,17 \approx 7,20 \text{ м} \quad (2.51)$$

$$H_z = Z_{д.т.} - Z_{рчв}^{мін} = 118,50 - 110,00 = 8,5 \text{ м} \quad (2.52)$$

$Z_{д.т.}$  – геодезична позначка рівня землі в диктуючій точці мережі (вузел 6). По генплану (арк. 1 графічної частини)  $Z_{д.т.} = 118,50,00$  м;

$Z_{рчв}^{мін}$  – геодезична позначка мінімального рівня води в РЧВ,  $Z_{рчв}^{мін} = 110,00$ .

Напірні водоводи станції 2-го підйому [12, 15]:

Прийmemo 2 гілки у відповідності з вимогами [1, п. 11.5]. Труби застосовуємо поліетиленові напірні серії ПЕ 80 MRS 8,0 SDR 13,6 S6,3. Довжина напірних ліній –  $L_n = 1000$  м (див. рис. 2.5). Продуктивність кожної гілки при нормальному режимі роботи і пропуску максимальної годинної витрати води:

$$q_s = \frac{98,5}{2} = 49,3 \text{ м}^3 / год = 13,7 \text{ л / с}$$

Діаметри труб водоводів прийmemo виходячи з економічного режиму швидкості руху води, тобто:  $d_n = 160$  мм,  $V = 0,938$  м/с;  $1000i = 7,027$  м.

Тоді втрати напору складають:

$$h_n = h_l + h_m = 7,0 + 0,7 = 7,7 \text{ м} \quad (2.53)$$

$$h_l = 1000i \cdot L_n = \frac{7,027 \cdot 1000}{1000} = 7,0 \text{ м} \quad (2.54)$$

Місцеві втрати напору [1, додаток К, п. К.4]:

$$h_m = 0.1h_l = 0,1 \cdot 7,0 = 0,7 \text{ м} \quad (2.55)$$

При пропуску максимальної транзитної витрати води в контррезервуар (в цьому випадку диктуючою точкою є водонапірна вежа). Диктуючий напрямок руху води змінюється – 1-2-3-4-5-6-15КР (диктуюча точка – вузел 15КР) і необхідний напір насосів буде:

$$\begin{aligned} H_{нс2} &= H_z + h_{вс} + h_{см} + h_n + h_{мер} + H_б + h_б = \\ &= 9,5 + 1,0 + 3,0 + 1,1 + 6,2 + 21,0 + 10,0 = 51,8 \approx 52 \text{ м} \end{aligned} \quad (2.56)$$

$H_б$  – висота стовбура башти, м.  $H_б = 21,0$  м (див. п'єзометричну лінію на арк. 2 графічної частини)

$h_б$  – висота баку башти, м.  $h_б = 10,0$  м (див. розрахунок регулюючої ємності вежі і аркуш 2 графічної частини проєкту)

$h_n$  – втрати напору в напірних лініях, м.

$H_z$  – геометрична висота підйому води, м

$h_{мер}$  – втрати напору за диктуючим напрямком при пропуску транзитної витрати води в башту (див. розділ 2.4 і арк. 2 графічної частини):

$$\begin{aligned} h_{мер} &= h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} + h_{4-5} + h_{5-6} + h_{6-15} = \\ &= 0,33 + 0,32 + 0,58 + 0,54 + 2,23 + 2,20 = 6,20 \text{ м} \end{aligned} \quad (2.57)$$

$$H_z = Z_{д.т.} - Z_{РЧВ}^{мін} = 119,50 - 110,00 = 9,5 \text{ м} \quad (2.58)$$

$Z_{д.т.}$  – позначка рівня землі в диктуючій точці мережі (вузел 15КР),  $Z_{д.т.} = 119.50.00$  м (див. арк. 1 і 2 графічної частини).

$Z_{РЧВ}^{мін}$  – геодезична позначка мінімального рівня води в РЧВ,  $Z_{РЧВ}^{мін} = 110.00$ .

Напірні водоводи до селища [12, 15]:

Дві гілки згідно [1, п. 11.5]. Труби поліетиленові напірні серії ПЕ 80 MRS 8,0 SDR 13,6 S6,3. Довжина –  $L_n = 1000$  м, розрахунковий діаметр труб 160 мм.

Продуктивність кожної при нормальному режимі роботи і пропуску транзитної витрати води (година 01.00-02.00,  $q_{НС} = 2,3\%$  від  $Q_{доб}^{макс}$ ):

$$q_6 = \frac{32,8}{2} = 16,4 \text{ м}^3 / год = 4,6 \text{ л / с}$$

Параметри потоку в магістральних напірних водоводах при транзитній витраті і діаметрі 160 мм:  $V = 0,315 \text{ м/с}$ ;  $1000i = 1,014 \text{ м}$ .

Втрати напору загальні і по довжині:

$$h_n = h_l + h_m = 1,0 + 0,1 = 1,1 \text{ м} \quad (2.59)$$

$$h_l = 1000i \cdot L_n = \frac{1,014 \cdot 1000}{1000} = 1,0 \text{ м} \quad (2.60)$$

Місцеві опори [1, додаток К, п. К.4]:

$$h_m = 0,1h_l = 0,1 \cdot 1,0 = 0,1 \text{ м} \quad (2.61)$$

Отже за розрахунковий напір приймемо найбільший необхідний напір насосів при пропуску транзитної витрати води по мережі, тобто  $H_{НС} = 52,0 \text{ м}$ . Різниця між необхідними напорами є незначною і складає 6,0 м, що не призведе до непродуктивних втрат енергії на перекачування води [12].

Оскільки продуктивності насосів, яку забезпечують ступені роботи станції є кратними, тобто  $q_{III} \approx 3q_I$  і  $q_{II} = 2q_I$ , то проведемо вибір насосів за умови, що вони будуть однотипними і на 1 ступеню працює 1 робочий насос, на 2 ступеню – 2 робочих насоса і на 3 ступеню – 3 робочих насоса. Резервний насос приймемо 1, що допускається для III категорії надійності дії системи [1].

Проводимо вибір основних насосів для станції, виходячи з параметрів:  $Q_n = 32,8 \text{ м}^3/\text{год}$ ,  $H_{НС} = 52,0 \text{ м}$ . За вказаними робочими параметрами вибраний відцентровий горизонтальний моноблочний насос консольного типу Pedrollo F 40/250С (Італія) [23]. Робочі параметри насоса (див. рисунки 2.8 і 2.9):

