

**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 «**ВОДОПОСТАЧАННЯ МАЛОГО НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ**»

Виконала: здобувач вищої освіти
4-го курсу, групи ХарЦІ 2022-13
спеціальності 192 – Будівництво
та цивільна інженерія, освітня
програма
«Цивільна інженерія»
Коц Д.В.
Керівник Сироватський О.А.
Рецензент Благодарна Г.І.

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**

Коц Даріні Вячеславівні

1. Тема роботи «Водопостачання малого населеного пункту»

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 для системи, 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 селища. 4.2. Споруди площадки 1-го підйому. 4.3. Експлуатація водозабірних свердловин. 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	02.03 – 25.03.2026	
2	Свердловинна насосна станція 1-го підйому	26.03 – 20.04.2026	
3	Насосна станція поливального водопроводу, РЧВ	21.04 – 15.05.2026	
4	Експлуатація водозабірних свердловин	16.05 – 01.06.2026	
5	Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях	01.06 – 10.06.2026	
6	Графічна частина	02.03 – 01.06.2026	
7	Оформлення і захист	11.06 – 20.06.2026	

Здобувач освіти

Коц Д.В.

Керівник роботи

Сироватський О.А.

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ

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

1. Генеральний план населеного пункту М 1:5000;
2. Населення селища – 5 тисяч жителів;
3. Поверховість забудови – приватний сектор і 3-поверхова;
4. Ступінь благоустрою забудови – з ваннами і місцевими водонагрівачами;
5. Область будівництва – Полтавська;
6. Розрахунок проекту – на повний строк дії генерального плану;
7. Відомості про промислові підприємства міста:
 - Школа на 250 учнів і обслуговуючого персоналу;
 - Дитячий садок на 150 дітей (включаючи обслуговуючий персонал);
 - Птахоферма (бройлерні курчата) потужністю 2000 птахів.
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 - 1000 м,
 - 2-го підйому – 2000 м.

Здобувач освіти



Даріна КОЦ

Керівник роботи



Олександр СИРОВАТСЬКИЙ

ЗМІСТ

	стор
ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	7
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	17
2.1 Розрахунки водоспоживання селища на господарсько-побутові потреби	17
2.2 Витрати води окремих споживачів	18
2.3 Гідравлічний розрахунок мережі питного водопостачання	20
2.4 Розрахунок регулюючої ємності на мережі	25
2.5 Гідравлічний розрахунок мережі поливального водопроводу	28
2.6 Протипожежне водопостачання селища	32
2.7 Розрахунок водозабірної свердловини	34
2.8 Резервуари чистої води	40
2.9 Насосна станція поливального водопроводу	41
4 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМПЛЕКСУ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН І НАПІРНИХ ВОДОВОДІВ	49
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	54
4.1 Аналіз умов праці на об'єкті проектування	55
4.2 Організація безпечних і нешкідливих умов праці на об'єкті проектування	57
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	58
4.4 Індивідуальне завдання	61
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

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 66 сторінок, 11 таблиць та 11 рисунків, список використаних джерел містить 28 позицій.

ПОЛИВАЛЬНИЙ ВОДОПРОВІД, ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ВОДОЗАБІРНА СВЕРДЛОВИНА, ПОЛИВАЛЬНА НАСОСНА СТАНЦІЯ

Мета роботи – виконання проекту централізованого водопостачання малого населеного пункту в Полтавській області.

Сучасний розвиток населених пунктів неможливий без надійного та якісного забезпечення населення питною водою. Особливої актуальності набуває питання організації водопостачання для невеликих селищ, де поєднуються житлова забудова, об'єкти соціальної сфери та виробничі підприємства, зокрема сільськогосподарського профілю [1, п.5.1].

Забезпечення цих споживачів якісною питною водою у необхідній кількості є важливою умовою стабільного розвитку селища та підвищення рівня життя його мешканців [2].

В умовах зростаючих вимог до якості питної води та раціонального використання водних ресурсів особливе значення має використання підземних вод, які, як правило, характеризуються більш стабільним хімічним складом і кращими санітарними показниками порівняно з поверхневими джерелами [2, 3].

Проектом передбачено будівництво водопровідної мережі з поліетиленових труб, які відзначаються високою довговічністю, корозійною стійкістю та надійністю в експлуатації [4, 5].

Таким чином, розроблений проект комплексно вирішує питання водозабезпечення селища, враховуючи як господарсько-питні, так і поливальні потреби. Його реалізація сприятиме підвищенню якості життя населення, забезпеченню стабільної роботи об'єктів інфраструктури та раціональному використанню водних ресурсів регіону.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Населений пункт, що розглядається в проєкті розміщений на території Полтавської області України. Його населення складає 5000 жителів. На території селища в центрі розміщені школа на 250 учнів, дитячий садок на 50 дітей і птахоферма (на північному сході) з виробництва курчат-бройлерів потужністю 2000 птахів. Крім того, селище має розвинену міську інфраструктуру (торгівельні точки, адміністративні будівлі, будівлі побутового призначення, фельдшерський пункт, ринок тощо). Дані будівлі розміщені приблизно рівномірно по території населеного пункту.

Рельєф місцевості, де розташоване селище, помірний з рівномірним підйомом із сходу на захід на 5,0 м. Розміри території забудови в плані 2,5 км з сходу на захід і 1,5 км з півдня на північ. Площа 375 га.

Архітектурно-будівельна зона будівництва – І (Лісостеп), пануючі вітри помірні північні.

Житлова забудова селища складається з приватного сектору і типових 3 поверхових будинків на 2 під'їзди і 24-квартири. По ступеню благоустрою житлового сектору забудова має внутрішній водопровід і каналізацію, обладнана ваннами місцевими водонагрівачами. Перспектива проєкту розрахована на розрахунковий термін дії генерального плану.

На південно-східному кордоні території населеного пункту розташований ставок південному сході селища. Площа ставка складає ≈ 40 га, об'єм 200000 м^3 , середня глибина 4-5 метрів. Живлення ставка – джерельне. Ставок використовується для рекреаційних потреб населення (відпочинок, купання, естетичні цілі). Мілководна прибережна зона ставка в місцях культурно-оздоровчого використання складає до 2,0 м.

Генеральний план з міською інфраструктурою, крупними окремими споживачами води (школа, птахоферма, дитячий садок), житловою забудовою, рекреаційно-парковими зонами, ставком представлена на генеральному плані селища (аркуш 1 графічної частини проєкту).

Проектом передбачається дві незалежні системи зовнішнього водопроводу: питного і поливального. Питне водопостачання здійснюється з підземного джерела, а поливальне – із ставка поблизу селища.

Геологічно-розвідувальний аналіз водоносних пластів в Полтавській області показав, що водопостачання показав, що питне водопостачання може бути здійснено з одного з чотирьох водоносних горизонтів [6]. Характеристики зазначених горизонтів наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Підземні горизонти Полтавської області

Горизонт	Глибина	Якісні характеристики	Породи горизонту
Четвертинний (Полтавський)	10 – 70 м	Містить залізо, азотні та органічні сполуки. Має середню жорсткість	Супіски
Харківський горизонт	70-120 м	Підвищений вміст заліза (до 5-10 мг/л) і марганцю. Жорсткість 4-7 мг-екв/л	Кварцові глауконітові піски. Дрібнозернисті пилуваті. $K_f = 0,5 - 3,0$ м/добу. Потужність $m = 5 - 15$ м
Бучацький горизонт	100 – 180 м	Підвищений вміст заліза (до 2-3 мг/л). Вміст фтору до 2,0 – 3,5 мг/л	Кварцові піски. Середньо- та різнозернисті. $K_f = 5 - 15$ м/добу. Потужність $m = 20 - 40$ м
Сеноманський горизонт	250 – 400 м	М'яка вода, відповідає стандарту на питну воду, підвищений вміст фтору (до 2,0- 4,0 мг/л)	Потужність $m=40 - 80$ м

Вибір джерела водопостачання є одним із ключових етапів проектування системи централізованого водозабезпечення населеного пункту. Для селища в Полтавській області з чисельністю населення близько 5 тисяч осіб, а також наявністю об'єктів соціальної та виробничої інфраструктури, необхідне надійне джерело води, яке забезпечуватиме стабільну подачу води належної якості упродовж тривалого періоду експлуатації. У даному проекті таким джерелом обрано підземні води Бучацького водоносного горизонту [6]. У порівнянні з

Харківським горизонтом вони більш якісні, мають більшу потужність і коефіцієнт фільтрації. Води Сеноманського горизонту відповідають стандарту питної води, але надто глибоке залягання цього горизонту обмежує його використання для централізованого водопостачання виключно з економічних, технологічних і гідрогеологічних міркувань.

Буцацький водоносний горизонт широко розповсюджений на території центральної та східної України, зокрема в межах Полтавської області, і є одним із найбільш вивчених та освоєних джерел підземних вод. Він приурочений до відкладів палеогенового віку і характеризується значною потужністю водоносних порід, що забезпечує достатні запаси води для централізованого водопостачання населених пунктів середнього розміру [6]. Геологічний переріз водоносних пластів і водоупорів в місці будівництва свердловини показаний на аркуші 4 графічної частини кваліфікаційної роботи.

Однією з основних переваг Буцацького горизонту є стабільність його гідрогеологічних характеристик. Води цього горизонту залягають на значній глибині, що забезпечує їх природний захист від поверхневого забруднення. Це особливо важливо в умовах сільськогосподарського використання територій, де існує ризик потрапляння у ґрунтові води нітратів, пестицидів та інших забруднюючих речовин. Завдяки наявності водотривких шарів, які перекривають водоносний горизонт, підземні води Буцацького комплексу мають високий ступінь природної ізоляції.

Якість води Буцацького горизонту, як правило, відповідає вимогам до питної води або потребує мінімальної підготовки перед подачею споживачам. Вода характеризується відносно стабільним хімічним складом, помірною мінералізацією та задовільними органолептичними показниками. У більшості випадків необхідними є лише стандартні заходи водопідготовки, такі як аерація та знезалізнення, що значно спрощує технологічну схему водопровідних споруд і знижує експлуатаційні витрати [7].

Важливим фактором є також достатня водоносність горизонту. Дебіти свердловин, що експлуатують Буцацький горизонт, зазвичай забезпечують

необхідні витрати води для господарсько-питного водопостачання навіть при значних добових навантаженнях. Для розрахункової продуктивності системи 1750 м³/добу можлива організація водозабору за допомогою декількох експлуатаційних свердловин, що працюють у раціональному режимі, забезпечуючи надійність і резервування системи.

Порівняно з поверхневими джерелами, підземні води мають ряд суттєвих переваг. Вони менш схильні до сезонних коливань якості та температури, не залежать від кліматичних факторів у такій мірі, як річки чи ставки, та не потребують складних і дорогих споруд для очищення. Крім того, використання підземних вод дозволяє зменшити площі санітарно-захисних зон і спростити заходи з охорони джерела водопостачання [2-3].

Не менш важливим є і економічний аспект. Хоча буріння свердловин потребує певних капітальних вкладень, подальша експлуатація системи на основі підземних вод є економічно вигідною за рахунок меншої вартості водопідготовки, стабільності роботи обладнання та зниження витрат на реагенти й енергоресурси [6, 8].

Таким чином, вибір Буцацького водоносного горизонту як джерела господарсько-питного водопостачання для селища в Полтавській області є технічно обґрунтованим і доцільним. Він забезпечує необхідну кількість води належної якості, відповідає вимогам надійності та санітарної безпеки, а також сприяє економічній ефективності експлуатації системи водопостачання. Реалізація такого рішення дозволяє створити стабільну та довготривалу систему забезпечення населення питною водою.

Для буріння свердловин на Буцацькому горизонті (глибина 100–180 м) у Полтавській області використовується виключно роторний спосіб із прямою промивкою глинистим розчином [1, табл. Б.1].

Це промисловий метод, який дозволяє швидко та якісно проходити потужні шари глини та мергелю, що перекривають цей горизонт. Схема процесу роторного буріння водозабірної свердловини наведено на рисунку 1.1 [6].

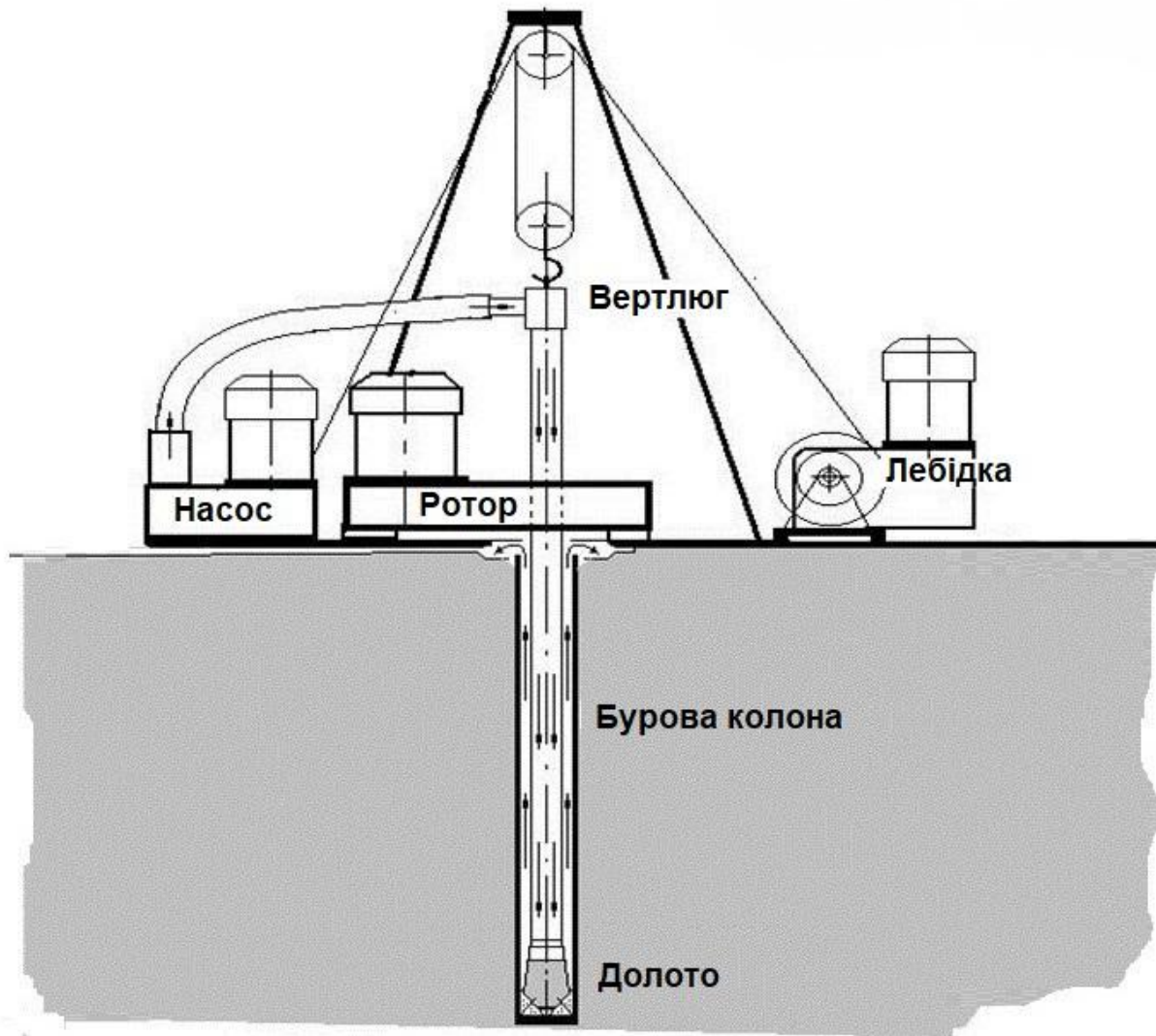


Рисунок 1.1 – Схема роторного буріння свердловини

Основні етапи та особливості роторного буріння [6]:

1. Руйнування породи: Використовується шарошкове долото (шарошка), яке обертається ротором бурової установки (наприклад, УРБ-3А3, 1БА-15 або сучасні аналоги).
2. Промивка: У процесі буріння всередину штанги під тиском подається буровий розчин. Він виконує три критичні функції:
 - Виносить розбурену породу (шлам) на поверхню.
 - Охолоджує долото.
 - Зміцнює стінки свердловини: Глиниста кірка не дає піскам осипатися до моменту опускання обсадної труби.

3. Кріплення (обсадка): Після досягнення проектної глибини в свердловину опускають колону труб (сталевих або нПВХ) із заздалегідь встановленим фільтром.

4. Гравійна обсіпка: Оскільки Бучацький горизонт — це піски, у затрубний простір навколо фільтра обов'язково засипається дрібний кварцовий гравій (фракція 2–5 мм). Це створює додатковий природний фільтр і захищає від запісочування.

5. Освоєння (прокачування): Після обсадки виконується розглинізація та відкачування води до повної прозорості.

