

**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 бакалавра

на тему

«Проектування системи господарсько-питного водопостачання  
для міста чисельністю 90000 чоловік»

Виконала: здобувачка освіти 4-го курсу,  
групи ХарЦІ 2022-13  
спеціальності 192 – Будівництво та  
цивільна інженерія  
освітня програма «Цивільна інженерія»  
**Ляшенко Ірина Василівна**  
Керівник доц. Гайдучок О.Г.  
Рецензент доц. Лукашенко С.В.

Харків - 2026 року

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. Бекетова

Інститут Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії


Кафедра водопостачання, водовідведення і очищення вод

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма «Цивільна інженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

 Завідувач кафедри ВВ і ОВ  
проф. Карагяур А.С.  
«\_\_\_» червня 2026 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ОСВІТИ

Ляшенко Ірина Василівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування системи господарсько-питного водопостачання для міста чисельністю 90000 чоловік

керівник роботи к.т.н., доц. Гайдучок О.Г.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “27” 02 2026 р. №187-03

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Генплан міста. Чисельність населення міста для розрахункового періоду – 90000 чол. Норми водоспоживання – 228 л/доб·чол. Норма на полив складає 73 л/доб·чол. Водонапірна башта на початку мережі. Каламутність вихідної води у джерелі (максимальна) – 190 мг/л, каламутність (мінімальна) – 80, мг/л; забарвленість – 49 градусів, лужність – 3,6 ммоль/л. Поверховість житлових будинків – 8. В місті знаходиться 2 промислових підприємства, характеристика їх в Додатку до завдання.



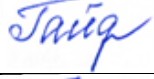
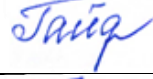
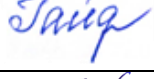

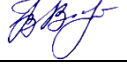
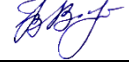


4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості. 2. Технологічна частина. 3. Охорона навколишнього середовища. 4. Охорона праці

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

1) Генплан міста. 2) П'єзометрична лінія 3,4) Водозабір та НС-І. План. Розрізи.

5) Генплан очисних споруд 6) Заходи щодо охорони навколишнього середовища та охорони праці.

**6. Консультанти розділів проекту (роботи)**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загальні відомості	доц. Гайдучок О.Г.		
Технологічна частина	доц. Гайдучок О.Г.		
Охорона навколишнього середовища	доц. Гайдучок О.Г.		
Охорона праці	доц. Барбашин В.В.		
Показник оригінальності роботи	доц. Сорокіна К.Б.		
Допуск до захисту	проф. Карагяур А.С.		

7. Дата видачі завдання 02.03.2026 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Загальна частина	02.03 – 14.03	
2	Технологічна частина	10.03 – 15.05	
3	Охорона навколишнього середовища	15.03 – 25.05	
4	Охорона праці	10.04 – 20.05	
5	Графічна частина	12.04 – 30.05	
6	Оформлення і захист	01.06 – 24.06	

Здобувачка освіти



Ірина ЛЯШЕНКО

Керівник роботи



Олександр ГАЙДУЧОК

**ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
бакалавра  
здобувачці освіти 4-го курсу,  
групи ХарЩІ 2022-1з  
Ляшенко І.В.

1. Населення міста для розрахункового періоду **90000** чол.
2. Норма середньодобового водоспоживання **228** л/доб.чол.
3. Норма на полив **73** л/доб.чол.
4. Коефіцієнт добової та годинної нерівномірності  $K_{\text{доб.мах}} = 1,22$  і  $K_{\text{год.мах}} = 1,3$ .
5. Джерело водопостачання поверхнєве джерело річка
6. Дані по промисловим підприємствам:

<b>Відомості про промпідприємства</b>	<b>№1</b>	<b>№2</b>
Кількість змін	3	3
Кількість працюючих (чол.)	800	1330
I зміну	320	500
у II зміну	270	450
у III зміну	210	380
Кількість працюючих у „гарячих” цехах у % від загального числа працюючих у I зміну	45	25
у II зміну	40	35
у III зміну	35	40
Кількість працюючих, які користуються душом, у % від загального числа працюючих у зміну у „гарячих” цехах у I зміну	100	70
у II зміну	100	70
у III зміну	80	85
Кількість працюючих, які користуються душом, у % від загального числа працюючих у зміну у „холодних” цехах у I зміну	60	45
у II зміну	40	55
у III зміну	40	70
Витрати води на технологічні потреби, л/с	8,2	10

**Здобувачка освіти**



Ірина ЛЯШЕНКО

**Керівник роботи**



Олександр ГАЙДУЧОК

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра включає чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел і графічну частину. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи бакалавра складає 74 сторінки, 19 таблиць та 7 рисунків, список використаних джерел містить 26 позицій.

*ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОЗАБІР, ВОДОПІДГОТОВКА, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ОХОРОНА ПРАЦІ.*

*Мета роботи* – розроблення комплексної системи господарсько-питного водопостачання міста на підставі гідравлічних розрахунків мереж, обґрунтування вибору поверхневого джерела та проектування споруд водопідготовки відповідно до чинних нормативних вимог.

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню та розрахунку системи господарсько-питного водопостачання міста.

В розділі «**Загальні відомості**» проведено аналіз природно-кліматичних, гідрологічних та геологічних умов району розташування об'єкта, а також виконано обґрунтування вибору джерела водопостачання.

В розділі «**Технологічна частина**» розраховано добове та погодинне водоспоживання міста, побудовано графіки водоспоживання і подачі води насосними станціями. Виконано гідравлічний розрахунок водопровідної мережі, підібрано водопровідні споруди та обладнання системи водопостачання. На основі аналізу якості вихідної води розроблено технологічну схему її підготовки, що включає процеси освітлення, очищення та знезараження. Запроектовано водозабірні споруди, насосну станцію першого підйому, комплекс очисних споруд і резервуари чистої води, що забезпечують подачу споживачам води нормативної якості.

В розділі «**Охорона навколишнього середовища**» розглянуто заходи щодо зменшення негативного впливу об'єктів водопостачання на довкілля, а також питання захисту трубопроводів і споруд від корозійного руйнування. У розділі охорони праці наведено організаційні та технічні заходи, спрямовані на забезпечення безпечних умов праці персоналу під час будівництва та експлуатації споруд системи водопостачання.

В розділі «**Охорона праці**» розглянуто основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що можуть виникати під час експлуатації споруд водопостачання. Наведено заходи щодо забезпечення безпечної роботи персоналу, дотримання вимог електро- та пожежної безпеки, виробничої санітарії, а також використання засобів індивідуального захисту. Запропоновані рішення спрямовані на зниження професійних ризиків та створення безпечних умов праці.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	9
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	18
3 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	49
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
ВИСНОВКИ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72

## ВСТУП

Забезпечення населення якісною питною водою є одним із найважливіших завдань сучасного житлово-комунального господарства та невід'ємною складовою сталого розвитку населених пунктів. Водопостачання належить до об'єктів критичної інфраструктури, оскільки від його безперебійної роботи залежать санітарно-гігієнічні умови проживання населення, функціонування промислових підприємств, закладів соціальної сфери та пожежна безпека територій.

Зростання чисельності населення, розвиток промисловості та урбанізаційні процеси супроводжуються збільшенням потреб у водних ресурсах і висувають підвищені вимоги до ефективності систем водопостачання. Одночасно спостерігається погіршення якості природних водних джерел внаслідок антропогенного навантаження, що потребує впровадження сучасних технологій водопідготовки та раціонального використання водних ресурсів.

Важливим завданням під час створення та модернізації систем водопостачання є забезпечення подачі споживачам води у необхідній кількості та відповідної якості згідно з чинними санітарними нормами. Для цього необхідно здійснювати комплексний підхід до проектування споруд і мереж водопостачання, який охоплює вибір джерела води, її забір, транспортування, очищення, знезараження, зберігання та подачу споживачам.

Особливої актуальності питання надійного водопостачання набувають в умовах сучасних викликів, пов'язаних зі зміною клімату, нерівномірністю розподілу водних ресурсів та необхідністю підвищення стійкості об'єктів критичної інфраструктури. Тому розроблення ефективних технічних рішень у сфері водопостачання залишається одним із пріоритетних напрямів розвитку інженерних систем населених пунктів та важливою складовою забезпечення комфортних умов життя населення.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Проектування системи водопостачання здійснюється для міста з численістю 90000 чоловік, яке розташоване в південно-західній частині Черкаської області, на Придніпровській височині, на обох берегах річки Уманки. Відстань від міста до обласного центру (м. Черкаси) становить близько 190 км.

Черкаська область розташована у центральній лісостеповій частині України, в середній течії Дніпра та Південного Бугу. Вона межує на півночі з Київською, на сході — з Полтавською, на півдні — з Кіровоградською та на заході — з Вінницькою областями. Площа Черкаської області складає 20,9 тис. км<sup>2</sup>.

Рельєф міської та приміської зон відповідає Придніпровській височині: абсолютні позначки поверхні коливаються від 200 до 275 м над рівнем моря за Балтійською системою висот. Загальний характер рельєфу - це хвилясто-горбистий, розчленований долинами річок і балок. Розвинена транспортна інфраструктура і наявність промислових підприємств обумовлюють підвищені вимоги до надійності системи водопостачання.

### 1.1. Клімат та метеорологічні характеристики

Клімат району, де знаходиться місто, що розглядається, помірно континентальний, з відносно м'якою зимою та теплим літом. Місто розташоване поблизу межі лісостепу і степу, що впливає на показники річної норми опадів та вищу випаровуваність порівняно з більш північними регіонами Черкаської області. Кліматичні характеристики узагальнені за даними багаторічних спостережень метеостанції Умань (1961–2020 рр.) [1].

Середньорічна температура повітря становить +8,9 °С. Найхолоднішим місяцем є січень (–5,4 °С), найтеплішим — липень (+22,8 °С). Тривалість безморозного періоду — 170–185 діб. Сніговий покрив встановлюється в кінці грудня і зберігається до середини лютого (45–55 діб). Максимальна глибина

промерзання ґрунтів — 0,9–1,05 м. В табл. 1.1 показано середньомісячні температури повітря та кількість опадів за період 1961 – 2020 рр.

Таблиця 1.1 – Кліматичні показники метеостанції Умань: середньомісячна температура повітря та кількість опадів (1961–2020 рр.) [1]

Поз	Січ	Лют	Бер	Квіт	Трав	Черв	Лип	Серп	Вер	Жовт	Лист	Груд	Рік
Т пов, °С	-5,4	-4,6	1,2	10,1	16,8	20,5	22,8	22,1	15,9	9,0	2,3	-3,5	8,9
Оп. мм	35	32	36	41	54	71	68	54	48	45	43	44	571

Річна сума опадів — 571 мм. Переважна частина опадів припадає на теплий сезон (червень–серпень). Пануючі напрямки вітрів — північно-західний та північний, середня швидкість — 3,8–4,5 м/с. Відносна вологість повітря коливається від 62 % (у травні) до 87 % (у грудні). Приміська степова складова клімату посилює водозабезпечення за рахунок весняного сніготанення, проте скорочує літню ресурсну складову малих місцевих водотоків, що є вагомим аргументом на користь залучення зовнішнього поверхневого джерела.

## 1.2. Гідрографічна мережа та водні ресурси регіону

Місто розташоване в басейні Південного Бугу — однієї з найбільших річок України, що не перетинає кордони іншої держави у своїх витоках. Найближчим до міста поверхневим водотоком є річка Уманка — ліва притока Ятрані (басейн Південного Бугу). В межах міста та прилеглих територій протікають також річки Кам'янка, Чіканка та Паланка; на них споруджено одинадцять штучних ставків, що частково задовольняють зрошувальні та рибогосподарські потреби.

Річка Уманка бере початок поблизу с. Багачівка, протікає переважно на південний схід та впадає до р. Ятрань на південь від с. Сушківка. Довжина річки — 43 км, площа водозбірного басейну — 411 км<sup>2</sup>, похил русла — 2,1 м/км. Долина завширшки до 2 км, завглибшки до 40 м; заплава асиметрична, завширшки до 200 м. Річище звивисте, у середній течії шириною до 5 м, глибиною 0,4–0,6 м. Поряд розташований найбільший водний об'єкт — Осташівський став (площа дзеркала 58,5 га, об'єм 994 тис. м<sup>3</sup>, середня глибина 3,0–3,2 м).

На відстані 130 км на північ розташоване Білоцерківське водосховище на р. Рось з пропускною здатністю 0,23 м<sup>3</sup>/с. Річка Рось загальною довжиною 378,3 км та площею басейну 12 749 км<sup>2</sup> є правою, однією з найбільших приток Дніпра. На Росі споруджено 10 руслових водосховищ (найбільші — Верхнє Білоцерківське та Стеблівське).

### 1.3. Гідрологічна характеристика р. Рось

Гідрологічний режим р. Рось має виражений сезонний характер і визначається переважно снігово-дощовим типом живлення: поверхневий стік близько 60 %, підземне живлення — 30–35 %, решта — безпосередні атмосферні опади на водну поверхню. Середньорічна мінералізація води зростає від 370 мг/дм<sup>3</sup> у верхів'ях до 420–430 мг/дм<sup>3</sup> біля гирла.

На гідрологічному посту поблизу м. Корсунь-Шевченківський середня багаторічна витрата складає 22,0 м<sup>3</sup>/с, а в гирлі річки — 25,4 м<sup>3</sup>/с (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Середньомісячні витрати р. Рось у районі Білоцерківського водозабору (середнє за 1981–2020 рр.), м<sup>3</sup>/с [2]

Міс	Січ	Лют	Бер	Квіт	Трав	Черв	Лип	Серп	Вер	Жовт	Лист	Груд
Q, м <sup>3</sup> /с	4,1	4,8	28,6	48,2	22,4	8,7	4,2	3,6	4,0	6,1	9,8	6,5

Паводковий максимум формується у березні–квітні за рахунок сніготанення, з піком у першій декаді квітня. Максимальна витрата 10 % забезпеченості у верхній течії сягає 48–55 м<sup>3</sup>/с. Мінімальна витрата 95 % забезпеченості у меженний літньо-осінній та зимовий період складає приблизно 3,2 м<sup>3</sup>/с.

Навіть у найнесприятливіший рік мінімальна витрата р. Рось у районі Білоцерківського водозабору ( $\approx 2,8$  м<sup>3</sup>/с) більш ніж у 9 разів перевищує об'єми водозабору для потребу розрахункового міста ( $\approx 0,42$  м<sup>3</sup>/с), що є перевагою саме поверхневого водозабору з р. Рось.

Щодо місцевої р. Уманка: навіть у весняний паводковий пік середньомісячна витрата не перевищує 0,5–0,8 м<sup>3</sup>/с, а в меженний літній та зимовий період знижується до 0,02–0,06 м<sup>3</sup>/с, що є абсолютно недостатнім для забезпечення потреб міста. Тому р. Уманка може розглядатись лише як резервне або аварійне джерело для незначних потреб, але не як основне.

#### 1.4. Якісна характеристика поверхневих вод

Оцінка якості вихідної води виконана на підставі гідрохімічних характеристик р. Рось у районі Білоцерківського водозабору відповідно до нормативних показників [3-5]. Вода р. Рось відноситься до гідрокарбонатно-кальцієвого типу і класифікується як «помірно чиста» (клас I–II), що є кращим вихідним показником порівняно з більшістю поверхневих джерел центральної України.

Таблиця 1.3 – Якісна характеристика вихідної води р. Рось у районі Білоцерківського водозабору

Показник	Одиниці	Значення
Завислі речовини (каламутність)	мг/л	12–180
Забарвленість	градуси	52
Лужність	ммоль/л	4,0
pH	–	7,3–8,0

Показник	Одиниці	Значення
Мінералізація	мг/л	370–430
БСК <sub>5</sub>	мг О <sub>2</sub> /л	до 3,0
Залізо загальне	мг/л	до 0,2
Твердість	мг-екв/л	5,2–6,4

Характерною особливістю вод р. Рось є відносно помірною каламутністю: у паводок до 180 мг/л, у межень — мінімально 12 мг/л. Це значно нижче, ніж для рівнинних річок зі значним сільськогосподарським навантаженням (наприклад, р. Інгул, р. Синюха). Підвищена твердість (5,2–6,4 мг-екв/л) є одним із лімітуючих показників і потребує заходів пом'якшення у технологічній схемі водопідготовки. Лужність 3,5-4,0 ммоль/л забезпечує ефективне коагулювання.

Порівняно з іншими поверхневими джерелами регіону (Гірський Тікич, Синюха) р. Рось має кращу якість вихідної води і більш стабільну гідрохімічну характеристику завдяки природній буферній ємності водосховищ і значній залісеності водозбору у верхній та середній течіях.

### 1.5. Ґрунтовий покрив та геологічна будова

Геологічна будова території визначається наявністю докембрійського кристалічного фундаменту Українського щита, перекритого осадовим чохлам потужністю 30–120 м. Корінні породи представлені гранітогнейсами, мігматитами, кристалічними сланцями, місцями виходять на поверхню у берегових урвищах долини р. Уманки.

Осадовий чохла складається з відкладів крейдового та палеогенового віку — мергелів, крейди, пісковиків, глин — перекритих четвертинними лесоподібними суглинками потужністю 8–20 м. Алювіальні відклади р. Уманки і її приток — різнозернисті піски та супіски завтовшки 3–6 м — є продуктивним водоносним горизонтом з рівнем залягання 2,0–5,5 м від поверхні.

Ґрунтовий покрив зони водозбору відрізняється домінуванням чорноземів. Переважаючий тип — чорноземи типові малогумусні та середньогумусні реградовані (гумус 4,0–5,8 %). На водорозділах — чорноземи звичайні (гумус 4,5–6,2 %). У заплавах річок — лучно-чорноземні та лучні глейові ґрунти. Глибина залягання підземних вод у заплаві р. Уманки — 1,5–4,0 м; на першій надзаплавній терасі — 5,0–10,0 м; на вододілах — 12–30 м.