Подача 33 м<sup>3</sup>/год

Напір 54,0 м

Потужність 10,0 кВт

ККД 51%

Кавітаційний запас,  $\Delta h = 4,5 \text{ м}$

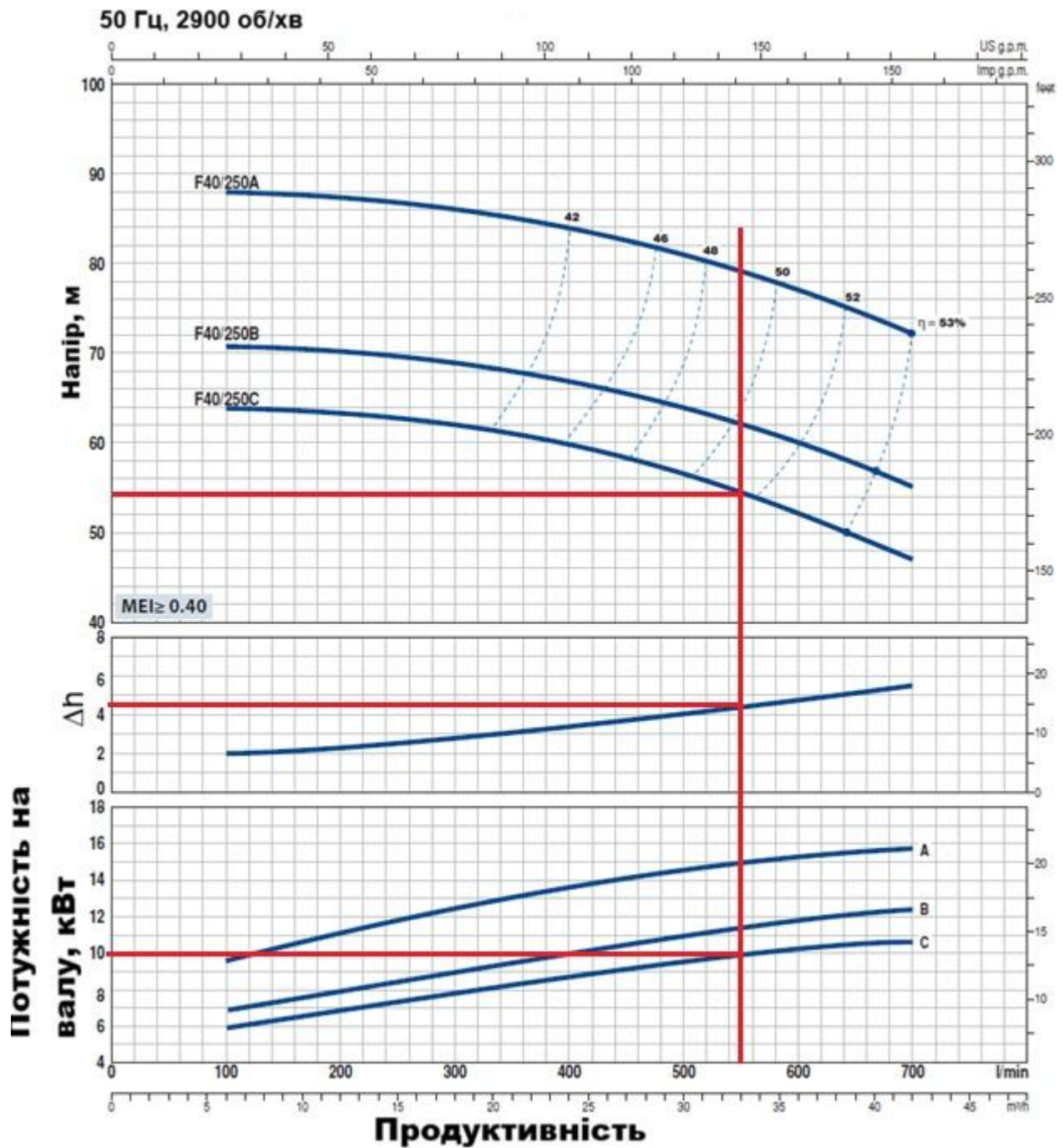


Рисунок 2.8 – Робочі характеристики насоса Pedrollo F 40/250C [23]

Споживана напруга – 380В

Напірний патрубок 40 мм

Всмоктуючий патрубок 65 мм

Довжина насоса 606 мм

Ширина 328 мм

Висота 405 мм

Маса 100 кг

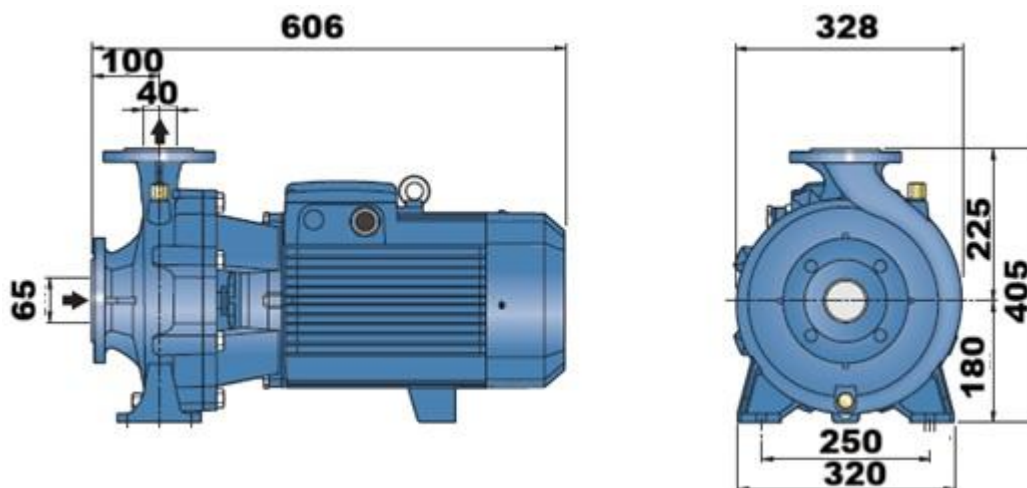


Рисунок 2.9 – розміри насосного агрегата Pedrollo F 40/250C [23]

Схема трубопроводних комунікацій всередині станції наведена на рисунку 2.10 [12, 22, 24].