Буріння має виконуватися установками класу 1БА-15 або УРБ-3А3 на базі вантажних автомобілів (МАЗ, КрАЗ, Урал). Малогабаритні установки ("переноски") не зможуть забезпечити необхідний діаметр (219–300 мм) та глибину для промислової свердловини.

Конструкція фільтра: фільтр на нержавіючому каркасі з сіткою галунного плетіння. Сітчастий фільтр (на каркасі з нержавіючої сталі або нПВХ)

Це класичний і найнадійніший варіант для піщаних горизонтів.

- Конструкція: На перфоровану трубу (сталеву або пластикову) намотується дріт, а поверх нього — спеціальна металева або синтетична сітка галунного плетіння.

- Тип сітки: Для Бучача зазвичай використовують сітку П-52 або П-56. Вона має дуже дрібні отвори, які затримують пісок, але вільно пропускають воду.

Для дебіту (1700-1800 м³/добу сумарно), фільтрова частина повинна мати:

1. Довжину: Для Бучача це мінімум 10–20 метрів на кожну свердловину, оскільки коротший фільтр (3-5 м) не пропустить потрібний об'єм води і швидко заб'ється піском через високу швидкість всмоктування.

2. Гравійну обсіпку: Це обов'язковий «зовнішній фільтр». Навколо основної труби з сіткою засипається шар промитого кварцового гравію (фракція 2–5 мм). Це на 50% підвищує термін служби свердловини.

Як було зазначено вище, проєктом передбачено влаштування двох незалежних систем водопостачання: господарсько-питного водопроводу із

підземного джерела (Буцацького водоносного горизонту) та окремого поливального водопроводу, що використовує воду зі ставка, розташованого поблизу селища. Таке рішення є технічно, економічно та санітарно обґрунтованим і відповідає сучасним вимогам раціонального водокористування [2, 8].

Підземні води є основним джерелом якісної питної води, що характеризується стабільним хімічним складом та високими санітарними показниками [6, 7]. Водночас їх запаси є обмеженими, а процес природного відновлення відбувається повільно. Використання підземних вод для поливальних потреб призвело б до нераціонального витрачання цінного ресурсу та підвищеного навантаження на водоносний горизонт. У зв'язку з цим доцільним є використання для поливу води з поверхневого джерела — ставка, що має джерельне живлення та достатній об'єм для забезпечення сезонних потреб [2-3].

Влаштування окремого поливального водопроводу дозволяє забезпечити чітке розмежування потоків води різної якості та призначення. Відповідно до вимог державних будівельних норм України [1], вода господарсько-питного призначення повинна відповідати суворим санітарно-гігієнічним показникам [9]. Використання води зі ставка для питних потреб потребувало б складної та дорогої системи очищення [7]. Натомість для поливу допускається використання води нижчої якості, що робить застосування поверхневого джерела цілком обґрунтованим. Розділення систем виключає можливість погіршення якості питної води та підвищує загальний рівень санітарної безпеки [3].

Економічна ефективність запропонованого рішення полягає у зниженні капітальних та експлуатаційних витрат. Підйом підземної води зі свердловин, її підготовка та транспортування потребують значних енергетичних затрат. Використання ж води зі ставка для поливу дозволяє зменшити глибину забору води, спростити технологічну схему та знизити витрати на електроенергію [10]. Крім того, зменшується зношування обладнання системи питного водопостачання.

Гідравлічні режими роботи систем господарсько-питного та поливального водопостачання істотно відрізняються. Поливальний водопровід працює сезонно

(протягом 5 місяців на рік) та має нерівномірний режим водоспоживання з піковими витратами (до 10 годин на добу). У разі об'єднання систем це могло б призвести до коливань тиску в мережі, ускладнення роботи насосних станцій та зниження надійності водопостачання споживачів. Розділення систем забезпечує стабільність роботи кожної з них та спрощує їх експлуатацію [3].

З екологічної точки зору використання ставка для поливу є доцільним, оскільки сприяє його водообміну та запобігає застійним явищам. При цьому зменшується інтенсивність відбору підземних вод, що позитивно впливає на стан водоносного горизонту. Важливою умовою є дотримання регламентованого режиму водовідбору, який не порушує екологічну рівновагу водойми та враховує її використання для культурно-оздоровчих потреб населення [2, 6].

Таким чином, влаштування окремого поливального водопроводу зі ставка є обґрунтованим рішенням, що забезпечує раціональне використання водних ресурсів, підвищує надійність і безпеку систем водопостачання, а також сприяє зниженню експлуатаційних витрат і покращенню екологічного стану території.

У даному проєкті прийнято рішення про організацію протипожежного водопостачання за рахунок спеціальних протипожежних резервуарів, розміщених по території селища. Такий підхід є технічно обґрунтованим і відповідає вимогам чинних нормативних документів, зокрема [1] і [11].

Забезпечення надійного протипожежного водопостачання є обов'язковою складовою проєктування систем інженерної інфраструктури населених пунктів. Для невеликого селища з чисельністю населення близько 5 тисяч осіб, наявністю житлової забудови, громадських будівель (школа, дитячий садок) та виробничих об'єктів (птахоферма), необхідно передбачити гарантовану подачу води для гасіння пожеж у будь-який час доби [1].

Однією з основних причин вибору резервуарів є обмежена пропускна здатність господарсько-питного водопроводу. Розрахункова продуктивність системи водопостачання становить 1750 м³/добу, що відповідає середньодобовим потребам населення та об'єктів інфраструктури. Однак витрати води на пожежогасіння мають короткочасний, але значно більший характер і можуть

суттєво перевищувати звичайні експлуатаційні витрати. Забезпечення таких витрат лише за рахунок водопровідної мережі потребувало б значного збільшення діаметрів труб, потужності насосних станцій та об'ємів водонапірних споруд, що є економічно недоцільним.

Влаштування окремих протипожежних резервуарів дозволяє створити необхідний запас води, який може бути використаний у разі виникнення пожежі незалежно від режиму роботи основної системи водопостачання. Це забезпечує надійність і безперебійність подачі води для гасіння пожеж навіть у пікові періоди водоспоживання або при аварійних ситуаціях у мережі [3].

Важливою перевагою резервуарного способу є також можливість накопичення води протягом тривалого часу з подальшим її використанням у короткий період пожежогасіння. Наповнення резервуарів і відновлення протипожежного запасу здійснюється з зовнішньої мережі питного водопроводу рівномірно, без перевантаження насосного обладнання, що сприяє більш економічному режиму роботи системи.

З точки зору гідравліки, застосування резервуарів дозволяє забезпечити необхідний напір і витрату води без значного ускладнення мережі. Вода з резервуарів може подається до місця надзвичайної ситуації через пожежні насоси, що забезпечує ефективну роботу пожежно-рятувальних підрозділів.

Розміщення протипожежних резервуарів у межах селища або поблизу основних об'єктів дозволяє скоротити довжину рукавних ліній та час подачі води до місця пожежі. Це особливо важливо для об'єктів підвищеної пожежної небезпеки, таких як птахоферма, де необхідна швидка локалізація загоряння [1].

Крім того, використання резервуарів підвищує загальну надійність системи водопостачання, оскільки створює резервний запас води, який може бути використаний не лише для пожежогасіння, а й у разі аварій або перебоїв у роботі водозабірних споруд [3].

Таким чином, застосування протипожежних резервуарів для забезпечення пожежогасіння в невеликому селищі є доцільним і обґрунтованим рішенням. Воно дозволяє забезпечити нормативні витрати води на пожежогасіння,

підвищити надійність системи водопостачання, зменшити капітальні та експлуатаційні витрати, а також гарантувати ефективний захист населення та об'єктів інфраструктури від пожеж.

Розрахунок і проектування блоку очисних споруд в даній роботі не передбачається.

Отже, в межах даної кваліфікаційної роботи бакалавра:

1. Проведемо гідравлічний розрахунок зовнішніх мереж питного і поливального водопроводів з нанесенням їх на генеральний план селища;
2. Побудуємо п'єзометричну лінію на найбільш критичний момент роботи мережі питного водопроводу;
3. Визначимо режим роботи насосів 2-го підйому і здійснимо вибір регулюючих ємностей на мережі, розрахуємо РЧВ;
4. Виконаємо докладний проєкт водозабірної свердловини для питного водопостачання;
5. Запроєкуємо насосну станцію поливального водопроводу і проведемо необхідні технологічні і гідравлічні розрахунки.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунки водоспоживання селища на господарсько-побутові потреби

Середня добова витрата води на господарсько-питні потреби населення визначається за формулою [1, п. 6.1.2]:

$$Q_{сер}^{доб} = \frac{q_{жс} \cdot N_{жс}}{1000} K_n = \frac{230 \cdot 5000}{1000} \cdot 1,1 = 1265 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.1)$$

де $q_{жс}$ – норма водоспоживання на господарсько-питні потреби на 1 жителя, яка приймається за [1, табл.1]. По завданню маємо житлову забудову, обладнану внутрішнім водопроводом і каналізацією з ваннами і місцевими водонагрівачами. Приймаємо $q_{жс} = 230$ л/(доб×чол.);

$N_{жс}$ – населення міста для розрахункового періоду, яке згідно завданню дорівнює $N_n = 5000$, чол.

K_n – коефіцієнт, неврахованих витрат води. За [1, табл.1] місто відноситься до малих. Невраховані витрати приймаємо на розрахунковий строк дії генерального плану, тобто 10% від середньої за добу витрати води.

Розрахункові витрати води за добу максимального і мінімального водоспоживання на господарсько-питні потреби населення [1, п. 6.1.2]:

$$Q_{макс}^{доб} = k_{макс}^{доб} \cdot Q_{сер}^{доб} = 1,3 \cdot 1265 = 1650 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.2)$$

$$Q_{мін}^{доб} = k_{мін}^{доб} \cdot Q_{сер}^{доб} = 0,8 \cdot 1265 = 1015 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.3)$$

де $k_{макс}^{доб}$ – максимальний коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання, який слід приймати за [1, п. 6.1.2]. Приймаємо $k_{макс}^{доб} = 1,3$, $k_{мін}^{доб} = 0,8$.

Максимальна і мінімальна годинні витрати води на господарсько-побутові потреби жителів селища [1, п. 6.1.2]:

$$q_{макс}^{год} = \frac{k_{макс}^{год} \cdot Q_{макс}^{доб}}{24} = \frac{1,75 \cdot 1650}{24} = 120,3 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.4)$$

$$q_{мін}^{год} = \frac{k_{мін}^{год} \cdot Q_{мін}^{доб}}{24} = \frac{0,14 \cdot 1015}{24} = 6,0 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.5)$$

Значення коефіцієнтів годинної нерівномірності (мінімального і максимального) $K_{макс}^{год}$ і $K_{мін}^{год}$ визначаємо відповідно [1, п. 6.1.2] по формулам:

$$k_{\max}^{\text{год}} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max} = 1,2 \cdot 1,45 = 1,75 \quad (2.6)$$

$$k_{\min}^{\text{год}} = \alpha_{\min} \cdot \beta_{\min} = 0,6 \cdot 0,23 = 0,14 \quad (2.7)$$

де α_{\max} – коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови. Згідно з [1, п. 6.1.2] приймається в межах 1,2 – 1,4 і 0,6 – 0,8 відповідно. Приймаємо $\alpha_{\max} = 1,4$; $\alpha_{\min} = 0,6$.

β_{\max} – коефіцієнт, що враховує чисельність жителів, які постійно проживають в селищі. Відповідно [1, табл. 2] $\beta_{\max} = 1,45$, $\beta_{\min} = 0,23$.

2.2 Витрати води окремих споживачів

В даному населеному пункті окремими крупними споживачами води є школа, дитячий садок і птахоферма. Будівлі, об'єкти і споруди іншої міської інфраструктури (торгівельні майданчики, побутовий сектор, будівлі адміністративного і культурного призначення тощо) в межах даного проєкту відбирають воду в режимі водоспоживання жителів.

Розглянемо добове і годинне водоспоживання найбільш крупних споживачів води в селищі. Розрахунок проводимо, виходячи з вимог і рекомендацій [12, додаток А, табл. А.2].

Школа

Учнів і обслуговуючого персоналу 250 осіб

Норма водоспоживання – 20л на 1 учня на добу

Режим водоспоживання – 8 годин протягом доби (з 08.00 до 17.00)

Технологічні витрати води – 20% добової потреби

Коефіцієнт годинної нерівномірності – 3,0

Середньодобове водоспоживання:

$$Q_{\text{сер}}^{\text{доб}} = \frac{q_{\text{уч}} \cdot N_{\text{уч}}}{1000} K_{\text{тех}} = \frac{20 \cdot 250}{1000} \cdot 1,2 = 6 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.8)$$

Середньогодинне водоспоживання:

$$q_{\text{сер}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{сер}}^{\text{доб}}}{8} = \frac{6}{8} = 0,75 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.9)$$

Максимальне годинне водоспоживання:

$$q_{\max}^{\text{год}} = q_{\text{сеп}}^{\text{год}} \cdot k_{\max}^{\text{год}} = 0,75 \cdot 3 = 2,25 \text{ м}^3 / \text{год} = 0,63 \text{ л / с} \quad (2.10)$$

Дитячий садок

Дітей і обслуговуючого персоналу 150 осіб

Норма водоспоживання – 80 л на 1 дитину на добу

Режим водоспоживання – 8 годин протягом доби (з 07.00 до 17.00)

Технологічні витрати води – 20% добової потреби

Коефіцієнт годинної нерівномірності – 3,0

Середньодобове водоспоживання:

$$Q_{\text{сеп}}^{\text{доб}} = \frac{q_{\text{дum}} \cdot N_{\text{дum}}}{1000} K_{\text{тех}} = \frac{80 \cdot 150}{1000} \cdot 1,2 = 14,4 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.11)$$

Середньогодинне водоспоживання:

$$q_{\text{сеп}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{сеп}}^{\text{доб}}}{10} = \frac{14,4}{8} = 1,8 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (2.12)$$

Максимальне годинне водоспоживання:

$$q_{\max}^{\text{год}} = q_{\text{сеп}}^{\text{год}} \cdot k_{\max}^{\text{год}} = 1,8 \cdot 3 = 4,32 \text{ м}^3 / \text{год} = 1,2 \text{ л / с} \quad (2.13)$$

Птахоферма (виробництво бройлерів)

Потужність виробництва – 2000 птахів

Норма виробничого водоспоживання – 0,6 л на голову (бройлерні кури)

Коефіцієнт годинної нерівномірності споживання води – $K_{\text{год}} = 3,0$

Технологічні витрати води – 20% добової потреби

Персонал постійних працівників 15 осіб

Режим активного водоспоживання – 8 годин протягом доби (з 07.00 до 17.00)

Норма водоспоживання – 25 л на 1 працівника

Добова потреба води для обслуговуючого персоналу:

$$Q_{\text{перс}}^{\text{доб}} = \frac{q_{\text{перс}} \cdot N_{\text{перс}}}{1000} = \frac{25 \cdot 15}{1000} = 0,4 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.14)$$

Добова витрата води на виробничі потреби пташиної ферми:

$$Q_{\text{нmax}}^{\text{доб}} = \frac{q_{\text{нmax}} \cdot N_{\text{нmax}}}{1000} K_{\text{тех}} = \frac{0,6 \cdot 2000}{1000} \cdot 1,2 = 1,44 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.15)$$

Загальне добове водоспоживання на пташиній фермі по виробництву бройлерних курчат:

$$Q_{ферм}^{доб} = Q_{перс}^{доб} + Q_{птmax}^{доб} = 0,4 + 1,44 = 1,84 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.16)$$

Максимальне годинне водоспоживання на пташиній фермі:

$$q_{ферм}^{год} = \frac{Q_{ферм}^{доб}}{8} \cdot K_{год} = \frac{1,84}{8} \cdot 3,0 = 0,75 \text{ м}^3 / \text{год} = 0,2 \text{ л} / \text{с} \quad (2.17)$$

В результаті проведених розрахунків складаємо сумарний добовий погодинний баланс споживання води питної якості в селищі (таблиця 2.1). За даними таблиці будуємо добовий графік водоспоживання для максимальної доби року (рисунок 2.1).

2.3 Гідравлічний розрахунок мережі питного водопостачання

Гідравлічний розрахунок мережі питного водопостачання селища проводимо за спрощеною схемою водовідбору на випадок найбільш напруженої роботи мережі, тобто на годину максимального водоспоживання в максимальну добу [13]. Цьому розрахунковому моменту відповідає година 12.00-13.00 роботи мережі (див. рисунок 2.1). Мережею при цьому відбирається 125,4 м³/год води, включаючи пташину ферму (0,75 м³/год), школу (2,25 м³/год) і дитячий садок (4,32 м³/год).