Глибина промерзання ґрунтів у межах району становить 0,85–1,05 м. Карстових і суфозійних процесів у зоні проєктованого водозбору не виявлено.

### **1.6. Рослинний світ та екологічний стан**

Рослинність району належить до лісостепової зони з елементами степового рослинного покриву на вододілах. Природна рослинність збереглася переважно у долинах річок та парках. Відомим зеленим об'єктом національного значення є дендропарк «Софіївка» НАН України — пам'ятка садово-паркового мистецтва (181,5 га), розташована в долині р. Уманки і частково виконує роль природного буферного фільтру. Лісистість водозбірного басейну р. Уманки — 14–18 %.

Прибережна рослинність р. Уманки представлена вербово-тополевыми гаями (*Salix alba*, *Populus nigra*), вільхою клейкою (*Alnus glutinosa*), фрагментами лучно-трав'яної рослинності. Водна рослинність Осташівського ставу включає очерет звичайний (*Phragmites australis*), рогіз широколистий (*Typha latifolia*), латаття біле (*Nymphaea alba*). На вододільних плато — степова різнотравно-злакова рослинність (ковила, типчак, тонконіг).

Сільськогосподарські угіддя займають близько 70 % площі водозбору р. Уманки, що є основним чинником забруднення місцевих поверхневих вод мінеральними добривами, пестицидами та завислими речовинами. Саме тому місцева р. Уманка не може бути рекомендована як основне джерело питного водопостачання без суттєвих капітальних вкладень у захист водозбірної площі та потужні очисні споруди. Стан р. Рось у верхній і середній течіях оцінюється

як задовільний з покращенням протягом останнього десятиліття завдяки скороченню промислового скидання.

### 1.7. Обґрунтування вибору поверхневого джерела водопостачання

Вибір джерела водопостачання є одним із найвідповідальніших проектних рішень, що визначає всю подальшу архітектуру системи: тип і конструкцію водозабору, склад і потужність очисних споруд, параметри насосних станцій та техніко-економічну ефективність об'єкта в цілому. Для проєктованого міста з чисельністю 90 000 мешканців виконано порівняння трьох варіантів водопостачання: підземне джерело (свердловини Уманського родовища) та поверхневе джерело (р. Рось). В табл. 1.4. показана порівняльна характеристика альтернативних джерел водопостачання.

Таблиця 1.4 – Порівняльна характеристика альтернативних джерел водопостачання для міста з чисельністю 90000 мешканців

Критерій оцінки	Підземне джерело (свердловини)	Поверхневе джерело (р. Рось)	Перевага
Потенційна витрата	0,04–0,08 м <sup>3</sup> /с (обмежена свердловинами)	до 48,2 м <sup>3</sup> /с (паводок р. Рось)	Рось
Розрахункова потреба міста	≈ 0,31 м <sup>3</sup> /с — дефіцит підземних вод!	0,31 м <sup>3</sup> /с забезпечується	Рось
Захищеність від забруднень	Висока (природна фільтрація)	Потребує повного циклу очищення	Свердловини
Надійність та стабільність	Ризик виснаження горизонту	Регульований стік; водосховища	Рось
Масштабованість	Обмежена	Висока (водогін Б.Церква–Умань)	Рось
Відповідність ДБН В.2.5-74	Потребує доп. обґрунтування	Рекомендоване для міст >10 тис.	Рось

Аналіз показав, що місцева р. Уманка у меженний літньо-осінній та зимовий період має витрату лише 0,02–0,06 м<sup>3</sup>/с, що у 6–18 разів менше від розрахункової добової потреби міста (0,42 м<sup>3</sup>/с). Навіть з урахуванням Осташівського ставу (об'єм 994 тис. м<sup>3</sup>) загальний поверхневий водний ресурс місцевого походження недостатній для безперебійного водопостачання протягом усього року.

Підземні горизонти Уманського родовища підземних вод, незважаючи на їх добру природну захищеність, також мають обмежений продуктивний дебіт. Відповідно до технічної документації [6], свердловини всіх водозаборів в цьому районі разом у сумі не забезпечують більш ніж 10–12 тис. м<sup>3</sup>/добу при потребі міста 36 тис. м<sup>3</sup>/добу. Крім того, частина свердловин (Осташівський водозабір) знаходиться в резерві через забрудненість нітратами, що підтверджує обмеженість і вразливість підземного ресурсу.

Єдиним надійним джерелом, здатним стабільно покрити повну розрахункову потребу міста, є р. Рось. Крім того, р. Рось як основного поверхневого джерела водопостачання відповідає наступним вимогам: нормативам [7, 8] щодо вибору основного джерела для міст з чисельністю понад 10 000 мешканців; вища якість вихідної води порівняно з місцевими річками регіону; можливість облаштування зон санітарної охорони (ЗСО) першого, другого і третього поясів відповідно до чинних санітарних норм — у верхній течії р. Рось є достатній прибережний простір для розміщення нормативних ЗСО; збереження підземних водних ресурсів як стратегічного резерву та аварійного джерела водопостачання — у разі форс-мажорних обставин чи аварії на водогоні наявні свердловини забезпечать мінімальні потреби населення; нижча питома собівартість водопідготовки порівняно з глибокими артезіанськими свердловинами при умові достатньої потужності спільних водоочисних споруд.

Таким чином, на підставі гідрологічних розрахунків, техніко-економічного порівняння альтернативних варіантів та відповідності чинній нормативній базі, р. Рось приймається як основне поверхнєве джерело

господарсько-питного водопостачання проєктованого міста. Водозабір проєктується берегового типу з самопливними водоводами та береговим колодязем, що є оптимальним рішенням для зарегульованих водотоків зі стабільним рівнем і помірними коливаннями витрати.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

В першому розділі проведено обґрунтований вибір джерела водопостачання. Як джерело прийнято річку Рось, з якої здійснюється забір води для забезпечення населення міста господарсько-питними потребами. Також система розрахована на подачу води для поливу зелених насаджень та миття вулично-дорожньої мережі. Окремо враховано потреби пожежогасіння, для яких передбачено подачу необхідної кількості води в разі виникнення пожежі навіть у період найбільшого водоспоживання.

### 2.1 Витрати води на питні потреби

Максимально добові витрати визначаємо:

$$Q_{\text{макс}} = \frac{q_{\text{н}} \cdot N}{1000} \times K_{\text{доб}}, \quad (2.1)$$

Завданням встановлено, що норма на господарсько-питні потреби на 1 мешканця складає 228 л/доб, а кількість споживачів - 90000 чол, коефіцієнт добової нерівномірності - 1,17.

$$Q_{\text{макс}} = \frac{228 \cdot 90000}{1000} \times 1,22 \approx 25034,4 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Враховуючи 10% втрати води в системі, коригуємо максимально добові витрати:

$$Q_{\text{макс}} = 1,1 \times 25034,4 \approx 27537,8 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Для подальших розрахунків переводимо з макимальний добових значень, в максимально годинні витрати для даного міста:

$$Q_{\text{макс.год}} = \frac{Q_{\text{макс}}}{24} \times K_{\text{год.нер}}, \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{макс}} = \frac{27537,8}{24} \times 1,3 \approx 1491,6 \text{ м}^3/\text{год або } 414 \text{ л/с.}$$

### 2.2 Витрати води для різних споживачів

Полив зелених насаджень, площ, миття майданчиків та вулиц визначається:

$$Q_{\text{пол}} = \frac{q_{\text{пол}} \cdot N}{1000}, \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{пол}} = \frac{73 \cdot 90000}{1000} = 6570 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Таким чином, води на полив необхідно: **4599 м<sup>3</sup>/добу** при механізованому способі (полівальні машини) та **1971 м<sup>3</sup>/добу** для ручного поливу.

Розрахунок потреб у воді на промислових підприємствах, які розташовані в місті, визначаються за наступними залежностями:

$$Q_{\text{під}} = \sum Q_{\text{гар.цех}} + \sum Q_{\text{хол.цех}} + \sum Q_{\text{душ}} + \sum Q_{\text{техн}}, \quad (2.4)$$

Подальший розрахунок проводимо в табличній формі (табл. 2.1).

### 2.3 Загальне водоспоживання міста

Розрахунок загального водоспоживання місті проводимо за наступною формулою:

$$Q_{\text{місто}} = Q_{\text{макс}} + \sum Q_{\text{під},i} + \sum Q_{\text{пол}}, \quad (2.5)$$

$$Q_{\text{пож}} = 27537,8 + 6570 + 799,4 + 973,6 = 35880,8 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Окремо визначаємо витрати води на гасіння пожеж:

$$Q_{\text{пож}} = 3,6 \times q_{\text{пож}} \times n_{\text{пож}} \times T_{\text{пож}}, \quad (2.6)$$

Згідно з [7], витрата води на гасіння однієї пожежі становить 35 л/с; одночасно виникнення 2 пожеж, а тривалість їх ліквідації — 3 години.

$$Q_{\text{пож}} = 3,6 \cdot 35 \cdot 2 \cdot 3 = 756 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Розрахунок добового водоспоживання виконується для кожної години доби в табличній формі (табл. 2.2) з урахуванням усіх категорій споживачів. З метою забезпечення надійного водопостачання споживачів у години найбільших витрат води проєктом передбачено встановлення водонапірної башти, яка компенсує нерівномірність водоспоживання протягом доби. Подачу насосів для режиму мінімального водоспоживання визначаємо за такою залежністю:

$$q_{II} = \frac{100 - q_I t_I}{t_{II}} = \frac{100 - q_I t_I}{(24 - t_I)}$$

Ступінчастий графік зміни водоспоживання міста протягом доби, побудований на основі погодинного розподілу витрат води, наведено на рис. 2.1. Сумарний графік водоспоживання з урахуванням подачі води насосною станцією другого підйому та роботи регулювальних споруд представлено на рис. 2.2. Наведені графіки дають змогу оцінити нерівномірність водоспоживання впродовж доби та обґрунтувати режим роботи насосного обладнання і необхідний об'єм регулювальних ємностей.

Таблиця 2.1 – Розрахункові витрати води на промислових підприємствах

№ підприємства	Зміни	Кількість працюючих								Розрахункові витрати води							Загальна витрата	
		Загальна	У «гарячих» цехах		У «холодних» цехах		Користуються душем		На господарські-питні потреби		На душові потреби працюючих			На технологічні потреби				
			чол.	%	чол.	чол.	У «гарячих» цехах		У «холодних» цехах		У «гарячих» цехах	У «холодних» цехах	У «гарячих» цехах	У «холодних» цехах	Усього	q, л/с		Q
							%	чол.	%	чол.								
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	I	320	45	144	176	100	144	60	105	6,48	4,4	14,4	7,54	21,94	8,4	241,9	274,7	
	II	270	40	108	162	100	108	40	58	4,86	4,05	10,8	4,6	15,4	8,4	241,9	266,25	
	III	210	35	74	136	80	64	40	55	3,31	3,41	5,9	3,9	9,8	8,4	241,9	258,4	
		<b>800</b>									<b>14,64</b>	<b>11,86</b>			<b>47,14</b>		<b>725,7</b>	<b>799,4</b>
2	I	500	25	125	375	70	88	45	169	5,6	9,4	8,75	12,05	20,8	10	288	323,8	
	II	450	35	158	292	70	110	55	161	7,1	7,3	11	11,5	22,5	10	288	324,9	
	III	380	40	152	228	85	129	70	160	6,8	5,7	12,9	11,4	24,3	10	288	324,9	
		<b>1330</b>									<b>19,5</b>	<b>22,4</b>			<b>67,6</b>		<b>864</b>	<b>973,6</b>

Таблиця 2.2 – Розрахунок сумарного водоспоживання міста

Години	Водоспоживання на господарсько-питні потреби населення,	Водоспоживання на полив, м <sup>3</sup> /год	Промпідприємство № 1						Промпідприємство № 2						Сумарне водоспоживання	
			на господарсько-питні потреби працюючих				душові витрати, м <sup>3</sup> /год	витрати води на технологічні потреби, м <sup>3</sup> /год	на господарсько-питні потреби працюючих				душові витрати, м <sup>3</sup> /год	витрати води на технологічні потреби, м <sup>3</sup> /год		
			у «гарячих» цехах		у «холодних» цехах				у «гарячих» цехах		у «холодних» цехах					
			%	м <sup>3</sup> /год	%	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /год	%	м <sup>3</sup> /год	%	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /год		
1	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0-1	881,2		12,05	0,398	6,25	0,213	15,4	30,24	12,05	0,82	6,25	0,356	22,5	36	987,1	2,75
1-2	894,9		12,05	0,398	12,5	0,43		30,24	12,05	0,82	12,5	0,712	-	36	963,5	2,69
2-3	798,6		12,05	0,398	12,5	0,43		30,24	12,05	0,82	12,5	0,712	-	36	867,1	2,41
3-4	798,6		12,05	0,398	18,75	0,64		30,24	12,05	0,82	18,75	1,07	-	36	867,7	2,42
4-5	922,5		12,05	0,398	6,25	0,213		30,24	12,05	0,82	6,25	0,356	-	36	990,5	2,76
5-6	1032,6	615,9	12,05	0,398	12,5	0,43		30,24	12,05	0,82	12,5	0,712	-	36	1717,2	4,79
6-7	1142,8	615,9	12,05	0,398	12,5	0,43		30,24	12,05	0,82	12,5	0,712	-	36	1827,3	5,09
7-8	1280,5	615,9	15,65	0,518	18,75	0,64	9,8	30,24	15,65	1,07	18,75	1,07	24,3	36	1965,9	5,48
8-9	1390,7	287,4	12,05	0,78	6,25	0,275		30,24	12,05	0,68	6,25	0,58		36	1780,7	4,96
9-10	1487	287,4	12,05	0,78	12,5	0,55		30,24	12,05	0,68	12,5	1,17		36	1843,9	5,14
10-11	1335,6	287,4	12,05	0,78	12,5	0,55		30,24	12,05	0,68	12,5	1,17		36	1692,4	4,72
11-12	1226,7	287,4	12,05	0,78	18,75	0,825		30,24	12,05	0,68	18,75	1,76		36	1624,4	4,53
12-13	1239,2	287,4	12,05	0,78	6,25	0,275		30,24	12,05	0,68	6,25	0,58		36	1595,1	4,45
13-14	1184,1	287,4	12,05	0,78	12,5	0,55		30,24	12,05	0,68	12,5	1,17		36	1540,9	4,29
14-15	1211,7	287,4	12,05	0,78	12,5	0,55		30,24	12,05	0,68	12,5	1,17		36	1568,5	4,37
15-16	1252,9	287,4	15,65	1,01	18,75	0,825		30,24	15,65	0,88	18,75	1,76		36	1611,1	4,49
16-17	1239,2	287,4	12,05	0,59	6,25	0,253	21,94	30,24	12,05	0,85	6,25	0,457	20,8	36	1637,7	4,56
17-18	1170,4	287,4	12,05	0,59	12,5	0,51		30,24	12,05	0,85	12,5	0,914		36	1526,8	4,26
18-19	1225,4	287,4	12,05	0,59	12,5	0,51		30,24	12,05	0,85	12,5	0,914		36	1581,9	4,41

Години	Водоспоживання на господарсько-питні потреби населення,	Водоспоживання на полив, м <sup>3</sup> /год	Промпідприємство № 1						Промпідприємство № 2						Сумарне водоспоживання	
			на господарсько-питні потреби працюючих				душові витрати, м <sup>3</sup> /год	витрати води на технологічні потреби, м <sup>3</sup> /год	на господарсько-питні потреби працюючих				душові витрати, м <sup>3</sup> /год	витрати води на технологічні потреби, м <sup>3</sup> /год		
			у «гарячих» цехах		у «холодних» цехах				у «гарячих» цехах		у «холодних» цехах					
			%	м <sup>3</sup> /год	%	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /год	%	м <sup>3</sup> /год	%	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /год	м <sup>3</sup> /год		
1	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
19-20	1211,7	615,9	12,05	0,59	18,75	0,76		30,24	12,05	0,85	18,75	1,371		36	1897,4	5,29
20-21	1211,7	615,9	12,05	0,59	6,25	0,253		30,24	12,05	0,85	6,25	0,457		36	1895,9	5,28
21-22	1239,2	328,5	12,05	0,59	12,5	0,51		30,24	12,05	0,85	12,5	0,914		36	1636,8	4,56
22-23	1156,6		12,05	0,59	12,5	0,51		30,24	12,05	0,85	12,5	0,914		36	1225,6	3,42
23-24	963,8		15,65	0,76	18,75	0,76		30,24	15,65	1,1	18,75	1,371		36	1034,0	2,88
<b>Σ</b>	<b>27537,8</b>	<b>6570</b>	–	<b>14,64</b>	–	<b>11,86</b>	<b>47,14</b>	<b>725,7</b>	–	<b>19,5</b>	–	<b>22,4</b>	<b>67,6</b>	<b>864</b>	<b>35880,8</b>	<b>100</b>

