

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

«Водопостачання міста Вінницької області з чисельністю 45000 мешканців»

Виконав: здобувач освіти 4-го курсу,
групи ЦІ 2022-2
спеціальності 192 – Будівництво та
цивільна інженерія
освітня програма «Цивільна інженерія»
Єна Ілля Сергійович
Керівник доц. Гайдучок О.Г.
Рецензент доц. Сироватський О.А.

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

Єна Ілля Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Водопостачання міста Вінницької області з чисельністю 45000 мешканців

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” 05 2026 р. №447-03

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 18.06.2026 р.



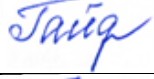
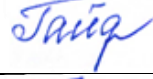
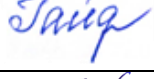

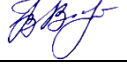
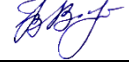


3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Генплан міста. Чисельність населення міста для розрахункового періоду – 45000 чол. Норми водоспоживання – 221 л/доб·чол. Норма на полив складає 54 л/доб·чол. Водонапірна башта на початку мережі. Каламутність вихідної води у джерелі (максимальна) – 350 мг/л, каламутність (мінімальна) – 84 мг/л; забарвленість – 76 градусів, лужність – 4,8 ммоль/л. Поверховість житлових будинків – 7. 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. Організація експлуатації системи. 4. Охорона праці

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

1) Генплан міста. 2) Суміщена будівля водозабору і насосної станції першого підйому. План. Розріз. 3) П'єзометрії різних режимів роботи системи 4) Генплан очисних споруд 5) Будівля очисних споруд 6) Заходи щодо охорони праці та забезпечення надійності роботи об'єктів водопостачання, технічного обслуговування та безаварійного функціонування системи

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.		
Організація експлуатації системи	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 04.04.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Загальна частина	06.04 – 16.04	
2	Технологічна частина	07.04 – 08.05	
3	Організація експлуатації системи	23.04 – 07.05	
4	Охорона праці	01.05 – 14.05	
5	Графічна частина	15.05 – 08.06	
6	Оформлення і захист	01.06 – 24.06	

Здобувач освіти



Ілля ЄНА

Керівник роботи



Олександр ГАЙДУЧОК

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
бакалавра
здобувачу освіти 4-го курсу,
групи ЦІ 2022-2
Єна І.С.

1. Населення міста для розрахункового періоду **45000** чол.
2. Норма середньодобового водоспоживання **221** л/доб.чол.
3. Норма на полив **54** л/доб.чол.
4. Коефіцієнт добової та годинної нерівномірності $K_{\text{доб.мах}} = 1,24$; $K_{\text{год.мах}} = 1,28$.
5. Джерело водопостачання поверхнєве джерело річка
6. Дані по промисловим підприємствам:

Відомості про промпідприємства	№1	№2
Кількість змін	3	2
Кількість працюючих (тис. чол.)	4	2
Розподіл працюючих по змінах у % від загального числа працюючих у I змін	50	45
у II змін	40	55
у III змін	10	-
Кількість працюючих у „гарячих” цехах у % від загального числа працюючих у I змін	45	43
у II змін	38	30
у III змін	44	-
Кількість працюючих, які користуються душем, у % від загального числа працюючих у I змін у „гарячих” цехах	68	58
у II змін	46	43
у III змін	55	-
Кількість працюючих, які користуються душем, у % від загального числа працюючих у I змін у „холодних” цехах	22	40
у II змін	26	40
у III змін	13	-
Витрати води на технологічні потреби, л/с	5	2

Здобувач освіти



Ілля ЄНА

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 71 сторінка, 15 таблиць та 11 рисунків, список використаних джерел містить 26 позицій.

ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОПІДГОТОВКА, ГІПОХЛОРИТ НАТРІЮ, НАСОСНА СТАНЦІЯ, ВОДОНАПІРНА БАШТА, ВОДОПРОВІДНА МЕРЕЖА, ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

Метою роботи є проектування системи господарсько-питного водопостачання міста Вінницької області з чисельністю населення 45 000 мешканців та забезпечення споживачів необхідною кількістю питної води нормативної якості

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню системи водопостачання міста на базі поверхневого джерела водопостачання.

В розділі «Загальні відомості» наведено фізико-географічну, кліматичну та гідрологічну характеристику району проектування, проаналізовано умови водопостачання та виконано вибір джерела забору води для забезпечення потреб міста.

В розділі «Технологічна частина» виконано розрахунок водоспоживання, запроєктовано русловий водозабір, насосні станції, споруди підготовки води, резервуари чистої води та водопровідну мережу.

В розділі «Організація експлуатації системи» розглянуто вимоги до експлуатації споруд і обладнання системи водопостачання, наведено заходи щодо забезпечення надійності роботи об'єктів, контролю якості води, технічного обслуговування та безаварійного функціонування системи.

В розділі «Охорона праці» наведено комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці персоналу під час будівництва та експлуатації об'єктів системи водопостачання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	8
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	13
3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ.....	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	54
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

ВСТУП

Надійне забезпечення населення якісною питною водою є одним із ключових чинників сталого розвитку населених пунктів, підвищення рівня життя населення та забезпечення санітарно-епідеміологічної безпеки. Сучасні системи водопостачання повинні гарантувати безперервне подавання води споживачам у необхідній кількості та відповідної якості, що відповідає чинним нормативним вимогам. Особливої актуальності це набуває для міст із розвиненою житловою забудовою та наявністю промислових підприємств, де водоспоживання характеризується значними добовими та сезонними коливаннями.

Проектування систем водопостачання потребує комплексного врахування природних, технічних, економічних та екологічних факторів. Вибір джерела водопостачання, визначення необхідної продуктивності споруд, обґрунтування технології очищення води та забезпечення надійності роботи мережі є взаємопов'язаними завданнями, від правильності вирішення яких залежить ефективність функціонування всієї системи. При цьому особлива увага приділяється раціональному використанню водних ресурсів та впровадженню технічних рішень, що забезпечують енергоефективність і довговічність споруд.

Важливою складовою роботи є розроблення комплексу споруд для забору, очищення, транспортування та зберігання води. Запропоновані технічні рішення спрямовані на забезпечення стабільної роботи системи в умовах нерівномірного водоспоживання та змін якості води у джерелі. Крім того, у роботі розглянуто питання захисту трубопроводів і споруд від корозії, а також заходи з охорони праці, які повинні виконуватися під час будівництва та експлуатації об'єктів водопостачання.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Місто з чисельністю 45000 мешканців для якого проектується система господарсько-питного водопостачання розташоване в центральній частині Вінницької області, в межах Придніпровської височини. Займає приблизну площу в 50 км² і за адміністративним статусом відноситься до категорії «малих віст обасного значення». Рельєф місцевості має слабохвилястий характер: абсолютні позначки поверхні коливаються в діапазоні від 218 до 264 м над рівнем моря за Балтійською системою висот. Загальна орієнтація схилів переважно на захід та південний захід у бік долини річки Соб, яка є лівої притокою Південного Бугу.

Відстань від міста до обласного центру (м. Вінниця) становить орієнтовно 80км. Транспортне сполучення забезпечується автомобільними дорогами державного та регіонального значення, що проходять крізь долину річки, а також залізничною гілкою. Ці фактори визначають характер господарської діяльності та відповідний рівень антропогенного навантаження на водні ресурси.

За даними [1] клімат Вінницької області є помірно континентальним, з чітко вираженою сезонністю, м'якою зимою та теплим вологим літом. Формування погодних умов відбувається під впливом повітряних мас Атлантичного океану, що обумовлює відносно рівномірний розподіл опадів протягом року. В табл. 1.1 показана характеристика клімату узагальнена за даними багаторічних спостережень метеостанції Вінниця (1961–2020 рр.) та регіональних кліматичних атласів [1, 2].

Середньорічна температура повітря становить +9,0 °С. Найхолоднішим місяцем є січень із середньомісячною температурою –5,3 °С, найтеплішим — липень (+22,1 °С). Тривалість безморозного періоду складає 165–175 днів. Стійкий сніговий покрив встановлюється в кінці грудня та зберігається до середини лютого, тривалість — 45–55 діб. Максимальна глибина промерзання ґрунтів, за даними нормативних документів, становить 1,0–1,1 м.

Таблиця 1.1 – Середньомісячні температури повітря та кількість опадів [2]

Показник	Січ	Лют	Бер	Квіт	Трав	Черв	Лип	Серп	Вер	Жовт	Лист	Груд	Рік
Т повітря, °С	-5,3	-4,1	1,8	10,4	16,9	20,2	22,1	21,4	15,7	9,2	2,4	-3,1	9,0
Опади, мм	38	35	38	43	58	72	74	61	52	45	47	44	607

Кліматичні умови є сприятливими для функціонування водозабірних споруд та очисних станцій протягом усього року. Замерзання поверхні річки спостерігається, як правило, на 20–35 діб (грудень – перша половина лютого), що враховується при проектуванні водозабору руслового типу з облаштуванням захисту від льодоходу.