Питома витрата води на 1 п.м мережі визначиться з формули [13]:

$$q_{пит} = \frac{Q_{сум}^{год} - \sum Q_{зос}}{\sum L} = \frac{125,4 - (2,25 + 4,32 + 0,75)}{3,6 \cdot 5710} = 0,0061 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}} \quad (2.18)$$

Q – максимальне сумарне годинне водоспоживання, м³/год;

$\sum Q$ – сума зосереджених витрат води (окремі споживачі води), м³/год;

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

Шляхові (попутні) витрати води визначимо з формули [13]:

$$Q_{шл} = q_{пит} \cdot L_i, \text{ л} / \text{с} \quad (2.19)$$

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 2.2)

Таблиця 2.1– Сумарне погодинне споживання питної води

Години	Водоспоживання населення		Зосереджені витрати води						Сумарне водоспоживання	
			Школа		Дитячий садок		Ферма			
	% Q _{макс}	м ³ /Год	%	м ³ /Год	%	м ³ /Год	%	м ³ /Год	%	м ³ /Год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
00:01	0,90	14,85							0,89	14,85
01:02	0,90	14,85							0,89	14,85
02:03	0,90	14,85							0,89	14,85
03:04	1,00	16,50							0,99	16,50
04:05	2,35	38,78							2,32	38,78
05:06	3,85	63,53							3,79	63,53
06:07	5,20	85,80					10	0,2	5,14	86,00
07:08	6,20	102,30			7,64	1,10	37,5	0,134	6,22	104,15
08:09	5,50	90,75	10	0,60	8,33	1,20	8,3	0,166	5,54	92,72
09:10	4,85	80,03	8,3	0,50	7,64	1,10	10,8	0,216	4,89	81,84
10:11	5,00	82,50	8,3	0,50	8,33	1,20	6,7	0,134	5,04	84,33
11:12	6,50	107,25	10,8	0,65	7,64	1,10	6,7	0,134	6,52	109,13
12:13	7,50	123,75	6,7	2,25	7,5	4,32	6,7	0,75	7,49	125,37
13:14	6,70	110,55	6,7	0,40	30	1,08	5	0,1	6,89	115,37
14:15	5,35	88,28	6,7	0,40	7,64	1,10	8,3	0,166	5,37	89,94
15:16	4,65	76,73	5	0,30	7,64	1,10			4,79	80,13
16:17	4,50	74,25	37,5	0,40	7,64	1,10			4,63	77,60
17:18	5,50	90,75							5,42	90,75
18:19	6,30	103,95							6,21	103,95
19:20	5,35	88,28							5,27	88,28
20:21	5,00	82,50							4,93	82,50
21:22	3,00	49,50							2,96	49,50
22:23	2,00	33,00							1,97	33,00
23:24	1,00	16,50							0,99	16,50
	100,0	1650,00	100	6,00	100	14,40	100	2	100,00	1674,40

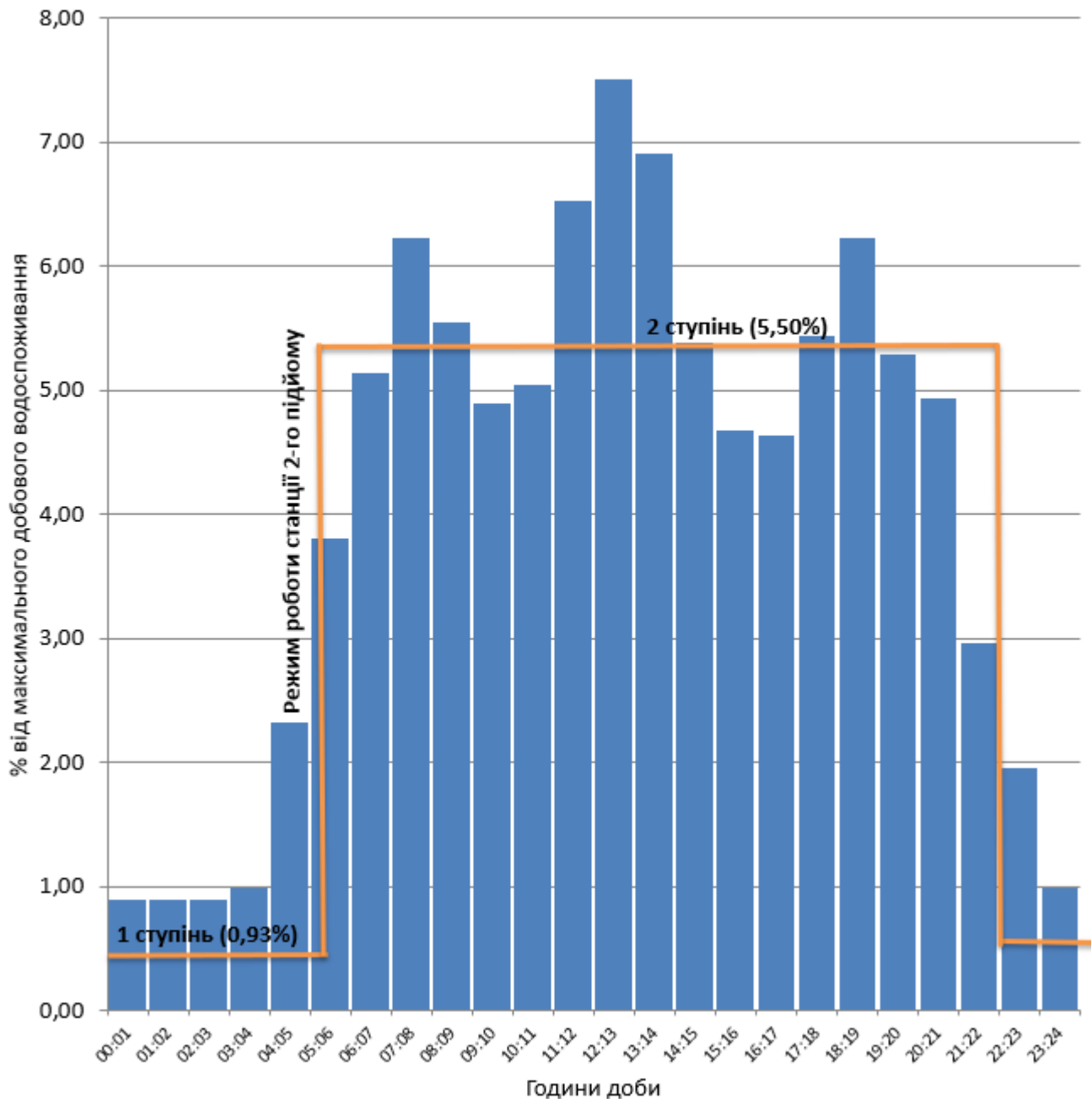


Рисунок 2.1 - Графік водоспоживання

Вузлові витрати в точках мережі розраховуємо по залежності [13]:

$$Q_i^{вузл} = Q_{зос} + 0,5 \sum Q_i^{шл} \quad (2.20)$$

$Q_{зос}$ – зосереджена витрата у вузлі мережі, л/с;

$Q_i^{шл}$ – шляхові витрати по ділянках мережі, що утворюють вузол, л/с.

Результати розрахунку вузлових витрат наведені в таблиці 2.3 і показані на схемі мережі (рисунок 2.2).

Таблиця 2.2 – Попутні витрати в мережі

Ділянки мережі	Довжина ділянки, м	Питоме водоспоживання, л/с×м	Шляхова витрата, л/с
1-2	130	0,00610	0,79
2-3	840	0,00610	5,12
3-4	350	0,00610	2,14
4-5	220	0,00610	1,34
5-6	300	0,00610	1,83
2-13	640	0,00610	3,90
3-14	550	0,00610	3,36
12-14	220	0,00610	1,34
11-14	190	0,00610	1,16
4-8	480	0,00610	2,93
4-15	220	0,00610	1,34
5-9	320	0,00610	1,95
5-10	860	0,00610	5,25
3-7	390	0,00610	2,38
Σ	5710		34,83

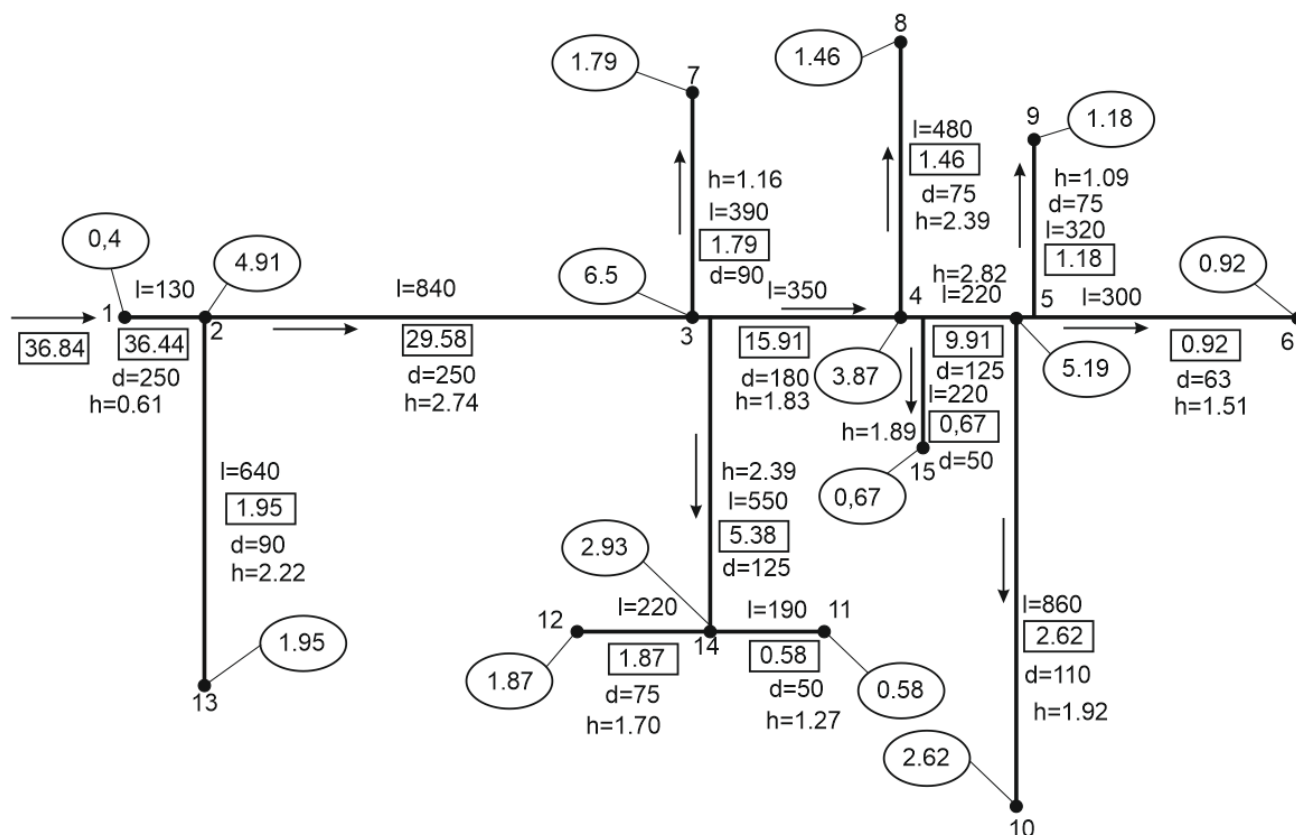


Рисунок 2.2 – Схема гідравлічного розрахунку мережі

Таблиця 2.3 – Вузлові витрати на мережі

Вузли	Ділянки, що утворюють вузел	Зосереджена витрата, л/с	Вузлова витрата, л/с
1	1-2		0,40
2	1-2, 2-3, 2-13		4,91
3	2-3, 3-7, 3-4, 3-14		6,50
4	3-4, 4-5, 4-8, 4-15		3,87
5	4-5, 5-6, 5-9, 5-10		5,19
6	5-6		0,92
7	3-7	0,6	1,79
8	4-8		1,46
9	5-9	0,2	1,18
10	5-10		2,62
11	11-14		0,58
12	12-14	1,2	1,87
13	2-13		1,95
14	3-14, 12-14, 11-14		2,93
15	4-15		0,67
Σ			36,83

За отриманими результатами розрахунку проводимо розподіл витрат води по ділянках мережі і визначаємо діаметри трубопроводів ділянок [4]. Фіксуємо 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 SDR 13,6 S6,3 [13].

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

$$h_i = 1000i \cdot L_i \quad (2.21)$$

Результати розрахунку показані в таблиці 2.4 і на розрахунковій схемі мережі (рисунок 2.2).

Довжина ділянок, діаметри труб, номери колодязів зовнішньої мережі показані на аркуші 1 графічної частини проекту.

За результатами проведеного гідравлічного розрахунку побудована п'єзометрична лінія на випадок найбільш напруженої роботи системи (години максимального водоспоживання). П'єзометрична лінія показана на аркуші 2 графічної частини.

Мінімальний гарантований необхідний вільний напір в мережі обумовлений поверховістю забудови, яка відповідно завданню складає 3 поверхи [1, п.6.3.1]:

$$H_g = 10 + 4 \cdot (n - 1) = 10 + 4 \cdot (3 - 1) = 18 \text{ м} \quad (2.22)$$

Таблиця 2.4 – Результати гідравлічного розрахунку мережі

Ділянки	Довжина ділянки, м	Витрата, л/с	Діаметр, мм	Швидкість, м/с	1000i	Втрати напору, м
1-2	130	36,44	250	1,021	4,725	0,61
2-3	840	29,58	250	0,829	3,264	2,74
3-4	350	15,91	180	0,861	5,229	1,83
4-5	220	9,91	125	1,11	12,833	2,82
5-6	300	0,92	63	0,408	5,041	1,51
2-13	640	1,95	90	0,423	3,475	2,22
3-14	550	5,38	125	0,603	4,342	2,39
12-14	220	1,87	75	0,585	7,724	1,70
11-14	190	0,58	50	0,407	6,658	1,27
4-8	480	1,46	75	0,457	4,979	2,39
4-15	220	0,67	50	0,47	8,599	1,89
5-9	320	1,18	75	0,369	3,413	1,09
5-10	860	2,62	110	0,379	2,231	1,92
3-7	390	1,79	90	0,388	2,986	1,16

Необхідний вільний напір на початку мережі з урахуванням втрат напору на ділянках диктуючого напрямку, згідно виконаній побудові складає 23,0 м. За диктуючий напрямок прийнято 1-2-3-4-5-6 (рисунок 2.2, аркуш 1 графічної частини). Диктуючою точкою у відповідності з рельєфом місцевості є вузол 5.

Максимальний напір (23,0 м) в зовнішній мережі не перевищує допустимого (40,0 м) для умов, що розглядаються в проєкті.

2.4 Розрахунок регулюючої ємності на мережі

Нерівномірність подачі насосів 2-го підйому і водоспоживання селища протягом доби (див. рисунок 2.1) компенсується улаштуванням регулюючої ємності (водонапірної башти) [8, 14].

Місце розміщення башти на генеральному плані і на мережі селища зумовлено рельєфом місцевості, тобто в найвищій точці [14]. Розташовуємо

башту на початку мережі і підключаємо до вузла 1 (див. аркуш 1 графічної частини) на геодезичній позначці 120.00.

Висота стовбура баку вежі (відстань від поверхні землі до низу баку) отримана розрахунковим шляхом при побудові п'єзометричної лінії і складає 23,0 м.

Необхідна ємність баку водонапірної вежі складається з регулюючого і протипожежного об'ємів води [1]:

$$W_{\text{б}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож}} \quad (2.23)$$

Протипожежний обсяг води у вежі розраховується на 10-хвилинний об'єм витрати 1 зовнішньої [1, п.13.1.5] і 1 внутрішньої пожежі [12]. Витрата на ліквідацію зовнішньої пожежі для умов проекту складає $q_{\text{зов}}^{\text{пож}} = 10$ л/с, внутрішньої пожежі $q_{\text{зов}}^{\text{пож}} = 2,5$ л/с. Тоді:

$$W_{\text{пож}} = \frac{(q_{\text{зов}}^{\text{пож}} + q_{\text{вн}}^{\text{пож}}) \cdot 60 \cdot 10}{1000} = \frac{(10 + 2,5) \cdot 60 \cdot 10}{1000} = 7,5 \text{ м}^3 \quad (2.24)$$

Розрахунок необхідної регулюючої ємності башти проводимо за суміщенням графіком погодинного водоспоживання селища і режиму роботи насосів 2-го підйому (рисунок 2.1) [14].

Розрахунок проводимо в табличній формі (таблиця 2.5).

Як показав розрахунок, регулюючий об'єм має складати не менше 4,49% від добового водоспоживання, коли бак буде повністю заповненим (година 21.00-22.00). Спорожнення баку відбувається наприкінці години 13.00-14.00.