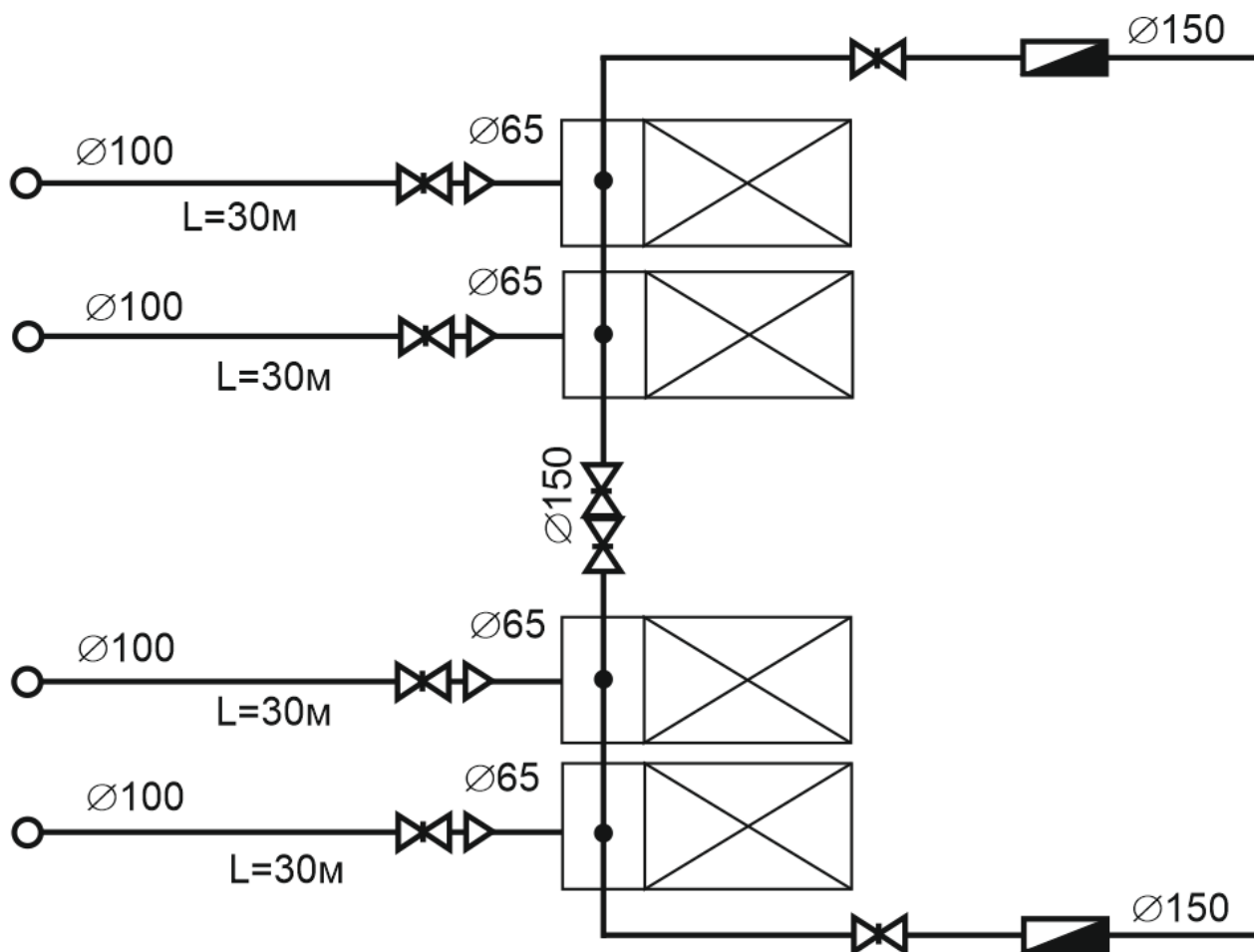


Рисунок 2.10 – Розрахункова схема трубопроводних комунікацій насосної станції 2-го підйому

Матеріал труб комунікацій всередині станції – сталь [1]. Кожен насос обладнаний індивідуальною всмоктуючою лінією:  $d_{bc} = 100$  мм,  $V = 0,9$  м/с,  $1000i = 15,3$ ,  $q = 9,2$  л/с.

Індивідуальні напірні трубопроводи насосів:  $d_{нап} = 80$  мм,  $V = 1,3$  м/с,  $1000i = 38,4$ ,  $q = 9,2$  л/с.

Напірний колектор:  $d_{кол} = 100$  мм,  $V = 1,76$  м/с,  $1000i = 56,0$ ,  $q = 18,2$  л/с.

Фасонні частини труб стандартні сталеві на зварних з'єднаннях [21]. Прохід труб через стіни будівлі передбачений через сталеві сальники нажимного типу [20, 25]. Кожна насосна установка обладнується вакууметрами на всмоктуючих патрубках, манометрами на напірних, а також лічильником води турбінного типу на кожній напірній лінії колектора [26]. Запірно-регулюючу і запобіжну арматуру обираємо по даним заводів-виробників за діаметрами труб і тиском до 1 МПа [20, 25].

Для установки на комунікаціях станції встановлюємо поворотні міжфланцеві дискові затвори виробництва «СМО» (м. Луцьк, Україна) серії 21А [20]. Це дозволить значно зменшити габарити машинного залу і полегшити експлуатацію. Крім того, зазначене устаткування може бути встановлене як на горизонтальних, так і на вертикальних ділянках труб. Особливістю є те, для зменшення опору і запобігання кавітації перед затвором має бути пряма ділянка труби не менше  $1,5d_y$ , а після затвору – не менше  $2 d_y$ .

Зворотні клапани встановлюємо на напірній лінії кожного з насосів для запобігання току води в зворотному напрямку напірного водовода при раптовому відключенні насоса і небезпечного зворотного обертання робочого колеса і вала двигуна насоса. Також дане рішення суттєво спрощує автоматизацію включення-відключення насосів.

Основне технологічне обладнання станції і фасонні частини наведені в таблиці 2.13 [19-21, 25].

Кожен насосний агрегат обладнується індивідуальною всмоктуючою лінією від РЧВ довжиною 30,0 м. На початку всмоктуючої лінії встановлюється вхідна воронка для забезпечення сприятливої гідравліки потоку, відвод на  $90^0$ ,

поворотний дисковий затвор і перехід 100×655 [21, 25]. Тоді втрати напору в усмоктуючій лінії:

$$h_{\text{вс}} = h_l^{\text{вс}} + h_m^{\text{вс}} = 1000i \cdot L_{\text{вс}} + (\xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вор}} + \xi_{\text{нов}} + \xi_{\text{затв}} + \xi_{\text{пер}}) \cdot \frac{V_{\text{вс}}^2}{2g} =$$

$$= 15,3 \cdot 0,03 + (0,5 + 0,5 + 0,5 + 3,0 + 0,5) \frac{0,9^2}{2 \cdot 9,81} = 0,65 \text{ м} \quad (2.62)$$

Таблиця 2.13 – Обладнання насосної станції 2-го підйому [19-21, 25]

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

Діаметр вхідної воронки на всмоктуючих трубах в РЧВ визначаємо з умови [26]:

$$D_{\text{вх}} = (1,3 \div 1,5) d_{\text{вс}} = 1,3 \cdot 0,1 \approx 0,15 \text{ м} = 150 \text{ мм} \quad (2.63)$$

Насоси всередині станції встановлюємо під заливом відносно мінімального рівня води в РЧВ, що дозволить полегшити експлуатацію і автоматизувати роботу насосів [1, п. 11.3]. Відмітка вісі насоса визначиться із залежності [22, 26]:

$$Z_{в.н} = Z_{ст}^{min} - h_{кр} = 110,00 - 0,23 = 109,77 м \approx 109,45 м \quad (2.64)$$

Висота фундаменту насосного агрегату в проєкті прийнята  $h_{\phi} = 100$  мм. Тоді з урахуванням даних рисунку 2.7 ( $h_1 = 0,18$  м), позначка рівня підлоги в насосній буде [12, 22, 26]:

$$Z_n = Z_{в.н.} - h_1 - h_{\phi} = 109,45 - 0,18 - 0,1 = 109,20 \quad (2.65)$$

При цьому відстані від низу всмоктуючих труб до підлоги лежать в допустимих межах, передбачених [1, п. 12.65]. Вихід напірного трубопровода з будівлі насосної станції передбачений на рівні 111.60, тобто з урахуванням глибини промерзання ґрунту в даній місцевості ( $h_{пром} = 1.1$  м) [1]:

$$Z_{н.тр.} = Z_3^{HC} - h_{пром} - 0,5 + \frac{d_{н.тр.}}{2} = 113.20 - 1,1 - 0,5 + \frac{0,1}{2} = 111.65 \approx 111.60 \quad (2.66)$$

Заглиблення машинного залу станції [22]:

$$h_3 = Z_3^{HC} - Z_n = 113.20 - 109.20 = 4,0 м \quad (2.67)$$

Підземну частину насосної станції виконуємо із монолітного залізобетону класу В15 з товщиною стін 400 мм. Форма в плані – кругла діаметром 4,5 м. Товщину днища монолітної частини приймемо 600 мм. Між наземною і підземною частиною улаштовано монолітне перекриття з пройомою 3100×1200 мм для монтажу і демонтажу основного обладнання. Також передбачена пройма для улаштування сходів з наземної частини всередину машинного залу. Ширина сходів – 800 мм. Насосні агрегати скомпоновані по двох окремих фундаментах по 2 на кожному, що допустимо в заданих умовах [1].