Вінницька область належить до басейну Південного Бугу, яка є однією з найбільших річок України, що не перетинає кордон іншої держави у своїх витоках [1]. Гідрографічна мережа регіону є достатньо розгалуженою: щільність річкової мережі складає 0,22–0,28 км/км². Основні водотоки — Південний Буг та його численні притоки: Соб, Рів, Десна, Згар, Ров та ін.

Річка Соб - це ліва притока Південного Бугу і є головним поверхневим водотоком, що протікає поблизу міста, що розглядається. Довжина річки становить 176 км, площа водозбірного басейну складає 3270 км², ширина водозбірного басейну — 38–45 км. Річка бере початок на Подільській височині і впадає до Південного Бугу поблизу с. Сobotівка Вінницького району [1, 3].

Гідрологічний режим річки Соб має яскраво виражений сезонний характер, що зумовлений кліматичними умовами та переважно снігово-дощовим типом живлення. Поверхневий стік є основним (55–60 %), підземні горизонти забезпечують до 30 % водовіддачі, та лише 10–15 % надходить за рахунок безпосереднього випадання опадів на водну поверхню.

Навіть у найбільш посушливий розрахунковий рік (95 % забезпеченості) витрата річки Соб у 27,0 м³/с не перевищують максимальну добову потребу міста — близько 0,21 м³/с.

Шар стоку за рік — 850 мм в роки забезпеченістю 50 %, що відповідає відносно стабільному водоносному режиму. Рівень води у меженний період коливається в діапазоні від 0,8 до 1,4 м над поверхнею дна. Середня глибина в центральному фарватері — 2,2–3,6 м. Ширина водного дзеркала у міському створі — 45–80 м залежно від сезону.

Швидкість течії під час паводку досягає 1,2–1,6 м/с, у межень — 0,18–0,35 м/с. Основним забруднювальним чинником є підвищена каламутність у паводковий період (до 350 мг/л), що пояснюється активним змиванням ґрунтів з сільськогосподарських угідь у водозбірному басейні [4, 5]. Значна забарвленість, яка складає 76 градусів за платино-кобальтовою шкалою зумовлена присутністю гумінових кислот органічного походження, характерних для подільських ґрунтів.

Ґрунтовий покрив у зоні водозбору відрізняється значним різноманіттям. Переважаючий тип — темно-сірі лісові ґрунти та вилуговані чорноземи з умістом гумусу 3,2–4,8 %. У заплаві річки Соб сформувались лучно-чорноземні та лучні ґрунти з гідроморфними ознаками, що є зоною підвищеного ризику забруднення поверхневих вод при зрошенні та оранці. На водорозділах — типові чорноземи середньогумусні (гумус 5,1–6,3 %). У долині на невисоких терасах — буроземно-підзолисті ґрунти та сіроземи легкого механічного складу.

Рослинність Вінницької області відноситься до двох природно-кліматичних зон — лісостепу (переважна більшість території) та степу (крайній південь та схід), що відбивається на видовому складі флори у зоні водозбору. Природна рослинність збереглася переважно у долинах річок та на вкрутих схилах балок.

Заплавна рослинність річки Соб представлена вербово-тополевіми гаями (*Salix alba*, *Populus nigra*, *P. tremula*), вільховими заростями (*Alnus glutinosa*), а також луговими угрупованнями злаків та різнотрав'я на заплавах луках. Водна

рослинність — очерет звичайний, рогіз широколистий, латаття біле, горлянка плазуча. Наявність рослинного буферного поясу вздовж берегів знижує надходження поверхневого стоку з угідь.

Сільськогосподарські угіддя займають близько 68 % площі водозбору, що є основним антропогенним чинником, який визначає якість поверхневих вод. Ступінь екологічного тиску оцінюється як помірний, а в роки з підвищеною кількістю опадів — підвищений.

Для вибору основного джерела питного водопостачання міста було проведено порівняння двох варіантів: підземного джерела (артезіанська свердловина) та поверхневого джерела (річка Соб). В табл. 1.2 показана порівняльна характеристика джерел.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика альтернативних джерел водопостачання

Показники	Підземне джерело (свердловина)	Поверхнева річка Соб	Перевага
Потенційна витрата	0,05–0,12 м ³ /с (обмежена)	до 324 м ³ /с (весняний паводок)	Річка
Розрахункова витрата міста	≈ 0,2 м ³ /с – не можливість забезпечити	0,13 м ³ /с - легко забезпечується	Річка
Захищеність від забруднень	Висока (природна фільтрація)	Необхідність очисних споруд	Підземне джерело
Надійність та безперебійність	Сезонне коливання рівнів	Постійна наявність з регулюванням	Річка
Масштабованість	Обмежена (виснаження водоносного горизонту)	Висока, залежить від режиму річки	Річка
Відповідність вимогам ДБН В.2.5-74:2013	Потребує доп. обґрунтування	Рекомендоване для міст 45 тис. чол.	Річка

Порівняння з розрахунковою мінімальною витратою річки Соб (27,0 м³/с при P = 95 %) свідчить, що навіть за найнесприятливіших гідрологічних умов

запас водних ресурсів у 152 рази перевищує потреби міста, що є беззаперечним підтвердженням доцільності використання поверхневого джерела.

Підземні горизонти у межах розглядуваного регіону не мають достатнього дебіту: розвідані запаси підземних вод Вінницької області по Прибузькому артезіанському басейну становлять 87 тис. м³/доб для усього регіону, що є вкрай недостатнім для виділення водокористування одного міста з потребами понад 17 000 м³/доб без суттєвого виснаження горизонту.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

В розділі 1 було обгрунтовано вибір джерела водопостачання. Забір здійснюється з річки і забезпечує мешканців міста водою для питних і господарсько-побутових потреб, в тому числі полив зелених насаджень та вулиць. Додатково передбачається вода для гасіння пожеж, які можуть виникнути в годину макимального 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 221 л/доб, а кількість споживачів - 45000 чол, коефіцієнт добової нерівномірності – 1,24.

$$Q_{\text{макс}} = \frac{221 \cdot 45000}{1000} \times 1,24 \approx 12331,8 \text{ м}^3/\text{доб}$$

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

$$Q_{\text{макс}} = 1,1 \times 12331,8 \approx 13564,9 \text{ м}^3/\text{доб}$$

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

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

$$Q_{\text{макс}} = \frac{13564,9}{24} \times 1,28 \approx 723,5 \text{ м}^3/\text{год або } 201 \text{ л/с.}$$

2.2 Витрати води на поливальну діяльність

Полив зелених насаджень, площ, миття майданчиків та вулиць визначаються на підставі граничних норм водокористування та площ територій, які потребують зрошення або очищення.

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

$$Q_{\text{пол}} = \frac{54 \cdot 45000}{1000} = 2430 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Таким чином, води на полив необхідно: **1701 м³/добу** при механізованому способі (полівальні машини) та **729 м³/добу** для ручного поливу.

2.3 Витрати води для потреб промислових підприємств

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).

2.4 Загальне водоспоживання міста

Розрахунок загального водоспоживання міста проводимо за наступною формулою:

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

$$Q_{\text{пож}} = 13564,9 + 2430 + 745,5 + 294,7 = 17035,1 \text{ м}^3/\text{доб}$$

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 [6], витрата води на гасіння однієї пожежі становить 25 л/с; одночасно виникнення 2 пожеж, а тривалість їх ліквідації — 3 години.

$$Q_{\text{пож}} = 3,6 \cdot 25 \cdot 2 \cdot 3 = 540 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Визначення добового об'єму водоспоживання виконується в табличній формі (табл. 2.2) для кожної години, враховуючи всі показники: господарсько-питне водопостачання, полив, потреби у воді промислових підприємств.