Таким чином регулюючий об'єм баку вежі складає:

$$W_{\text{рег}} = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot 4,49}{100} = \frac{1674 \cdot 4,49}{100} = 75,2 \text{ м}^3 \quad (2.25)$$

Загальний необхідний об'єм башти:

$$W_{\text{б}} = 75,2 + 7,5 = 82,7 \text{ м}^3$$

Таблиця 2.5 – Визначення регулюючого об'єму водонапірної вежі

Години доби	Водоспоживання міста, % від $Q_{\text{доб}}$	Подача насосів 2-го підйому, % від $Q_{\text{доб}}$	Надходження або витрата з баку башти, % від $Q_{\text{доб}}$	Залишок води в башті, % від $Q_{\text{доб}}$
00:01	0,89	0,93	0,04	3,45
01:02	0,89	0,93	0,04	3,48
02:03	0,89	0,93	0,04	3,52
03:04	0,99	0,93	-0,06	3,46
04:05	2,32	0,93	-1,39	2,07
05:06	3,80	5,50	1,70	3,77
06:07	5,14	5,50	0,36	4,13
07:08	6,23	5,50	-0,73	3,40
08:09	5,54	5,50	-0,04	3,36
09:10	4,89	5,50	0,61	3,97
10:11	5,04	5,50	0,46	4,43
11:12	6,53	5,50	-1,03	3,40
12:13	7,50	5,50	-2,00	1,40
13:14	6,90	5,50	-1,40	0,00
14:15	5,38	5,50	0,12	0,12
15:16	4,67	5,50	0,83	0,95
16:17	4,64	5,50	0,86	1,81
17:18	5,43	5,50	0,07	1,88
18:19	6,22	5,50	-0,72	1,16
19:20	5,28	5,50	0,22	1,38
20:21	4,93	5,50	0,57	1,95
21:22	2,96	5,50	2,54	4,49
22:23	1,95	0,93	-1,02	3,47
23:24	0,99	0,93	-0,06	3,41
Σ	100	100,00	0,00	

В проєкті приймемо 2 типові водонапірні башти конструкції Рожновського місткістю по 50 м^3 з характеристиками [15]:

Водонапірна башта Рожновського ВБР-50:

Типовий проєкт ТП 901-5-29.

Кількість – 2 шт.

Об'єм 50 м³ (2 шт)

Висота стовбура – 23 м

Діаметр стовбура – 1200 мм

Висота баку – 11 м

Діаметр баку – 2400 мм

Товщина стінок баку – 5 мм

Маса башти – 8,6 т

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

2.5 Гідравлічний розрахунок мережі поливального водопроводу

З метою збереження обсягів підземних вод регіону, зменшення продуктивності і енергоспоживання основної системи питного водопостачання, розрахунок якої проведено вище, а також зменшення навантаження на блок очисних споруд системи, нами запропоновано улаштування окремої, незалежної системи поливального водопроводу [2-3]. Зазначене рішення прийнято у відповідності з [1, п. 6.1.3]. Ця система забезпечує покриття витрат води на території селища, спрямованих на забезпечення благоустрою території (полив і зрошування зелених насаджень, паркових зон, газонів, миття вулиць і тротуарів, роботу фонтанів тощо), а також на поливання присадибних ділянок приватного сектору.

Відбір води на згадані потреби здійснюємо з місцевого джерела – ставка на південно-західній частині селища – насосною станцією поливального водопроводу. Режим роботи поливального водопроводу: травень-вересень. Режим поливу протягом доби здійснюється 10 годин: зранку (з 6.00 до 11.00) і ввечері (з 16.00 до 21.00).

Поливання та миття вулиць і майданів, поливання зелених насаджень здійснюється частково поливними машинами і автоматичними системами поливу (до 70%), а частково вручну (до 30% витрати).

Витрату води на поливання та миття вулиць і майданів, поливання зелених насаджень території селища визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{ол}} = \frac{q_{\text{пол}} \cdot N_{\text{ж}}}{1000} = \frac{45 \cdot 5000}{1000} = 225 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.26)$$

де q_n – норма водоспоживання на поливання на одного мешканця, яку слід приймати за ДБН [1, п. 6.1.4, додаток А, табл. А.2]. Для архітектурно-будівельного району будівництва I (Лісостеп) по [16] (див. Завдання), $q_n = 45$ л/(доб.чол.);

$N_{\text{ж}}$ – населення міста для розрахункового періоду, чол.

Витрату води на полив присадибних ділянок приватного сектору, городів, кущової зони селища розраховуємо відповідно діючих норм і відомостей про площі поливу [14].

Розрахункова кількість присадибних ділянок в селищі – 300. Площа під овочеві культури, садові дерева і кущі для поливу – 10 соток = 100 м² на кожній ділянці.

Отже загальна площа поливу - 300×100 = 30000 м². Норма поливу за діючими нормами складає 15 м³ води на 100 м² поливної площі в місяць [14].

Отже добова витрата на полив:

$$Q_{\text{пол}} = \frac{15 \cdot 30000}{30} = 1500 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Таким чином, загальна добова витрата води на благоустрій і полив, тобто добова продуктивність системи поливального водопроводу селища:

$$Q_n = Q_{\text{пол}} + Q_{\text{ол}} = 1500 + 225 = 1725 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.27)$$

Поливальний водопровід працює в рівномірному режимі протягом прийнятого регламенту. Годинна продуктивність поливального водопроводу виходячи з його 10-годинної протягом доби експлуатації в поливальний період:

$$q_n = \frac{Q_n}{10} = \frac{1725}{10} = 172,5 \text{ м}^3 / \text{год} = 48 \text{ л} / \text{с} \quad (2.28)$$

Гідравлічний розрахунок системи поливального водопроводу проводимо аналогічно системі питного водопостачання селища. Тобто за схемою спрощеного водовідбору [13-14].

Питома витрата води на 1 п.м мережі поливального водопроводу визначиться з формули:

$$q_{num} = \frac{q_n}{\sum L} = \frac{48}{5830} = 0,0082 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}} \quad (2.29)$$

Q –годинне водоспоживання на полив, л/с;

ΣL – сумарна довжина ділянок поливальної мережі, де відбувається відбір води, м.

Шляхові (попутні) витрати води поливальної мережі визначимо з формули:

$$Q_{ши} = q_{num} \cdot L_i, \text{ л / с} \quad (2.30)$$

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 2.3. Розрахунок проводимо в табличній формі (таблиця 2.2)

Таблиця 2.6 – Попутні витрати в мережі

Ділянки мережі	Довжина трубопровідної системи, м	Питома водоспоживання, л/с×м	Шляхова витрата, л/с
1-2	500	0,0082	4,12
2-3	600	0,0082	4,94
3-4	500	0,0082	4,12
4-5	500	0,0082	4,12
3-11	300	0,0082	2,47
6-11	250	0,0082	2,06
7-11	600	0,0082	4,94
7-8	890	0,0082	7,33
7-10	250	0,0082	2,06
7-9	390	0,0082	3,21
2-12	1050	0,0082	8,64
Σ	5830		48,00

Вузлові витрати в точках мережі розраховуємо по залежності:

$$Q_i^{вузл} = 0,5 \sum Q_i^{шл} \quad (2.31)$$

$Q_i^{шл}$ – шляхові витрати по ділянках мережі, що утворюють вузол, л/с.

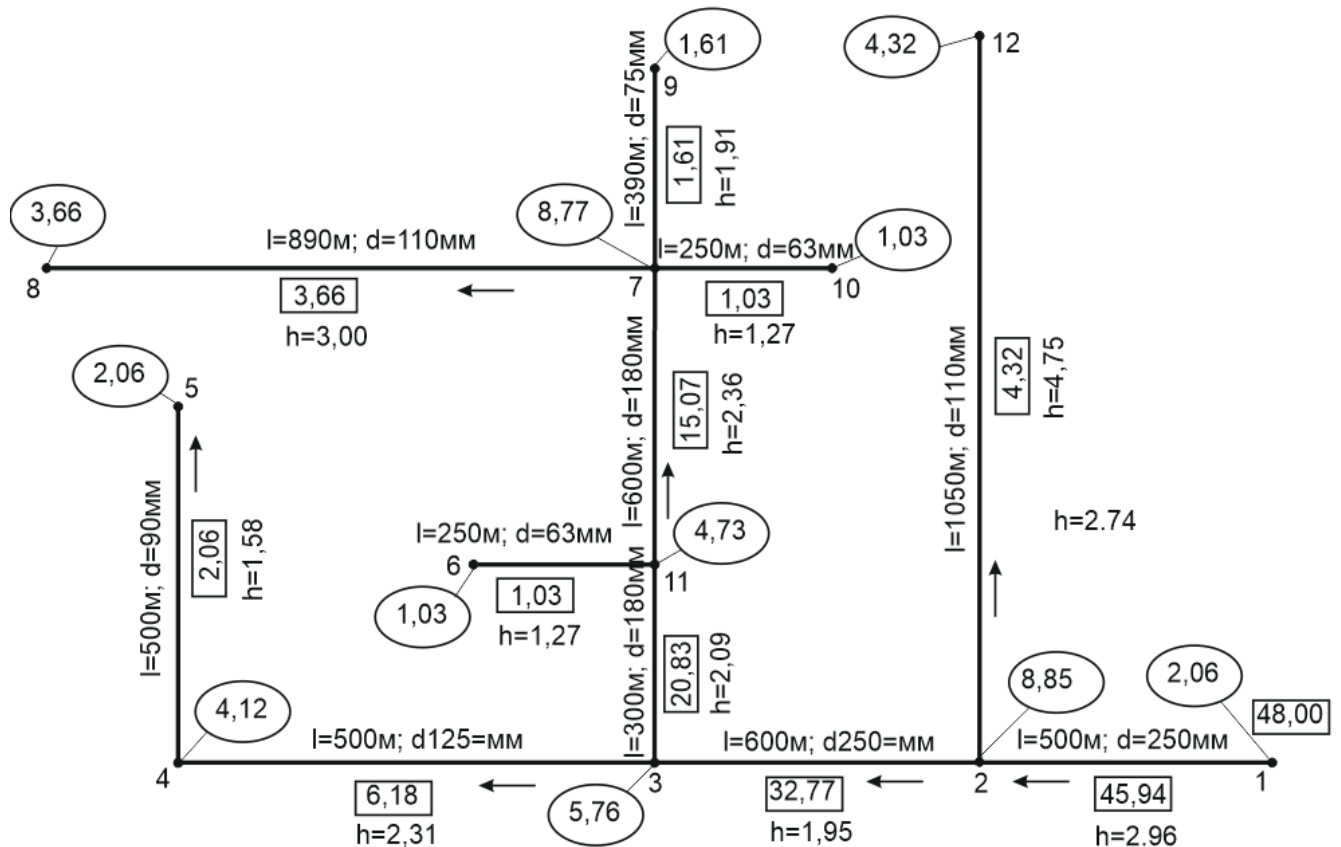


Рисунок 2.3 – Схема гідралічного розрахунку мережі поливального водопроводу селища

Таблиця 2.7 – Вузлові витрати на поливальній мережі

Вузли	Ділянки, що утворюють вузол	Вузлова витрата
1	1-2	2,06
2	1-2; 2-3; 2-12	8,85
3	2-3; 3-11; 3-4	5,76
4	3-4; 4-5	4,12
5	4-5	2,06
6	6-11	1,03
7	7-11; 7-10; 7-8; 7-9	8,77
8	7-8	3,66
9	7-9	1,61
10	7-10	1,03
11	3-11; 6-11; 7-11	4,73
12	2-12	4,32
Σ		48,00

Результати розрахунку вузлових витрат наведені в таблиці 2.7 і показані на схемі мережі (рисунок 2.3).

За отриманими результатами розрахунку проводимо розподіл витрат води по ділянках поливальної мережі і визначаємо діаметри трубопроводів ділянок [7]. Фіксуємо питомі втрати напору $1000i$ і швидкість руху води в трубах. Зовнішню мережу поливального водопостачання селища приймаємо з напірних поліетиленових труб ПЕ63 MRS6,3 SDR17,6 S8,3 [5].

Розраховуємо втрати напору на всіх ділянках мережі селища, м [1]:

$$h_i = 1000i \cdot L_i \quad (2.32)$$

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

Таблиця 2.8 – Результати гідравлічного розрахунку мережі

Ділянки	Довжина ділянки, м	Витрата по ділянці, л/с	Діаметр ділянки, мм	Швидкість, м/с	$1000i$	Втрати напору, м
1-2	500	45,94	250	1,191	5,926	2,96
2-3	600	32,77	250	0,85	3,255	1,95
3-4	500	6,18	125	0,641	4,617	2,31
4-5	500	2,06	90	0,412	3,151	1,58
3-11	300	20,83	180	1,041	6,98	2,09
6-11	250	1,03	63	0,421	5,083	1,27
7-11	600	15,07	180	0,753	3,931	2,36
7-8	890	3,66	110	0,491	3,373	3,00
7-10	250	1,03	63	0,421	5,083	1,27
7-9	390	1,61	75	0,465	4,894	1,91
2-12	1050	4,32	110	0,58	4,527	4,75

Довжина ділянок, діаметри труб, номери колодязів зовнішньої мережі поливального водопроводу також показані на аркуші 1 графічної частини проекту.

2.6 Протипожежне водопостачання селища

Згідно з [1, п.6.2.2] при заданій кількості жителів в населеному пункті (5 тисяч жителів) і поверховості забудови в 3 поверхи проектом передбачено 1 розрахункову одночасну пожежу з витратою $q_{\text{пож}} = 10$ л/с. Розрахункова

тривалість пожежі також прийнята у відповідності з нормативами [1, п.6.2.13], тобто $T_{\text{пож}} = 3$ години.

Як було зазначено вище, згідно з [1, п. 6.2.1 і п. 6.2.3], для даного населеного пункту допускається улаштування протипожежного водопостачання з протипожежних підземних резервуарів, розміщених по території селища з радіусом дії 200 м [1, п. 12.5].

Об'єм протипожежного резервуара розраховуємо за формулою [1, п. 13.1.4]:

$$W_{\text{рез}}^{\text{пож}} = \frac{(q_{\text{зов}}^{\text{пож}} + q_{\text{вн}}^{\text{пож}}) \cdot T_{\text{пож}} \cdot 3600}{1000} = \frac{(10 + 2,5) \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 135 \text{ м}^3 \quad (2.33)$$

Вибираємо типові протипожежні склопластикові резервуари об'ємом 140 м³. Схема резервуара показана на рисунку 2.4.

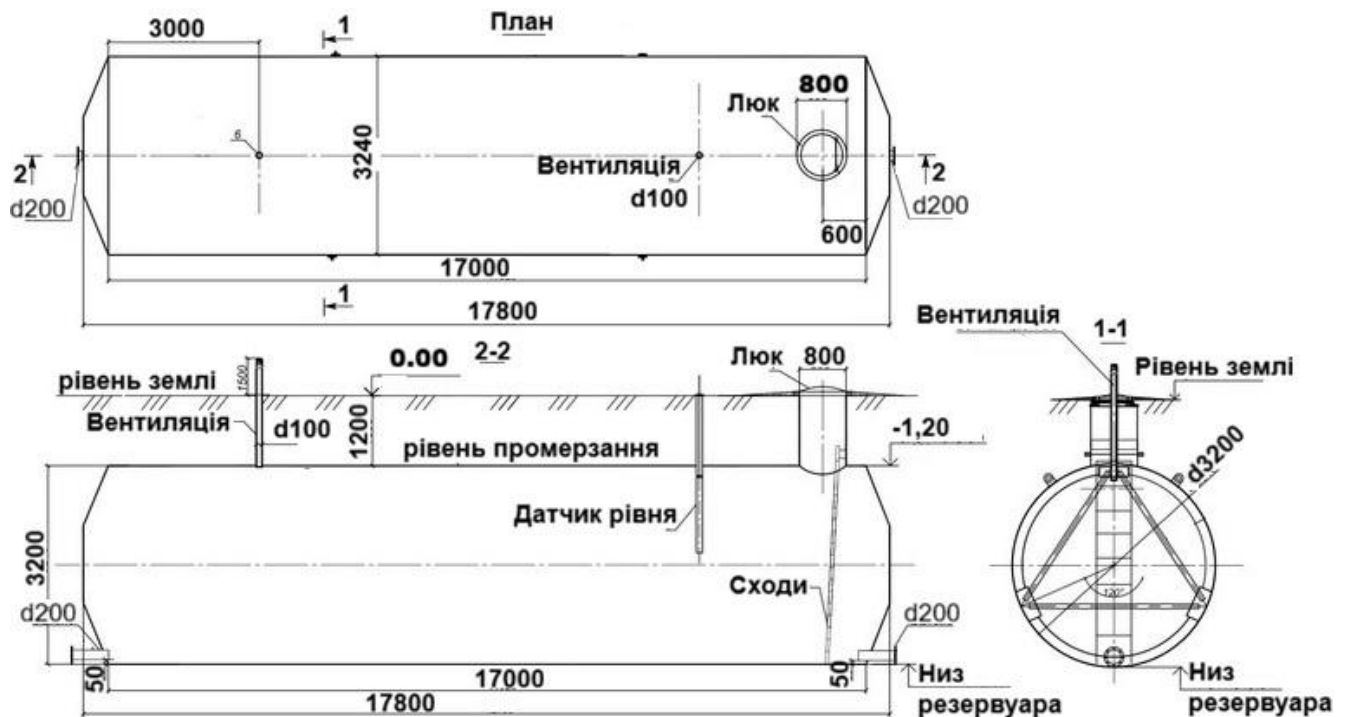


Рисунок 2.4 – Протипожежний склопластиковий резервуар місткістю 140 м³

Для селища приймаємо 6 таких резервуарів з радіусом дії 200 м. Схема розміщення показана на аркуші 1 графічної частини.