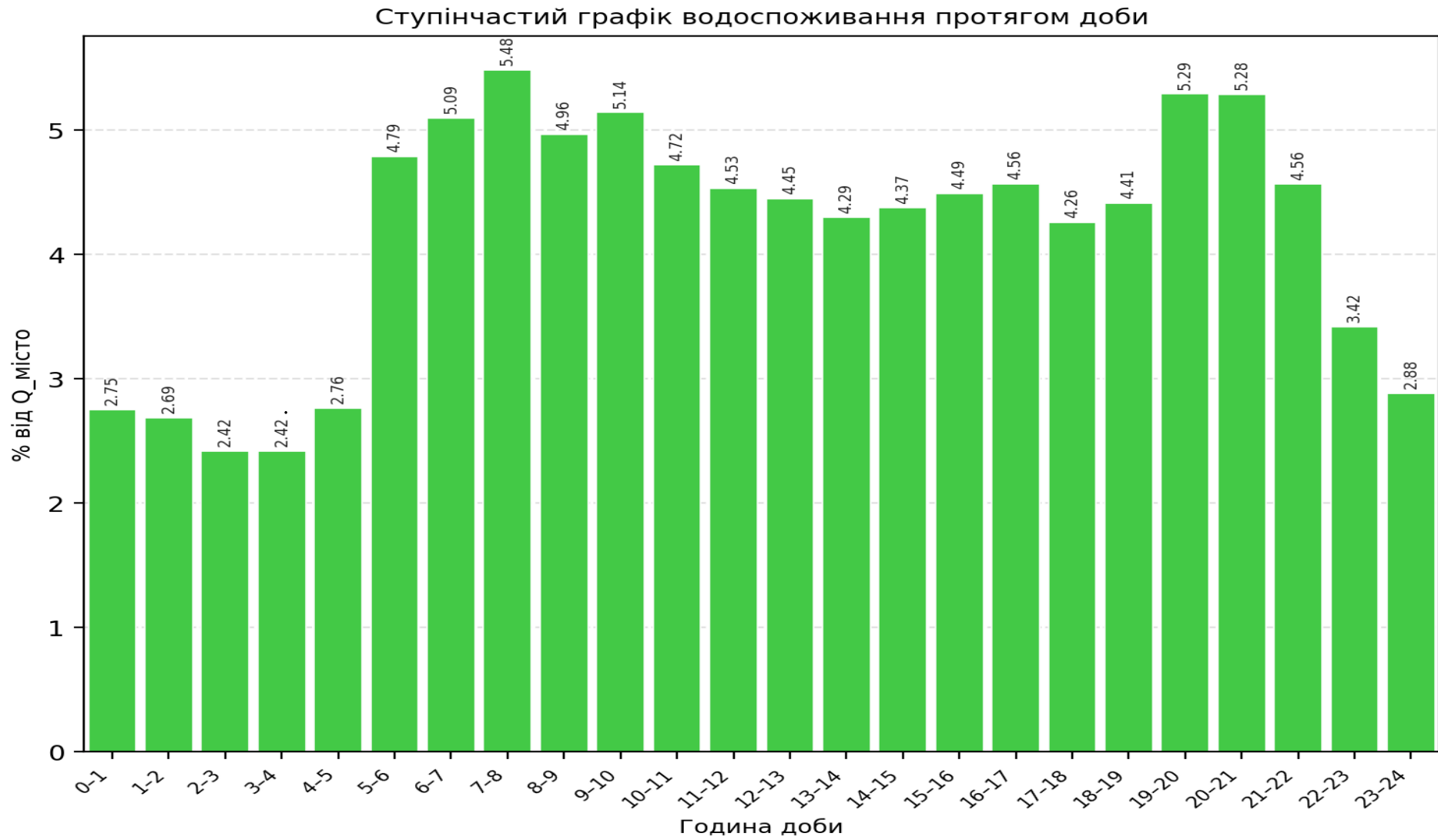


Рисунок 2.1 – Ступінчастий графік зміни водоспоживання в місті протягом доби

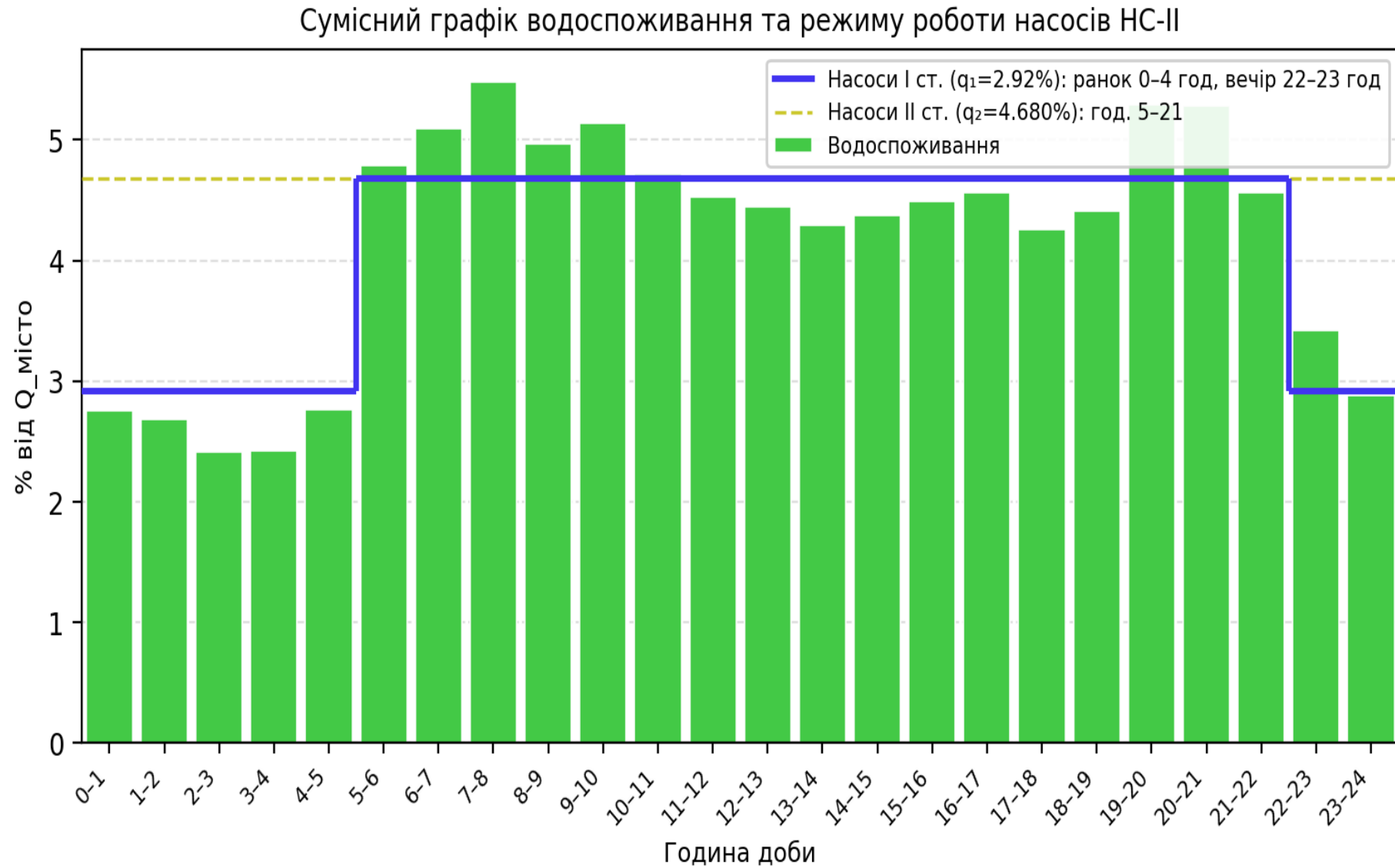


Рисунок 2.2 – Сумарний добовий графік водоспоживання міста разом із графіком подачі води з НС-II

Розрахунок регулюючого об'єму виконуємо:

$$W_{\text{вод}} = \frac{a_{\text{рег}} \cdot Q_{\text{міст}}}{100}, \quad (2.7)$$

Надходження води до резервуара та її відбір із нього визначаємо в табличній формі, результати розрахунків наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Надходження та витрати води в резервуарі

<b>Години доби</b>	<b>Подача води насосами</b>	<b>Водоспоживання</b>	<b>Надходження води в бак</b>	<b>Витрата води з баку</b>	<b>Залишок води в баку</b>
0-1	2,92	2,75	0,169		0,698
1-2	2,92	2,69	0,234		0,933
2-3	2,92	2,41	0,503		1,436
3-4	2,92	2,42	0,502		1,937
4-5	2,92	2,76	0,159		2,097
5-6	4,68	4,79	-0,106		1,991
6-7	4,68	5,09	-0,413		1,578
7-8	4,68	5,48	-0,799		0,779
8-9	4,68	4,96	-0,283		0,496
9-10	4,68	5,14	-0,459		0,037
10-11	4,68	4,72	-0,037		0
11-12	4,68	4,53	0,153		0,153
12-13	4,68	4,45	0,234		0,387
13-14	4,68	4,29	0,385		0,772
14-15	4,68	4,37	0,309		1,081
15-16	4,68	4,49	0,19		1,27

16-17	4,68	4,56	0,116	1,386
17-18	4,68	4,26	0,425	1,810
18-19	4,68	4,41	0,271	2,081
19-20	4,68	5,29	-0,608	1,47
20-21	4,68	5,28	-0,604	0,869
21-22	4,68	4,56	0,118	0,987
22-23	2,92	3,42	-0,496	0,491
23-24	2,92	2,88	0,038	0,53
$\Sigma$	100	100,00	0,00	

Коефіцієнт регулювання складає  $a_{\text{рег}} = 2,097$

$$W_{\text{вод}} = \frac{2,097 \cdot 35880,8}{100} = 752,31 \text{ м}^3$$

Протипожежний запас:

$$W_{\text{вод}} = \frac{(35+5) \times 60 \times 10}{1000} = \frac{24000}{1000} = 24 \text{ м}^3$$

Загальна ємність складає:

$$W_{\text{бак}} = W_{\text{вод}} + W_{\text{пож.б}} \quad (2.8)$$

$$W_{\text{бак}} = 752,31 + 24 = 776,31 \text{ м}^3$$

Для розрахунку розмірів водонапірного баку, приймаємо наступні критерії: бак циліндричної форми діаметром 10 м, тоді:

$$H_{\text{бак}} = \frac{4W_{\text{б}}}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 776,31}{3,14 \cdot 10^2} \approx 9,9 \text{ м}$$

На рис. 2.3 наведено графічне зображення водонапірного бака із зазначенням розрахункових геометричних розмірів.

## 2.4 Виконання гідравлічного розрахунку мережі

Визначаємо питому витрати:

$$q_{\text{ит}} = \frac{q_{\text{max}} - q_{\text{шт1}}^{\text{max}} - q_{\text{шт2}}^{\text{max}}}{\sum L_i} = \frac{546,1 - 66,24}{13285} \approx 0,0361 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}}$$

Для спрощення подальших розрахунків визначення попутних витрат виконано в табличній формі, результати наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Визначення попутних витрат на ділянках мережі міста

Номер ділянки	Довжина L (м)	Попутні витрати, л/с
1	440	15,89
2	525	18,96
3	175	6,32
4	475	17,16
5	500	18,06
6	600	21,67
7	475	17,16
8	550	19,87
9	375	13,55
10	600	21,67
11	250	9,03
12	650	23,48
13	400	14,45
14	775	27,99
15	575	20,77
16	500	18,06
17	475	17,16
18	400	14,45
19	275	9,93
20	480	17,34
21	560	20,23
22	300	10,84
23	430	15,53
24	575	20,77
25	300	10,84
26	500	18,06
27	600	21,67
28	525	18,96
<b>Сума</b>	<b>13285</b>	<b>479,87</b>

Вузлові витрати визначаємо за результатами розрахунку та подаємо в табличній формі (табл. 2.5).

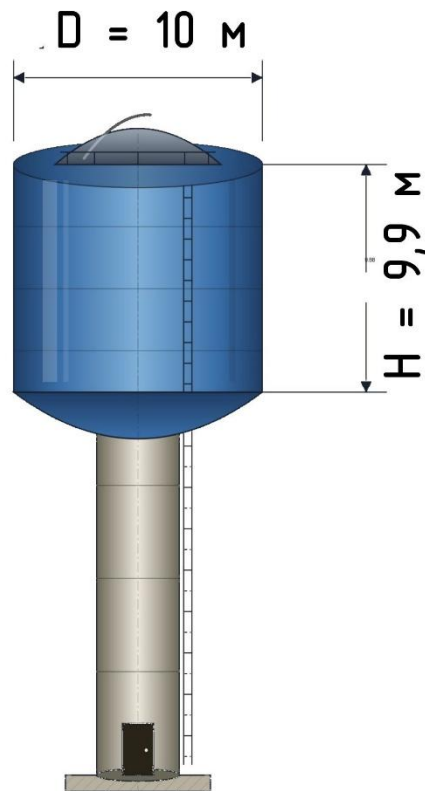


Рисунок 2.3 – Водонапірна башта з розмірами  $D = 10$  м та  $H = 9,9$  м

Таблиця 2.5 – Визначення вузлових витрат міста

№ вузла	№ ділянок	$0.5 \cdot \Sigma Q_{\text{поп}}$ (л/с)	Зосереджені витрати (л/с)	Вузлова витрата (л/с)
1	1,5	16,98	30,24	47,2
2	1,2,6	28,26		28,3
3	2,3,7	21,22		21,2
4	3,4,8	21,67		21,7
5	4,9	15,35		15,4
6	9,13,14,18	35,22		35,2
7	14,19	18,96		19,0
8	5,10	19,87	36,00	55,9
9	6,10,11,15	36,57		36,6
10	7,11,12,16	33,86		33,9
11	8,12,13,17	37,48		37,5
12	17,22,20	22,67		22,7
13	18,20,21,23	33,77		33,8
14	19,21,24	25,47		25,5
15	15,25	15,80		15,8
16	16,25,26	23,48		23,5

№ вузла	№ ділянок	$0.5 \cdot \Sigma Q_{\text{поп}}$ (л/с)	Зосереджені витрати (л/с)	Вузлова витрата (л/с)
17	22,26,27	25,28		25,3
18	23,27,28	28,08		28,1
19	24,28	19,87		19,9
<b>СУМА</b>	—	—	—	<b>546,1</b>

Витрата води по водоводам, буде складати:

$$q_{\text{вод}} = \frac{q_{II} \cdot Q_{\text{міст}}}{2 \cdot 100 \cdot 3,6} = \frac{4,68 \cdot 35880,8}{2 \cdot 100 \cdot 3,6} = 233,2 \text{ л/с}$$

Витрата води з водонапірної башти:

$$q_{\text{башта}} = 546,1 - 2 \cdot 233,2 = 79,7 \text{ л/с}$$

Для улаштування мережі господарсько-питного водопостачання прийнято поліетиленові труби ПЕ100 SDR 17. Гідравлічний розрахунок мережі розпочато з попереднього розподілу витрат води між окремими ділянками (рис. 2.4). На підставі визначених витрат та рекомендованих економічних швидкостей руху води в межах 0,6–2,0 м/с було підібрано відповідні діаметри трубопроводів (табл. 2.6). Після виконання ув'язки водопровідної мережі отримано уточнені значення витрат, швидкостей руху води та втрат напору на кожній ділянці, результати яких наведено в табл. 2.7 і відображено на рис. 2.5. Розрахунки виконано для режиму максимального водоспоживання, а також для найбільш несприятливого випадку одночасного максимального водоспоживання та подачі води на пожежогасіння.

Таблиця 2.6 – Визначення діаметру поліетиленових труб на ділянках

№	Довжина (м)	Поч. витрата (л/с)	Д зовн. (мм)	σ стінки (мм)
1	400	23,6	180	10,7
2	525	25,9	160	9,5
3	175	23,5	140	8,3
4	475	22,6	140	8,3
5	500	23,6	225	13,4

<b>№</b>	<b>Довжина (м)</b>	<b>Поч. витрата (л/с)</b>	<b>Д зовн. (мм)</b>	<b>σ стінки (мм)</b>
6	600	26	200	11,9
7	475	23,6	140	8,3
8	550	22,6	180	10,7
9	375	38	180	10,7
10	600	79,5	280	16,6
11	250	71,1	250	14,8
12	650	64,3	250	14,8
13	400	62,2	250	14,8
14	775	67,7	250	14,8
15	575	71	250	14,8
16	500	64,3	250	14,8
17	475	62,2	250	14,8
18	400	67,7	250	14,8
19	275	86,7	280	16,6
20	480	184,8	400	23,7
21	560	143,2	355	21,1
22	300	99,9	315	18,7
23	430	143,1	355	21,1
24	575	22,2	160	9,5
25	300	86,8	280	16,6
26	500	174,6	400	23,7
27	600	100	315	18,7
28	525	271,2	500	29,7

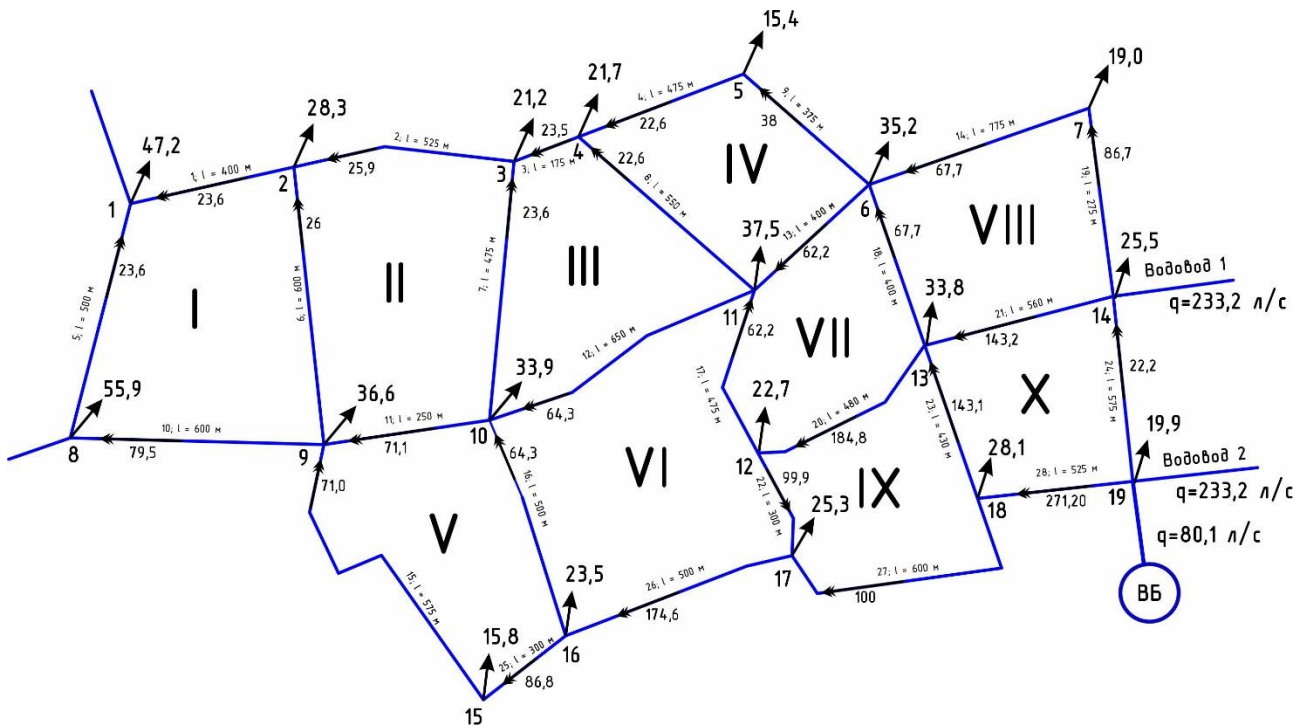


Рисунок 2.4 – Попердній розподіл витрат води по ділянкам

Таблиця 2.7 – Реальні витрати води на ділянках мережі та втрати напору при максимальному водоспоживанні