Для врахування забезпечення всіх споживачів водою навіть в пікові моменти передбачається влаштування регулювальної ємності – водонапірної башти. Режим роботи насосної станції другого підйому буде наступний: в години максимального водоспоживання працюють одна насосна група, в години мінімального – інша. Для визначення подачі другого типу насосів викоорстовуємо залежність:

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

Ступінчастий графік водоспоживання в місті протягом доби і сумарний графік водоспоживання міста з подачею води насосним обладнанням з насосної станції другого підйому показано на рис. 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Розрахункові витрати води на промислових підприємствах

№ підприємства	Зміни	Кількість працюючих									Розрахункові витрати води						Загальна витрата	
		Загальна		У «гарячих» 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	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	I	50	2000	45	900	1100	68	612	22	242	40,5	27,5	61,2	17,3	78,5	5,5	158,4	304,9
	II	40	1600	38	608	992	46	280	26	258	27,4	24,8	27,9	18,4	46,3	5,5	158,4	256,9
	III	10	400	44	176	224	55	97	13	30	7,9	5,6	9,7	2,1	11,8	5,5	158,4	183,7
		100	4000									75,8	57,9			136,6		475,2
2	I	45	900	30	270	630	85	230	40	252	12,2	15,8	22,9	18	40,9	2,2	69,12	137,9
	II	55	1100	35	385	715	70	25	50	358	17,2	17,8	26,9	25,6	52,5	2,2	69,12	156,8
		100	2000									29,4	33,6			93,4		138,24

Таблиця 2.2 – Розрахунок сумарного водоспоживання міста

Години	Водоспоживання на господарсько-питні потреби населення,	Водоспоживання на полив, м³/год	Промпідприємство № 1						Промпідприємство № 2						Сумарне водоспоживання	
			на господарсько-питні потреби працюючих				душові витрати, м³/год	витрати води на технологічні	на господарсько-питні потреби працюючих				душові витрати, м³/год	витрати води на технологічні		
			у «гарячих» цехах		у «холодних» цехах				у «гарячих» цехах		у «холодних» цехах					
			%	м³/год	%	м³/год	м³/год	%	м³/год	%	м³/год	м³/год	м³/год	м³/год		
1	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0-1	434,1		15,65	0,9544	18,75	0,35	46,3	19,8					52,5	-	554,1	3,252
1-2	440,9		12,05	0,9544	6,25	0,70		19,8	-	-	-	-	-	-	462,3	2,714
2-3	393,4		12,05	0,9544	12,5	0,70		19,8	-	-	-	-	-	-	414,8	2,435
3-4	393,4		12,05	0,9544	12,5	1,05		19,8	-	-	-	-	-	-	415,2	2,437
4-5	454,4		12,05	0,9544	18,75	0,35		19,8	-	-	-	-	-	-	475,5	2,791
5-6	508,7	227,8	12,05	0,9544	6,25	0,70		19,8	-	-	-	-	-	-	757,9	4,449
6-7	562,9	227,8	12,05	0,9544	12,5	0,70		19,8	-	-	-	-	-	-	812,2	4,768
7-8	630,8	227,8	12,05	1,2395	12,5	1,05		19,8	-	-	-	-	-	-	880,7	5,17
8-9	685,0	106,3	15,65	4,8803	18,75	1,72	11,8	19,8	12,05	1,46	6,25	0,98		8,64	840,6	4,934
9-10	732,5	106,3	12,05	4,8803	6,25	3,44		19,8	12,05	1,46	12,5	1,97		8,64	879,0	5,16
10-11	657,9	106,3	12,05	4,8803	12,5	3,44		19,8	12,05	1,46	12,5	1,97		8,64	804,4	4,722
11-12	624,0	106,3	12,05	4,8803	12,5	5,16		19,8	12,05	1,46	18,75	2,95		8,64	773,2	4,539
12-13	610,4	106,3	12,05	4,8803	18,75	1,72		19,8	12,05	1,46	6,25	0,98		8,64	754,2	4,427
13-14	583,3	106,3	12,05	4,8803	6,25	3,44		19,8	12,05	1,46	12,5	1,97		8,64	729,8	4,284
14-15	596,9	106,3	12,05	4,8803	12,5	3,44		19,8	12,05	1,46	12,5	1,97		8,64	743,4	4,364
15-16	617,2	106,3	12,05	6,3383	12,5	5,16		19,8	15,65	1,90	18,75	2,95	40,9	8,64	768,3	4,51
16-17	610,4	106,3	15,65	3,2969	18,75	1,55	78,5	19,8	12,05	2,1	6,25	1,11		8,64	872,7	5,123
17-18	576,5	106,3	12,05	3,2969	6,25	3,10		19,8	12,05	2,1	12,5	2,23		8,64	721,9	4,238
18-19	603,6	106,3	12,05	3,2969	12,5	3,10		19,8	12,05	2,1	12,5	2,23		8,64	749,1	4,397

Години	Водоспоживання на господарсько-питні потреби населення,	Водоспоживання на полив, м ³ /год	Промпідприємство № 1						Промпідприємство № 2						Сумарне водоспоживання	
			на господарсько-питні потреби працюючих				душові витрати, м ³ /год	витрати води на технологічні	на господарсько-питні потреби працюючих				душові витрати, м ³ /год	витрати води на технологічні		
			у «гарячих» цехах		у «холодних» цехах				у «гарячих» цехах		у «холодних» цехах					
			%	м ³ /год	%	м ³ /год	м ³ /год		%	м ³ /год	%	м ³ /год	м ³ /год			
1	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
19-20	596,9	227,8	12,05	3,2969	12,5	4,65		19,8	12,05	2,1	18,75	3,35		8,64	866,5	5,086
20-21	596,9	227,8	12,05	3,2969	18,75	1,55		19,8	12,05	2,1	6,25	1,11		8,64	861,2	5,055
21-22	610,4	121,5	12,05	3,2969	6,25	3,10		19,8	12,05	2,1	12,5	2,23		8,64	771,0	4,526
22-23	569,7		12,05	3,2969	12,5	3,10		19,8	12,05	2,1	12,5	2,23		8,64	608,9	3,574
23-24	474,8		12,05	4,2818	12,5	4,65		19,8	15,65	2,71	18,75	3,35		8,64	518,2	3,042
Σ	13564,9	2430	–	75,9	–	57,9	136,6	475,2	–	29,4	–	33,6	93,4	138,3	17035,1	100