Монтаж і демонтаж обладнання всередині станції здійснюється за допомогою пересувної талі загальною вантажнопідйомністю 1т з черв'ячною передачею і ручним управлінням (найбільша маса обладнання в станції – насос – 100 кг). Переміщення обладнання за межі станції здійснюється колісним візком, з

якого автонавантажувачем (або автокраном) устаткування перевантажується на транспортний засіб [22, 26].

Розрахуємо мінімально допустиму висоту наземної частини станції з урахуванням довжини строп талі,  $h_c = 0,5$  м, висоти транспортної платформи (візка,  $h_{тр} = 0,5$  м), найвищого вантажу станції (насос),  $h_b = 0,4$  м, і габаритів вантажопідйомного засобу (тобто відстані від низу крюка до низу плит перекриття наземної частини),  $h_{кр} = 0,4$  м [26]:

$$H_{б\text{уд}} = h_{mp} + 0,3 + h_g + h_c + h_{кр} = 0,5 + 0,3 + 0,4 + 0,5 + 0,4 = 2,1 \text{ м} \quad (2.68)$$

Приймаємо конструктивно (виходячи, що будівля виконана із збірного залізобетону) будівельну висоту наземної частини станції  $H_{б\text{уд}} = 3,0$  м.

Для спорожнення комунікацій станції, видалення дренажних і аварійних вод з машинного залу в підземній частини улаштований дренажний приямок діаметром 500 мм і глибиною 500 мм. В приямку встановлений дренажний насос занурювального типу ГНОМ 10/10, який включається автоматично по мірі наповнення дренажного приямку. Продуктивність дренажного насоса - до 10 м<sup>3</sup>/год, напір – до 10 м, потужність двигуна – 1,1 кВт, маса насоса 11,0 кг. Розміри насоса 360×210, діаметр нагнітального патрубку 50 мм. Скид дренажних вод передбачається в систему водовідведення очисної станції [12, 22].

В якості міри захисту від гідравлічного удару, викликаним раптовим відключенням насосів передбачаємо установку клапана-гасника в камері переключення напірних водоводів станції [12].

Управління насосів прийнято повністю автоматичне без постійного чергового обслуговуючого персоналу. Насоси вмикаються і вимикаються в автоматичному режимі в залежності від рівнів води в РЧВ, контррезервуарі і тиску в мережі. При аварійному відключенні робочого насоса передбачено автоматичне включення резервного. Пуск насосів проводиться при відкритих засувках на напірних трубах. Обслуговування насосів, контрольно-вимірювальних приладів і арматури здійснюється безпосередньо з підлоги.

Внутрішня мережа водопроводу запроектована з поліетиленових напірних труб діаметрами 15 і 25 мм [27]. Подача води до санітарно-технічних приладів

здійснюється від напірних водоводів станції. В санітарному вузлі також встановлено водонагрівач. Внутрішня каналізація виконана із пластмасових труб діаметром 100 мм. Для збору води від миття підлоги в наземній частині улаштований трап. Відведення побутового стоку здійснюється в зовнішню мережу каналізації очисної станції [27]. Вентиляція внутрішньої каналізаційної мережі передбачена через каналізаційний стояк, виведений вище покрівлі на 0,5 м.

Централізоване постійне опалення будівлі не передбачається. У разі необхідності для опалення використовують опалювальні прилади – електричні печі ПЕТ-4. Вентиляція будівлі приточно-витяжна з природною циркуляцією через дахові дефлектори.

Будівля насосної станції за ступенем вогнестійкості відноситься до II ступеня, клас вогнестійкості – II. Технологічні процеси в станції за ступенем пожежної безпеки відносяться до категорії «Д».

Наземна частина станції прямокутна в плані з розмірами в осях 4,5×6,0 м і висотою 3,0 м до низу плит перекриття. Конструктивні архітектурно-будівельні рішення наземної частини станції: стіни з крупних легкобетонних стінових блоків при товщині 400 мм, фундаменти із збірного залізобетону, плити перекриття пустотні залізобетонні товщиною 300 мм, підлога наземної і підземної частини бетонна з покриттям керамічною плиткою, вхідна пройма – металеві двері розміром 1200×2100, для природного освітлення встановлено три віконних блоки 1000×1500 мм. Перегородки всередині станції виконуються із цегли. Гідроізоляція перекриття будівлі – цементна стяжка і 4 шари руберойду. По периметру станції запроваджено вимощення асфальтом товщиною 30 мм і шириною 1,5 м.

Також в будівлі станції передбачається електрощит на 380В і щит автоматичного управління основним обладнанням і штучним освітленням.

## **3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ І НАПІРНИХ ВОДОВОДІВ 2-ГО ПІДЙОМУ**

### **3.1 Загальні положення щодо експлуатації споруд**

Надійна та безперебійна робота системи водопостачання є однією з основних умов забезпечення населення якісною питною водою. Організація експлуатації насосної станції другого підйому та напірних водоводів повинна забезпечувати подачу необхідних обсягів води споживачам із дотриманням санітарно-гігієнічних вимог, високих техніко-економічних показників та нормативного рівня надійності.

У даному проєкті розробляється система питного водопостачання селища Волинської області з чисельністю населення 4500 осіб. Добова продуктивність системи становить 1430 м<sup>3</sup>/добу. До складу системи входять водозабірні свердловини, резервуари чистої води, насосна станція другого підйому, два напірні водоводи та водопровідна мережа населеного пункту з двома водонапірними вежами Рожновського ВБР-50, які виконують функцію контррезервуара.

Основним завданням експлуатації насосної станції є забезпечення безперервної подачі води до розподільчої мережі із необхідним напором та витратою при мінімальних витратах електроенергії, матеріальних ресурсів і трудових затрат. Організація роботи споруд повинна бути спрямована на підтримання справності обладнання, своєчасне проведення профілактичних оглядів та ремонтів, запобігання аварійним ситуаціям і забезпечення санітарної безпеки водопостачання.

### **3.2 Організація роботи насосної станції другого підйому**

У проєкті прийнята насосна станція заглибленого типу. Підземна частина станції виконана у вигляді монолітної залізобетонної камери діаметром 4,5 м із товщиною стін 400 мм. Заглиблення насосної станції становить 4,0 м. Насосні агрегати встановлені під заливом відносно мінімального рівня води в резервуарах

чистої води, що забезпечує надійну роботу насосів та виключає необхідність їх попереднього заповнення водою перед запуском.