Відновлення протипожежного запасу передбачається з зовнішньої мережі питної води за рахунок допустимого тимчасового зниження водоспоживання на

господарсько-питні потреби на 30%. У відповідності з [1, п. 6.2.14] відновлення протипожежного запасу має бути забезпечено протягом 72 годин.

По графіку водоспоживання (рисунок 2.1) максимальна подача насосів 2-го підйому в мережу складає 5,5% (92 м³/год). 30% від цієї витрати – 27,7 м³/год. Тому наповнення (відновлення) протипожежного резервуару в будь-якій точці селища відбудеться:

$$T = \frac{140 \text{ м}^3}{27,7 \text{ м}^3 / \text{год}} \approx 5 \text{ годин} \leq 72 \text{ години}$$

2.7. Розрахунок водозабірної свердловини

Принципова схема питного водопостачання селища із свердловин Буцацького водоносного горизонту наведена на рисунку 2.5.

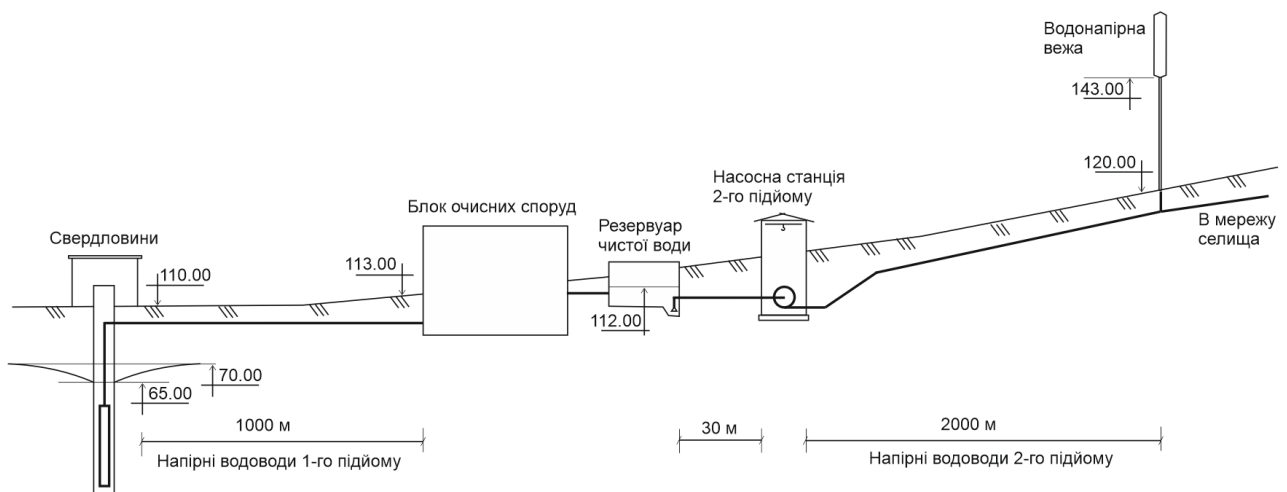


Рисунок 2.5 – Принципова схема водопостачання селища

Необхідну загальну потужність водозабору питної води визначимо з урахуванням витрат води на власні потреби очисної станції. В даному проєкті розрахунок блоку очистки води не проводиться, тому обсяг використання води на власні потреби приймемо за [1, п.10.1.6], тобто коефіцієнт власного споживання передбачає 4% витрат від сумарного водоспоживання селища ($\alpha = 1,04$):

$$Q_g = Q_{\text{доб}}^{\text{макс}} \cdot \alpha = 1680 \cdot 1.04 = 1750 \text{ м}^3 / \text{добу} = 73 \text{ м}^3 / \text{год} = 20,2 \text{ л} / \text{с} \quad (2.34)$$

Прийнята конструкція досконалої свердловини в усталеному режимі фільтрації. При цьому розрахунковий дебіт такої свердловини визначимо по формулі Дюпюї [14]. Для Буцацького водоносного горизонту в місці будівництва це складає:

$$Q = \frac{2.73 \cdot K \cdot m \cdot S}{\lg\left(\frac{R}{r}\right)} = \frac{2.73 \cdot 10 \cdot 30 \cdot 5}{\lg\left(\frac{160}{0,15}\right)} = 1360 \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.35)$$

де K – коефіцієнт фільтрації, 10 м/добу;

m – потужність (товщина пласта), $m = 30$ м;

S – пониження рівня води в свердловині, $S = 5,0$ м;

R – радіус впливу свердловини;

r – радіус свердловини, $r = 0,15$ м для прийнятого Діаметра свердловини 300 мм.

Радіус впливу свердловини оцінюємо по формулі Зіхарда [14]:

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{K} = 3000 \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{10}{86400}} = 160 \text{ метрів} \quad (2.36)$$

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

$$N_{св} = \frac{Q_г}{Q_д} = \frac{1750}{1360} = 1,3 \approx 2 \text{ свердловини} \quad (2.37)$$

Приймаємо для селища 2 робочих свердловини і 1 резервну відповідно до [1, п. 9.1.2.3, табл. 10].

Оскільки горизонт є напірним, статичний рівень води розташовується на глибині $h_{св} = 30 - 50$ метрів.

Тоді розрахункова продуктивність 1 свердловини складає:

$$Q_{св} = \frac{Q_г}{N_{св}} = \frac{1750}{2} = 875 \text{ м}^3 / \text{добу} = 37 \text{ м}^3 / \text{год} = 10,1 \text{ л / с} \quad (2.38)$$

Необхідний потрібний напір свердловинного насоса розрахуємо по формулі, м [10]:

$$H_{нс1} = H_г + h_н + h_г = 60,0 + 14,6 + 1,0 = 75,6 \text{ м} = 76,0 \text{ м} \quad (2.39)$$

$h_н$ – втрати напору в напірних лініях куща свердловин, м.

$H_г$ – геометрична висота підйому води, м

h_B – вільний напір на вилив на очисних спорудах, прийнято $h_B = 1,0$ м.

$$H_z = Z_{oc} - Z_{дин} = 125,00 - 65,00 = 60 \text{ м} \quad (2.40)$$

Z_{oc} – позначка рівня води в аераторі очисних споруд (по завданню), $Z_{oc} = 125,00$ м.

$Z_{дин}$ – геодезична позначка динамічного рівня води в свердловині,

$$Z_{дин} = Z_{св} - h_{св} - S = 110,00 - 40 - 5 = 65,00 \quad (2.41)$$

$h_{св}$ – глибина статичного рівня води в свердловині, $h_{св} = 40$ метрів;

$Z_{св}$ – позначка поверхні землі в місці розміщення свердловини, $Z_{св} = 110,00$.

Напірний трубопровід від куца свердловин прийнятий в 2 нитки згідно [1, п. 11.5]. Труби поліетиленові напірні ПЕ80 MRS 8,0 SDR 13,6 S6,3 [5]. Довжина напірних ліній – 1000 м (рис. 2.5). Продуктивність кожної при нормальному режимі роботи 10 л/с.

Діаметр $d_n = 125$ мм, $V = 1,132$ м/с; $1000i = 13,273$ м. При цьому загальні втрати напору в напірному водоводі [1, додаток К]:

$$h_n = h_l + h_m = 13,3 + 1,3 = 14,6 \text{ м} \quad (2.42)$$

Втрати напору по довжині:

$$h_l = 1000i \cdot L_n = \frac{13,273 \cdot 1000}{1000} = 13,3 \text{ м} \quad (2.43)$$

Втрати на місцеві опори згідно [1, додаток К, п. К.4]:

$$h_m = 0,1h_l = 0,1 \cdot 13,3 = 1,3 \text{ м} \quad (2.44)$$

За отриманими величинами продуктивності свердловини $Q_{св} = 37$ м³/год і необхідного напору $H = 76$ м по даним виробника [17] вибираємо свердловинний ступеневий насос занурювального типу Wilo-EMU NK 82-4 в кожен свердловину. Характеристики і робочі параметри обраних насосів (рисунки 2.6 і 2.7):

Подача – 37 м³/год;

Напір – 83 м.

Потужність – 15кВт

Кількість робочих колес – 4 штуки

Діаметр насоса – 8 дюймів або 200 мм

Діаметр обсадної труби – 300 мм.

Діаметр напірної труби - $D_{N2}=100$ мм

Довжина насоса $L = 1325$ мм

ККД – 70%

Вага – 108 кг.

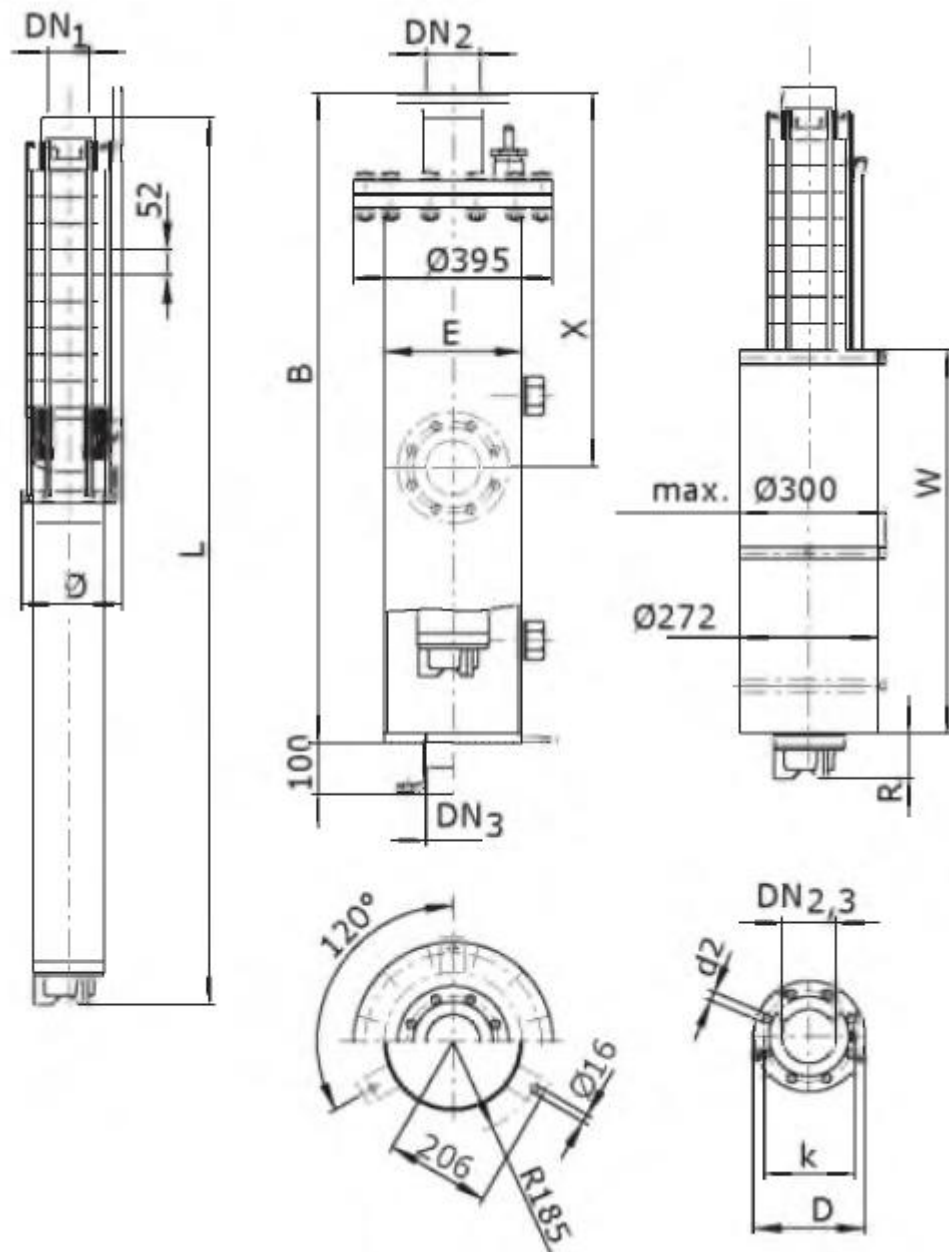


Рисунок 2.6 – Конструкція свердловинного насоса Wilo-EMU NK 82-4

Для обслуговування свердловин передбачаємо на кожній наземний павільйон $3,4 \times 2,7$ м з оголовком ОСГО-300-57фл [14]. Основні технологічні комунікації свердловин – сталеві напірні трубопроводи діаметром 100 мм [18]. Будівля передбачена із керамзито-бетонних блоків товщиною 400 мм, покриття

– плити ПЗ0.10-4та, фундамент – блоки із збірного залізобетону. Висота будівлі – 3,0 м.

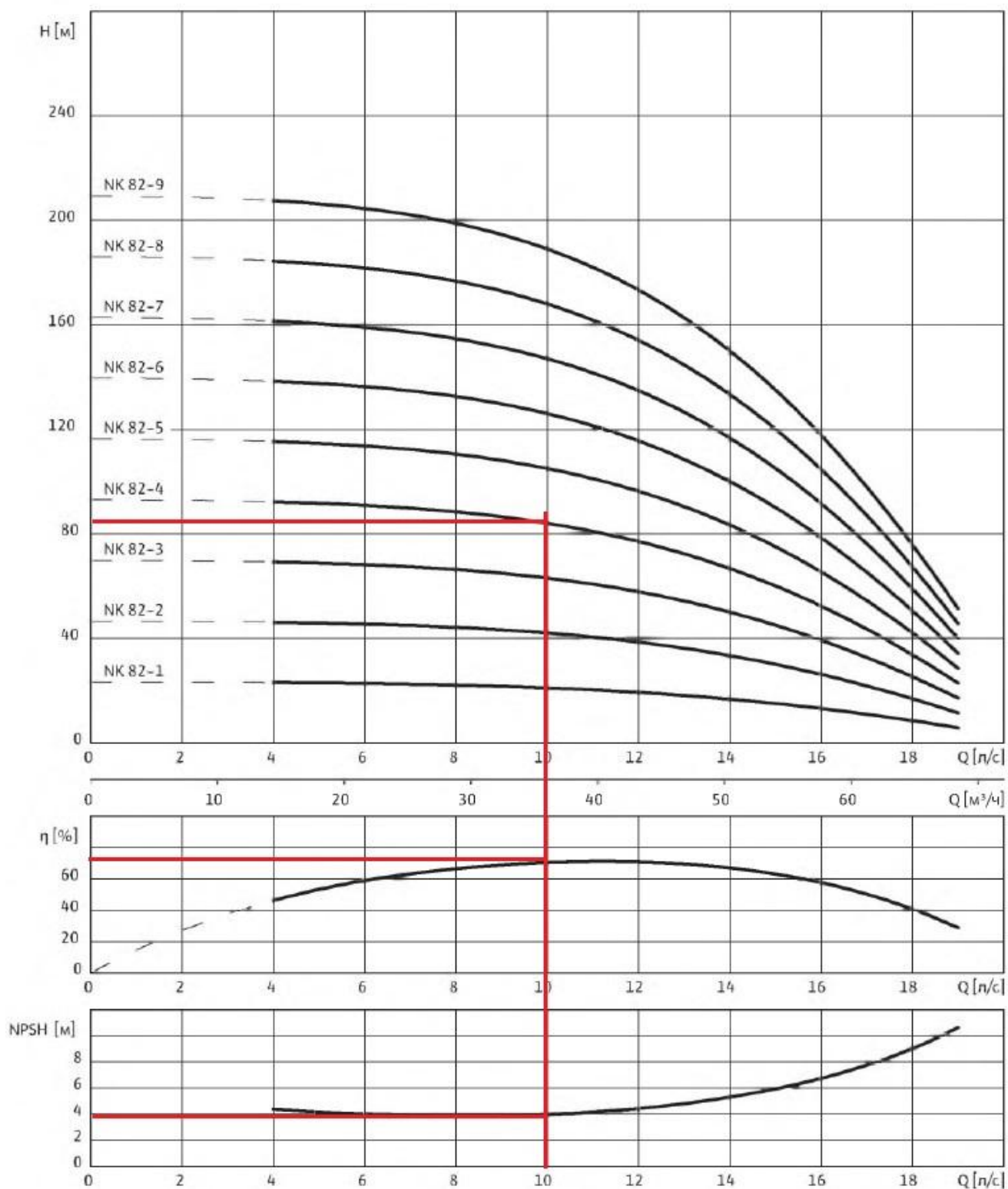


Рисунок 2.7 – Графічні характеристики насоса Wilo-EMU NK 82-4

Монтаж і демонтаж обладнання свердловини здійснюється через знімний монтажний люк діаметром 700 мм, передбачений в перекритті павільйону. Підлога облицьовується керамічною плиткою. Для природного освітлення приміщення прийнята віконна пройма розміром 1,0×1,5 м. Вхідні двері в приміщення павільйону прийняті металеві розміром 0,9×2,1 м.