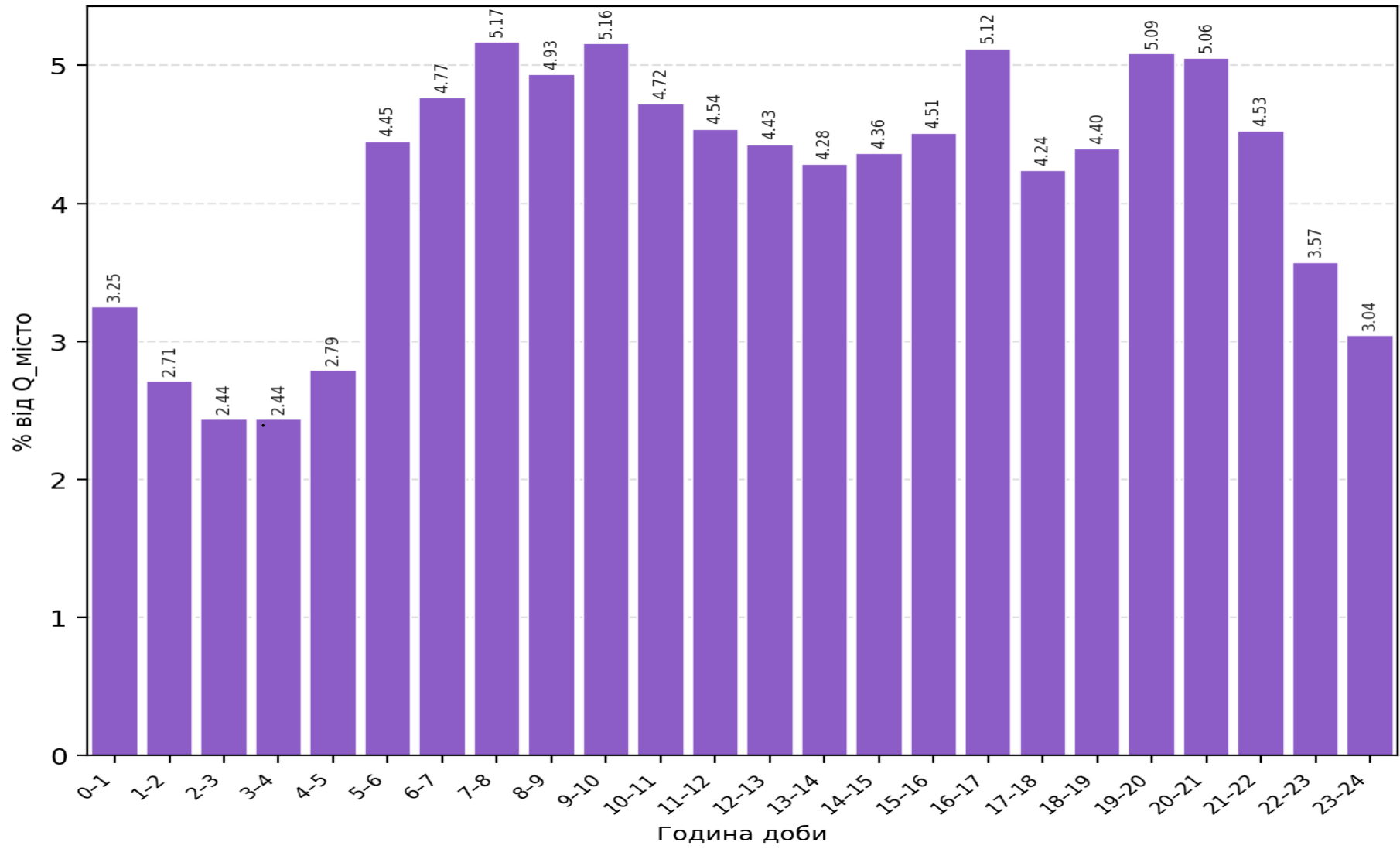


Рисунок 2.1 – Ступінчастий графік водоспоживання в місті протягом доби

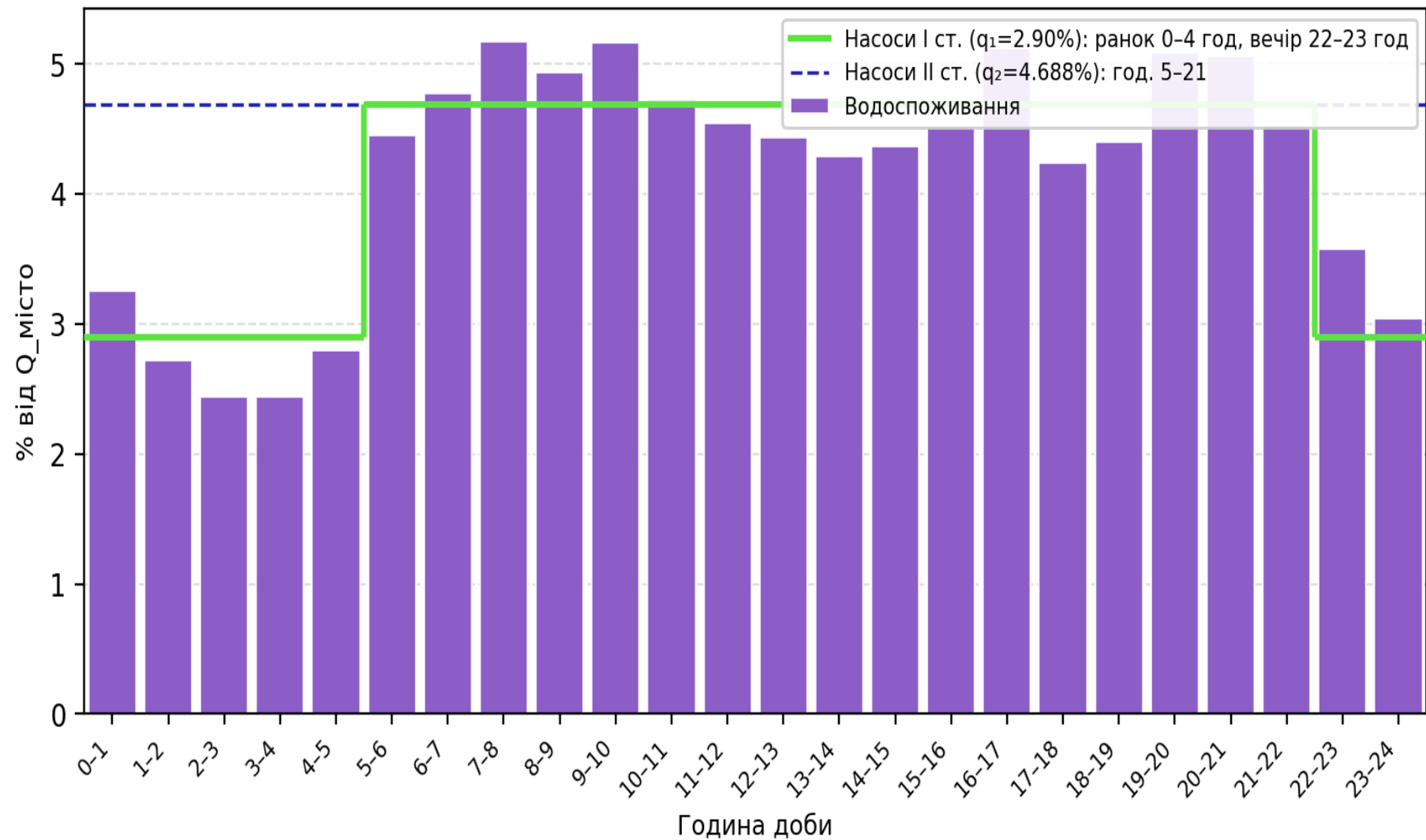


Рисунок 2.2 – Сумарний графік водоспоживання міста з подачею води насосним обладнанням з НС-II

Розрахунок регулюючого об'єму виконуємо:

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

Визначаємо надходження води до резервуара та витрати з нього в табличній формі (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Надходження та витрати води в резервуарі

Години доби	Подача води насосами	Водоспоживання	Надходження води в бак	Витрата води з баку	Залишок води в баку
0-1	2,9	3,252	-0,352		0
1-2	2,9	2,714	0,186		0,186
2-3	2,9	2,435	0,465		0,651
3-4	2,9	2,437	0,463		1,114
4-5	2,9	2,791	0,109		1,222
5-6	4,69	4,449	0,239		1,461
6-7	4,69	4,768	-0,08		1,382
7-8	4,69	5,17	-0,481		0,9
8-9	4,69	4,934	-0,246		0,654
9-10	4,69	5,16	-0,472		0,182
10-11	4,69	4,722	-0,034		0,148
11-12	4,69	4,539	0,149		0,298
12-13	4,69	4,427	0,261		0,559
13-14	4,69	4,284	0,404		0,963
14-15	4,69	4,364	0,325		1,287
15-16	4,69	4,51	0,178		1,466

Години доби	Подача води насосами	Водоспоживання	Надходження води в бак	Витрата води з баку	Залишок води в баку
16-17	4,69	5,123	-0,434		1,031
17-18	4,69	4,238	0,45		1,481
18-19	4,69	4,397	0,291		1,772
19-20	4,69	5,086	-0,398		1,374
20-21	4,69	5,055	-0,367		1,007
21-22	4,69	4,526	0,162		1,169
22-23	2,9	3,574	-0,674		0,494
23-24	2,9	3,042	-0,142		0,352
Σ	100	100,00	0,00		

Коефіцієнт регулювання складає $a_{\text{рег}} = 1,772$

$$W_{\text{вод}} = \frac{1,772 \cdot 17035,1}{100} = 301,8 \text{ м}^3$$

Протипожежний запас:

$$W_{\text{вод}} = \frac{(25+5) \times 60 \times 10}{1000} = \frac{18000}{1000} = 18 \text{ м}^3$$

Загальна ємність складає:

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

$$W_{\text{бак}} = 301,8 + 18 = 319,8 \text{ м}^3$$

Для розрахунку розмірів водонапірного баку, приймаємо наступні критерії: бак циліндричної форми діаметром 8 м, тоді:

$$H_{\text{бак}} = \frac{4W_{\text{б}}}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 319,87}{3,14 \cdot 8^2} \approx 6,5 \text{ м}$$

На рис. 2.3. показано графічне виконання водонапірного баку з визначеними розмірами.

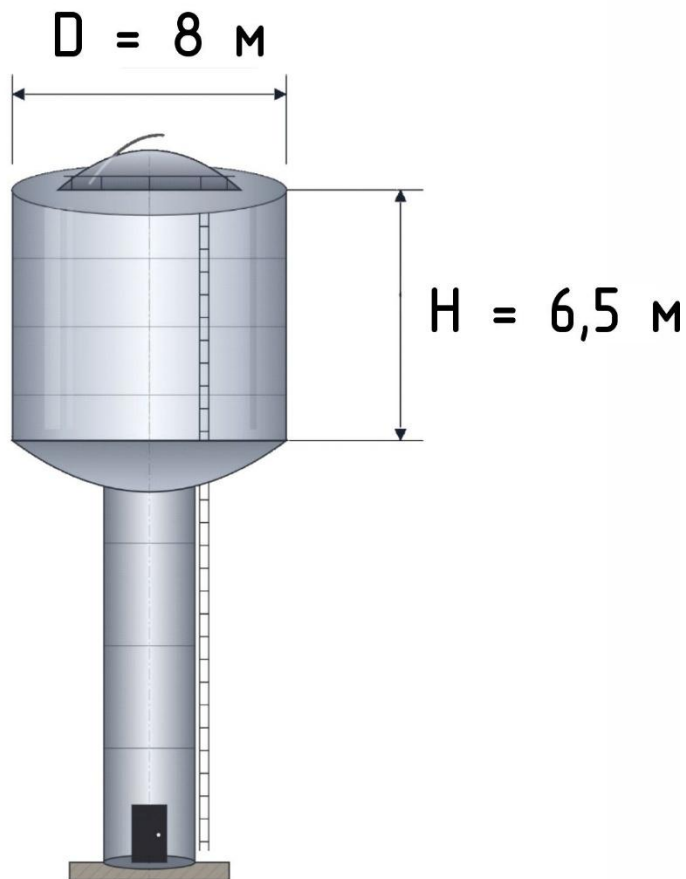


Рисунок 2.3 – Водонапірна башта з розмірами $D = 8$ м та $H = 6,5$ м

2.5 Виконання гідравлічного розрахунку мережі

Визначаємо питому витрати:

$$q_{\text{пит}} = \frac{q_{\text{max}} - q_{\text{ПП1}}^{\text{max}} - q_{\text{ПП2}}^{\text{max}}}{\sum L_i} = \frac{244,63 - 6,4}{15185} \approx 0,0157 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}}$$