Для подачі води передбачено чотири горизонтальні відцентрові моноблочні консольні насоси Pedrollo F 40/250С, з яких три є робочими, а один резервним. Подача одного насоса становить 33 м<sup>3</sup>/год, напір – 52 м, потужність електродвигуна – 10 кВт.

Робота насосної станції здійснюється у триступеневому режимі залежно від водоспоживання. У години мінімального водорозбору працює один насос, у години середнього споживання – два насоси, а під час максимального водоспоживання – три насоси одночасно. Така схема дозволяє підтримувати необхідний режим роботи мережі та зменшувати витрати електроенергії.

Для забезпечення рівномірного зношування обладнання необхідно організувати почергову роботу насосних агрегатів. Періодичне переключення робочих насосів дозволяє збільшити термін служби обладнання та зменшити витрати на ремонт.

Резервний насос повинен постійно перебувати у справному стані та бути готовим до автоматичного або ручного введення в роботу у випадку виходу з ладу одного з робочих агрегатів. Не рідше одного разу на місяць необхідно виконувати його контрольний запуск з перевіркою основних параметрів роботи.

### **3.3 Контроль технічного стану обладнання**

Для забезпечення безперебійної роботи насосної станції необхідно організувати постійний контроль за технічним станом насосів, трубопроводів та арматури.

Кожний насос обладнаний індивідуальною всмоктувальною лінією діаметром 100 мм та напірною лінією діаметром 80 мм. На напірних трубопроводах встановлені зворотні клапани Zetkama і дискові затвори СМО. Зворотні клапани запобігають зворотному руху води після зупинки насосів, а затвори забезпечують можливість відключення окремих агрегатів для проведення ремонтних робіт.

Для контролю режимів роботи насосів встановлені манометри AFRISO RF 50 RAD і вакууметри ДВ 05100. Їх показники повинні регулярно контролюватися експлуатаційним персоналом. Відхилення робочих параметрів від розрахункових значень може свідчити про засмічення трубопроводів, зношення робочого колеса насоса, появу підсосу повітря або інші несправності.

Облік поданої води здійснюється лічильниками MWN Nubis IP65, встановленими на кожній напірній лінії насосів. Регулярний аналіз показників витратомірів дозволяє контролювати фактичне водоспоживання та своєчасно виявляти можливі витoki у мережі.

Особливу увагу необхідно приділяти стану фланцевих з'єднань, зварних швів та запірної арматури. Планові огляди обладнання рекомендується проводити щоденно, а детальні технічні огляди – не рідше одного разу на квартал [28].

### **3.4 Експлуатація будівлі насосної станції**

Надійність роботи насосної станції значною мірою залежить від належного технічного стану будівельних конструкцій та інженерних систем будівлі.

Необхідно регулярно контролювати стан залізобетонних конструкцій підземної частини, відсутність тріщин, протікань та ознак корозії арматури. Особливу увагу слід приділяти герметичності місць проходу трубопроводів через стіни споруди.

Для видалення випадкових протікань і дренажних вод у підземній частині передбачено приямок із занурювальним насосом ГНОМ 10/10. Працездатність дренажного насоса необхідно перевіряти не рідше одного разу на місяць. У разі виходу його з ладу можливе підтоплення насосного обладнання та виникнення аварійної ситуації.

Вентиляція насосної станції здійснюється через приточно-витяжні дефлектори. Під час експлуатації необхідно забезпечувати їх очищення від пилу, снігу та сторонніх предметів. Ефективна вентиляція сприяє підтриманню нормативних умов праці персоналу та зменшує інтенсивність корозійних процесів.

У зимовий період особлива увага приділяється підтриманню позитивної температури у наземній частині будівлі. За необхідності використовуються електричні печі ПЕТ-4. Температура у приміщенні повинна підтримуватися на рівні, що виключає замерзання трубопроводів, арматури та санітарно-технічного обладнання.

Монтаж і демонтаж насосних агрегатів виконується за допомогою ручної черв'ячної талі, встановленої у надземній частині будівлі. Перед проведенням вантажопідіймальних робіт необхідно перевіряти справність талі, тросів та кріпильних елементів.

### **3.5 Організація експлуатації напірних водоводів**

Подача води від насосної станції до селища здійснюється двома напірними поліетиленовими водоводами діаметром 160 мм і довжиною по 1 км кожний.

Наявність двох водоводів суттєво підвищує надійність системи водопостачання. У разі пошкодження одного трубопроводу другий може забезпечити подачу води споживачам із частковим (не менше 50% добової потреби) або повним покриттям потреб населення.

Для підвищення надійності роботи системи на водоводах передбачено дві перемички. Завдяки цьому забезпечується можливість перерозподілу потоків води та локалізації аварійних ділянок без повного припинення водопостачання.

Основними заходами з експлуатації напірних водоводів є [28]:

- систематичне обстеження траси трубопроводів;
- контроль герметичності з'єднань;
- виявлення прихованих витоків води;
- перевірка працездатності запірної арматури;
- очищення колодязів та камер;
- проведення профілактичних ремонтів.

Не рідше двох разів на рік рекомендується виконувати профілактичні огляди всієї траси водоводів. Під час оглядів перевіряється стан колодязів, арматури, наявність просідань ґрунту та ознак підземних витоків [28].

Після виконання ремонтних робіт або заміни окремих ділянок трубопроводів необхідно проводити промивання та дезінфекцію відремонтованих ділянок відповідно до вимог санітарних норм.

### **3.6 Заходи щодо забезпечення санітарної надійності системи**

Одним із найважливіших завдань експлуатації є забезпечення стабільної якості питної води на всіх етапах її транспортування до споживачів.

Територія насосної станції повинна утримуватися в належному санітарному стані. Не допускається складування сторонніх матеріалів, утворення сміттєзвалищ або розміщення джерел забруднення поблизу споруд водопостачання.

Усі приміщення насосної станції повинні регулярно прибиратися. Персонал зобов'язаний дотримуватися вимог виробничої санітарії та правил особистої гігієни.

Необхідно здійснювати постійний лабораторний контроль якості води. Контроль повинен охоплювати мікробіологічні, органолептичні та фізико-хімічні показники відповідно до чинних санітарних нормативів.

Особливу увагу слід приділяти герметичності резервуарів чистої води, трубопроводів та запірної арматури, що виключає можливість вторинного забруднення води під час її транспортування [28].

### **3.7 Заходи з енергозбереження та підвищення техніко-економічної ефективності**

Одним із основних напрямків підвищення ефективності роботи насосної станції є зниження витрат електроенергії.

Прийнятий триступеневий режим роботи насосної станції дозволяє адаптувати подачу води до фактичного водоспоживання та уникати роботи насосів у неекономічних режимах.

Для зменшення експлуатаційних витрат доцільно забезпечити:

- своєчасне технічне обслуговування насосів;
- підтримання оптимальних гідравлічних режимів роботи;

- контроль фактичного споживання електроенергії;
- недопущення роботи насосів при закритій засувці або недостатній подачі;
- своєчасне усунення витоків води в мережі.