Кожна свердловина обладнується засувками, зворотним клапаном, вантузом для скиду повітря, рукавною головкою і контрольно-вимірюючою апаратурою (манометром і лічильником води). Арматуру обираємо за номінальним діаметром і максимально можливим тиском в трубопроводі по каталогам виробників [19-20]. В даному випадку $P_y = 1,0$ МПа.

Основне технологічне обладнання павільйону свердловини наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Обладнання павільйону свердловини

№	Назва	Габарити	Маса, кг
1.	Свердловинний насос з занурювальним електродвигуном Wilo-EMU NK 82-4	L=1325 мм, D=200 мм	108
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 (Ø100)	L=250 мм, H=220 мм	16
4.	Засувка паралельна 30ч6бр (Ø50)	L=180 мм, H=350 мм	18
5.	Засувка паралельна 30ч6бр (Ø100)	L=230 мм, H=540 мм	38
6.	Клапан зворотний поворотний однодисковий ZETKAMA (Ø100)	L=300 мм, H=175 мм	31
7.	Кран пробковий триходовий чавунний фланцевий 11ч186к (Ø25), P_y 0.63 МПа	L=145 мм, H=185 мм	4,4
8.	Вантуз аераційний 51А (Ø50) P_y 16 бар	H=280 мм D=165 мм	9

Внутрішні комунікації в павільйоні виконуємо із сталених електрозварних труб на зварних з'єднаннях [1, п. 11.12]. Рознімні (фланцеві) з'єднання передбачаємо виключно в місцях підключення арматури. Діаметри труб розраховуємо на швидкості руху води в них, рекомендованих [1, п. 11.8]. Фасонні

частини на трубопроводах в павільйоні приймаємо також сталіні згідно діючих стандартів [21].

Розміри будівлі прийняті з урахуванням зручності монтажу, демонтажу і обслуговування устаткування з урахуванням вимог [1, п. 12.65, 14.2, 14.10].

Проект комплексу артезіанських свердловин для питного водопостачання селища наведений на аркушах 3 і 4 графічної частини. Проект включає робочі креслення павільйону обслуговування з комунікаціями і обладнанням, конструкцію оголовка свердловини, геологічний переріз водоносних пластів в місці будівництва, технологічну схему трубопровідних комунікацій, специфікацію обладнання.

Межі першої зони санітарної охорони для умов проекту визначені нормативною літературою [1, п. 15.2.1.1] і складають 30 м з усіх боків від осі свердловини. Генеральний план першої зони санітарної охорони однієї з свердловин із під'їзною дорогою, павільйоном, металевою огорожею і воротами показаний на аркуші 4 графічної частини проекту.

2.8 Резервуари чистої води

Розрахунок резервуарів чистої води (РЧВ) проводимо у відповідності з [1, п. 13.1.1]. Сумарний необхідний об'єм резервуарів має вмщувати регулюючий, $W_{\text{рег}}$, протипожежний, $W_{\text{пож}}$, і промивний $W_{\text{пром}}$ обсяги води, м^3 :

$$W_{\text{рез}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож}} + W_{\text{пром}} = 1256 + 108 + 36 = 1400 \text{ м}^3 \quad (2.45)$$

Регулюючий об'єм резервуара розраховується з залежності [1, п. 13.1.2]:

$$\begin{aligned} W_{\text{рег}} &= Q_{\text{доб}}^{\text{макс}} \left[1 - K_n + (K_{\text{год}}^{\text{макс}} - 1) \left(\frac{K_n}{K_{\text{год}}^{\text{макс}}} \right)^{\frac{K_{\text{год}}^{\text{макс}}}{K_{\text{год}}^{\text{макс}} - 1}} \right] = \\ &= 1675 \left[1 - 1,0 + (1,75 - 1) \left(\frac{1,0}{1,75} \right)^{\frac{1,75}{(1,75-1)}} \right] = 1256 \text{ м}^3 \end{aligned} \quad (2.46)$$

Протипожежний об'єм резервуара визначається у відповідності з [1, п. 13.1.4]. Він включає повний обсяг води, потрібний на ліквідацію всіх зовнішніх пожеж протягом розрахункової тривалості пожежі, тобто:

$$W_{\text{пож}} = \frac{q_{\text{пож}} \cdot n \cdot t \cdot 3600}{1000} = \frac{10 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 108 \text{ м}^3 \quad (2.47)$$

Об'єм води для промивання фільтрів станції очистки проведемо орієнтовно, виходячи з припущення, що на станції встановлені напірні фільтри знезалізнення діаметром 2,0 м (площа $F_{\phi}=3,14 \text{ м}^2$) при одночасній промивці лише 1 апарата. Інтенсивність промивання прийнята типова для кварцових фільтрів $W = 16 \text{ л/с} \times \text{м}^2$ і тривалість промивання $t = 6$ хвилин [1, п. 10.12.15]:

$$W_{\text{пром}} = \frac{W_1 \cdot F_{\phi} \cdot n \cdot t \cdot 60}{1000} = \frac{16,0 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 60}{1000} = 36 \text{ м}^3 \quad (2.48)$$

Отже приймаємо 2 збірних залізобетонних резервуара об'ємом по 700 м³ кожний. Типовий проєкт 901-4-59.83. Ширина 12 м, довжина 18 м, глибина 3,8 м.

2.9 Насосна станція поливального водопроводу

Подача води в мережу поливального водопроводу селища здійснюється насосною станцією, яка розташована на березі ставка на південно-східному кордоні населеного пункту (аркуш 1 графічної частини). Категорія надійності дії станції – III [1]. Режим роботи станції сезонний – 5 місяців на рік (травень-вересень) [14]. Вода на полив і благоустрій території подається в зазначений період щодня протягом 10 годин: 5 годин зранку (06.00-11.00) і 5 годин увечері (16.00-21.00). Обсяги води визначені в п. 2.5 цієї кваліфікаційної роботи. Розрахункова продуктивність поливальної системи, а отже і поливальної насосної станції становить $Q_{\text{НС}}=172,5 \text{ м}^3/\text{год}$.

Необхідний напір, що створюють поливні насоси складає [10]:

$$H_{\text{пол}} = H_z + h_{\text{вс}} + h_{\text{ст}} + h_m + h_v = 8,0 + 1,0 + 3,0 + 13,6 + 20,0 = 45,6 \text{ м} \quad (2.49)$$

$h_{\text{ст}}$ – втрати напору в напірних комунікаціях поливальної станції, м. $h_{\text{ст}} = 3,0 \text{ м}$ [22].

$h_{\text{вс}}$ – втрати напору в усмоктуючих лініях станції, м. $h_{\text{вс}} = 1,0 \text{ м}$ [22].

h_m – втрати напору в поливальній зовнішній мережі за диктуючим напрямком, м.

$$h_m = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-11} + h_{7-11} + h_{7-8} = 2,96 + 1,95 + 2,09 + 2,36 + 3,00 = 12,36 \text{ м} \quad (2.50)$$

З урахуванням втрат на місцеві опори в розмірі 10% від втрат напору по довжині [1, п. К.6]:

$$h_m = 1,1 \cdot (h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-11} + h_{7-11} + h_{7-8}) = 1,1 \cdot 12,36 = 13,6 \text{ м} \quad (2.51)$$

H_r – геометрична висота підйому води, м;

h_b – необхідний вільний напір в диктуючій точці, $h_b = 20,0$ м [14].

$$H_e = Z_{дт} - Z_{ст}^{min} = 120,00 - 112,00 = 8,0 \text{ м} \quad (2.52)$$

$Z_{дт}$ – позначка рівня поверхні землі в диктуючій точці (прийнята точка 8, див. сему рис. 2.3), $Z_{дт} = 120,00$ м.

$Z_{ст}^{min}$ – геодезична позначка мінімального рівня води в ставку, по завданню $Z_{ст}^{min} = 112,00$.

За годинною потужністю поливального водопроводу $Q_{НС} = 172,5 \text{ м}^3/\text{год}$ і розрахованим необхідним напором насосів $H_{НС} = 45,6$ м. За каталогом виробника вибираємо основне енергетичне обладнання [23]. Обрані горизонтальні відцентрові моноблочні насоси консольного типу Calpeda B-NMS 100/200В в кількості 1 робочого і 1 резервного [1, п. 11.2]. Основні робочі параметри обраних насосів і їх габарити (рис. 2.7 і 2.8).

Подача насоса $172,5 \text{ м}^3/\text{год}$

Напір 52 м

Потужність 35 кВт, маса 338 кг

ККД 76%

$n = 2900 \text{ об/хв}$

Кавітаційний запас насоса, $\Delta h = 5,0$ м

Напірний патрубок 100 мм

Всмоктуючий патрубок 125 мм

Довжина насоса 1034 мм

Ширина 412 мм

Висота 480 мм

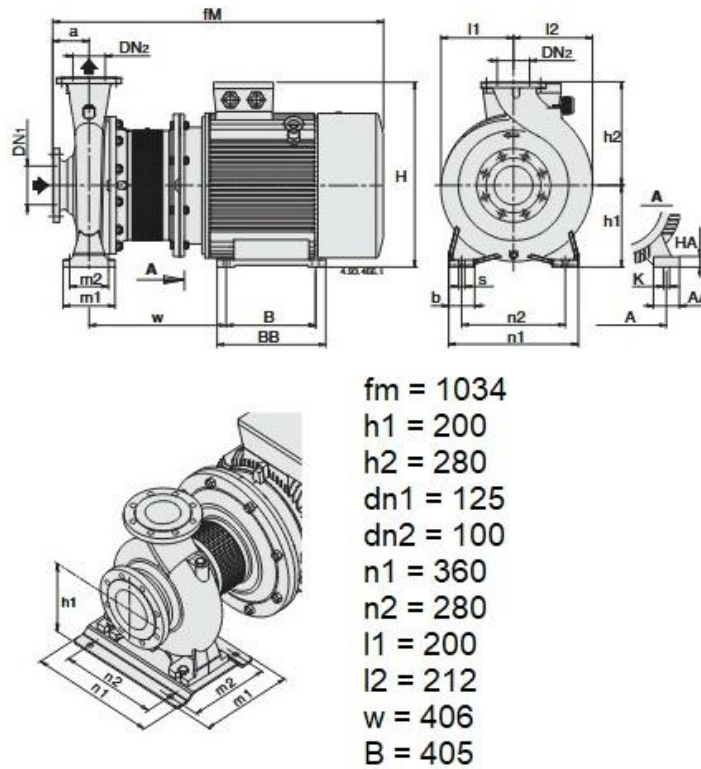


Рисунок 2.8 – Габаритні розміри насоса Calpeda B-NMS 100/200B

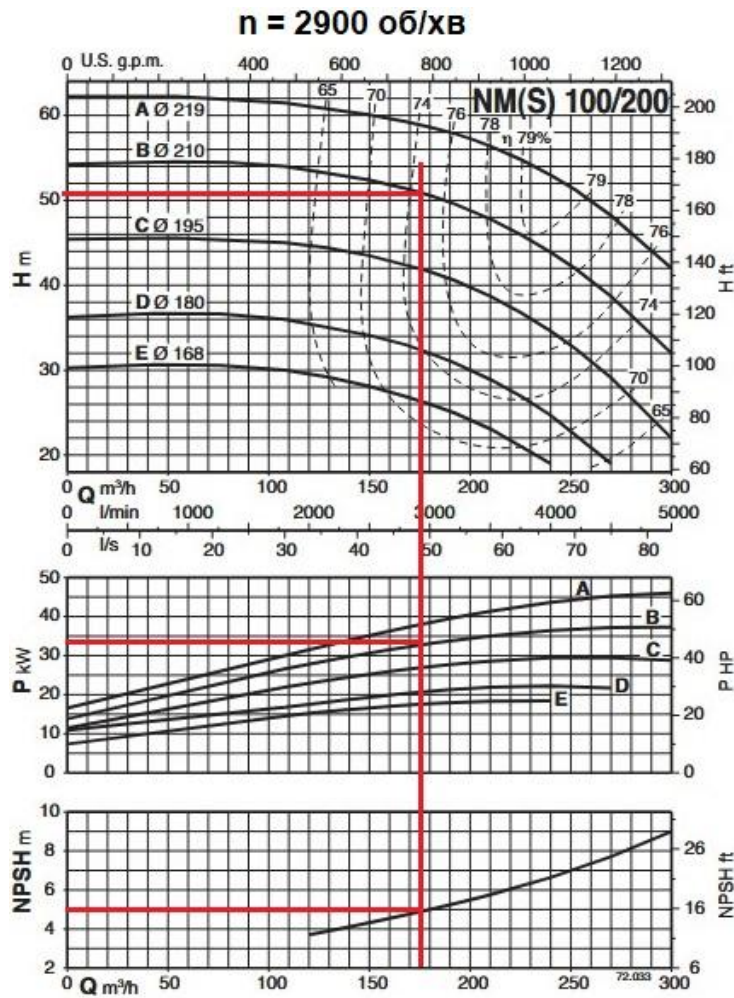


Рисунок 2.9 – Робочі характеристики насоса Calpeda B-NMS 100/200B

Трубопровідні комунікації всередині насосної станції і зовнішні всмоктуючі трубопроводи виконуємо сталевими [1, п. 11.12]. Трубопроводи розміщуємо над поверхнею підлоги з обслуговуванням арматури і насосів з рівня підлоги. Діаметри труб всередині станції вибираємо по рекомендаціям [1, п. 11.8]:

Всмоктуючий трубопровід:

Діаметр $d_{вс}=250$ мм, $V=0,9$ м/с, $1000i=5,25$

Напірний трубопровід:

Діаметр $d_{н}=200$ мм, $V=1,4$ м/с, $1000i=16,0$

Фасонні частини труб також приймаємо стандартними сталевими на зварних з'єднаннях [21]. Прохід всмоктуючих і напірної труби через стіни будівлі передбачений через сталеві сальники нажимного типу [24]. Також насосна установка обладнується вакууметрами на всмоктуючих патрубках, манометрами на напірних і лічильником води [10]. Арматуру вибираємо за каталогами заводів-виробників відповідно діаметрам труб на тиск до 1 МПа [19-20]. Основне обладнання станції і фасонні частини наведені в таблиці 2.10. Схема трубопровідних комунікацій станції наведена на аркуші 6 графічної частини проєкту.