Для спрощеного відображення, розрахунок попутних виконуємо в табличній формі (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Визначення попутних витрат на ділянках мережі міста

Номер ділянки	Довжина L (м)	Попутні витрати, л/с
1	350	5,49
2	480	7,53
3	650	10,20
4	790	12,39
5	675	10,59
6	575	9,02
7	655	10,28
8	410	6,43

Номер ділянки	Довжина L (м)	Попутні витрати, л/с
9	325	5,10
10	450	7,06
11	550	8,63
12	450	7,06
13	175	2,75
14	450	7,06
15	655	10,28
16	500	7,84
17	475	7,45
18	350	5,49
19	485	7,61
20	590	9,26
21	590	9,26
22	430	6,75
23	270	4,24
24	590	9,26
25	640	10,04
26	425	6,67
27	435	6,82
28	445	6,98
29	350	5,49
30	400	6,28
31	570	8,94
Сума	15185	238,23

Визначаємо вузлові витрати так само в табличній формі (табл.2.5)

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	8,04		8,04
2	1,2,6	11,02		11,02
3	2,3,7	14,00		14,00
4	3,4,8	14,51		14,51
5	4,9	8,74		8,75
6	5,10,15	13,96		13,96
7	6,10,11,16	16,27		16,28
8	7,11,12,17	16,70		16,71

№ вузла	№ ділянок	$0.5 \cdot \Sigma Q_{\text{поп}}$ (л/с)	Зосереджені витрати (л/с)	Вузлова витрата (л/с)
9	8,12,13	8,11		8,12
10	13,14,18	7,64		7,65
11	9,14,19	9,88		9,88
12	15,27	8,55		8,55
13	16,20,23	10,66		10,67
14	17,20,21,24	17,61		17,61
15	18,21,22,25	15,76		15,77
16	19,22,26	10,51		10,51
17	27,23,28	9,02	6,4	15,42
18	28,29	6,23		6,24
19	24,29,30	10,51		10,51
20	30,25,31	12,62		12,63
21	26,31	7,80		7,81
СУМА	—	—	—	244,63

Витрата води по водоводам, буде складати:

$$q_{\text{вод}} = \frac{q_{II} \cdot Q_{\text{міст}}}{2 \cdot 100 \cdot 3,6} = \frac{4,688 \cdot 17035,1}{2 \cdot 100 \cdot 3,6} = 110,92 \text{ л/с}$$

Витрата води з водонапірної башти:

$$q_{\text{башта}} = 244,63 - 2 \cdot 110,92 = 22,79 \text{ л/с}$$

Для прокладання мереж господарсько-питного водопостачання обрано поліетиленові труби марки ПЕ100 SDR 17. Для проведення гідравлічного розрахунку виконуємо попередній розподіл витрат по ділянкам (рис. 2.4.). Далі за витратами та економічними швидкостями (0,6 – 2 м/с) було обрано діаметри труб (табл. 2.6.). Проведена ув'язка водопровідної мережі показала реальні витрати, втрати напору на ділянках і швидкості руху, що було внесено до табл. 2.7. і показано на рис. 2.5. Розрахунки зроблені для максимального водоспоживання, а також для випадку максимального водоспоживання і пожежогасіння.

Таблиця 2.6 – Визначення діаметру поліетиленових труб на ділянках

№	Довжина (м)	Поч. витрата (л/с)	Характеристика труби
1	350	84,37	Діаметр зовнішній = 280 мм; товщина стінки = 16.6 мм; швидкість = 1.764 м/с
2	480	49,66	Діаметр зовнішній = 225 мм; товщина стінки = 13.4 мм; швидкість = 1.610 м/с
3	650	139,78	Діаметр зовнішній = 355 мм; товщина стінки = 21.1 мм; швидкість = 1.819 м/с
4	790	34,64	Діаметр зовнішній = 180 мм; товщина стінки = 10.7 мм; швидкість = 1.753 м/с
5	675	18,51	Діаметр зовнішній = 225 мм; товщина стінки = 13.4 мм; швидкість = 0.600 м/с
6	575	23,69	Діаметр зовнішній = 180 мм; товщина стінки = 10.7 мм; швидкість = 1.199 м/с
7	655	29,59	Діаметр зовнішній = 160 мм; товщина стінки = 9.5 мм; швидкість = 1.895 м/с
8	410	90,63	Діаметр зовнішній = 280 мм; товщина стінки = 16.6 мм; швидкість = 1.894 м/с
9	325	25,89	Діаметр зовнішній = 160 мм; товщина стінки = 9.5 мм; швидкість = 1.658 м/с
10	450	18,51	Діаметр зовнішній = 125 мм; товщина стінки = 7.4 мм; швидкість = 1.941 м/с
11	550	23,69	Діаметр зовнішній = 140 мм; товщина стінки = 8.3 мм; швидкість = 1.981 м/с
12	450	29,59	Діаметр зовнішній = 160 мм; товщина стінки = 9.5 мм; швидкість = 1.895 м/с
13	175	52,92	Діаметр зовнішній = 225 мм; товщина стінки = 13.4 мм; швидкість = 1.715 м/с
14	450	25,89	Діаметр зовнішній = 160 мм; товщина стінки = 9.5 мм; швидкість = 1.658 м/с
15	655	23,06	Діаметр зовнішній = 180 мм; товщина стінки = 10.7 мм; швидкість = 1.167 м/с
16	500	12,59	Діаметр зовнішній = 140 мм; товщина стінки = 8.3 мм; швидкість = 1.053 м/с
17	475	18,78	Діаметр зовнішній = 160 мм; товщина стінки = 9.5 мм; швидкість = 1.203 м/с
18	350	19,38	Діаметр зовнішній = 140 мм; товщина стінки = 8.3 мм; швидкість = 1.620 м/с
19	485	41,9	Діаметр зовнішній = 200 мм; товщина стінки = 11.9 мм; швидкість = 1.718 м/с
20	590	12,59	Діаметр зовнішній = 110 мм; товщина стінки = 6.6 мм; швидкість = 1.711 м/с

№	Довжина (м)	Поч. витрата (л/с)	Характеристика труби
21	590	18,78	Діаметр зовнішній = 125 мм; товщина стінки = 7.4 мм; швидкість = 1.969 м/с
22	430	19,38	Діаметр зовнішній = 140 мм; товщина стінки = 8.3 мм; швидкість = 1.620 м/с
23	270	14,51	Діаметр зовнішній = 110 мм; товщина стінки = 6.6 мм; швидкість = 1.972 м/с
24	590	7,36	Діаметр зовнішній = 125 мм; товщина стінки = 7.4 мм; швидкість = 0.772 м/с
25	640	4,21	Діаметр зовнішній = 160 мм; товщина стінки = 9.5 мм; швидкість = 0.270 м/с
26	425	12,01	Діаметр зовнішній = 140 мм; товщина стінки = 8.3 мм; швидкість = 1.004 м/с
27	435	14,51	Діаметр зовнішній = 140 мм; товщина стінки = 8.3 мм; швидкість = 1.213 м/с
28	445	13,6	Діаметр зовнішній = 110 мм; товщина стінки = 6.6 мм; швидкість = 1.848 м/с
29	350	7,36	Діаметр зовнішній = 90 мм; товщина стінки = 5.4 мм; швидкість = 1.494 м/с
30	400	4,21	Діаметр зовнішній = 90 мм; товщина стінки = 5.4 мм; швидкість = 0.855 м/с
31	570	4,21	Діаметр зовнішній = 110 мм; товщина стінки = 6.6 мм; швидкість = 0.572 м/с