Застосування поліетиленових напірних водоводів забезпечує низькі гідравлічні втрати та високу корозійну стійкість трубопроводів, що позитивно впливає на техніко-економічні показники системи.

Наявність двох водонапірних веж ВБР-50 дозволяє частково вирівнювати нерівномірність водоспоживання, зменшувати кількість включень насосів та підвищувати стабільність роботи системи водопостачання [28].

Запропонована організація експлуатації насосної станції другого підйому та напірних водоводів забезпечує надійну і безперебійну роботу системи водопостачання селища з населенням 4500 осіб. Наявність резервного насосного агрегату, двох напірних водоводів та двох перемичок між ними значно підвищує експлуатаційну надійність системи.

Комплекс заходів, що включає планово-попереджувальне обслуговування насосного обладнання, контроль технічного стану трубопроводів, забезпечення санітарної безпеки та впровадження енергозберігаючих рішень, дозволяє підтримувати оптимальні санітарні та техніко-економічні показники роботи споруд протягом усього терміну їх експлуатації.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є невід'ємною складовою виробничої діяльності та одним із найважливіших напрямів державної соціальної політики України. Основною метою охорони праці є створення безпечних і нешкідливих умов праці, збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності, а також запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням.

Право громадян на належні, безпечні та здорові умови праці гарантовано статтею 43 Конституції України. Основні принципи державної політики в галузі охорони праці визначені Законом України «Про охорону праці». Відповідно до статті 4 зазначеного Закону державна політика базується на принципах пріоритету життя і здоров'я працівників щодо результатів виробничої діяльності, повної відповідальності роботодавця за створення безпечних умов праці, комплексного розв'язання завдань охорони праці, соціального захисту працівників та економічного стимулювання впровадження безпечних технологій.

У даному дипломному проєкті розглядається система питного водопостачання селища Волинської області з населенням 4500 осіб та добовою продуктивністю 1430 м<sup>3</sup>/добу. До складу системи входять водозабірні свердловини, резервуари чистої води, насосна станція другого підйому, напірні водоводи та розподільча водопровідна мережа.

Об'єктом розробки розділу є насосна станція другого підйому заглибленого типу та напірні водоводи, які забезпечують транспортування води до населеного пункту. Особливістю даного об'єкта є поєднання будівельних, монтажних, електротехнічних та експлуатаційних робіт, виконання яких супроводжується впливом різноманітних небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Актуальність розробки заходів з охорони праці визначається як соціальними, так і економічними чинниками. Забезпечення безпечних умов праці дозволяє знизити рівень виробничого травматизму, зменшити втрати робочого часу, підвищити продуктивність праці та надійність функціонування системи водопостачання. Особливого значення питання безпеки набувають в умовах

воєнного стану та постійної загрози виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із військовою агресією проти України [29].

Основною метою даного розділу є аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час будівництва та експлуатації насосної станції другого підйому і напірних водоводів, а також розробка організаційних та інженерно-технічних заходів щодо створення безпечних умов праці та забезпечення безпеки персоналу в надзвичайних ситуаціях.

#### **4.1 Аналіз умов праці на об'єкті проектування**

Будівництво насосної станції другого підйому та напірних водоводів передбачає виконання комплексу земляних, бетонних, монтажних, електромонтажних і пусконаладжувальних робіт.

Тривалість будівництва охоплює всі пори року, тому працівники можуть зазнавати впливу як високих літніх температур, так і низьких зимових температур, атмосферних опадів та сильного вітру. Значна частина робіт виконується під відкритим небом, зокрема прокладання водоводів, розробка котлованів та монтаж зовнішніх інженерних мереж.

Для спорудження насосної станції виконуються земляні роботи із застосуванням екскаваторів, бульдозерів та автомобілів-самоскидів. Монтаж будівельних конструкцій здійснюється із використанням автомобільного крана. Під час монтажу перекриттів та технологічного обладнання окремі робочі місця розташовуються на висоті до 4–5 м над рівнем землі.

При монтажі насосного обладнання використовуються вантажопідіймальні механізми та ручний інструмент. Для виконання зварювальних робіт застосовується електрозварювальне обладнання. Електропостачання будмайданчика здійснюється від тимчасових електричних мереж напругою 380/220 В.

Під час експлуатації насосної станції обслуговуючий персонал працює у приміщеннях наземної та підземної частин споруди, виконує контроль роботи насосів, арматури, електрощитового обладнання та контрольно-вимірювальних приладів.

Відповідно до класифікації небезпечних і шкідливих виробничих факторів на даному об'єкті можливий вплив наступних факторів.

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рухомі машини та механізми (екскаватори, автомобільні крани, самоскиди, навантажувачі);
- рухомі частини насосного обладнання;
- падіння працівників з висоти при монтажі перекриттів та обладнання;
- падіння предметів під час роботи вантажопідіймальних механізмів;
- обвалення стінок котлованів при виконанні земляних робіт;
- підвищений рівень шуму від роботи насосних агрегатів та будівельної техніки;
- підвищений рівень вібрації від будівельних механізмів;
- недостатня освітленість робочих місць під час роботи у вечірній та нічний час;
- підвищена або знижена температура повітря;
- підвищена вологість у підземній частині насосної станції;
- ураження електричним струмом під час експлуатації електрообладнання;
- небезпека затоплення насосного залу при аварійному надходженні води.

Хімічні фактори:

- вплив аерозолів зварювання;
- контакт з паливно-мастильними матеріалами;
- вплив вихлопних газів будівельної техніки.

Психофізіологічні фактори:

- фізичне перевантаження під час ручного переміщення вантажів;
- нервово-емоційне напруження при виконанні відповідальних монтажних та пусконаладжувальних робіт;
- робота в умовах обмеженого простору підземної частини насосної станції.

Особливу небезпеку становлять роботи в котлованах глибиною понад 3 м, монтаж насосного обладнання, експлуатація електрообладнання та виконання зварювальних робіт.

Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори при будівництві насосної станції і водоводів 2-го підйорму подані в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при будівництві насосної станції і напірних водоводів

Небезпечний або шкідливий фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки
Рухомі машини та механізми	Екскаватори, крани, самоскиди	Травмування працівників
Обвалення ґрунту	Котловани під насосну станцію та водоводи	Засипання людей, травми
Падіння з висоти	Монтаж перекриттів, монтаж обладнання	Переломи, тяжкі травми
Падіння предметів	Робота вантажопідіймальних механізмів	Травми голови та кінцівок
Ураження електричним струмом	Тимчасові електромережі, електроінструмент	Електротравми, летальні випадки
Підвищений шум	Насоси, компресори, будівельна техніка	Погіршення слуху
Підвищена вібрація	Будівельні механізми	Професійні захворювання
Несприятливі метеорологічні умови	Роботи на відкритому повітрі	Переохолодження, перегрів
Зварювальні аерозолі	Електрозварювальні роботи	Захворювання органів дихання
Підвищена вологість	Підземна частина насосної станції	Погіршення умов праці

В умовах воєнного стану додатковими небезпечними факторами є повітряні удари, уламкові ураження, руйнування будівельних конструкцій, аварійне припинення електропостачання та виникнення пожеж внаслідок бойових дій.