№ ділянки	Витрата (л/с)	Втрати напору, м	Напрямок потоку	Швидкість (м/с)	1000·i (%)
1	18,70	3,00	→ прямий	0,9463	7,494
2	14,66	4,59	→ прямий	0,9386	8,750
3	21,33	6,29	→ прямий	1,7838	35,959
4	13,95	7,62	→ прямий	1,1661	16,033
5	28,50	2,59	→ прямий	0,9239	5,182
6	32,34	7,33	→ прямий	1,3263	12,217
7	14,52	8,23	→ прямий	1,2143	17,316
8	29,09	9,55	→ прямий	1,4724	17,356
9	29,35	6,62	→ прямий	1,4854	17,650
10	84,40	7,73	→ прямий	1,7643	12,891
11	81,68	5,48	→ прямий	2,1408	21,934
12	58,70	7,61	→ прямий	1,5386	11,710
13	58,73	4,69	→ прямий	1,5394	11,721
14	56,69	8,49	→ прямий	1,4858	10,958
15	71,67	9,84	→ прямий	1,8785	17,110
16	71,40	8,49	→ прямий	1,8715	16,988
17	66,56	7,06	→ прямий	1,7446	14,867
18	66,59	5,95	→ прямий	1,7454	14,880
19	75,69	2,88	→ прямий	1,5821	10,479
20	169,56	3,58	→ прямий	1,7365	7,455

№ ділянки	Витрата (л/с)	Втрати напору, м	Напрямок потоку	Швидкість (м/с)	1000·i (%)
21	139,74	5,42	→ прямий	1,8185	9,682
22	80,30	1,90	→ прямий	1,3268	6,324
23	130,20	3,64	→ прямий	1,6943	8,465
24	7,73	1,49	→ прямий	0,4950	2,595
25	87,47	4,14	→ прямий	1,8284	13,794
26	182,37	4,28	→ прямий	1,8676	8,562
27	127,37	9,12	→ прямий	2,1044	15,193
28	285,67	3,27	→ прямий	1,8736	6,236

Аналогічно виконуємо розрахунок для режиму пожежогасіння при виникненні пожежі в найбільш віддаленій точці мережі (т. 1) у період максимального водоспоживання. Для цього до витрати у вузлі 1 додаємо пожежну витрату 35 л/с, унаслідок чого загальна витрата становить  $q=47,2+35=82,2$  л/с. Після цього здійснюємо попередній розподіл потоків по водопровідній мережі та визначаємо фактичні витрати води на всіх її ділянках для розглянутого режиму роботи. Отримані результати наведено в табл. 2.8, а кінцеву схему розподілу витрат відображено на рис. 2.6.

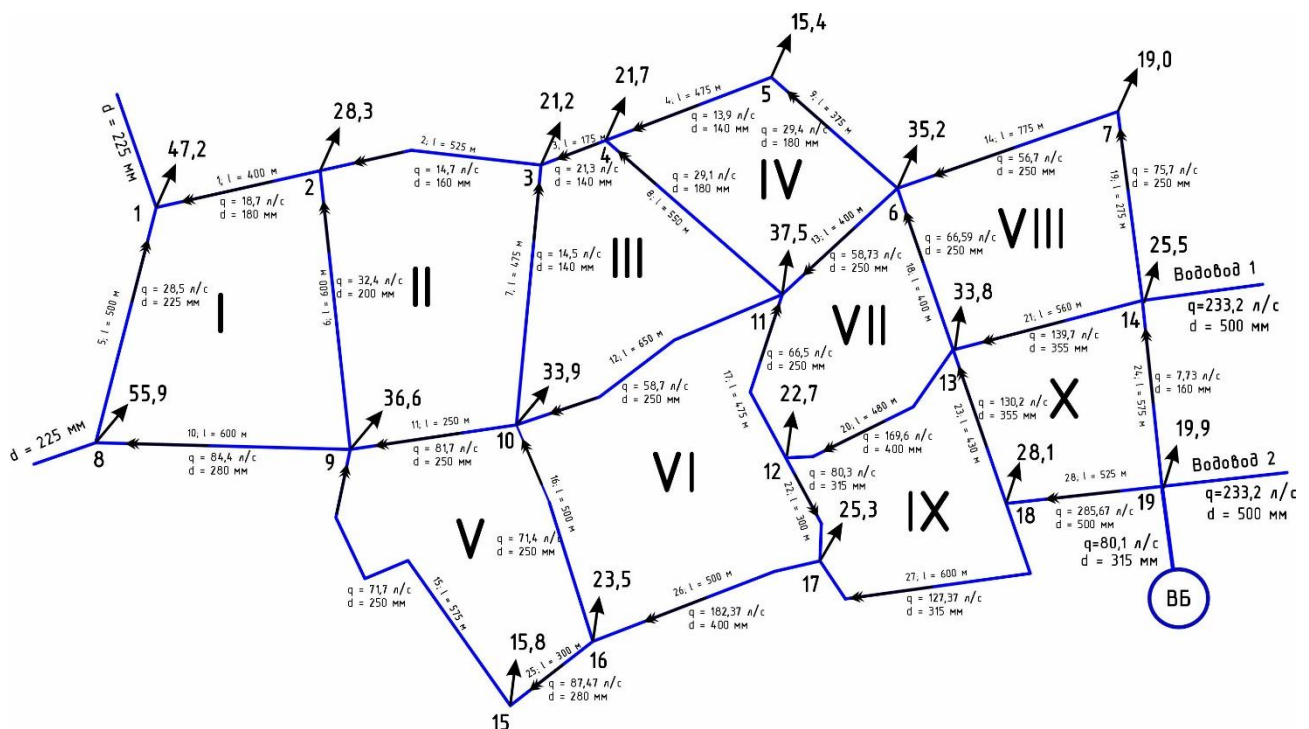


Рисунок 2.5 – Дійсні витрати по ділянках у годину найбільшого водорозбору.

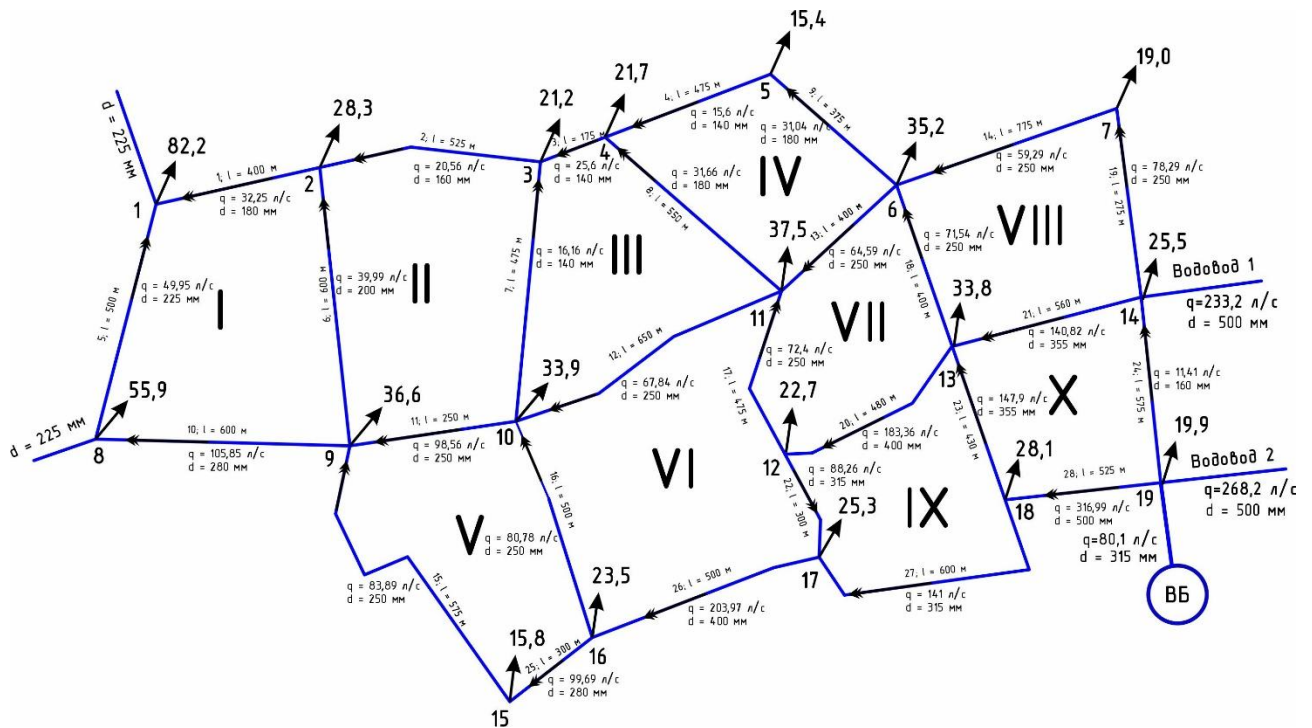


Рисунок 2.6 – Дійсні витрати по ділянках водопровідної мережі під час максимального водорозбору та гасіння пожежі

Таблиця 2.8 – Реальні витрати на ділянках і втрати напору в мережі при максимальному водоспоживанні та пожегасінні

№ ділянки	Витрата (л/с)	Втрати напору, м	Напрямок потоку	Швидкість (м/с)	1000·i (%)
1	32,25	8,45	→ прямий	1,6323	21,113
2	20,56	8,74	→ прямий	1,3165	16,641
3	25,59	8,89	→ прямий	2,1399	50,818
4	15,64	9,47	→ прямий	1,3075	19,929
5	49,95	7,52	→ прямий	1,6190	15,047
6	39,99	10,97	→ прямий	1,6401	18,290
7	16,16	10,08	→ прямий	1,3515	21,222
8	31,66	11,21	→ прямий	1,6023	20,383
9	31,04	7,36	→ прямий	1,5710	19,633
10	105,85	11,89	→ прямий	2,2127	19,820
11	98,56	7,84	→ прямий	2,5833	31,343
12	67,84	10,02	→ прямий	1,7782	15,416
13	64,59	5,62	→ прямий	1,6931	14,044
14	59,29	9,25	→ прямий	1,5541	11,935
15	83,89	13,27	→ прямий	2,1988	23,076

№ ділянки	Витрата (л/с)	Втрати напором, м	Напрямок потоку	Швидкість (м/с)	1000·i (‰)
16	80,78	10,74	→ прямий	2,1173	21,479
17	72,40	8,29	→ прямий	1,8977	17,444
18	71,54	6,82	→ прямий	1,8752	17,052
19	78,29	3,07	→ прямий	1,6366	11,175
20	183,36	4,15	→ прямий	1,8778	8,651
21	140,82	5,50	→ прямий	1,8324	9,824
22	88,26	2,27	→ прямий	1,4583	7,569
23	147,89	4,64	→ прямий	1,9245	10,783
24	11,41	3,12	→ прямий	0,7305	5,434
25	99,69	5,31	→ прямий	2,0838	17,685
26	203,97	5,30	→ прямий	2,0888	10,591
27	141,00	11,06	→ прямий	2,3297	18,433
28	316,99	3,99	→ прямий	2,0791	7,599

## 2.6 Розрахунок водозабірної споруди з поверхневого джерела

На підставі аналізу гідрологічних характеристик водотоку, топографічних умов місцевості та інженерно-геологічної будови берегової зони для забезпечення водопостачання міста з розрахунковою добовою витратою 35880,8 м<sup>3</sup>/доб прийнято береговий тип водозабірної споруди. Вибір такого рішення обумовлений наявністю стійкого берега, достатніх глибин річки безпосередньо біля урізу води та сприятливих умов для розміщення водоприймальних отворів у береговій частині водотоку.

Береговий водозбір забезпечує надійний забір води за різних гідрологічних режимів річки, спрощує конструкцію споруди та створює зручні умови для її експлуатації й обслуговування. Розташування водоприймальних камер безпосередньо біля берега дозволяє відмовитися від довгих самопливних ліній, зменшити обсяги підводних робіт і скоротити експлуатаційні витрати. Крім того, забезпечується зручний доступ до основних елементів споруди для проведення оглядів, ремонтних та профілактичних робіт.

Водоприймальна споруда передбачається двосекційною та виконується з монолітного залізобетону. Її розміщують на ділянці, розташованій вище за течією від потенційних джерел забруднення, що сприяє підвищенню якості

води, яка надходить на очищення. Водоприймальні вікна обладнуються захисними ґратами та сітками, а їх розташування у два яруси забезпечує можливість відбору води з різних глибин залежно від рівневого режиму річки та показників якості води. Для захисту водних біоресурсів передбачаються рибозахисні пристрої, а видалення наносів і очищення водоприймальних елементів здійснюється механізованими засобами.

Режим роботи насосної станції I-го підйому та водозабору приймається рівномірним протягом доби, що відповідає безперервному цілодобовому водозабору з джерела.

Водозабір має дві секції, тому розрахункова витрата для однієї секції:

$$\Omega_{гр} = 1,25 \times \frac{Q_{сек}}{V_{вт}} \times K_{ст} \quad (2.9)$$

$$K_{ст} = \frac{(a_{гр} + c_{гр})}{a_{гр}} \quad (2.10)$$

Враховуючи, що значення  $a_{гр}=5$  см,  $c_{гр}=1$  см, а також витрату  $0,43$  м<sup>3</sup>/с при швидкості втікання  $0,25$  м/с, отримаємо:

$$K_{ст} = \frac{5 + 1}{5} = 1,2$$

$$\Omega_{гр} = 1,25 \times \frac{0,43}{0,25} \times 1,2 = 2,58 \text{ м}^2$$

Приймаємо знімні ґрати розміром  $1500 \times 2000$  мм з корисною площею  $3,0$  м<sup>2</sup> (маса  $m = 305$  кг). Через значні коливання рівня води в джерелі вхідні вікна водозабору розташовуємо у два яруси, щоб забезпечити відбір води з різних горизонтів і отримати воду кращої якості.

Для недопущення надходження до водозабірної станції дрібних завислих домішок, сміття та планктону, що можуть негативно впливати на роботу обладнання, передбачено встановлення захисних сіток. Сітки розміщують між приймальним і всмоктувальним відділеннями і визначають:

$$\Omega_c = 1,25 \cdot \frac{Q_c}{V_{вт.с}} \cdot K_c, \quad (2.11)$$

$$K_c = \left(\frac{a+c}{a}\right)^2 \quad (2.12)$$

Приймаючи значення  $a = 2$  мм,  $c = 1$  мм, отримаємо:

$$K_c = \left( \frac{2 + 1,2}{2} \right)^2 = 2,56$$

$$\Omega_c = 1,25 \cdot \frac{0,42}{1} \cdot 2,56 = 1,3 \text{ м}^2$$

З урахуванням вимог щодо надійності експлуатації, можливого часткового засмічення сіткового полотна та необхідності забезпечення стабільної роботи водозабірної споруди приймаємо до встановлення одну плоску сітку типового виконання розмірами 1000 × 1500 мм. Прийняті габарити забезпечують достатню площу затримання, що перевищує мінімально необхідну розрахункову величину, сприяючи зменшенню втрат напору та збільшенню міжчислового періоду роботи. Маса сітки становить 88,8 кг, що дозволяє виконувати її монтаж, демонтаж та технічне обслуговування механізованими засобами. Сітки розміщено у напрямних пазах і можуть підніматися на поверхню для очищення від планктону та дрібного сміття.

Приймаємо дві всмоктувальні лінії. Кожну всмоктувальну лінію розраховуємо, виходячи з умови пропуску 100 % розрахункової витрати при аварії на одній з ліній ( $Q = 427,75 \text{ л/с} = 0,42 \text{ м}^3/\text{с}$ ). Приймаємо сталеві труби діаметром  $d_{вс} = 600 \text{ мм}$ ,  $v = 1,05 \text{ м/с}$ ,  $1000i = 1,64$ .

Відмітка розрахункового рівня води в приймальному відділенні:

$$z_{np} = Z_{ГНВ} - \Delta h_p = 232,8 - 0,1 = 232,7 \text{ м},$$

$$z_{вс} = z_{np} - \Delta h_c = 232,7 - 0,1 = 232,6 \text{ м},$$

Очищення водоприймальних ґрат від затриманих забруднень передбачається виконувати механізованим способом із робочого балкона. Промивання плоских сіток здійснюється гідравлічним методом за допомогою промивного трубопроводу діаметром 25 мм, який підключається до напірних водоводів насосної станції. Трубопровід розташовується над підлогою службового павільйону та обладнується спеціальними насадками для рівномірної подачі води на поверхню сіток.