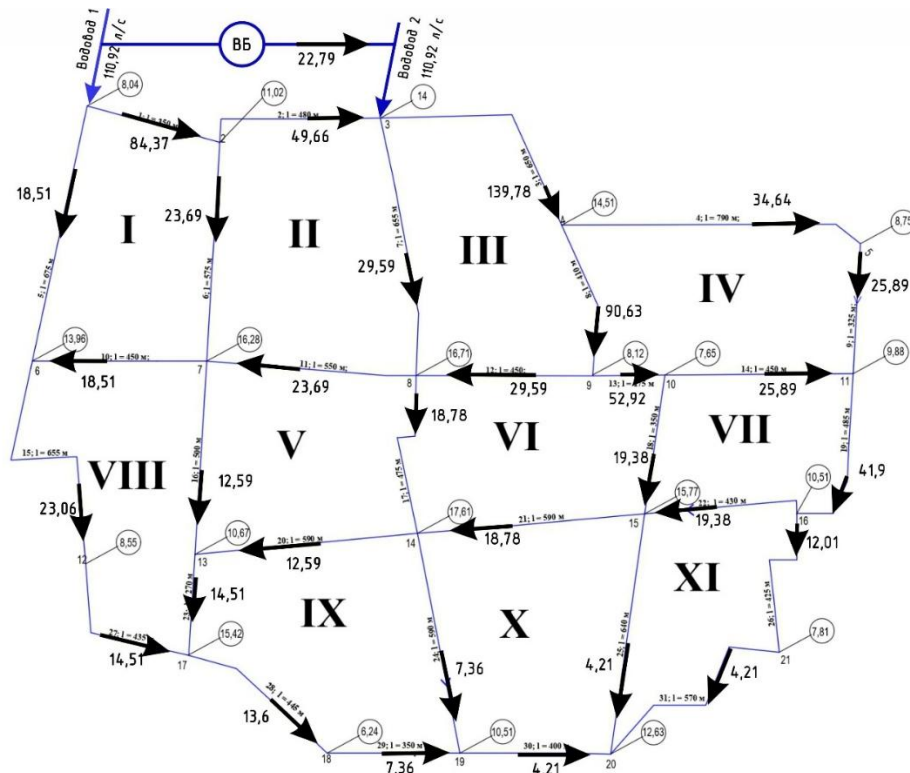


Рисунок 2.4 – Попердній розподіл витрат води по ділянкам

Таблиця 2.7 – Реальні витрати на ділянках і втрати напору в мережі при максимальному водоспоживанні

№ ділянки	Витрата (л/с)	Втрати напору, м	Напрямок потоку	Швидкість (м/с)	1000·i (‰)
1	55,95	2,07	→ прямий	1,17	5,90
2	13,91	0,64	→ прямий	0,45	1,33
3	111,97	4,13	→ прямий	1,46	6,36
4	25,11	10,37	→ прямий	1,27	13,13
5	46,93	9,02	→ прямий	1,52	13,36
6	31,02	11,28	→ прямий	1,57	19,62
7	21,65	12,03	→ прямий	1,39	18,37
8	72,34	3,94	→ прямий	1,51	9,62
9	16,36	3,51	→ прямий	1,05	10,79
10	7,79	4,32	← реверс	0,82	9,60
11	5,25	1,38	← реверс	0,44	2,51
12	14,70	3,96	→ прямий	0,94	8,80
13	49,53	2,59	→ прямий	1,61	14,80
14	20,34	7,34	→ прямий	1,30	16,31
15	25,18	8,64	→ прямий	1,27	13,20
16	17,28	12,04	→ прямий	1,44	24,08
17	24,89	11,37	→ прямий	1,59	23,94
18	21,53	12,81	→ прямий	1,80	36,61
19	26,82	4,15	→ прямий	1,10	8,56
20	1,82	0,70	← реверс	0,25	1,19
21	0,76	0,07	← реверс	0,08	0,12
22	5,84	1,32	→ прямий	0,49	3,07
23	4,79	2,03	→ прямий	0,65	7,53
24	8,34	6,45	→ прямий	0,87	10,94
25	12,36	4,05	→ прямий	0,79	6,33
26	10,47	3,95	→ прямий	0,88	9,31
27	16,63	9,75	→ прямий	1,39	22,41
28	6,00	5,15	→ прямий	0,82	11,56
29	0,24	0,02	← реверс	0,05	0,07
30	2,41	2,33	← реверс	0,49	5,83
31	2,67	1,42	→ прямий	0,36	2,49

Виконуємо за таким же принципом для сценарію гасіння пожежі в найвіддаленішій точці мережі в годину максимального водоспоживання (т. 20). Для цього додаємо 15 л/с в т. 20 ($q = 12,63 + 15 = 27,63$ л/с) і проводимо попередній розподіл потоків в мережі. Визначаємо реальні витрати на кожній

ділянці для цього варіанту. Результати заносимо до табл. 2.8 і остаточний розподіл показано на рис. 2.6.

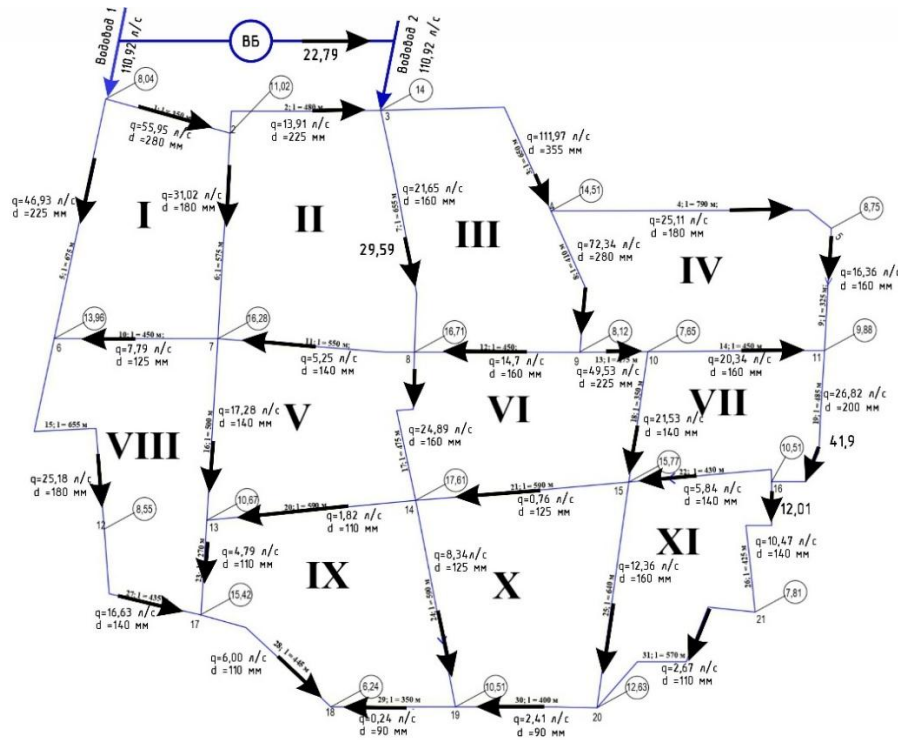


Рисунок 2.5 – Реальні витрати по ділянкам в годину максимального водоспоживання

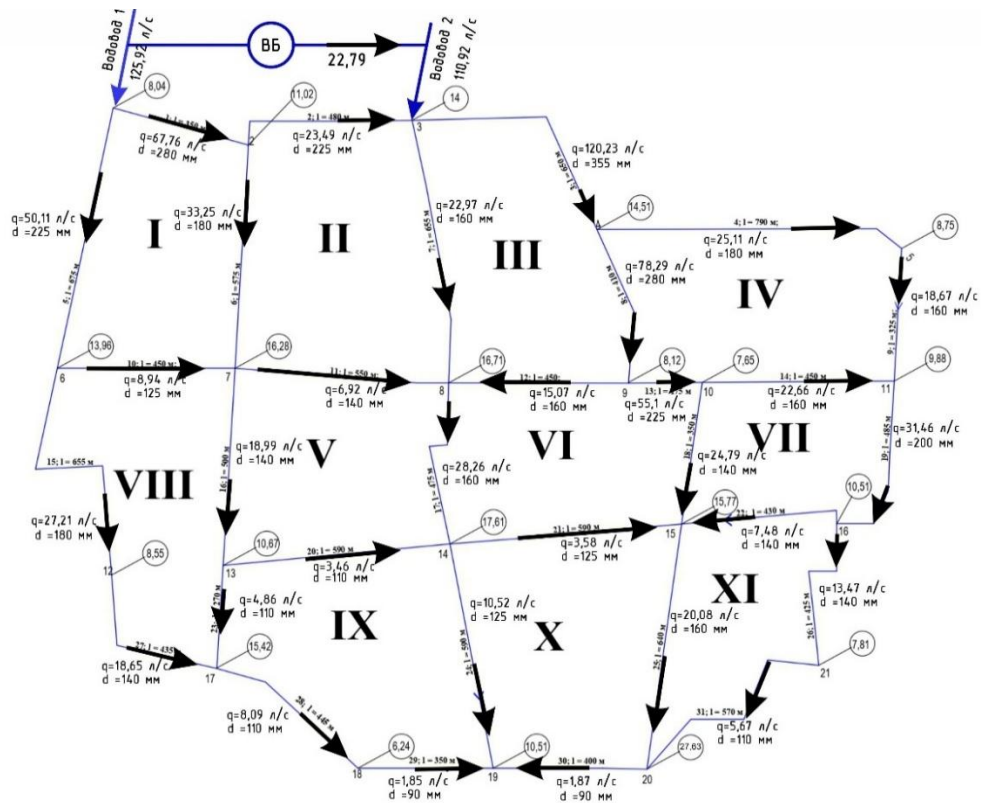


Рисунок 2.6 – Реальні витрати по ділянкам в годину максимального водоспоживання та пожежогасіння