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

Для забезпечення безпечного виконання робіт необхідно дотримуватись вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»,

Закону України «Про охорону праці», Правил охорони праці під час будівництва та інших нормативних документів.

Будівельний майданчик повинен бути огорожений суцільним інвентарним парканом висотою не менше 2,0 м. Огорожа встановлюється по периметру будівельного майданчика та обладнується попереджувальними знаками безпеки. Відстань від огорожі до межі котлованів повинна становити не менше 1,5 м.

На території будмайданчика виділяються постійно діючі небезпечні зони:

- зона роботи автомобільного крана;
- зона можливого падіння вантажів;
- зона навколо котлованів;
- зона роботи землерийної техніки;
- електронебезпечні зони поблизу електрощитів.

Небезпечні зони огорожуються сигнальними огорожами та позначаються попереджувальними знаками відповідно до вимог стандартів безпеки праці.

Рух транспорту на будмайданчику доцільно організувати за наскрізною схемою з двома в'їздами. Ширина тимчасових доріг для двостороннього руху приймається не менше 6 м. Дороги повинні мати щебеневе покриття та забезпечувати цілорічний проїзд транспорту.

Склади будівельних матеріалів розташовуються поза межами небезпечних зон роботи вантажопідіймальних механізмів. Відстань від складів до краю котловану повинна становити не менше 1 м за відсутності кріплень та не менше 0,5 м при наявності кріплень.

Для працівників необхідно передбачити тимчасові санітарно-побутові приміщення: гардеробні, кімнату для приймання їжі, умивальники, туалети, місце для сушіння спецодягу та аптечку першої допомоги. Майданчик забезпечується централізованим або привізним питним водопостачанням (таблиця 4.2).

При виконанні робіт у другу зміну необхідно забезпечити нормативне освітлення робочих місць. Для освітлення будівельного майданчика застосовуються прожектори зі світлодіодними лампами, встановлені на

інвентарних щоглах висотою 6–8 м. Освітленість робочих зон повинна відповідати вимогам ДБН В.2.5-28:2018.

Для охоронного освітлення території у неробочий час передбачаються світлодіодні прожектори по периметру майданчика. Освітленість охоронної зони повинна становити не менше 0,5 лк.

Таблиця 4.2 – Санітарно-побутове забезпечення працівників будівельного майданчика

Найменування приміщення	Призначення
Гардеробна	Зберігання спецодягу та особистих речей
Приміщення для відпочинку і приймання їжі	Відпочинок працівників
Умивальня	Санітарно-гігієнічні потреби
Туалет	Побутове обслуговування
Медична аптечка	Надання першої допомоги
Пункт забезпечення питною водою	Питне водопостачання працівників

Захист від ураження електричним струмом забезпечується застосуванням системи заземлення електрообладнання, використанням автоматичних вимикачів та пристроїв захисного відключення. Опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати нормативних значень.

Усі металеві корпуси насосів, електрощитів та іншого електрообладнання підлягають обов'язковому заземленню. Для виконання електромонтажних робіт допускаються тільки працівники, які мають відповідну групу з електробезпеки.

Будівля насосної станції повинна бути обладнана блискавкозахистом. Для цього передбачається встановлення стрижневого блискавкоприймача, струмовідводів та заземлювача. Блискавкозахист дозволяє запобігти пошкодженню електрообладнання та виникненню пожежі під час грози.

Для безпечної експлуатації насосів необхідно забезпечити наявність захисних кожухів на рухомих елементах, справність запірної арматури та контрольно-вимірювальних приладів. Усі ремонтні роботи виконуються лише

після відключення обладнання від електромережі та вивішування попереджувальних плакатів.

Працівники повинні забезпечуватись засобами індивідуального захисту: касками, спецодягом, захисним взуттям, рукавицями, захисними окулярами та діелектричними засобами захисту.

Основні засоби індивідуального захисту працівників на об'єктах, що розглядаються показані в таблиці 4.2.

Таблиця 4.3 – Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту

<b>Вид робіт</b>	<b>Засоби індивідуального захисту</b>
Земляні роботи	Каска, сигнальний жилет, захисне взуття, рукавиці
Монтажні роботи	Каска, запобіжний пояс, захисне взуття
Електромонтажні роботи	Діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, інструмент з ізольованими ручками
Зварювальні роботи	Маска зварника, костюм зварника, рукавиці, захисне взуття
Роботи в насосній станції	Каска, спецодяг, рукавиці
Роботи в колодязях та котлованах	Каска, страхувальний пояс, сигнальний жилет

### **4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

Насосна станція другого підйому є важливим об'єктом системи життєзабезпечення населеного пункту, тому забезпечення її стійкого функціонування в надзвичайних ситуаціях має особливе значення.

Будівля насосної станції відповідно до проекту належить до II ступеня вогнестійкості. Основні несучі конструкції виконані із монолітного залізобетону та легкобетонних блоків, що характеризуються високою вогнестійкістю та не сприяють поширенню полум'я.

Технологічний процес насосної станції належить до категорії Д за пожежною небезпекою. Незважаючи на відносно низьку пожежну небезпеку, необхідно передбачити комплекс протипожежних заходів [29].

До будівлі насосної станції забезпечується пожежний проїзд шириною не менше 3,5 м. Відстані до сусідніх споруд приймаються відповідно до вимог

протипожежних норм та забезпечують можливість безпечного розгортання пожежно-рятувальної техніки.

Для зовнішнього пожежогасіння використовуються пожежні гідранти, розташовані на водопровідній мережі. Відстань від гідранта до будівлі повинна становити від 5 до 50 м.

У насосній станції встановлюється автоматична пожежна сигналізація з передачею сигналу тривоги на пункт спостереження. Для гасіння початкових осередків пожежі передбачаються порошкові та вуглекислотні вогнегасники.

Первинні засоби гасіння пожежі на станції 2-го підйому показані в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Первинні засоби пожежогасіння насосної станції 2-го підйому

Найменування засобу	Кількість	Місце встановлення
Вогнегасник порошковий ВП-5	2	Машинний зал
Вогнегасник вуглекислотний ВВК-3,5	2	Біля електрощита та щита управління
Ящик з піском 0,5 м <sup>3</sup>	1	Біля входу до будівлі
Пожежний щит	1	На території насосної станції
Лопати пожежні	2	На пожежному щиті
Відра конічні	2	На пожежному щиті

Шляхи евакуації повинні бути постійно вільними та позначеними світловими покажчиками. Двері евакуаційних виходів мають відкриватися у напрямку виходу людей з приміщення.

Особлива увага приділяється забезпеченню безпеки в умовах військової агресії. Для цього необхідно передбачити [29]:

- розроблення плану дій персоналу при сигналі «Повітряна тривога»;
- забезпечення працівників засобами зв'язку;
- резервне електроживлення насосної станції від дизельного генератора;
- аварійний запас паливно-мастильних матеріалів;
- аварійний запас запірної арматури та матеріалів для ремонту водоводів;
- створення резерву питної води в резервуарах чистої води та водонапірних вежах;

– організацію укриття персоналу у захисних спорудах цивільного захисту.