Кожен насос обладнаний індивідуальною всмоктуючою лінією довжиною 6,0 м. На всмоктуючій лінії розміщується приймальний клапан із сіткою (для захисту насоса і запобігання витоків води з усмоктуючої труби [1, п. 11.3]), вхідна воронка для забезпечення сприятливої гідравліки потоку, поворот (відвод на 90^0) і перехід 250×125 [10, 25]. В такому разі втрати напору в усмоктуючій лінії:

$$\begin{aligned}
 h_{вс} &= h_l^{вс} + h_m^{вс} = 1000i \cdot L_{вс} + (\xi_{вх} + \xi_{кл} + \xi_{вор} + \xi_{пов} + \xi_{пер}) \cdot \frac{V_{вс}^2}{2g} = \\
 &= 5,25 \cdot 0,006 + (0,2 + 1,0 + 0,5 + 1,0 + 0,5) \frac{0,9^2}{2 \cdot 9,81} = 0,16 м
 \end{aligned}
 \tag{2.53}$$

Діаметр вхідної воронки на всмоктуючій трубі визначаємо виходячи з умови [25]:

$$D_{вх} = (1,3 \div 1,5) d_{вс} = 1,3 \cdot 0,25 \approx 0,3 м
 \tag{2.54}$$

Поливальні насоси встановлюємо з урахуванням позитивної геометричної висоти всмоктування, $H_{г.в}$ що дозволяється нормативами [1, п. 11.3]. В такому разі позначка вісі насоса визначиться із залежності [26]:

$$Z_{в.н} = Z_{ст}^{min} + H_{з.г} = 112,00 + 3,7 = 115,7 \text{ м} \quad (2.55)$$

Таблиця 2.10 – Відомість обладнання поливальної насосної станції

№	Назва	Габарити	Маса, кг
1	Клапан приймальний зворотний із сіткою 16ч42р (Ø300)	H=665 мм	145
2	Засувка паралельна 30ч6бр (Ø100)	L=230 мм, H=540 мм	38
3	Засувка паралельна 30ч6бр (Ø200)	L=330 мм, H=710 мм	120
4	Клапан зворотний фланцевий, С102 Укспаг (Ø100)	L=330 мм	27,1
5	Трійник сталевий безшовний приварний прохідний. ДСТУ ГОСТ 17376:2003. (Ø200)	L=320 мм H=160 мм	13,2
6	Відвод сталевий безшовний приварний 90°. ДСТУ ГОСТ 17375:2003. (Ø200)		14,9
7	Перехід сталевий безшовний приварний ексцентричний. ДСТУ ГОСТ 17375:2003. (Ø200×Ø125)	L=180 мм	8,5
8	Перехід сталевий безшовний приварний концентричний. ДСТУ ГОСТ 17375:2003. (Ø200×Ø100)	L=140 мм	4,6
9	Перехід сталевий безшовний приварний концентричний. ДСТУ ГОСТ 17375:2003. (Ø300×Ø250)	L=180 мм	12,2
10	Лічильник води турбінний MWN Nubis IP65 (Ø200)	L=350 мм, H=220 мм	51,1
11	Сальник натискний сталевий. ТМ 93.00.00-05. (Ø200)	L=400 мм	21,0
12	Сальник натискний сталевий. ТМ 93.00.00-06. (Ø250)	L=400 мм	29,9

Допустима геометрична висота всмоктування [25-26]:

$$H_{з.г} = H_a - \Delta h - h_t - h_{вс} - \frac{V_{вс.н}^2}{2g} = 10,2 - 5,0 - 0,24 - 0,5 - \frac{3,9^2}{2 \cdot 9,81} = 3,7 \text{ м} \quad (2.56)$$

Швидкість потоку в усмоктуючому патрубку насоса:

$$V_{вс.н} = \frac{4q}{\pi d_{вс.н}^2} = \frac{4 \cdot \frac{172,5}{3600}}{3,14 \cdot 0,125^2} = 3,9 \text{ м / с} \quad (2.57)$$

де $H_{атм}$ – атмосферний тиск в місцевості, де планується розміщувати насос, м.

$$H_{атм} = 10,2 \text{ м}$$

h_t – тиск насиченої пари води, що перекачується, м. Температуру перекачуваної води для даного завдання можна приймати $t = 20^\circ\text{C}$. $h_t = 0,24 \text{ м}$.

Висотна розрахункова схема всмоктуючих ліній станції показана на рисунку 2.10 [10, 26].

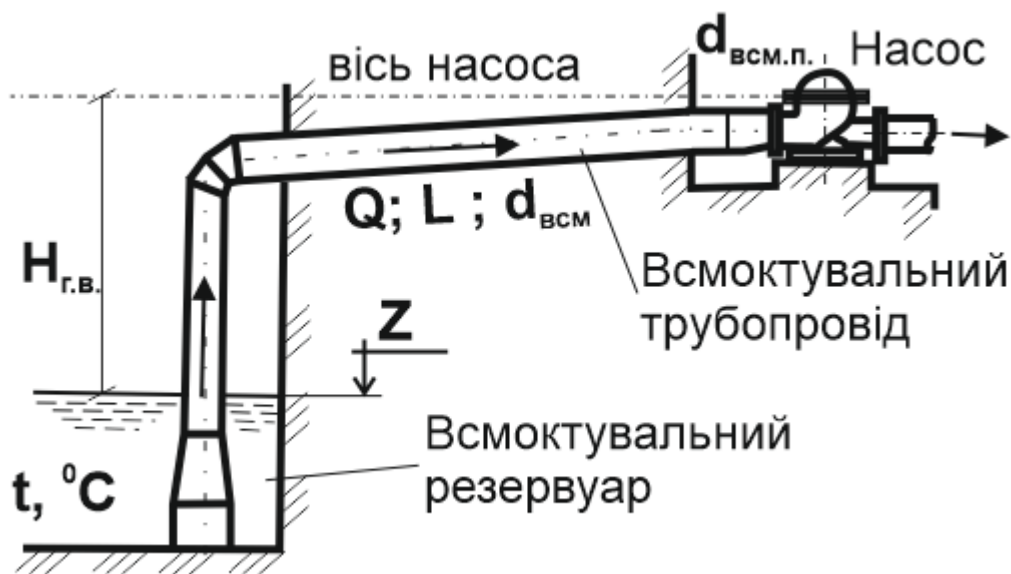


Рисунок 2.10 – Розрахункова схема визначення позначки вісі насоса і конструкція всмоктуючого трубопроводу

Запроваджуємо поливальну насосну станцію наземного типу [10]. В зв'язку з цим конструктивно приймемо позначку вісі насоса на рівні $Z_{в.н.} = 115,50$.

Висота фундаменту насосного агрегату в проекті прийнята $h_{\phi} = 100 \text{ мм}$. Тоді з урахуванням даних рисунку 2.7, позначка рівня підлоги в насосній буде [10, 25-26]:

$$Z_n = Z_{в.н.} - h_1 - h_{\phi} = 115,50 - 0,2 - 0,1 = 115,20 \quad (2.58)$$

При цьому відстані від низу всмоктуючих труб до рівня підлоги лежать в допустимих унормованих межах [1, п. 12.65]. Вихід напірного трубопроводу з будівлі насосної станції передбачений на рівні 114.20.

Систему заливу основних насосів в станції передбачимо самопливним способом з баку, який встановлюємо в машинному залі [26]. Ємність баку складає 300л, що з запасом достатньо для заповнення водою всмоктуючого трубопроводу і корпусу насоса. Бак виконуємо сталевим, діаметром 500 мм і висотою 1,5 м. Низ бака розміщуємо на 0,1 м вище верха корпусу насоса позначці 115.90. Заповнення баку і відновлення його об'єму передбачено через штуцер, підключений до напірної лінії станції. Бак обладнаний запірною арматурою (кранами) і трубами: заливу насосів, наповнення і спорожнення. Діаметр зазначених комунікацій 25 мм.

Спорожнення комунікацій станції і видалення дренажних і аварійних вод з машинного залу здійснюється в ставок самопливною трубою діаметром 50 мм [24].

Монтаж і демонтаж обладнання всередині станції здійснюється за допомогою ручної пересувної талі з черв'ячною передачею загальною вантажнопідйомністю 1т (найбільша маса обладнання в станції – насос – 338 кг). Вивезення обладнання за межі станції передбачається візком, з якого автокраном (або автонавантажувачем) устаткування перевантажується на автомобіль [25].

Визначимо висоту наземної частини станції з урахуванням висоти платформи візка, $h_{тр} = 0,5$ м, найвищого вантажу (насос), $h_{в} = 0,5$ м, довжини строп, $h_{с} = 0,5$ м, і висоти талі (відстані від низу крюка в стягнутому вигляді до низу плит перекриття), $h_{кр} = 0,4$ м [26]:

$$H_{б\text{уд}} = h_{тр} + 0,3 + h_{в} + h_{с} + h_{кр} = 0,5 + 0,3 + 0,5 + 0,5 + 0,4 = 2,2\text{ м} \quad (2.59)$$

Приймаємо будівельну висоту наземної частини станції $H_{б\text{уд}} = 3,0$ м.

Експлуатацію поливальної насосної станції передбачаємо в автоматичному режимі без постійно діючого обслуговуючого персоналу.

Конструктивні архітектурно-будівельні рішення проекту: стіни з легкого керамзитобетону товщиною 400 мм, фундаменти стрічкові із збірного

залізобетону, плити перекриття пустотні залізобетонні ПК 60-12-8 товщиною 300 мм, підлога бетонна з покриттям керамічною плиткою, вхідна група – двері металеві 1200×2100, 2 віконних блоки 1000×1500. Гідроізоляція перекриття – цементна стяжка і 4 шари руберойду. Вимощення асфальтом шириною 1,5 м і товщиною 30 мм по периметру станції. Витяжна природна вентиляція приміщення з двома дефлекторами на перекритті.

Також в будівлі станції передбачається санітарний вузел і приміщення для ремонтників та чергового обслуговуючого персоналу і електрощит на 380В.

Задля безпеки територію навколо станції огороджують по периметру металевою сіткою з воротами з відстанню від будівлі 15м [2].

3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМПЛЕКСУ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН І НАПІРНИХ ВОДОВОДІВ

Надійна та безперебійна робота системи питного водопостачання є однією з основних умов забезпечення санітарно-гігієнічного благополуччя населення [27]. Для селища Полтавської області з чисельністю населення 5000 мешканців у проєкті передбачено централізовану систему водопостачання продуктивністю 1750 м³/добу, до складу якої входять водозабірні свердловини, напірні водоводи, споруди очищення води, резервуари чистої води та водопровідна мережа.

Основним завданням організації експлуатації комплексу водозабірних свердловин і напірних водоводів є забезпечення стабільної подачі води споживачам необхідної якості та в достатній кількості при мінімальних експлуатаційних витратах [27]. Для цього необхідно передбачити комплекс технічних, санітарних та організаційних заходів, спрямованих на підтримання справного стану споруд і обладнання, попередження аварійних ситуацій та забезпечення ефективного режиму роботи системи.

У проєкті прийнято три артезіанські свердловини, з яких дві є робочими, а одна – резервною. Джерелом водопостачання є Бучацький водоносний горизонт. Продуктивність кожної свердловини становить 37 м³/год, режим роботи – цілодобовий. Така схема забезпечує необхідну надійність системи, оскільки при виході з ладу однієї робочої свердловини резервна дозволяє підтримувати подачу води без припинення водопостачання споживачів.

Свердловини мають діаметр 300 мм і глибину 120 м. Конструкція свердловин прийнята досконалою, що забезпечує найбільш ефективне надходження води з водоносного горизонту та зменшує гідравлічні втрати. Для обсадження використані поліетиленові труби діаметром 300 мм, які характеризуються високою корозійною стійкістю, довговічністю та герметичністю. Глибина статичного рівня становить 45 м, динамічного – 40 м, коефіцієнт фільтрації водоносного горизонту – 10 м/добу. Радіус впливу свердловини складає 160 м, що свідчить про достатню водовіддачу пласта та можливість стабільної роботи водозабору.

Для підйому води зі свердловин передбачені заглибні насоси типу Wilo-EMU NK 82-4 з напором 76 м та потужністю електродвигуна 15 кВт. Вибір насосного обладнання здійснений з урахуванням необхідної продуктивності системи, втрат напору у водоводах та забезпечення економічного режиму експлуатації. Застосування сучасних насосів дозволяє зменшити витрати електроенергії та забезпечити високу надійність роботи системи.

Організація експлуатації насосного обладнання передбачає постійний контроль режиму роботи насосів, величини подачі, напору, споживаної потужності та температури електродвигуна [27]. Для цього свердловини обладнуються контрольно-вимірювальною апаратурою, до складу якої входять манометри та лічильники води. Контроль параметрів роботи насосів дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормального режиму, попереджувати аварії та забезпечувати економічну експлуатацію обладнання.

Особливу увагу під час експлуатації свердловин необхідно приділяти технічному стану фільтрів. У проєкті прийняті фільтри з неіржавіючої сталі із сіткою галунного плетіння. Такі фільтри характеризуються високою механічною міцністю, корозійною стійкістю та тривалим строком служби. Для підтримання ефективності роботи свердловин необхідно періодично виконувати очищення та регенерацію фільтрів з метою запобігання їх кольматації. У разі зниження дебіту свердловини необхідно проводити профілактичні роботи, які включають промивання, ерліфтне очищення або реагентну обробку [27].

Кожна свердловина обладнується наземним павільйоном розмірами 3,4×2,7 м і висотою 3,0 м. Павільйон призначений для захисту гирла свердловини та технологічного обладнання від атмосферних впливів, несанкціонованого доступу та замерзання в зимовий період. Стіни павільйону виконані з керамзитобетонних блоків товщиною 400 мм, що забезпечує достатню теплоізоляцію та довговічність споруди. Перекриття передбачене із залізобетонних плит, фундамент – із збірних залізобетонних блоків. Підлога облицьовується керамічною плиткою, що забезпечує належний санітарний стан приміщення та полегшує його очищення.

Для монтажу та демонтажу насосного обладнання в перекритті павільйону передбачений люк діаметром 700 мм. Це забезпечує можливість проведення ремонтних та профілактичних робіт без демонтажу конструкцій будівлі. Організація експлуатації свердловин повинна передбачати зручний доступ до обладнання, достатнє освітлення приміщення, вентиляцію та дотримання вимог охорони праці [27].

У межах павільйону кожна свердловина обладнується трубопровідною арматурою та допоміжними пристроями. На напірному трубопроводі встановлюються засувки З0чббр, зворотний клапан ZETКАМА, вантуз для скиду повітря, рукавна головка та оголовок ОСГО-300-57фл. Засувки забезпечують можливість відключення свердловини під час ремонтних робіт або аварійних ситуацій. Зворотний клапан запобігає зворотному руху води при зупинці насоса та захищає обладнання від гідравлічних ударів. Вантузи призначені для видалення повітря з трубопроводів, що сприяє стабільній роботі системи та зменшенню гідравлічних втрат.

Трубопровідні комунікації всередині павільйону виконані зі сталевих труб діаметром 100 мм на зварних та фланцевих з'єднаннях. Зварні з'єднання забезпечують герметичність трубопроводів, а фланцеві – можливість швидкого демонтажу обладнання при проведенні ремонтів. Для запобігання корозії сталеві трубопроводи повинні мати антикорозійне покриття та періодично проходити технічний огляд [27].

Подача води від свердловин до комплексу очищення здійснюється напірними водоводами, виконаними з поліетиленових труб ПЕ80 MRS 8,0 SDR 13,6 S6,3 діаметром 125 мм. Водоводи прокладені у дві нитки, причому обидві є робочими. Така схема забезпечує високу надійність системи та дозволяє підтримувати подачу води навіть при пошкодженні одного з водоводів. Поліетиленові труби характеризуються високою стійкістю до корозії, гладкістю внутрішньої поверхні та тривалим строком експлуатації. Крім того, вони мають невелику масу та зручні в монтажі.

Під час експлуатації напірних водоводів необхідно забезпечити постійний контроль герметичності трубопроводів та справності арматури. Особливу увагу слід приділяти місцям з'єднань труб та вузлам встановлення засувок і вантузів. Для своєчасного виявлення пошкоджень необхідно проводити періодичні огляди трас водоводів та контролювати витрати води. Різке збільшення витрат або зниження тиску може свідчити про виникнення витоків чи пошкоджень трубопроводів [27].

Важливим заходом забезпечення надійної експлуатації системи є автоматизація роботи свердловин і насосного обладнання. Автоматичне керування дозволяє підтримувати задані режими роботи насосів, забезпечувати їх почергове включення та вимкнення, а також оперативно реагувати на аварійні ситуації. Доцільним є застосування систем диспетчерського контролю, які забезпечують передачу інформації про роботу обладнання на центральний пункт управління [27]. Це дозволяє підвищити оперативність обслуговування та зменшити витрати на експлуатацію.

Для забезпечення санітарної надійності водозабірних споруд необхідно суворо дотримуватися вимог санітарної охорони підземних вод. Територія свердловин повинна бути огорожена та впорядкована [1]. У межах першого поясу зони санітарної охорони забороняється розміщення джерел забруднення, складування матеріалів, випас худоби та виконання робіт, які можуть призвести до забруднення підземних вод. Поверхневі води повинні відводитися від свердловин за допомогою планування території та влаштування вимощення.

Необхідною умовою експлуатації є регулярний контроль якості води. Вода з Бучацького водоносного горизонту повинна періодично перевірятися за санітарно-хімічними, бактеріологічними та органолептичними показниками [9]. Контроль якості води дозволяє своєчасно виявляти можливі зміни складу підземних вод та забезпечувати відповідність води вимогам чинних нормативів.

Для забезпечення безперебійної роботи системи необхідно організувати планово-попереджувальну систему ремонтів. Така система передбачає регулярне технічне обслуговування насосів, електрообладнання, арматури та трубопроводів.

Періодичність проведення ремонтів встановлюється відповідно до технічної документації обладнання та результатів його огляду [27]. Проведення профілактичних заходів дозволяє зменшити кількість аварій та продовжити строк служби споруд.

Експлуатація свердловин повинна здійснюватися з дотриманням вимог енергозбереження [28]. Значна частина експлуатаційних витрат системи водопостачання припадає на оплату електроенергії, споживаної насосним обладнанням. Тому важливим заходом є підтримання насосів у справному технічному стані, своєчасне очищення трубопроводів і фільтрів, а також використання автоматизованих систем керування. Доцільним є застосування частотного регулювання насосів, що дозволяє адаптувати режим роботи до фактичного водоспоживання та зменшити витрати електроенергії.