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

№ ділянки	Витрата (л/с)	Втрати напору, м	Напрямок потоку	Швидкість (м/с)	1000·i (%)
1	67,77	2,97	→ прямий	1,42	8,49
2	23,50	1,72	→ прямий	0,76	3,59
3	120,23	4,73	→ прямий	1,56	7,28
4	27,43	12,26	→ прямий	1,39	15,52
5	50,11	10,22	→ прямий	1,62	15,14
6	33,25	12,87	→ прямий	1,68	22,37
7	22,98	13,47	→ прямий	1,47	20,56
8	78,30	4,58	→ прямий	1,64	11,18
9	18,68	4,51	→ прямий	1,20	13,87
10	8,95	5,62	← реверс	0,94	12,50
11	6,92	2,33	← реверс	0,58	4,24
12	15,07	4,15	→ прямий	0,97	9,23
13	55,11	3,17	→ прямий	1,79	18,13
14	22,66	9,01	→ прямий	1,45	20,03
15	27,21	10,01	→ прямий	1,38	15,29
16	18,99	14,42	→ прямий	1,59	28,83
17	28,26	14,47	→ прямий	1,81	30,47
18	24,79	16,75	→ прямий	2,07	47,84
19	31,46	5,62	→ прямий	1,29	11,59
20	3,46	2,39	← реверс	0,47	4,06
21	3,59	1,30	← реверс	0,38	2,20
22	7,48	2,11	→ прямий	0,63	4,90
23	4,86	2,09	→ прямий	0,66	7,75
24	10,52	10,04	→ прямий	1,10	17,01
25	20,08	10,19	→ прямий	1,29	15,92
26	13,47	6,38	→ прямий	1,13	15,02
27	18,66	12,12	→ прямий	1,56	27,87
28	8,10	9,09	→ прямий	1,10	20,42
29	1,86	1,25	→ прямий	0,38	3,58
30	1,87	1,45	→ прямий	0,38	3,63
31	5,67	5,92	→ прямий	0,77	10,38

2.6 Розрахунок водозабірної споруди з поверхневого джерела

Для забезпечення гарантованого водопостачання міста чисельністю 45000 мешканців із поверхневого джерела — річки Соб — проєктується руслова водозабірна споруда, яка суміщена в одній будівлі з насосною станцією першого підйому (НС-І). Поєднання дозволяє скоротити довжину всмоктувальних комунікацій та спростити експлуатацію обладнання.

Русловий тип водозабору обрано за умовами берегової геології: схили ділянки водозабору складені переважно суглинками та щільними глинами, рельєф помірно схилистий, що унеможливорює стабільне влаштування берегового водоприймача без ризику зсуву укосів. Значні глибини в руслі та стабільний профіль дна дозволяють розмістити водоприймач руслового типу, а будівлю берегової насосної станції виконати у вигляді монолітного залізобетонного колодязя.

Для забезпечення необхідного рівня експлуатаційної надійності споруда обладнується двома секціями затопленого водоприймача. Розрахунок основних конструктивних параметрів виконується для мінімальних відміток рівня води з урахуванням штатного та аварійного режимів роботи. При виході з ладу однієї секції працездатна секція повинна забезпечувати транспортування щонайменше 70 % від розрахункової подачі води.

Виконуємо розрахунок площі 1 секції ґрат:

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

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

Враховуючи, що значення $a_{\text{ґр}}=9$ см, $c_{\text{ґр}}=1$ см, а також витрату $880,7$ м³/год або $0,25$ м³/с при швидкості втікання $0,25$ м/с, отримаємо:

$$K_{\text{ст}} = \frac{9 + 1}{9} = 1,1$$

$$\Omega_{\text{ґр}} = 1,25 \times \frac{0,25}{0,25} \times 1,1 = 1,3 \text{ м}^2$$

На підставі графічного зображення (рис. 2.7) виконуємо підбір максимально можливої висоти ґрат.

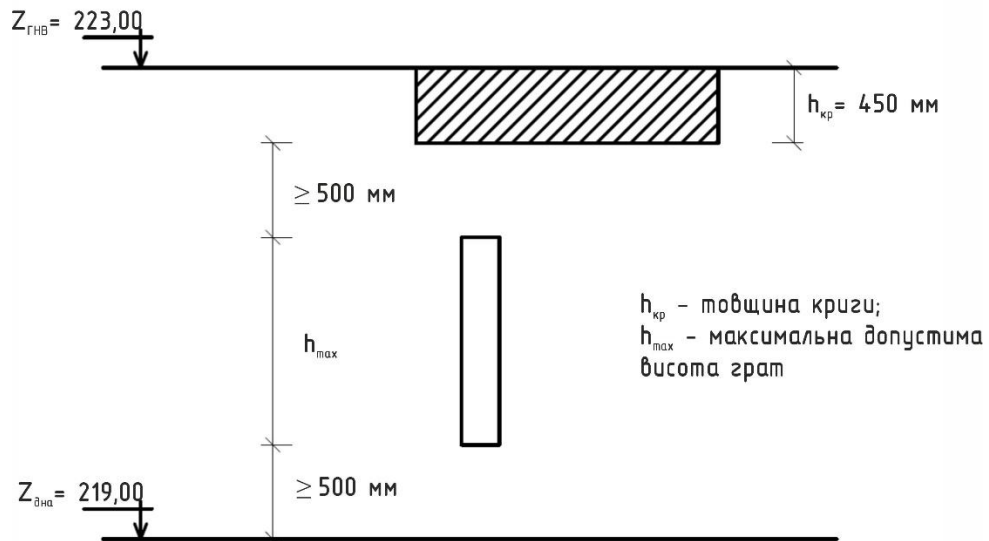


Рисунок 2.7. - Схема визначення максимально допустимої висоти водоприймальних ґрат

$$h_{max} = 223 - 219 - 0,45 - 0,5 - 0,5 = 2,55 \text{ м}$$

Таким чином, приймаємо 1 ґрату розміром 1250×1500 мм.

З метою запобігання потраплянню до водозабірної станції дрібного сміття та планктону, які можуть спричинити пошкодження обладнання, передбачається 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 $a = 3$ мм, $c = 0,5$ мм, отримаємо:

$$K_c = \left(\frac{2+1}{2}\right)^2 = 2,25$$

$$\Omega_c = 1,25 \cdot \frac{0,25}{1} \cdot 2,25 = 0,7 \text{ м}^2$$

Обираємо для кожної секції плоску сітку 800×1000 мм. Сітки розміщено у напрямних пазах і можуть підніматися на поверхню для очищення від планктону та дрібного сміття.

Самопливні лінії запроектовані труби Ø500 мм прокладені з ухилом 0,005 у бік берегового колодязя. Довжина ліній становить близько 30 м і

трубопроводи виконуються зі сталі з антикорозійним покриттям, з'єднання — фланцеві.

Суміщений береговий колодязь з насосною станцією передбачається монолітним залізобетонним круглим в плані з внутрішнім діаметром 6,0 м. Глибина закладання дна колодязя складає приблизно 12 м. Верхній майданчик розташований на відмітці 220,15 м (відносна відмітка 0,000), що відповідає рівню планувальної поверхні землі.

Конструктивно споруда поділена на приймальне та всмоктувальне відділення, розділені решітчастими перегородками з пристроєм для встановлення затворів. Шибери типу «Флайтекс» виготовляються із оцинкованої сталі або полімерних матеріалів, стійких до корозійної дії поверхневих вод, та дозволяють ізолювати секцію для ремонту без припинення роботи системи.

В роботі застосовуємо занурювальні насосні агрегати, які розміщуються безпосередньо у всмоктувальному відділенні берегового колодязя нижче мінімального рівня води. Завдяки такому компоюванню всмоктувальна лінія як елемент гідравлічної схеми відсутня, що виключає втрати напору у всмоктувальному тракті, усуває ризик зриву вакууму та кавітації під час пуску агрегатів, а також спрощує систему первинного заповнення — вакуум-насос у класичному розумінні не потрібен.

Відповідно до вимог [6] для водозабірних споруд I категорії надійності передбачаємо встановлення чотирьох насосних агрегатів: 2 робочих та 2 резервних. Резервні агрегати підключаються автоматично за сигналом диспетчерського пункту у разі виходу з ладу будь-якого робочого насоса, з часом перемикаання не більше 5 хв або для обслуговування. Обидва робочих насоси працюють паралельно режимі забезпечуючи сумарну подачу води (880,7 м³/год) на очисну станцію.