У разі пошкодження напірних водоводів внаслідок бойових дій повинні бути передбачені оперативні заходи з локалізації аварії шляхом перекриття засувок та переключення подачі води через резервні ділянки мережі.

Основні заходи з безпеки на об'єкті в умовах воєнного стану показані в таблиці 4.5 [29].

Таблиця 4.5 – Основні заходи безпеки в умовах воєнного стану

Небезпека	Заходи захисту
Повітряний удар	Евакуація персоналу до укриття після сигналу тривоги
Відключення електроенергії	Використання резервного дизель-генератора
Пошкодження водоводів	Переключення потоків води через перемички
Руйнування обладнання	Створення аварійного запасу обладнання та арматури
Переривання водопостачання	Використання запасів води в РЧВ та водонапірних вежах
Пожежа внаслідок обстрілу	Первинні засоби пожежогасіння та виклик ДСНС

Наявність двох напірних водоводів та двох перемичок між ними підвищує живучість системи водопостачання в умовах надзвичайних ситуацій і дозволяє забезпечити безперервне водопостачання населення навіть при пошкодженні окремих елементів системи.

#### 4.4 Індивідуальне завдання

Розрахунок блискавкозахисту насосної станції другого підйому

Для забезпечення безпечної експлуатації насосної станції другого підйому необхідно передбачити захист будівлі та технологічного обладнання від прямих ударів блискавки.

Відповідно до вимог ДСТУ EN 62305 та ДБН В.2.5-38:2008 для насосної станції приймається захист за допомогою одиночного стрижневого блискавкоприймача.

Вихідні дані:

Розміри наземної частини насосної станції:

- довжина будівлі –  $A = 6,0$  м;
- ширина будівлі –  $B = 4,5$  м;
- висота будівлі –  $H = 3,0$  м.

Блискавкоприймач встановлюється на покрівлі будівлі.

Для спрощеного інженерного розрахунку використовується метод захисного кута.

Приймаємо висоту стрижневого блискавкоприймача  $h = 3,0$  м.

Тоді загальна висота блискавкоприймача над рівнем землі:

$$H = 3,0 + 3,0 = 6,0 \text{ м}$$

Для одиночного стрижневого блискавкоприймача радіус зони захисту на рівні землі визначається за формулою:

$$R = 1,5H = 1,5 \times 6,0 = 9,0 \text{ м} \quad (4.1)$$

Отже, радіус захисної зони становить 9,0 м.

Перевірка захисту будівлі

Максимальна відстань від центру даху до найбільш віддаленого кута будівлі:

$$L = \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{6,0}{2}\right)^2 + \left(\frac{4,5}{2}\right)^2} = 3,75 \text{ м} \quad (4.2)$$

Оскільки:

$$L \leq R \quad \text{тобто} \quad 3,75 \leq 9,0 \text{ м} \quad (4.3)$$

то вся будівля насосної станції знаходиться в межах зони захисту блискавкоприймача.

#### Конструктивне виконання блискавкозахисту

Блискавкозахист складається з:

- стрижневого блискавкоприймача висотою 3 м;
- двох струмовідводів зі сталеві оцинкованої смуги  $40 \times 4$  мм;
- зовнішнього контуру заземлення.

Заземлювач виконується у вигляді трикутного контуру зі сталеві смуги  $40 \times 4$  мм та трьох вертикальних електродів довжиною 3 м.

Струмівідводи прокладаються по протилежних сторонах будівлі та приєднуються до заземлювального пристрою зварюванням.

Опір заземлювального пристрою повинен бути не більше 10 Ом.

У результаті розрахунку встановлено, що для захисту насосної станції другого підйому розмірами 6,0×4,5 м достатньо встановити один стрижневий блискавкоприймач висотою 3 м на покрівлі будівлі. Радіус зони захисту становить 9,0 м, що повністю перекриває габарити споруди. Передбачений комплекс блискавкозахисту забезпечує захист будівлі, насосного обладнання та електрощитів від прямих ударів блискавки і підвищує безпеку експлуатації об'єкта.

Таким чином, реалізація комплексу організаційних, технічних та протипожежних заходів дозволяє забезпечити безпечні умови праці під час будівництва та експлуатації насосної станції другого підйому і напірних водоводів, а також підвищити стійкість системи водопостачання до дії надзвичайних ситуацій мирного та воєнного часу.

## ВИСНОВКИ

1. Для селища, розташованого у Волинській області України складено сумарний баланс водоспоживання і виконані відповідні водогосподарські розрахунки.
2. Виконано гідравлічний розрахунок двох незалежних тупикових водопровідних мереж для селища: питної води і поливальної системи. Мережі запроєктовані із поліетиленових напірних труб серії ПЕ100. Діаметри труб мереж визначені гідравлічним розрахунком і становлять від 63 до 250 мм.
3. Конструкція мережі питної передбачена з конррезеуаром. За результатами гідравлічного розрахунку побудовано п'єзометричні лінії на випадок максимального водоспоживання і пропуск транзитної витрати. Визначений необхідний напір насосів 2-го підйому та висота стовбура конррезервуара.
4. Запроєктовані регулюючі, акумулюючі і протипожежні ємності в системі, а саме резервуари чистої води (2 по 250 м<sup>3</sup>), водонапірні вежі Рожновського ВБР-50 (2 по 50 м<sup>3</sup>) і шість протипожежних резервуарів 140 м<sup>3</sup> кожен.
5. Джерелом питної води в проєкті обрані артезіанські води Сенон-Туронського водоносного горизонту. Запроєктований комплекс з трьох водозабірних свердловин камерного типу. Свердловини обладнані насосами Calpeda 6SD 18/6.
6. Детально розроблений проєкт насосної станції питної води 2-го підйому. Станція прийнята підземного типу з наземною частиною. В машинному залі встановлені горизонтальні насоси Pedrollo F 40/250С в кількості 4 штук. Насоси розміщені під заливом. Станція працює в ступеневому автоматичному режимі без постійного обслуговуючого персоналу.

## 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. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Буріння свердловин: навч. посіб. [Електронний ресурс] / Є.А. Коровяка, В.Л. Хоменко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.О. Расцветаєв ; 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.
9. 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.

10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Водонапірні башти Рожновського. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sbk.ltd.ua/uk/vodonapirni-bashti> , вільний
14. Ткачук О.А. Гідравлічні розрахунки трубопроводних систем водопостачання та водовідведення : монографія. – Рівне : НУВГП, 2022. – 183 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ep3.nuwm.edu.ua/23889/> , вільний
15. 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.
16. ДСТУ EN 12201-2:2018 Системи трубопроводних 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. 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
18. Calpeda в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.calpeda.com.ua/ua/>, вільний.
19. 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.
20. Трубопроводна арматура. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://armax.ua/>, вільний.
21. 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.

22. 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.

23. Насоси і насосні станції Pedrollo . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pedrollo.org.ua/ua/> , вільний.

24. 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.

25. Запірна арматура водопровідна. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aip.com.ua/uk/armatura/>, вільний.

26. 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.

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.