Для збирання забрудненої промивної води передбачається приймальна ємність, габарити якої перевищують розміри сітки на 200 мм. Відведення

промивних вод здійснюється через приймальний лоток шириною 400 мм, розташований нижче рівня підлоги павільйону.

Для видалення осаду, що накопичується у водоприймальних відділеннях, передбачається застосування водострумних насосів-гідроелеваторів. Орієнтовна тривалість очищення одного відділення від осаду приймається в межах 10–40 хвилин, що забезпечує ефективне очищення споруди без порушення її нормальної роботи.

Напір, з яким робоча рідина підводиться до сопла гідроелеватора, орієнтовано складає  $H_c = 3(z_{сл.н.} - z_0) = 3 \cdot 1,5 = 15,3$  м. Приймаємо гідроелеватор з діаметром сопла  $d_c = 30$  мм і горловина  $d_r = 55$  мм.

Повний напір насосів I-го підйому визначаємо за формулою

$$H_{н.с.} = H_z + h_{вс} + h_n + h_{ст} + h_{в.н.}, \quad (2.13)$$

$$H_z = 309,85 - 232,75 = 99,1 \text{ м}$$

В розрахунку враховуються такі складові втрат напору: втрати у всмоктувальному трубопроводі ( $h_{вс} = 0,9$ ) м, втрати в комунікаціях насосної станції ( $h_{ст} = 3,0$ ) м, необхідний вільний напір на виливі ( $h_{в.н.} = 1,0$ ) м, а також втрати напору в напірному водоводі ( $h_n$ ), величина яких визначається окремим гідравлічним розрахунком:

$$h_n = 1,1 \cdot 1000i \cdot l_n,$$

Для транспортування води приймаються два залізобетонні водоводи, кожен з яких розрахований на пропускання 50 % загальної розрахункової витрати. Для витрати  $q = 215$  л/с прийнято труби діаметром  $d = 500$  мм. При цьому швидкість руху води становить  $V = 1,49$  м/с, а значення гідравлічного параметра  $1000i = 5,63$ . На підставі цих даних визначаємо втрати напору у водоводі:

$$h_n = 1,1 \cdot 5,63 \cdot 4 = 24,8 \text{ м}$$

$$H_{н.с.} = 99,1 + 0,9 + 24,8 + 3,0 + 1,0 = 106 \text{ м}$$

Приймаємо до установки насоси марки Д1250-125: 2 робочих, 2 резервних. Характеристики насосу:  $D_{p.k.} = 675$  мм;  $H = 108$  м;  $N = 420$  кВт;  $\eta = 78\%$   
 $\Delta h_{\text{дон}} = 7,8$ ;  $D_{\text{вс.п.}} = 350$  мм;  $D_{\text{нап.п.}} = 200$  мм.

Основні монтажні розміри насосного агрегату становлять: відстань від осі насоса до осі всмоктувального патрубку — 320 мм, до вісі напірного патрубку — 432 мм, а до поверхні фундаменту — 635 мм.

Визначаємо відмітку підлоги машинної зали:

$$\begin{aligned} z_{\text{пол}} &= z_{\text{вн}} - R - 0,5d_{\text{вс.напр}} - (d_{\text{вс.мп}} - d_{\text{вс.напр}}) - h = \\ &= 231,52 - 0,32 - 0,5 \cdot 0,6 - (0,6 - 0,35) - 0,3 = 230,35 \text{ м} \end{aligned}$$

Таким чином, заглиблення машинної зали складає

$$h = z_3 - z_{\text{підлоги}} = 235,45 - 230,35 = 5,1 \text{ м.}$$

Відмітка дна водоприймальної споруди визначається окремо для приймального відділення, відділення сіток та всмоктувального відділення. Для забезпечення нормальної роботи споруди до подальшого проектування приймається найменша з отриманих відміток, а геометричні розміри інших відділень коригуються відповідно до неї.

$$z_0 = z_{p.vc} - h_1 - h_2, \quad (2.14)$$

де  $h_1 = 2D_{\text{ex}}$  - відстань від мінімального рівня води до низу розтруба;  
 $h_2 = 0,7D_{\text{ex}}$  - відстань від низу розтруба до дна;

$$D_{\text{ex}} = 1,3 \cdot d_{\text{вс.мп}} = 1,3 \cdot 600 = 800 \text{ мм.}$$

Таким чином, приймаємо  $z_0 = -6,05$  м.

Габаритні розміри будівлі насосної станції визначаються з урахуванням кількості та геометричних параметрів насосних агрегатів, схеми розміщення трубопроводів і запірно-регулюючої арматури, а також вимог нормативних документів щодо мінімальних проходів і відстаней між обладнанням. При компонуванні прийнято відстань між насосними агрегатами не менше 1,0 м, а між агрегатами та іншими елементами обладнання — не менше 0,7 м.

За результатами компонування ширину будівлі насосної станції в осях прийнято рівною 9 м, а довжину — 36 м. Розміри машинного залу становлять

9 × 24 м, що забезпечує зручне розташування обладнання та необхідні умови для його експлуатації й обслуговування.

Для видалення води, що може накопичуватися в машинному залі під час експлуатації насосної станції, передбачається встановлення дренажного насоса. Збір дренажних вод здійснюється у спеціально влаштований дренажний приямок. Надходження води до приямка забезпечується лотком, прокладеним уздовж поздовжньої стіни будівлі з ухилом 0,005, що гарантує самопливне відведення води та запобігає її застою в приміщенні.

Витрату дренажних насосів визначаємо за формулою:

$$Q_D = 1,5 \cdot (\sum q_1 + q_2), \quad (2.15)$$

$$q_2 = 1,5 + 0,001 \cdot W = 1,5 + 0,001 \cdot 432 = 1,93 \text{ л/с},$$

тут  $W$  – об'єм частини машинної зали, розташованої нижче максимального рівня ґрунтових вод,  $W=432 \text{ м}^3$ , тоді

$$Q_D = 1,5 \cdot (8 + 1,93) = 4,1 \text{ л/с}$$

Об'єм приямка приймаємо рівним 15-хвилинній витраті дренажного насоса:

$$W = Q_D \cdot 900 = 0,041 \cdot 900 = 3,69 \text{ м}^3.$$

Приймаємо розміри приямку 2,0 x 2,0 x 0,92 м.

Напір дренажного насосу:

$$H_D = h_{\text{под}} + 4 = 4,68 + 4 = 8,68 \text{ м}.$$

Приймаємо 1 насос марки ВКС-4/24. Робочі характеристики:  $Q=4 \text{ л/с}$ ;  $H=24 \text{ м}$ ;  $N=7,5 \text{ кВт}$ ;  $t=166 \text{ кг}$ .

Підйомно-транспортне обладнання насосної станції підбирається з урахуванням маси найбільш важкого елемента устаткування, який підлягає монтажу або демонтажу, а також ширини прольоту будівлі. За результатами підбору для машинного залу приймається підвісний однобалковий кран вантажопідйомністю 3,2 т та прольотом 5,7 м.

Висоту наземної частини машинного залу визначають виходячи з умов виконання монтажних і ремонтних робіт із використанням підйомного обладнання. Розрахунок виконується з урахуванням висоти платформи

транспортного засобу - 1,5 м, висоти вантажу - 3,29 м, нормативного зазору між вантажем і платформою автомобіля - 0,3 м, а також довжини стропів 0,5 м.

За результатами розрахунку та з урахуванням вимоги щодо кратності висоти будівлі модулю 1,2 м висоту наземної частини машинного залу приймаємо рівною 8,4 м.

Максимальний напір у водоводах при виникненні гідравлічного удару внаслідок раптової зупинки насосних агрегатів визначається за відповідною розрахунковою залежністю:

$$H_y = z_{cm} - z_{o.k.} + \frac{a \cdot v_0}{g} - h_n \quad (2.16)$$

де відмітка рівня води у змішувачі, що дорівнює 309,85 м; відмітка вісі зворотного клапана, яка становить 234 м; (a) — швидкість поширення ударної хвилі у водоводі, для залізобетонних труб приймається 1100 м/с; (v) — швидкість руху води в трубопроводі до виникнення гідравлічного удару, (v = 1,4) м/с; сумарні втрати напору в напірному водоводі складають 5,05 м.

$$H_y = 309,85 - 234,00 + \frac{1100 \cdot 1,49}{9,81} - 24,8 = 218,05$$

У результаті розрахунку отримано максимальний ударний напір 218 м. Оскільки його значення перевищує максимальний напір насосів у штатному режимі роботи (H = 108 м), для захисту трубопроводів і обладнання від надлишкового тиску проєктом передбачено встановлення пристроїв для гасіння гідравлічних ударів. На кожному напірному водоводі приймається по одному гасителю гідравлічного удару діаметром 200 мм.

## 2.7 Розрахунок станції водопідготовки

Водопровідна очисна станція проєктується для забезпечення потреб міста з населенням 90 000 осіб. Джерелом водопостачання прийнято поверхневий водний об'єкт. Розрахункова продуктивність станції становить  $Q_{доб} = 35880,8 \text{ м}^3/\text{доб}$ . Дана величина відповідає сумарній добовій витраті води, визначеній у результаті водогосподарських розрахунків, та враховує нерівномірність водоспоживання, потреби населення, підприємств і установ, а також витрати води на власні потреби системи водопостачання.

Вихідна вода характеризується змінними показниками якості залежно від сезону року. За результатами аналізу вихідних даних максимальна каламутність води у літній період досягає  $190 \text{ мг/дм}^3$ , тоді як у зимовий період її значення знижується до  $80 \text{ мг/дм}^3$ . Кольоровість води становить 49 градусів, а лужність дорівнює  $3,6 \text{ ммоль/дм}^3$ . Наведені показники є вихідними даними для вибору технологічної схеми очищення води та розрахунку споруд водопідготовки.

За максимальною каламутністю вихідної води ( $190 \text{ мг/л}$ ) за табл. [7] приймаємо  $D_k = 45 \text{ мг/л}$

Для забарвлених вод дозу коагулянту перевіряємо за формулою

$$D_k = 4 \sqrt{3}, \quad (2.17)$$

$$D_k = 4 \sqrt{49} = 28 \frac{\text{мг}}{\text{л}},$$

Таким чином, приймаємо більше значення  $D_k = 45 \text{ мг/л}$ .

Отже, концентрація завислих речовин у вихідній воді складає:

$$C_{max} = K + k \times Dk + 0,25 \times 3 = 190 + 0,5 \times 45 + 0,25 \times 49 = 224,75 \text{ мг/л}$$

$$C_{min} = 80 + 0,5 \times 45 + 0,25 \times 49 = 114,75 \text{ мг/л}$$

Перевірка необхідності введення вапна:

$$D_v = 28 \times \left( \frac{45}{57} - 3,6 + 1 \right) = -50,7 \frac{\text{мг}}{\text{л}}$$

У зв'язку з тим, що  $D_v < 0$ , то підлужування вапном не потрібне.

Розраховуємо місткість розчинних баків:

$$W_{розч} = \frac{q \cdot n \cdot D_k}{10000 \cdot V_p \cdot \gamma} \quad (2.18)$$

$$W_{розч.} = \frac{1495 \cdot 10 \cdot 45}{10000 \cdot 17 \cdot 1} = 3,9 \text{ м}^3$$

Приймаємо три розчинних баки.

Ємність одного розчинного баку:

$$W_6 = \frac{3,9}{3} = 1,32 \text{ м}^3;$$

Приймаємо значення висоти розчинного баку  $h = 1,3 \text{ м}$ .

Площа розчинного баку в плані дорівнює:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{1,32}{1,3} = 1,02 \text{ м}^2.$$

Сторона квадратного в плані баку дорівнює:

$$B_{\text{розч.}} = \sqrt{F} = \sqrt{1,02} = 1,01 \text{ м}$$

Таким чином, розміри розчинного баку – 1,01x1,01x1,3

Розраховуємо місткість витратних баків:

$$W_{\text{вит}} = \frac{W_p \cdot B_p}{b} \quad (2.19)$$

$$W_{\text{вит}} = \frac{3,9 \cdot 17}{10} = 6,73 \text{ м}^3$$

Приймаємо три витратних баки.

Ємність одного витратного баку:

$$W_{\text{вит}} = \frac{6,73}{3} = 2,24 \text{ м}^3;$$

Приймаємо значення висоти витратного баку  $h = 1,5 \text{ м}$ .

Площа одного витратного баку в плані дорівнює:

$$F = \frac{2,24}{1,5} = 1,49 \text{ м}^2.$$

Сторона квадратного в плані баку дорівнює:

$$B_{\text{вит.}} = \sqrt{1,49} = 1,25 \text{ м}.$$

Приймаємо наступні розміри витратних баків: 1,25x1,25x1,5.

Площа складу сірчаноокислого алюмінію дорівнює:

$$F_{\text{скл}} = \frac{Q_{\text{повн}} \cdot D_k \cdot T \cdot \alpha}{10000 \cdot P_c \cdot G \cdot h_k} \quad (2.20)$$

$$F_{\text{скл}} = \frac{35880,8 \cdot 50 \cdot 30 \cdot 1,15}{10000 \cdot 46,8 \cdot 1 \cdot 3,5} = 37,8 \text{ м}^2.$$

Ширину складського майданчика приймаємо рівною 6 м. За розрахункової площі складу необхідна довжина становить  $37,8 / 6 = 6,3 \text{ м}$ . З урахуванням вимог щодо прийняття розмірів, кратних 6 м, остаточно довжину складу приймаємо рівною 12 м, що забезпечує необхідний запас площі для розміщення матеріалів та зручність виконання вантажно-розвантажувальних робіт.

Камери утворення пластівців із зваженим осадам розміщують безпосередньо біля горизонтальних відстійників, тому їх кількість приймається

рівною кількості відстійників. За умови навантаження на один відстійник у межах 450–500 м<sup>3</sup>/год визначаємо:

$$N = \frac{1495}{500} \approx 3$$

Витрата однієї камери:

$$q_k = \frac{Q_{\text{розр}}}{N} = \frac{0,42}{3} = 0,14 \text{ м}^3/\text{с}$$

Площа однієї камери:

$$F_{\text{кам}} = \frac{q_k}{V_k} = \frac{0,14}{0,0022} = 63,6 \text{ м}^2$$

Ширину камери пластівцеутворення приймаємо рівною ширині горизонтального відстійника, тобто 6 м. За таких умов розрахункова довжина камери становить 10 м.

Тривалість перебування води в камері пластівцеутворення приймається рівною 24 хвилинам. За розрахунками висота камери становить 3,2 м. Для рівномірного розподілу води по всьому об'єму споруди передбачаються перфоровані труби, розташовані на дні камери. Отвори в трубах спрямовуються вниз під кутом 45°, що забезпечує належне перемішування потоку та створення сприятливих умов для утворення пластівців. Для подачі води приймаємо три перфоровані труби.

При загальній витраті води через камеру 0,14 м<sup>3</sup>/с на кожну трубу припадає 0,047 м<sup>3</sup>/с, або 47 л/с. Такий розподіл дозволяє забезпечити рівномірне надходження води до камери пластівцеутворення.

Швидкість руху води в розподільчих трубах приймається 0,5 м/с. За витрати 47 л/с діаметр кожної розподільчої труби становить 350 мм. Сумарна площа отворів у трубі приймається рівною 35 % від площі її поперечного перерізу та становить 0,0336 м<sup>2</sup>. Для отворів приймається діаметр 35 мм, що забезпечує розміщення 35 отворів на кожній трубі. Отвори розташовуються у два ряди з кроком 0,57 м.

Подача води з камер пластівцеутворення до горизонтальних відстійників здійснюється через затоплену перегородку. При швидкості руху води над нею 0,1 м/с висота шару води становить 0,22 м.

На вході до горизонтального відстійника передбачається підвісна перегородка, занурена на 0,75 м, що відповідає приблизно 25 % робочої висоти зони осадження. Швидкість руху води під перегородкою приймається 0,03 м/с, а ширина проходу між затопленою та підвісною перегородками становить 0,72 м.

Продуктивність вертикального змішувача складає 138 л/с. Для подачі води до змішувачів передбачаються сталеві трубопроводи. Їхній діаметр визначається з умови забезпечення швидкості руху води в межах 1,0–1,5 м/с. За прийнятої швидкості 1,17 м/с розрахунковий діаметр трубопроводу становить 600 мм, а питомі втрати напору —  $1000i = 2,72$ .

Змішувач має квадратну форму, довжина його сторони дорівнює:

$$b_{\text{зм}} = \sqrt{\frac{0,415}{0,03}} = 3,7 \text{ м.}$$

Оскільки нахил стінок пірамідальної частини споруди утворює кут  $45^\circ$ , висота цієї частини визначається відповідно до прийнятих геометричних параметрів.

$$H_{\text{пір}} = \frac{b_{\text{зм}} - d_{\text{тр}}}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{3,7 - 0,6}{2 \operatorname{tg} 22,5} = 3,74 \text{ м.}$$

Об'єм пірамідальної частини:

$$W_{\text{пір}} = \frac{1}{3} H_{\text{пір}} (b_{\text{зм}}^2 + d_{\text{тр}}^2 + b_{\text{зм}} b_{\text{зм}}) = \frac{1}{3} \cdot 3,74 \cdot (3,7^2 + 0,6^2 + 3,7 \cdot 0,6) = 20,3 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм:

$$W_{\text{заг}} = q_{\text{зм}} t_{\text{зм}} = 0,415 \times 120 = 49,8 \text{ м}^3$$

Об'єм призматичної частини:

$$W_{\text{призм}} = W_{\text{заг}} - W_{\text{пір}} = 49,8 - 20,3 = 29,5 \text{ м}^3$$

Висота призматичної частини:

$$H_{\text{призм}} = \frac{29,5}{3,7^2} = 2,15 \text{ м}$$

Висота призматичної частини змішувача становить 2,15 м. Для відведення води при швидкості проходження через отвори 1 м/с необхідна

сумарна площа отворів 0,415 м<sup>2</sup>. При діаметрі одного отвору 50 мм передбачається влаштування 212 отворів.