Організація безпечної експлуатації водозабірних споруд передбачає виконання вимог охорони праці та електробезпеки. Електрообладнання повинно мати надійне заземлення, а персонал – проходити відповідне навчання та інструктаж. Роботи з монтажу та ремонту насосного обладнання необхідно виконувати із застосуванням вантажопідіймальних механізмів та засобів індивідуального захисту [28].

Таким чином, організація експлуатації комплексу водозабірних свердловин і напірних водоводів базується на забезпеченні надійності, санітарної безпеки та економічності роботи системи водопостачання [27-28]. Прийняті у проєкті технічні рішення – резервування свердловин, застосування сучасного насосного обладнання, використання поліетиленових трубопроводів, автоматизація процесів управління та впровадження планово-попереджувальної системи ремонтів – забезпечують стабільне та безперебійне водопостачання населення селища при оптимальних техніко-економічних показниках.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є важливою складовою виробничої діяльності та спрямована на створення безпечних і нешкідливих умов праці, збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі виконання трудових обов'язків. Особливе значення питання охорони праці мають у будівництві та експлуатації систем водопостачання, оскільки виконання будівельно-монтажних, ремонтних і експлуатаційних робіт пов'язане з дією небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Основними завданнями охорони праці є запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням, аваріям і пожежам, забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов праці, а також створення безпечних умов виконання робіт на всіх етапах будівництва й експлуатації об'єкта.

Право громадян на належні, безпечні та здорові умови праці закріплено статтею 43 Конституції України. Відповідно до Закону України «Про охорону праці» державна політика у сфері охорони праці ґрунтується на принципах пріоритету життя та здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення безпечних умов праці, комплексного розв'язання завдань охорони праці, використання сучасних технічних засобів безпеки та соціального захисту працівників.

У даному розділі розглядаються питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при будівництві та експлуатації комплексу водозабірних свердловин і напірних водоводів першого підйому системи водопостачання селища Полтавської області з населенням 5000 мешканців. Проектована система водопостачання включає три артезіанські свердловини, насосне обладнання, напірні водоводи, резервуари чистої води та споруди очищення води.

Під час будівництва та експлуатації комплексу можливий вплив на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів, пов'язаних із виконанням земляних робіт, монтажем насосного обладнання, використанням електроустановок, роботою будівельної техніки, а також експлуатацією напірних трубопроводів. Крім того, у сучасних умовах особливої актуальності набувають

заходи безпеки в умовах військової агресії та ризику пошкодження об'єктів критичної інфраструктури.

Основною метою даного розділу є аналіз умов праці на об'єкті, виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, розроблення організаційних та інженерно-технічних рішень для забезпечення безпечних умов праці, а також визначення заходів щодо забезпечення безпеки персоналу та об'єкта в надзвичайних ситуаціях.

4.1 Аналіз умов праці на об'єкті проєктування

Будівництво комплексу водозабірних свердловин і напірних водоводів першого підйому виконується на відкритому будівельному майданчику. Роботи передбачається виконувати у весняно-літній та осінній періоди року, що супроводжується впливом атмосферних факторів: підвищеної температури повітря, опадів, вітру та сезонних коливань температур.

Будівельно-монтажні роботи виконуються в одну та частково у дві зміни. До основних видів робіт належать:

- земляні роботи при влаштуванні траншей під водоводи;
- буріння свердловин;
- монтаж обсадних труб і фільтрів;
- монтаж насосного обладнання;
- прокладання напірних трубопроводів;
- монтаж арматури та контрольно-вимірювальних приладів;
- електромонтажні роботи;
- будівництво павільйонів свердловин.

Роботи виконуються як під відкритим небом, так і всередині павільйонів свердловин. Максимальна глибина виконання робіт пов'язана з монтажем насосного обладнання у свердловинах глибиною 120 м. При будівництві павільйонів виконуються роботи на висоті до 3 м.

Для виконання робіт використовуються екскаватори, автомобільні крани, бульдозери, компресори, зварювальні апарати, вантажні автомобілі, насосне

обладнання та ручний електроінструмент. Частина робіт виконується вручну, зокрема монтаж арматури, складання трубопроводів малого діаметра, зварювальні та допоміжні роботи.

На будівельному майданчику передбачаються тимчасові санітарно-побутові приміщення для працівників: гардеробні, приміщення для відпочинку, душові, санітарні вузли та місця для приймання їжі. Працівники забезпечуються питною водою відповідно до санітарних норм.

На основі аналізу технологічних процесів визначаються небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Рухомі машини та механізми можуть створювати небезпеку травмування працівників під час виконання земляних і монтажних робіт. Найбільшу небезпеку становлять екскаватори, автомобільні крани, бульдозери, самоскиди та вантажопідіймальні механізми.

Розташування робочих місць на висоті має місце при монтажі конструкцій павільйонів, встановленні обладнання та виконанні покрівельних робіт. Існує ризик падіння працівників або інструментів з висоти.

Підвищена запиленість повітря виникає при виконанні земляних робіт, бурінні свердловин та різанні будівельних матеріалів.

Підвищений рівень шуму та вібрації створюється під час роботи бурових установок, компресорів, насосного обладнання та будівельної техніки.

Небезпека ураження електричним струмом виникає при використанні електроінструменту, зварювальних апаратів, насосного обладнання та тимчасових електромереж будівельного майданчика.

Підвищена або знижена температура повітря може негативно впливати на працівників при виконанні робіт на відкритому повітрі.

Існує небезпека обвалення ґрунту при виконанні земляних робіт у траншеях та котлованах.

Хімічні небезпечні та шкідливі фактори

Під час виконання зварювальних робіт у повітря робочої зони можуть виділятися шкідливі гази та аерозолі металів.

При використанні паливно-мастильних матеріалів існує ризик контакту працівників із шкідливими хімічними речовинами.

Психофізіологічні фактори

До психофізіологічних факторів належать фізичні перевантаження під час ручного монтажу обладнання та трубопроводів, нервово-емоційне напруження при роботі з вантажопідіймальними механізмами та виконанні робіт в умовах підвищеної небезпеки.

Особливу небезпеку становить виконання робіт в умовах воєнного стану, що супроводжується ризиком повітряних тривог, ракетних ударів та перебоями електропостачання.

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

Для забезпечення безпечних умов праці при будівництві комплексу водозабірних свердловин і напірних водоводів необхідно передбачити комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

Територія будівельного майданчика повинна бути огорожена інвентарною огорожею висотою не менше 2 м. Відстань від огорожі до зони виконання робіт повинна забезпечувати безпечне пересування працівників і транспорту. На в'їздах необхідно встановити інформаційні щити, схеми руху транспорту та попереджувальні знаки.

На будівельному майданчику виділяються постійно діючі та тимчасові небезпечні зони. До постійно діючих небезпечних зон належать місця роботи вантажопідіймальних механізмів, траншеї та котловани, місця складування матеріалів, електроустановки та зварювальні пости. Такі зони повинні бути огорожені сигнальними бар'єрами та позначені попереджувальними знаками безпеки.

Траншеї та котловани глибиною понад 1,5 м повинні мати укоси або кріплення стінок для запобігання обваленню ґрунту. У темний час доби небезпечні ділянки необхідно освітлювати сигнальними ліхтарями.

Для безпечного виконання монтажних робіт необхідно застосовувати справні вантажопідіймальні механізми та вантажозахоплювальні пристрої. Монтаж насосного обладнання масою 108 кг виконується із застосуванням підіймальних механізмів та страхувальних пристроїв.

Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту:

- захисними касками;
- спецодягом;
- захисним взуттям;
- рукавицями;
- захисними окулярами;
- запобіжними поясами при роботі на висоті;
- діелектричними засобами захисту.

Тимчасові електромережі будівельного майданчика повинні виконуватися ізольованими кабелями. Електрообладнання необхідно заземлювати відповідно до вимог ПУЕ. Для захисту працівників від ураження електричним струмом слід застосовувати автоматичні вимикачі та пристрої захисного відключення.

Будівельний майданчик повинен бути обладнаний системою блискавкозахисту. Металеві конструкції, електрощити та насосне обладнання підлягають заземленню.

Для організації руху транспорту на будівельному майданчику приймається кільцева схема руху. Передбачається два в'їзди на територію будівництва. Ширина тимчасових доріг для двостороннього руху становить не менше 6 м. Дороги виконуються зі щебеневого покриття та повинні забезпечувати безпечний рух будівельної техніки за будь-яких погодних умов.

Склади будівельних матеріалів необхідно розміщувати поза межами небезпечних зон роботи кранів. Відстань між складськими майданчиками та траншеями повинна виключати можливість обвалення ґрунту.

Для працівників будівельного майданчика передбачаються санітарно-побутові приміщення контейнерного типу. Їх розташовують поблизу входу на майданчик поза небезпечними зонами. Приміщення обладнуються системами вентиляції, опалення та освітлення.

У разі виконання робіт у вечірній та нічний час необхідно забезпечити нормативне освітлення будівельного майданчика. Для освітлення використовуються прожектори та світлодіодні освітлювальні прилади. Окремо передбачається охоронне освітлення території у неробочий час.

При виконанні зварювальних робіт необхідно обладнати спеціальні пости, забезпечені засобами пожежогасіння. Газові балони повинні зберігатися у вертикальному положенні в спеціально відведених місцях.

Особлива увага приділяється безпеці працівників в умовах воєнного стану. На будівельному майданчику необхідно [28]:

- організувати систему оповіщення про повітряну тривогу;
- визначити найближчі укриття;
- розробити план евакуації персоналу;
- забезпечити аварійне освітлення;
- передбачити резервні джерела електроживлення для критичного обладнання;
- проводити інструктажі щодо дій під час надзвичайних ситуацій.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Комплекс водозабірних свердловин і напірних водоводів належить до об'єктів критичної інфраструктури, тому забезпечення його безпечної роботи в надзвичайних ситуаціях має важливе значення для стабільного водопостачання населення.

До можливих надзвичайних ситуацій на об'єкті належать [28]:

- пожежі;
- аварії на електромережах;
- пошкодження трубопроводів;

- затоплення споруд;
- аварії будівельної техніки;
- наслідки військових дій та ракетних ударів.

Для забезпечення пожежної безпеки територія об'єкта повинна відповідати вимогам чинних норм. Між спорудами необхідно витримувати нормативні протипожежні розриви. До всіх споруд мають бути забезпечені пожежні проїзди шириною не менше 3,5 м.

На території об'єкта передбачається зовнішнє протипожежне водопостачання з установленням пожежних гідрантів. Відстань між гідрантами повинна забезпечувати можливість подачі води до будь-якої точки об'єкта.

Павільйони свердловин повинні мати II ступінь вогнестійкості. Будівельні конструкції виконуються з негорючих матеріалів. Електропроводка повинна прокладатися у вогнестійких коробах або трубах.

Для своєчасного виявлення пожеж передбачається встановлення пожежної сигналізації та системи оповіщення. У приміщеннях необхідно встановити порошкові та вуглекислотні вогнегасники.

Евакуаційні виходи повинні бути вільними та позначеними світловими покажчиками. Персонал зобов'язаний проходити навчання та тренування з евакуації і користування первинними засобами пожежогасіння [28].

В умовах військової агресії необхідно передбачити додаткові заходи безпеки [28]:

- створення запасу аварійного обладнання та матеріалів;
- резервування електропостачання за допомогою дизель-генераторів;
- захист систем управління та зв'язку;
- забезпечення аварійного запасу питної води;
- організацію чергування персоналу;
- постійний контроль технічного стану споруд після повітряних атак.

У разі виникнення надзвичайної ситуації персонал повинен діяти відповідно до плану локалізації та ліквідації аварійних ситуацій. Відповідальні особи повинні

забезпечити оперативне оповіщення працівників, виклик аварійних служб та евакуацію людей із небезпечної зони.

Таким чином, реалізація комплексу організаційних та інженерно-технічних заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях забезпечує безпечне виконання будівельно-монтажних робіт, зниження ризику виробничого травматизму, захист працівників та безперебійну роботу системи водопостачання навіть в умовах надзвичайних ситуацій і військової агресії.

4.4 Індивідуальне завдання

Розрахунок штучного освітлення будівельного майданчика

Для забезпечення безпечного виконання будівельно-монтажних робіт у вечірній та нічний час необхідно передбачити нормативне освітлення будівельного майданчика.

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 мінімальна освітленість будівельних майданчиків при виконанні монтажних та земляних робіт повинна становити не менше 20 лк.

Визначимо необхідну кількість прожекторів для освітлення майданчика комплексу водозабірних свердловин.

Вихідні дані:

Площа будівельного майданчика навколо однієї свердловини:

- довжина майданчика – 60 м;
- ширина майданчика – 40 м.

Площа майданчика:

$$S = 60 \times 40 = 2400 \text{ м}^2$$

Нормативна освітленість: $E_n = 20$ лк

Тип прожектора – прийемо світлодіодний прожектор потужністю 200 Вт.

Світловий потік одного прожектора:

$$F = 24000 \text{ лм}$$

Коефіцієнт запасу:

$$k = 1.5$$

Коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta = 0.4$$

Розрахунок:

Необхідний сумарний світловий потік визначається за формулою, лм:

$$\Phi = \frac{E_n \times k \times S}{\eta} \quad (4.1)$$

Підставляємо значення:

$$\Phi = \frac{20 \times 1,5 \times 2400}{0,4} = 180000 \text{ лм}$$

Кількість прожекторів визначаємо за формулою:

$$n = \frac{\Phi}{F} \quad (4.2)$$

Підставляємо значення:

$$n = \frac{180000}{24000} = 7,5 \approx 8 \text{ прожекторів}$$

Приймаємо $n = 8$ прожекторів.

Висновок

Для забезпечення нормативного освітлення будівельного майданчика комплексу водозабірних свердловин у вечірній та нічний час необхідно встановити 8 світлодіодних прожекторів потужністю 200 Вт. Прожектори слід розташувати рівномірно по периметру майданчика на опорах висотою 6–8 м, що забезпечить безпечне виконання робіт та охоронне освітлення території.

ВИСНОВКИ

1. Для селища в Полтавській області виконані водогосподарські розрахунки і складено загальний баланс водоспоживання.
2. Запроєктовані дві тупикові незалежні мережі водопостачання, а саме питного (з підземного джерела) і поливального (із ставка поблизу селища). Мережі виконані із поліетиленових напірних труб. Діаметри труб мереж визначені гідравлічним розрахунком і становлять від 63 до 315 мм.
3. За результатами гідравлічного розрахунку мережі питного водопостачання побудовано п'єзометричну лінію і визначений необхідний напір насосів 2-го підйому та висота стовбура водонапірної вежі.
4. Розраховані регулюючі, акумулюючі і протипожежні ємності в системі, а саме резервуари чистої води (2 по 700 м³), водонапірні вежі Рожновського ВБР-50 (2 по 50 м³) і протипожежні резервуари (6 по 140 м³).
5. Джерелом питної води вибрані артезіанські води Бучацького водоносного горизонту. Для відбору води запроєктований комплекс водозабірних свердловин з наземними павільйонами обслуговування. Кількість свердловин – 3 (2 робочих, 1 резервна). Свердловини обладнані насосами Wilo-EMU NK 82-4.
6. Виконаний докладний проєкт насосної станції системи поливу селища із ставка джерельного живлення. Насосна станція наземного типу з двома горизонтальними насосами Calpeda B-NMS 100/200B (обидва робочі).

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, 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. 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.
5. ДСТУ EN 12201-2:2018 Системи трубопровідних систем для водопостачання, дренажу та каналізації під тиском. Поліетилен (ПЕ). Частина 2. Труби (EN 12201-2:2011 + A1:2013, IDT).- Київ: ДП УкрНДНЦ, 2018. – 27с . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77362, вільний.
6. 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.
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. 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.
9. 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, вільний.

10. 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.
11. 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 , вільний
12. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід і каналізація.- К.: Мінрегіон України, 2013. 113с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=29848, вільний.
13. 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
14. 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.
15. Водонапірні башти Рожновського. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sbk.ltd.ua/uk/vodonapirni-bashti> , вільний
16. 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 , вільний.
17. Wilo — виробник насосів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wilo.com/ua/uk/>, вільний.
18. 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, вільний.
19. Трубопровідна арматура. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://armax.ua/>, вільний.
20. Запірна арматура водопровідна. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aip.com.ua/uk/armatura/>, 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, вільний.

22. 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.
23. Calpeda в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.calpeda.com.ua/ua/>, вільний.
24. 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.
25. Епоян С.М., Друшляк О.Г., Сташук В.А., Сироватський О.А., Карагяур А.С., Ісакієва О.Г. Водозабірні споруди і насосна станція першого підйому: Начально-методичний посібник. – Х.: ХНУБА, 2012. – 67с.
26. 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.
27. 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, вільний.
28. 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_Compedium_Ukraine.pdf