Робоча висота змішувача складає 5,89 м, а з урахуванням товщини днища та будівельного запасу загальна висота споруди становить 6,39 м.

Камери пластівцеутворення розміщуються поруч із горизонтальними відстійниками, тому прийнято три камери, кожна з яких працює з витратою 0,138 м<sup>3</sup>/с (138,4 л/с). Площа однієї камери становить 62,9 м<sup>2</sup>, ширина прийнята 6 м, а довжина — 10 м. Тривалість перебування води в камері складає 24 хв, висота — 3,2 м. Для розподілу потоку передбачено три перфоровані труби, розташовані на дні споруди. Витрата через кожну трубу становить 46 л/с, а їхній діаметр прийнято 350 мм.

Для освітлення води передбачено три робочі та одну резервну секцію горизонтальних відстійників. Загальна розрахункова площа відстоювання становить 981,6 м<sup>2</sup>. Довжина однієї секції прийнята 78 м, ширина — 6 м, що забезпечує площу секції 468 м<sup>2</sup>. Сумарна ширина споруди становить 24 м.

Об'єм зони накопичення осаду в одному відстійнику дорівнює 21,4 м<sup>3</sup>. Розрахункова висота осадової зони склала 0,046 м, однак з конструктивних міркувань прийнято 0,5 м. Загальна висота горизонтального відстійника становить 3,8 м.

Загальну площу фільтрів:

$$F_{\phi}^{\text{заг}} = \frac{35880,8}{24 \cdot 8 - 3 \cdot 5,76 - 3 \cdot 0,33 \cdot 8} = 215,1 \text{ м}^2.$$

Орієнтовне число фільтрів:

$$N_{\phi} = 0,5 \sqrt{F_{\phi}^{\text{заг}}} = 0,5 \sqrt{215,1} = 7 \text{ шт.}$$

Площа одного фільтра:

$$F_{\phi} = \frac{F_{\phi}^{\text{заг}}}{N_{\phi}} = \frac{215,1}{7} = 30,7 \text{ м}^2;$$

Приймаємо конструкцію швидкого фільтра з центральним розподільчим каналом шириною  $B_k = 1,0$  м. Будівельні розміри фільтра: 6 × 9 м. Робочі розміри з урахуванням товщини стінок  $\delta_{\text{ст}} = 0,2$  м:

$$B_{\phi} = 6 - \frac{2 \cdot 0,2}{2} = 5,6 \text{ м}$$

$$L_{\phi} = 9 - 1 - 0,6 = 7,4 \text{ м}$$

Робоча площа буде дорівнювати:

$$F_{\phi} = L_{\phi} \cdot B_{\phi} = 7,4 \cdot 5,6 = 41,44 \text{ м}^2$$

Розрахункова швидкість фільтрування води в нормальному режимі роботи становить 5,15 м/год. При форсованому режимі, коли один із фільтрів перебуває на промиванні, швидкість зростає до 6,01 м/год. Отримане значення не перевищує допустиму межу 6,44 м/год, тому робота фільтрів відповідає нормативним вимогам. Загальна площа фільтрування становить 290,1 м<sup>2</sup>.

Загальна висота фільтра:

$$H_{\phi} = 0,3 + 0,45 + 1,3 + 2,5 + 0,28 + 0,5 = 5,33 \text{ м}$$

Витрата промивної води:

$$q_{\text{пр}}^{\phi} = F_{\phi} \cdot W = 41,44 \cdot 16 = 663 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Для рівномірного розподілу промивної води в дренажній системі фільтра передбачено 18 бокових відгалужень з кожного боку колектора. Витрата води через одне відгалуження становить 18,4 л/с, тому діаметр відгалужень прийнято 125 мм.

Сумарна площа отворів у дренажній системі становить 0,207 м<sup>2</sup>, що відповідає 0,5 % робочої площі фільтра. При діаметрі одного отвору 12 мм загальна кількість отворів складає 1832 шт., або приблизно 50 отворів на кожне бокове відгалуження.

Для забезпечення промивання фільтрів втрати напору в розподільчій системі становлять 2,48 м. Додаткові втрати у фільтруючому та підтримуючому шарах дорівнюють відповідно 1,19 м та 0,16 м.

У напірному трубопроводі втрати напору складають 1,02 м, а втрати на місцевих опорах — 0,31 м. Для всмоктувального трубопроводу втрати становлять 0,13 м, ще 0,18 м припадає на місцеві опори у всмоктувальній лінії.

Втрати напору в машинній залі прийнято 2,5 м, а геометрична висота підйому води становить 6,5 м. З урахуванням усіх складових необхідний напір промивного насоса дорівнює 14,47 м.

Для знезараження води на водоочисній станції передбачено використання гіпохлориту натрію (NaOCl), який відповідає чинним вимогам до реагентів для підготовки питної води. Порівняно з рідким або газоподібним хлором, застосування гіпохлориту натрію є більш безпечним, оскільки не потребує зберігання реагенту під тиском, використання спеціальних засобів газового захисту та облаштування складних систем аварійної вентиляції. Це дозволяє підвищити рівень безпеки персоналу та спростити експлуатацію споруд.

Для розрахунків прийнято товарний розчин гіпохлориту натрію з концентрацією активного хлору 130 г/л (13 %) та густиною 1,2 кг/л. На станції запроектовано двоступеневе знезараження води: первинне введення реагенту перед камерами пластівцеутворення та вторинне — перед резервуаром чистої води. Доза активного хлору при первинному знезараженні становить 5 мг/л, а при вторинному — 3 мг/л.

Розрахунок витрати реагенту для первинного хлорування виконується виходячи з прийнятої дози:

$$G_{\text{год}} = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot D_{\text{хл}}}{1000 \cdot 24},$$

$$G_{\text{год}} = \frac{35880,8 \times 5}{1000 \cdot 24} = 7,48 \text{ кг/год.}$$

Вторинне знезараження:

$$G_{\text{год}} = \frac{35880,8 \times 3}{1000 \cdot 24} = 4,48 \text{ кг/год.}$$

$$G_{\text{год}}^{\text{заг}} = 7,48 + 4,48 = 11,96 \text{ кг/год.}$$

Добова витрата:

$$G_{\text{доб}} = G_{\text{год}} \cdot 24 = 11,96 \cdot 24 = 287,04 \text{ кг/доб.}$$

Для введення розчину NaOCl у трубопровід застосовуються електромагнітні дозуючі насоси (мембранного типу). Підбираємо насоси за максимальними витратами:

— для первинного хлорування: подача  $\geq 55,1$  л/год  $\approx 1$  л/хв;

— для вторинного хлорування: подача  $\geq 33,1$  л/год  $\approx 0,6$  л/хв.

Для зберігання гіпохлориту натрію передбачаються резервуари з поліетилену або склопластику, матеріали яких стійкі до дії цього реагенту. Розрахунковий запас реагенту на 30 діб становить 63,5 м<sup>3</sup>, тому прийнято встановлення двох ємностей об'ємом по 32 м<sup>3</sup> кожна. Резервуари оснащуються пристроями контролю рівня та системою захисту від переповнення.

Об'єм РЧВ складає:

$$W = 0,15 \times 35880,8 = 5382 \text{ м}^3$$

Протипожежний об'єм  $W_{\text{пож}} = 756 \text{ м}^3$ ;

Отже,

$$W_{\text{РЧВ}} = 5382 + 756 = 6138 \text{ м}^3$$

Для зберігання очищеної води передбачено три прямокутні залізобетонні резервуари чистої води місткістю по 2000 м<sup>3</sup> кожний.

### 3 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Проектування системи господарсько-питного водопостачання міста з чисельністю населення 90000 чоловік в Черкаській області є видом діяльності, що потенційно впливає на стан довкілля. Відповідно до [9], будівництво та реконструкція об'єктів централізованого водопостачання, що подають понад 10000 м<sup>3</sup>/добу, відноситься до другої категорії видів планованої діяльності і підлягає оцінці впливу на довкілля (ОВД) у обов'язковому порядку. Проектована потужність системи ( $\approx 35880,8$  м<sup>3</sup>/добу) перевищує зазначений поріг, що підтверджує необхідність проведення комплексної ОВД.

У даному розділі проведено оцінку впливу запроєктованої системи водопостачання на навколишнє природне та соціальне середовище. Розглянуто можливі наслідки будівництва й експлуатації об'єктів водопостачання для водних ресурсів, атмосферного повітря, ґрунтів, рослинного покриву, акустичного стану території та умов життєдіяльності населення. Також виконано аналіз залишкового впливу після впровадження природоохоронних заходів і розроблено комплекс технічних та організаційних рішень, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки та дотримання нормативних вимог щодо охорони довкілля на всіх етапах реалізації проєкту.

Нормативну базу розділу складають: Водний кодекс України [10], Земельний кодекс України, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264-XII [11], Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» № 2918-III [12], ДБН В.2.5-74:2013 [5], ДБН В.2.5-75:2013 [13], ДСанПіН 2.2.4-171-10 [14], ДСТУ 7525:2014 [15].

В цьому розділі виконано аналіз впливу будівель системи водопостачання на всі компоненти довкілля (водне середовище, атмосферне повітря, ґрунтово-рослинний покрив, акустичне середовище, соціальне середовище), охарактеризовано залишкові дії після вжиття природоохоронних заходів та запропоновано систему заходів щодо забезпечення нормативного екологічного стану і екологічної безпеки на всіх стадіях реалізації проєкту.

### 3.1. Характеристика об'єктів проєктування як потенційних джерел впливу на довкілля

До складу проєктованої системи водопостачання входять (табл. 5.1): водозабірна споруда берегового типу на р. Рось, насосна станція першого підйому (НС-І), станція водопідготовки, водопровідні мережі та споруди на них. Кожен із зазначених об'єктів є потенційним джерелом впливу на певні компоненти довкілля.

Таблиця 3.1 – Перелік об'єктів проєктування та видів їх впливу на довкілля

№	Об'єкт / споруда	Вид впливу	Компонент довкілля	Характер впливу
1	Водозабірна споруда (береговий колодязь)	Зміна гідрологічного режиму, шумовий вплив під час будівництва	Водне середовище, прибережна зона	Тимчасовий / постійний (локальний)
2	Насосна станція І підйому (НС-І)	Шум та вібрація від насосних агрегатів, можливі розливи мастил	Атмосферне повітря, ґрунт	Постійний (локальний)
3	Станція водопідготовки (СВП)	Скидання промивних вод, осадів коагуляції, хлоровмісних речовин	Водне середовище, ґрунт	Постійний (локальний)
4	Водопровідні мережі (будівництво)	Порушення ґрунтового покриву, рослинності, тимчасове забруднення ґрунту	Ґрунт, рослинний світ	Тимчасовий
5	Реагентне господарство СВП	Зберігання хлору, сульфату алюмінію: ризик	Атмосферне повітря, ґрунт	Постійний (локальний)

№	Об'єкт / споруда	Вид впливу	Компонент довкілля	Характер впливу
		аварійного витoku		
6	Зони санітарної охорони (ЗСО)	Обмеження господарської діяльності в межах поясів ЗСО	Земельні ресурси	Постійний

Найбільш значущими з точки зору впливу на довкілля є: станція водопідготовки (утворення та скидання промивних вод, осадів і хлорвмісних речовин), насосна станція першого підйому (шумовий вплив), а також водозабірна споруда (зміна гідрологічного режиму та температурного поля у зоні водозабору). Ці три об'єкти розглядаються у даному розділі з найбільшою деталізацією.

### 3.2. Оцінка впливу на водне середовище

#### 3.2.1. Вплив водозабірної споруди

Водозабірна споруда берегового типу розташовується на р. Рось у відповідності до вимог першого поясу зони санітарної охорони (ЗСО). Розрахункова витрата водозабору складає приблизно 0,40 м<sup>3</sup>/с. Для оцінки допустимості водозабору порівнюємо його з мінімальною розрахунковою витратою р. Рось у районі водозабору при 95 % забезпеченості приблизно 2,8 м<sup>3</sup>/с [16]:

$$\frac{Q_{розр}}{Q_{\min(95\%)}} = \frac{0,4}{2,8} = 0,143 \approx 14,3\%$$

Відповідно до нормативних вимог [10], для річок об'єм безповоротного водозабору не повинен перевищувати 30 % від мінімального меженого стоку, а санітарний попуск у нижньому б'єфі після водозабору повинен становити не менше 75 % від  $Q_{\min(95\%)}$ . Розрахований показник 14,3% значно нижче встановленої межі 30 %, що свідчить про відсутність суттєвого негативного впливу водозабору на гідрологічний режим р. Рось.

Вплив на іхтіофауну мінімізується шляхом улаштування рибозахисних пристроїв на входних решітках берегового колодязя відповідно до вимог [10]. Конструкція рибозахисного пристрою передбачає механічний заградник — плоску сітку з очком  $2 \times 2$  мм з регульованою швидкістю підходу течії не більше 0,1 м/с, що відповідає нормативним вимогам [5].

Санітарна охорона водозабору забезпечується організацією трьох поясів ЗСО відповідно до [15]: перший пояс (суворого режиму) — не менше 200 м вище і 100 м нижче за течією від водоприймальних отворів; другий пояс (обмежень) охоплює водозбірний басейн розрахункового часу пробігу 400 діб; третій пояс (спостережень) охоплює весь водозбірний басейн вище водозабору.

### 3.2.2. Вплив станції водопідготовки

Станція водопідготовки проекрованої системи розраховується на повний цикл очищення: коагулювання, флокуляція, відстоювання, фільтрація, знезараження. В процесі роботи утворюються категорії рідких відходів, які наведені в табл. 5.2.

Основним джерелом водного забруднення при роботі станції водопідготовки є промивні води фільтрів, які містять завислі речовини, залишки коагулянту ( $Al^{3+}$  або  $Fe^{3+}$ ), дрібнодисперсний пісок і органічні речовини. Відповідно до вимог [5], скидання промивних вод у водойму допускається лише після їх попереднього очищення до значень гранично допустимих скидів (ГДС), встановлених індивідуально для кожного водного об'єкту.

Таблиця 3.2 – Обсяги та способи поводження з рідкими відходами станції водопідготовки

Вид відходів	Обсяг утворення	Спосіб поводження
Промивні води фільтрів	до 5–6 % від $Q_{доб}$	Рециркуляція на ущільнювач осаду або скид у водойму після очищення
Осади з відстійників	0,5–1,2 % від	Зневоднення на мулових

Вид відходів	Обсяг утворення	Спосіб поводження
та ущільнювачів	Qдоб	майданчиках, вивезення як добриво
Вода промивки фільтрів (хлорвмісна)	до 2–3 % від Qдоб	Нейтралізація гіпосульфітом, повернення у технологічну схему
Господарсько-побутові стоки СВП та НС	$\leq 0,5$ % від Qдоб	Відведення у систему каналізації або на локальні очисні споруди

Для повного виключення скидання забруднених вод у р. Рось передбачається система повного рециклу промивних вод: промивні води фільтрів збираються в резервуар-накопичувач, ущільнюються у тонкошаровому відстійнику та повертаються на початок технологічної схеми. Утворений осад із вмістом сухої речовини 25–35 % підлягає механічному зневодненню на центрифугах або фільтр-пресах з отриманням кеку вологістю  $\leq 65$  %, придатного для використання як структуротвірна добавка до ґрунту або вивезення на полігон промвідходів [1, 5].

Залишковий вплив на водне середовище після впровадження системи повного рециклу є мінімальним: можливі лише аварійні скиди під час зупинки станції водопідготовки на регламентне технічне обслуговування (не більше 2 разів на рік тривалістю до 4 год). Для таких випадків розробляється план аварійного реагування.

### 3.3. Оцінка впливу на атмосферне повітря

Реагентне господарство є основним джерелом потенційного хімічного забруднення атмосферного повітря.

Перехід від газоподібного хлору ( $\text{Cl}_2$ ) на гіпохлорит натрію є основним природоохоронним рішенням у сфері захисту атмосферного повітря. Гіпохлорит натрію є рідким реагентом, що транспортується в цистернах та зберігається у герметичних ємностях під невеликим надлишковим тиском.

Виключення зберігання стисненого газоподібного хлору повністю ліквідує ризик формування зони хімічного зараження.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) у атмосферному повітрі населених місць для хлору:  $ГДК_{\text{мр}} = 0,1 \text{ мг/м}^3$  (максимальна разова),  $ГДК_{\text{сд}} = 0,03 \text{ мг/м}^3$  (середньодобова) [11]. При зберіганні гіпохлориту натрію у закритих ємностях за нормальних умов концентрація хлору у приземному шарі атмосфери в межах санітарно-захисної зони (СЗЗ) підприємства (100 м) не перевищує  $0,01\text{--}0,02 \text{ мг/м}^3$ , що відповідає нормативу.

У будівельний період джерелами забруднення атмосферного повітря є: двигуни будівельної техніки (екскаватори, трубоукладачі, бульдозери) та автотранспорт; пилоутворення при розробці траншей, зворотному засипанні та розвантаженні матеріалів; зварювальні роботи. Для зменшення пилового забруднення під час будівництва мереж у межах міста передбачається: зволоження ґрунту при розробці траншей у суху погоду; накриття штабелів ґрунту та матеріалів тентами; поетапне виконання робіт ділянками завдовжки не більше 250 м; негайне відновлення дорожнього покриття після укладання труб.

Концентрація пилу в зоні проведення земляних робіт не перевищуватиме  $0,5 \text{ мг/м}^3$  на відстані 50 м від місця робіт, що відповідає  $ГДК_{\text{мр}}$  для нетоксичного пилу ( $0,5 \text{ мг/м}^3$ ). Викиди від двигунів будівельної техніки ( $\text{NO}_x$ , СО, сажа) є короткочасними і після завершення будівельного етапу повністю відсутні.

### **3.4. Оцінка акустичного впливу**

Основними джерелами шумового та вібраційного впливу є насосні агрегати НС-I та компресорне обладнання на водоочисній станції. Рівні звуку та нормативні вимоги наведені в табл. 3.3.

Для забезпечення нормативного рівня шуму передбачаються: влаштування насосних агрегатів (в будівлях НС-I та НС-II) на амортизаційних підкладках (гумово-металеві амортизатори типу АПС або АМ); влаштування

гнучких вставок на всмоктувальних та напірних трубопроводах; звукоізоляція машинної зали з застосуванням акустичних панелей (мінеральна вата товщиною  $\geq 100$  мм, облицьована перфорованим металом); герметизація дверних і вікон прорізів.

Таблиця 3.3 – Акустична характеристика проєктованих об'єктів та відповідність нормативам

Джерело шуму	Розрахунковий рівень шуму	Висновок
Насосна зала НС-I та НС-II	78–85 дБА	Відповідає при умові СЗЗ $\geq 100$ м
Станція водопідготовки	72–80 дБА	Відповідає
Межа СЗЗ НС-I (50 м)	$\leq 55$ дБА	Відповідає
Будівництво мереж (денний час)	$\leq 80$ дБА	Дотримання графіку робіт

Відповідно до [17], санітарно-захисна зона від НС-I (за критерієм шуму) приймається  $\geq 50$  м. При дотриманні зазначеної відстані від насосної станції до жилої забудови рівень шуму на межі СЗЗ не перевищує 55 дБА у денний час та 45 дБА у нічний час.

### 3.5. Оцінка впливу на ґрунтово-рослинний покрив та земельні ресурси

Будівництво водопровідних мереж є основним чинником тимчасового порушення ґрунтового покриву. Загальна протяжність проєктованих водогонів і розподільної мережі складає близько 45–55 км, у тому числі: магістральний водогін «розширення» (трубопровід Ду 400–500 мм) — близько 20 км; міські розподільні мережі (Ду 100–300 мм) — близько 30–35 км. При прокладанні трубопроводів в траншеях глибиною 1,8–2,5 м (нижче глибини промерзання ґрунту 1,05 м з урахуванням будівельного запасу) порушується родючий шар ґрунту завтовшки 0,25–0,35 м.

Відповідно до [18] та Земельного кодексу України, при прокладанні підземних комунікацій обов'язковим є знімання та роздільне складування родючого шару ґрунту (гумусованого горизонту) з подальшим поверненням його на місце після засипання траншей. Родючий ґрунт зберігається у тимчасових штабелях висотою не більше 2,0 м.

По завершенні будівельних робіт на всій площі порушених земель проводиться технічна та біологічна рекультивация: засипання траншей ущільненим ґрунтом з пошаровим трамбуванням; повернення родючого шару; засів трав'яними сумішами (суміш злаків та бобових); на ділянках поза проїздами — відновлення газонів або зелених насаджень. Термін біологічного відновлення — не більше 1 вегетаційного сезону після завершення робіт.

Відповідно до [10, 14], навколо водозабірних споруд та СВП встановлюються зони санітарної охорони (ЗСО). Перший пояс ЗСО водозабору (суворого режиму) огорожується парканом, у його межах забороняється проживання, будівництво, вирощування сільськогосподарських культур. Площа першого поясу ЗСО берегового водозабору складає орієнтовно 0,8–1,2 га.

В межах другого поясу ЗСО водозабору (р. Рось, верхня течія) забороняються: скидання стічних вод, внесення добрив та пестицидів без погодження з органами державного санітарного нагляду, розведення риби та водоплавної птиці. Господарська діяльність у другому та третьому поясах ЗСО регламентується відповідно до санітарних норм з врахуванням часу добігання від меж поясу до водозабору (другий пояс — 400 діб; третій пояс — увесь водозбір вище водозабору).

### **3.6. Оцінка впливу на соціальне середовище та здоров'я населення**

Реалізація проєкту матиме переважно позитивний вплив на соціальне середовище та здоров'я населення. Підвищення надійності та якості водопостачання дозволить забезпечити відповідну кількість і якість питної для всього населення міста.

Якість питної води після повного циклу водопідготовки буде відповідати всім показникам [14], включаючи: мікробіологічні показники (загальне мікробне число  $\leq 100$  КУО/мл, ОКБ — відсутні у 100 мл, термотолерантні коліформи — відсутні); органолептичні показники (каламутність  $\leq 0,5$  НОМ, забарвленість  $\leq 20$  градусів, запах і смак  $\leq 2$  балів); залишковий вільний хлор — 0,2–0,5 мг/л.

Тимчасовий негативний вплив на населення у будівельний період обумовлений шумом від будівельної техніки, обмеженням руху транспорту та пішоходів у зонах проведення робіт. Для мінімізації зазначених незручностей передбачається: узгодження графіку будівельних робіт у межах міста з органами місцевого самоврядування; організація об'їздів та тимчасових пішохідних переходів; виконання особливо шумних робіт (забивання паль, компресорне буріння) виключно у денний час (08:00–20:00); своєчасне інформування населення через засоби масової інформації.

### **3.7. Комплекс заходів щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища та екологічної безпеки**

Для забезпечення нормативного екологічного стану р. Рось проєктом передбачено комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на мінімізацію впливу водозабірних та водоочисних споруд на довкілля. Передбачається організація та дотримання режиму зон санітарної охорони, впровадження системи повторного використання промивних вод із виключенням їх скидання у водні об'єкти, зневоднення та екологічно безпечна утилізація осадів, застосування гіпохлориту натрію замість газоподібного хлору, оснащення водозабору рибозахисними пристроями, а також постійний контроль стану берегової смуги та дотримання умов спеціального водокористування.

Для зменшення впливу на атмосферне повітря передбачено використання безпечних реагентів, герметизацію ємностей реагентного господарства, обладнання будівель сучасними системами вентиляції та очищення повітря, встановлення автоматичних газоаналізаторів і впровадження заходів зі зниження запиленості під час будівництва. Це дозволяє виключити ризик

аварійного хімічного забруднення та забезпечити нормативні показники якості повітря.

Захист від шуму та вібрації забезпечується встановленням насосного обладнання на вібропоглинаючих основах, використанням гнучких з'єднань трубопроводів, застосуванням звукопоглинальних матеріалів у виробничих приміщеннях, вибором малошумного обладнання та створенням захисних зелених насаджень навколо об'єктів водопостачання. Під час будівництва передбачається дотримання регламентованого режиму виконання шумних робіт.

Охорона ґрунтів забезпечується шляхом роздільного зняття та збереження родючого шару, проведення технічної та біологічної рекультивації порушених територій після завершення будівництва, організації систем відведення поверхневого стоку та запобігання забрудненню земель паливно-мастильними матеріалами.

Контроль ефективності природоохоронних заходів здійснюватиметься в межах системи виробничого екологічного моніторингу, яка передбачає регулярне спостереження за якістю поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря, рівнями шуму, а також контроль якості питної води на всіх етапах її підготовки та подачі споживачам. Результати моніторингу використовуватимуться для своєчасного виявлення можливих відхилень і забезпечення екологічно безпечної експлуатації системи водопостачання.

### **3.8. Характеристика залишкових впливів на навколишнє середовище**

Оцінка залишкових впливів (табл. 3.4) дозволяє встановити прийнятність проєктованої діяльності з екологічної точки зору та її відповідність вимогам чинного природоохоронного законодавства.

Аналіз залишкових впливів, наведених у табл. 3.4, свідчить про те, що після впровадження комплексу природоохоронних заходів усі залишкові дії на навколишнє середовище є незначними або помірними, локальними за масштабом і в повній мірі відповідають вимогам чинного природоохоронного

законодавства та нормативних документів. Жодний із залишкових впливів не призводить до незворотних змін у стані природних екосистем або перевищення нормативних показників якості довкілля.

Таблиця 3.4 – Характеристика залишкових впливів проєктованої системи водопостачання на навколишнє середовище

<b>Залишковий вплив</b>	<b>Компонент довкілля</b>	<b>Ступінь</b>	<b>Характер</b>
Зміна гідрологічного режиму в зоні водозабору	Водне середовище	Незначний	Постійний
Залишковий вплив промивних вод на р. Рось	Водне середовище	Помірний до незначного	Постійний
Шум від НС-І після заходів звукоізоляції	Атмосферне повітря	Незначний	Постійний
Порушення ґрунтового покриву після будівництва	Ґрунт, рослинність	Незначний	Тимчасовий → рекультивация
Хімічний вплив реагентів (хлор) при нормальній роботі	Атмосферне повітря	Незначний	Постійний

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Загальні положення

В роботі виконано проєктування системи господарсько-питного водопостачання для міста з населенням 90 000 мешканців. До складу проєктованого комплексу входять: водозабірна споруда руслового типу, насосна станція першого підйому (НС-I), станція водопідготовки з відстійниками, фільтраційним блоком і спорудами знезараження, резервуари чистої води (РЧВ), насосна станція другого підйому (НС-II) та розподільча водопровідна мережа міста. Специфіка цих об'єктів полягає в тому, що їхній технологічний процес пов'язаний із застосуванням небезпечних хімічних реагентів, роботою електричних установок в умовах підвищеної вологості, обслуговуванням насосного та механічного обладнання під тиском, а також виконанням земляних і монтажних робіт під час будівництва та ремонту мережі. Тому забезпечення охорони праці на таких об'єктах потребує комплексного підходу, що охоплює технічні, організаційні, санітарно-гігієнічні та правові заходи.

Стабільна та безпечна робота станції водопідготовки забезпечується систематичним технічним обслуговуванням усього технологічного обладнання. Плановий огляд насосних агрегатів, фільтраційних установок, трубопровідних систем і ємностей для реагентів дозволяє своєчасно виявляти дефекти, попереджати аварійні відмови та підтримувати безперебійну подачу води споживачам. Автоматизовані системи контролю параметрів води, тиску і витрати реагентів суттєво підвищують надійність виробничого процесу та зменшують залежність від людського фактора.

Будівельні конструкції та приміщення станції проєктуються відповідно до чинних будівельних норм і захищаються від агресивних впливів: вібрацій, хімічно агресивних середовищ, підвищеної вологості та різких температурних змін. Для цього застосовуються антикорозійні покриття, герметизуючі матеріали та вологостійкі конструктивні рішення. Резервуари та комунікації підлягають регулярному санітарному огляду, дезінфекції та промиванню відповідно до вимог [14].

Надійність роботи системи водопостачання в аварійних умовах забезпечується резервуванням основного технологічного обладнання: встановленням резервних насосів, дублюючих фільтраційних модулів і автономних дизельних генераторів. Наявність резервних джерел живлення є критично важливою умовою для підтримання безперервної подачі питної води населенню в умовах перебоїв з електропостачанням, що особливо актуально в нинішніх умовах воєнного часу.

#### **4.2. Аналіз умов праці та небезпечних і шкідливих виробничих факторів**

Умови праці персоналу на об'єктах проекрованої системи водопостачання характеризуються широким спектром потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ), які можна систематизувати за такими групами: фізичні, хімічні, механічні та психофізіологічні.

##### *Фізичні чинники*

Насосні агрегати НС-I і НС-II, компресорні установки, фільтраційне та змішувальне обладнання є джерелами виробничого шуму, рівень якого на робочих місцях може перевищувати допустимий рівень 80 дБА [19]. Тривалий вплив шуму понад нормованих значень призводить до розвитку нейросенсорної приглухуватості, хронічної втоми та підвищення артеріального тиску. Відповідно, у залах насосних агрегатів обов'язково передбачаються звукоізоляційні кожухи на обладнанні та засоби індивідуального захисту органів слуху.

Технологічна вібрація від насосних агрегатів і двигунів передається на будівельні конструкції та робочі місця операторів. Загальна вібрація класу 3а (технологічна) нормується відповідно до [20]. Для зниження вібраційного навантаження насоси і двигуни встановлюються на фундаментах з пружними амортизаторами, а операторам, що часто перебувають поруч з агрегатами, видаються антивіброрухавиці.

Підвищена відносна вологість повітря (70–90 %) у приміщеннях водопідготовки сприяє розвитку захворювань органів дихання та шкіри. Для

нормалізації мікроклімату встановлюються системи вентиляції та осушення повітря, що підтримують параметри відповідно до [21].

#### *Хімічні чинники*

Коагулянти (сульфат алюмінію), флокулянти та луги, що застосовуються для корекції рН, можуть спричиняти хімічні опіки шкіри та слизових оболонок, тому персонал зобов'язаний використовувати відповідні ЗІЗ згідно з [21, 22].

#### *Механічні та електричні небезпеки*

Оберткові частини насосів і двигунів є джерелом механічних травм. Раптовий розрив трубопроводу або гідравлічний удар у напірній лінії може призвести до важких травм. Для запобігання цим ризикам передбачаються огороження оберткових частин, регулярне технічне обслуговування і встановлення запобіжних клапанів на напірних трубопроводах.

Підвищена вологість виробничих приміщень суттєво збільшує ризик ураження персоналу електричним струмом. Вимоги [23] визначають порядок перевірки електроустановок, стан заземлення та правила застосування діелектричних засобів захисту. Усі електроустановки виконуються у вологозахисному виконанні (ступінь захисту не нижче IP44).

#### *Психофізіологічні чинники*

Персонал станції несе підвищену відповідальність за якість питної води для 90 000 мешканців міста, що формує хронічний виробничий стрес. В умовах воєнного часу ця відповідальність зростає ще більше через загрозу обстрілів і необхідність постійного чергування. Для профілактики емоційного вигорання передбачаються раціональний розклад змін, регулярний відпочинок і програми психологічної підтримки персоналу. В табл. 4.1 показані ризики виробничих небезпечних та шкідливих факторів та їх мінімізація.

### **4.3 Організація безпечних умов праці на об'єкті водопостачання**

Безпечна організація виробничого процесу на проєктованій станції водопостачання ґрунтується на системі законодавчих і нормативних вимог [20-24], а також галузеві нормативи для підприємств водопостачання.

Таблиця 4.1 – Ризики виробничих небезпечних та шкідливих факторів та їх мінімізація

<b>Небезпечний фактор</b>	<b>Вид ризику</b>	<b>Заходи з мінімізації</b>
Шум від насосних агрегатів (>85 дБА)	Зниження слуху, хронічна втома	Звукоізоляція агрегатів, СЗ органів слуху, ротація змін
Вібрація механізмів (>2 м/с <sup>2</sup> )	Вібраційна хвороба	Амортизатори, антивіброрукавиці, обмеження часу контакту
Хімічні реагенти (хлор, коагулянти)	Гострі отруєння, алергії	Вентиляція, газоаналізатори, ЗІЗ (респіратори, рукавиці)
Ураження електричним струмом	Електротравма, летальний наслідок	Заземлення, діелектричні засоби
Підвищена вологість у приміщеннях	Дерматити, захворювання дихання	Гідроізоляція, осушувачі повітря, вологостійке взуття
Механічне травмування (обладнання, тиск)	Переломи, порізи, гідроудар	Огородження механізмів, каски, спецвзуття, регламентне ТО
Психоемоційне навантаження (надзвичайні ситуації)	Стрес, вигорання, помилки	Ротація змін, психологічна підтримка, навчання
Пожежа (електроустановки, реагенти)	Опіки, руйнування майна	АПС, вогнегасники, евакуаційні план

Основними організаційними заходами є:

- Проведення первинного та повторних (не рідше ніж 1 раз на 6 місяців) інструктажів з охорони праці;
- Організація навчання і перевірки знань з питань охорони праці для всіх категорій персоналу;
- Розроблення інструкцій з охорони праці за видами робіт і посадами;

➤ Ведення журналів реєстрації інструктажів і технічного обслуговування обладнання;

➤ Щоденний огляд робочих місць і стану ЗІЗ перед початком зміни;

➤ Призначення відповідальних осіб з охорони праці на кожній ділянці.

Відповідно до характеру виробничих небезпечних і шкідливих факторів на об'єктах проєктованої системи водопостачання для персоналу передбачаються такі засоби індивідуального захисту:

Таблиця 4.2 – Перелік засобів індивідуального захисту персоналу

№	Найменування ЗІЗ	Стандарт / норматив	Кількість на 1 особу на рік
1	Каска захисна промислова	ДСТУ EN 397:2017	1 шт.
2	Захисні окуляри з брызкостійким щитком	ДСТУ EN 166:2017	1 шт.
3	Фільтрувальний напівмаска-респіратор (клас FFP2)	ДСТУ EN 149:2017	12 шт.
4	Протихімічні рукавиці (хлоростійкі)	ДСТУ EN 374-1:2017	6 пар
5	Гумові чоботи водостійкі	ДСТУ EN ISO 20345:2017	2 пари
6	Захисний комбінезон (кислотостійкий)	ДСТУ EN 13034:2005	2 шт.
7	Протишумові вкладиші (беруші)	ДСТУ EN 352-2:2017	12 пар
8	Діелектричні рукавиці	НПАОП 40.1-1.21-98	1 пара
9	Запобіжний пояс / страхувальна система	ДСТУ EN 361:2017	1 шт.
10	Сигнальний жилет (II кл. захисту)	ДСТУ EN ISO 20471:2014	1 шт.

Роботодавець зобов'язаний забезпечувати зберігання, ремонт, заміну та перевірку справності ЗІЗ відповідно до чинних нормативів. Персонал не допускається до роботи без необхідних ЗІЗ.

#### 4.4 Вибір освітлювальної системи для штучного освітлення будівельного майданчика

Для проєктування системи зовнішнього освітлення території станції господарсько-питного водопостачання міста з населенням 90000 осіб використано вихідні дані відповідно до вимог [25]. Освітлювана територія має розміри  $200 \times 650$  м. Для відкритих виробничих майданчиків прийнято нормативну освітленість 5 лк.

Освітлення території передбачається здійснювати за допомогою металевих щогл висотою 25 м, на яких встановлюються прожектори заливального світла типу ПЗС-45. Як джерела світла прийнято натрієві лампи високого тиску ДНаТ-1000 потужністю 1000 Вт зі світловим потоком 130000 лм. Прожектори встановлюються під кутом нахилу  $18^\circ$ , а кут між їх оптичними вісями на одній щоглі становить  $30^\circ$ .

При розрахунку освітлювальної установки враховано коефіцієнт запасу 1,5, що відповідає умовам експлуатації відкритих прожекторних систем із натрієвими лампами. Відстань між освітлювальними щоглами вздовж периметра території прийнято 120 м, а між рядами щогл — 110 м.

Визначаємо кількість щогл за умови розміщення щогл по периметру та всередині майданчика:

$$nL = \frac{L}{A} + 1 = \frac{650}{120} + 1 \approx 8 \text{ щогл}$$

Кількість щогл по ширині (внутрішній ряд):

$$nW = \frac{W}{B} = \frac{200}{110} \approx 2 \text{ ряда}$$

Загальна кількість щогл складає 16 штук.

Визначаємо кількість прожекторів на щоглі:

$$n_{(\text{прож})} = \frac{360^\circ}{\alpha \times \kappa} = \frac{360^\circ}{30^\circ \times 110^\circ} \approx 4 \text{ шт}$$

Загальна кількість прожекторів:

$$N_{\text{прож}} = nL \times n_{(\text{прож})} = 16 \times 4 = 64 \text{ прожекторів}$$

Сумарна електрична потужність освітлювальної установки:

$$P = N_{\text{прож}} \times P = 64 \times 1000 = 64000 \text{ Вт} = 64 \text{ кВт}$$

Питома потужність складає

$$w = \frac{P}{S} = \frac{64000}{130000} = 0,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Нормована питома потужність для відкритих промислових майданчиків при  $E_n = 5$  лк та ДНаТ лампах за [25] складає в межах 0,35–0,50 Вт/м<sup>2</sup>. Отримане значення  $w = 0,49$  Вт/м<sup>2</sup> знаходиться в межах норми.

Перевіряємо освітленість методом коефіцієнта використання. Розрахунковий світловий потік від однієї щогли:

$$F_{\text{щ}} = n_{(\text{прож})} \times 130000 \text{ лм} = 4 \times 130000 = 520000 \text{ лм}$$

Освітлюваний майданчик на одну щоглу:

$$S_{\text{щ}} = A \times B = 120 \times 110 = 13200 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт використання світлового потоку для прожекторів ПЗС-45 при  $H = 25$  м:  $\eta = 0,30$ , тоді розрахункова освітленість складає:

$$E_{\text{роз}} = \frac{F_{\text{щ}} \times \eta}{S_{\text{щ}} \times K_3} = \frac{520000 \times 0,3}{13200 \times 1,5} \approx 7,88 \text{ лк}$$

Таким чином, розрахункова освітленість  $E_{\text{роз}}=7,88$  лк  $> E_n=5$  лк - умова виконана з запасом 58%, що забезпечує нормативне освітлення навіть з урахуванням нерівномірності розподілу світла.

В табл. 4.3 наведені зведені результати розрахунку системи зовнішнього освітлення за вихідними даними.

Таким чином, для освітлення відкритої ділянки станції площею 130000 м<sup>2</sup> необхідно встановити 16 металевих щогл висотою 25 м із кроком 120 × 110 м, на кожній по 4 прожектори ПЗС-45 з натрієвими лампами ДНаТ-1000 потужністю 1000 Вт. Загальна встановлена потужність становить 64 кВт, розрахункова освітленість 7,88 лк перевищує нормовану 5 лк за [25].

**Таблиця 4.2 – Результати розрахунку освітлювальної системи**

Параметр	Розрахункове значення	Нормативне значення
Площа освітлюваної ділянки $S$ , м <sup>2</sup>	130 000	–
Кількість щогл $N_{\text{щ}}$ , шт	14	–
Кількість прожекторів на щоглі $n_{\text{пр}}$ ,	4	–

Параметр	Розрахункове значення	Нормативне значення
шт		
Загальна кількість прожекторів $N_{пр}$ , шт	56	–
Висота щогли $H$ , м	25	$\geq 20$ для $E_n=5$ лк
Кут нахилу прожектора $\Theta$ , °	18	15–20
Сумарна потужність $P_{\Sigma}$ , кВт	56,0	–
Питома потужність $w$ , Вт/м <sup>2</sup>	0,43	0,35–0,50
Розрахункова освітленість $E_{роз}$ , лк	7,88	$\geq 5,0$
Тип лампи	ДНаТ-1000 (1000 Вт)	–
Коефіцієнт запасу $K_z$	1,5	1,5

#### 4.5 Розрахунок небезпечної зони поблизу траншеї

Для виконання розрахунку стійкості та визначення параметрів монтажних робіт прийнято такі вихідні дані: глибина закладання фундаменту становить 4,8 м, ґрунтові умови представлені супісками, а розміри підшви фундаменту складають  $4,8 \times 4,8$  м. Для виконання монтажних операцій передбачається використання гусеничного крана з базою 4,2 м. Зазначені характеристики враховуються при визначенні умов роботи будівельної техніки, перевірці стійкості укосів та організації будівельно-монтажних робіт.

1. Нормативних нахил відкосу визначаємо як  $1/m$ , де  $m$  – коефіцієнт відкосу. За табл. 10.2 [26] визначаємо, що крутизна відкосу дорівнює  $1/0,67$ . Заложення відкосу дорівнює  $m \times H = 4,8 \cdot 0,67 = 3,22$  м.

2. Траншея по дну –  $B = a + 0,5 + 0,5 = 4,8 + 0,5 + 0,5 = 5,8$  м, а траншеї по верху дорівнює:  $A = B + mH + mH = 5,8 + 3,22 + 3,22 = 12,24$  м.

3. Відповідно до ДБН А.3.2-2:2009 для супіску та глибини 4,8 м мінімальна безпечна відстань по горизонталі від підшви відкосу до брівки траншеї складає 2,4 м.

4. Максимальне допустиме наближення крану до відкосу траншеї:

$$L_6 = \frac{b}{2} + 2,4 + 0,5 + \frac{a}{2}, \quad (4.1)$$

де  $b$  – база гусеничного транспорту.

$$L_6 = \frac{4,2}{2} + 2,4 + 0,5 + \frac{4,8}{2} = 7,4 \text{ м}$$

На підставі отриманих розрахункових параметрів виконано побудову поперечного розрізу траншеї, який наведено на рис. 4.1. Розріз відображає основні геометричні характеристики виїмки, прийняті умови закріплення укосів та взаємне розташування конструктивних елементів відповідно до результатів розрахунків.

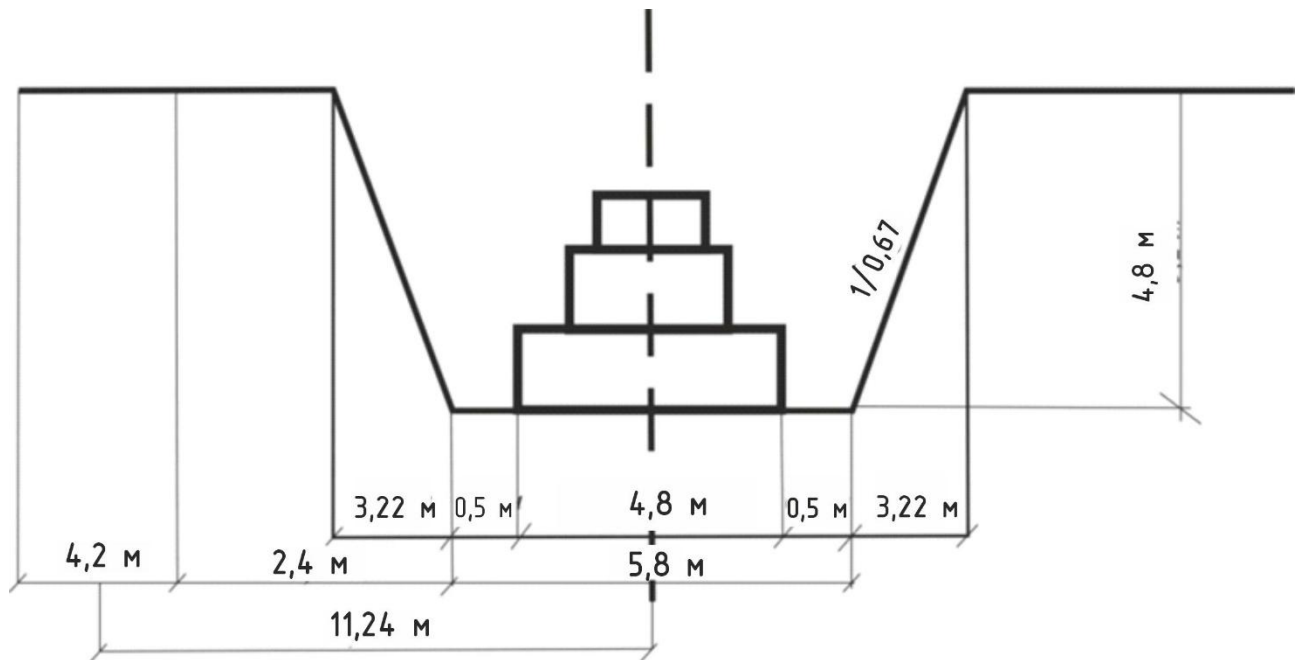


Рисунок 4.1 – Розріз траншеї, побудований для прийнятих вихідних умов.

#### Висновок до Розділу 4

У четвертому розділі розглянуто питання забезпечення безпечних умов праці під час будівництва та експлуатації об'єктів системи господарсько-питного водопостачання. Проведено аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів, характерних для роботи водозабірних споруд, насосних станцій та водоочисних комплексів. Особливу увагу приділено впливу шуму, вібрації, хімічних реагентів, рухомих механізмів та інших чинників, які можуть негативно впливати на персонал, а також заходам щодо їхнього усунення або зменшення.

Для забезпечення належних умов виконання будівельно-монтажних робіт виконано розрахунок системи зовнішнього освітлення будівельного майданчика, за результатами якого визначено необхідну кількість

освітлювальних опор, прожекторів та їхні основні параметри. Отримані показники освітленості відповідають вимогам чинних нормативних документів і забезпечують безпечне виконання робіт у темний час доби.

Також проведено розрахунок параметрів безпечного виконання земляних робіт, зокрема визначено геометричні характеристики траншеї, допустимі укоси, безпечні відстані до краю виїмки та умови розміщення будівельної техніки. Це дозволило встановити межі небезпечних зон та передбачити заходи щодо запобігання обваленню ґрунту і травмуванню працівників.

На підставі проведеного аналізу розроблено комплекс організаційних і технічних заходів з охорони праці, що включає забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, проведення інструктажів, застосування систем автоматичного захисту, резервування електроживлення та інші рішення, спрямовані на підвищення рівня виробничої безпеки. Запропоновані заходи забезпечують відповідність умов праці чинним нормативним вимогам та сприяють надійній і безпечній експлуатації системи водопостачання.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано проєктування системи господарсько-питного водопостачання міста Черкаської області з населенням 90 тис. осіб. Робота охоплює основні етапи створення системи водопостачання – від вибору джерела води та визначення потреб споживачів до проєктування споруд водопідготовки, оцінки екологічних аспектів і розроблення заходів з охорони праці.

1. Проведено аналіз природно-кліматичних умов району проєктування, гідрологічних характеристик водних об'єктів та можливих джерел водопостачання. Виконано порівняльну оцінку поверхневих і підземних вод за кількісними та якісними показниками. За результатами аналізу як основне джерело водопостачання обрано поверхневі води р. Рось, які забезпечують необхідний обсяг води для потреб міста та мають достатній ресурсний потенціал для тривалої експлуатації.

2. Визначено потреби міста у воді для господарсько-питних, комунально-побутових і виробничих потреб, а також для поливу територій та забезпечення пожежогасіння. На основі отриманих даних встановлено розрахункові витрати води для різних режимів роботи системи. Крім того, виконано гідравлічний розрахунок водопровідної мережі, підібрано діаметри трубопроводів та перевірено відповідність параметрів мережі вимогам щодо надійності та ефективності водопостачання.

3. Запроєктовано основні споруди системи водопостачання, зокрема водозабірну споруду, насосні станції, водоводи, резервуари чистої води та станцію водопідготовки. Розроблено технологічну схему очищення води, яка включає процеси реагентної обробки, освітлення, фільтрування та знезараження. Для забезпечення санітарної безпеки води передбачено використання гіпохлориту натрію як сучасного та безпечного реагенту для дезінфекції.

4. Виконано оцінку впливу проєктованих споруд на навколишнє середовище та проаналізовано можливі екологічні наслідки їх функціонування. Запропоновано комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на

раціональне використання водних ресурсів, зменшення обсягів забруднення та забезпечення екологічної безпеки під час експлуатації системи водопостачання. Особливу увагу приділено питанням охорони поверхневих вод і поводження з відходами водопідготовки.

5. Розглянуто питання охорони праці під час будівництва та експлуатації об'єктів водопостачання. Проведено аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть виникати під час виконання технологічних процесів та будівельно-монтажних робіт. На основі проведеного аналізу розроблено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, зниження виробничих ризиків та захист персоналу від можливих небезпек.

Запропоновані проєктні рішення відповідають вимогам чинних нормативних документів у сфері водопостачання, екологічної безпеки та охорони праці. Реалізація розробленого проєкту дозволить забезпечити населення міста якісною питною водою в необхідній кількості, підвищити надійність функціонування системи водопостачання та створити умови для її ефективної та безпечної експлуатації в довгостроковій перспективі..

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Актуалізовані кліматичні дані метеостанції Умань надані Центральною геофізичною обсерваторією ім. Б. Срезневського. – URL: <https://cgo-sreznevskiy.kiev.ua> (дата звернення: 10.03.2026).
2. Дані по гідрологічному посту р. Рось – Корсунь-Шевченківський з архіву ЦГО ім. Б. Срезневського. – URL: <https://cgo-sreznevskiy.kiev.ua> (дата звернення: 10.03.2026).
3. Регіональний офіс водних ресурсів річки Рось. Аналіз гідрохімічного стану річки Рось (за матеріалами моніторингу питних водозаборів 2015–2023 рр.) [Електронний ресурс]. – URL: <https://rovrosi.gov.ua/analiz-gidrohimichnogo-stanu.html> (дата звернення: 10.03.2026).
4. . Шестопапов О.В. Аналіз показників якості води: сучасні аспекти і виклики / О.В. Шестопапов, А.О. Сакун, П.С. Лізантан, Н.О. Кануннікова, О.Г. Гайдучок, Р.С. Томашевський, Б.В. Воробйов // Екологічні науки. 2024. № 3 (54). С. 76–82.
5. Shestopalov O. Investigation of the impact of the technical condition of water supply systems on drinking water quality / O. Shestopalov, S. Kulinich, N. Kanunnikova, H. Kniazieva, R. Tomashevskiy, V. Vorobiov, O. Haiduchok, A. Sakun // Journal of Chemistry and Technologies. 2025. Vol. 33, is. 3. P. 641–649.
6. КП «Уманьводоканал». Загальна характеристика системи водопостачання м.Умань [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.abon.com.ua/company/article/5/87> (дата звернення: 10.03.2026).
7. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Зі Зміною № 1. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 287 с.
8. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. – Чинний від 2009-01-01. – Київ: Держспоживстандарт України, 2007. – 34 с.

9. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII: із змінами, внесеними Законом від 10.10.2024 № 4017-IX. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення: 10.05.2026).

10. Водний кодекс України: Закон України від 06.06.1995 № 213/95-ВР: із змінами, внесеними Законом від 19.06.2024 № 3793-IX. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр> (дата звернення: 10.05.2026).

11. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII: у редакції від 21.08.2024. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 10.05.2026).

12. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення: Закон України від 10.01.2002 № 2918-III: у редакції від 27.09.2024. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14> (дата звернення: 10.05.2026).

13. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 210 с. –

14. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: затв. наказом МОЗ України від 12.05.2010 № 400: із змінами, внесеними наказом МОЗ від 29.11.2024 № 1984. – Київ: МОЗ України, 2010. – 44 с.

15. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. – Чинний від 2014-10-01. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. – 38 с.

16. Ромась М. І., Сташук В. А., Яцик А. В. Гідрологічні ресурси річок Черкащини / за ред. А. В. Яцика. – Київ: Генеза, 2010. – 280 с.

17. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму: затв. наказом Мінрегіону від 27.12.2013 № 630. – Чинний від 2014-06-01. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 72 с.

18. ДСТУ 4288:2004. Якість ґрунту. Рекультивація земель. – Чинний від 2005-07-01. – Київ: Держспоживстандарт України, 2005. – 14 с.

19. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку: затв. Постановою Головного держ. санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 37. – Київ: МОЗ України, 1999. – 16 с.

20. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації: затв. Постановою Головного держ. санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 39. – Київ : МОЗ України, 1999. – 20 с.

21. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: затв. Постановою Головного держ. санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42. – Київ: МОЗ України, 1999. – 12 с.

22. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ : у редакції від 12.09.2025. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 10.05.2026).

23. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – Київ: Держнагляд охорони праці України, 1998. – 273 с.

24. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні : затв. наказом МВС від 30.12.2014 № 1417 : із змінами, внесеними наказом МВС від 11.07.2024 № 474. – Київ : МВС України, 2014.

25. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення: затв. наказом Мінрегіону від 03.10.2018 № 264. – Чинний від 2019-03-01. – Київ: Мінрегіон України, 2019. – 172 с.

26. ДБН А.3.2-2:2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – Київ: Мінрегіон України, 2009. – 50 с.