Визначаємо необхідний напір насосного обладнання НС-I:

$$H_{НС} = H_{Г} + \Sigma h_{вТ} + h_{в}, \quad (2.13)$$

$$H_{Г} = Z_{з} - Z_{min_{вс}}^{ab}$$

$$H_{\Gamma} = 228,0 - 211,5 = 16,5 \text{ м.}$$

Визначення втрат напору виконуємо в табличній формі (табл. 2.9)

Таблиця 2.9 – Складові для визначення необхідного напору

Складова	Значення, м
Геометрична висота підйому	16,50
Втрати у напірному колекторі Ø500 (лінійні)	0,64
Втрати у напірному колекторі Ø500 (місцеві)	0,19
Місцеві опори напірного патрубку Ø300	0,21
Втрати у комунікаціях машзали	1,50
Вільний напір	2,00

Таким чином:

$$H_{\text{НС}} = 16,5 + 0,64 + 0,19 + 0,21 + 1,5 + 2 = 21,04 \text{ м}$$

На підставі розрахункових параметрів підбору ($Q = 440,4 \text{ м}^3/\text{год}$ на один насос; $H_{\text{НС}} = 21,04 \text{ м}$) виконано вибір насосного обладнання за каталогом Grundfos серії S — занурювальних відцентрових насосів для мокрих колодязів, призначених для водозабірних та водопідвищувальних станцій першого підйому.

До встановлення прийнято насоси типу **Grundfos S2.120.250.650** [7] у кількості 2 робочих і 2 резервних агрегатів з наступними характеристиками (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики насоса Grundfos [7]

Параметр	Значення
Тип насоса	S2 — одноступінчастий відцентровий занурювальний, мокра установка
Конструктивний ряд (range)	70, 50 Гц
Номінальна подача Q , $\text{м}^3/\text{год}$	430–460 (робоча точка: 440,4 $\text{м}^3/\text{год}$)
Номінальний напір H , м	20–22 (розрахунковий: 21,04 м)
ККД насоса в робочій точці η , %	80

Параметр	Значення
Частота обертання, об/хв	~2950 (2-полюсний двигун, 50 Гц)
Споживана потужність у р.т. P1, кВт	40
Напруга живлення	3 × 400 В / 50 Гц
Умовний прохід напірного патрубку	DN 250, фланець EN 1092-1, PN 10
Матеріал корпусу насоса та двигуна	Сірий чавун EN-GJL-250
Клас захисту	IP 68 (IEC 60529), занурення до 20 м
Максимальна глибина занурення, м	20
Мін. рівень рідини над патрубком, мм	350
Мін. висота п'єдесталу від дна колодязя (А), мм	150

Насос Grundfos S2.120.250.650 є одноступінчастим відцентровим агрегатом у вертикальному виконанні із заглибним асинхронним електродвигуном. Проточна частина та корпус двигуна виконані з сірого чавуну EN-GJL-250. Робоче колесо закритого типу виготовляється з чавуну або, за опцією, з нержавіючої сталі DIN 1.4408 — для роботи з водами підвищеної корозійної активності.

2.7 Конструктивні розміри суміщеної будівлі водозабору

Підземна частина водозабірної споруди - залізобетонний колодязь, круглий в плані, який виконує функції приймального та всмоктувального відділень насосної станції. Конструкція забезпечує надійне утримання ґрунтового тиску, герметичність при рівні ґрунтових вод вище позначки дна та стійкість при паводковому підтопленні.

У плані підземна частина розділена вертикальною перегородкою на дві рівнозначні секції, кожна з яких обслуговує власний самопливний трубопровід

Ø500 мм. У перегородці передбачені отвори з напрямними пазами для встановлення плоских шибєрів, що дозволяє ізолювати будь-яку секцію для огляду або ремонту без зупинки водоподачі з іншої. Мінімальна відстань між підшоною прямої авто-муфти насоса та дном колодязя приймається 150 мм відповідно до вимог Grundfos S Series Installation.

Наземна частина споруди — машинна зала НС-І — розміщується безпосередньо над береговим колодязем, будується як єдиний конструктивний блок. Зовнішні розміри будівлі в плані встановлюються виходячи з внутрішнього діаметру колодязя та ширини захисних стін, а висота залу — з умов розміщення монорельсового підйомника для підйому занурювальних насосів.

Для підйому та переміщення насосних агрегатів Grundfos S2.120.250.650 (маса до 540 кг) [7] при монтажі та технічному обслуговуванні над рядом агрегатів прокладається монорельсова балка із ручним ланцюговим тельфером. Параметри підйомника:

- 1) вантажопідйомність — $Q = 1,0$ т (з урахуванням маси насоса, підйомної оснастки та динамічного коефіцієнту 1,15);
- 2) прогін монорельса — 6,0 м;
- 3) висота від підлоги до осі монорельса — 4,61 м;
- 4) тип тельфера — ручний ланцюговий (ГОСТ 7890-75), 1 шт.;
- 5) покриття рейки — двотавр № 24 або відповідний профіль згідно з розрахунком на вигин;
- б) зона обслуговування — весь ряд насосних агрегатів та запірна арматура колектора.

Монорельс встановлюється на кронштейнах, закріплених у стінах залу, без опорних колон у зоні насосного ряду, що забезпечує вільний доступ до агрегатів з усіх боків.

Для відведення дренажних вод при осушенні секцій берегового колодязя, збору витоків та аварійному спорожненні передбачається гідроелеватор масою 90 кг. Гідроелеватор підключається до напірного трубопроводу Ø300 мм та приймального приямка у нижній точці дна колодязя. Принцип дії —

ежекційний: подача робочої рідини під тиском через сопло спричиняє розрідження у камері змішування, що захоплює дренажні води та подає їх на поверхню без застосування електричних насосів.

Дренажні води відводяться до каналізаційного лотка або у спеціальний збірний приямок за межами споруди. Гідроелеватор розміщується у спеціальній ніші в нижній частині колодязя, доступ до нього здійснюється через технологічний люк у перекритті.

Для механізованого очищення водоприймальних ґрат та захисних сіток від засмічення водоростями, планктоном та дрібним сміттям передбачається пристрій для промивання сіток «УкрВОДГЕО» масою 101 кг. Пристрій встановлюється у верхній зоні берегового колодязя та підключається до напірного трубопроводу Ø200 мм (відгалуження від напірного колектора або від окремої водопровідної лінії). Промивна вода подається через рухомий колектор із форсунками вздовж поверхні сіток, змиваючи забруднення вниз. Відведення промивної води здійснюється через лоток (відм. 118,50 м) за межі споруди у систему виробничої каналізації або безпосередньо у річку нижче водозабірною створу.

На напірному колекторі Ø500 мм встановлюється автоматичний гаситель гідроударів «УкрВОДГЕО» масою 42 кг, DN 500. Пристрій мембранного типу реагує на надлишковий імпульс тиску у момент пуску або зупинки насосного агрегату, відводячи частину об'єму рідини у демпферну камеру та плавно повертаючи її після нормалізації тиску. Це знижує пікове перевищення тиску при гідравлічному ударі з можливих 2,5–3,0 МПа до безпечних 0,8–1,0 МПа (залежно від розрахункової схеми трубопроводу).

2.8 Розрахунок станції водопідготовки

Вихідні дані щодо якості води поверхневого джерела (каламутність (максимальна) – 350 мг/л, каламутність (мінімальна) – 84 мг/л; забарвленість – 76 градусів, лужність – 4,8 ммоль/л) показують, що для задоволення потреб споживачів саме у питній воді необхідно проектування та будівництво станції водопідготовки. Відповідно до нормативних документів [6, 8] прийнята повна схема реагентного очищення поверхневої води з використанням: коагуляції

сірчаноокислим алюмінієм $Al_2(SO_4)_3$; вертикальних змішувачів; камер пластівцеутворення зі завислим осадом; горизонтальних відстійників; двошарових швидких фільтрів; знезараження гіпохлоритом натрію $NaOCl$ (первинне та вторинне).

Концентрацію завислих речовин у вихідній воді встановлюємо з урахуванням впливу забарвленості та введення коагулянт.

За максимальною каламутністю вихідної води (350 мг/л) за таблицею [6] приймаємо $D_k = 50$ мг/л

Для забарвлених вод дозу коагулянту перевіряємо за формулою

$$D_k = 4 \sqrt{3}, \quad (2.14)$$

$$D_k = 4 \sqrt{76} = 34,9 \text{ мг/л},$$

Таким чином, приймаємо більше значення $D_k = 50$ мг/л.

Отже, концентрація завислих речовин у вихідній воді складає:

$$C_{max} = K + k \times Dk + 0,25 \times 3 = 350 + 0,5 \times 50 + 0,25 \times 76 = 394 \text{ мг/л}$$

$$C_{min} = 84 + 0,5 \times 50 + 0,25 \times 76 = 128 \text{ мг/л}$$

Перевірка необхідності введення вапна:

$$D_v = 28 \times (50/57 - 4,8 + 1) = -81,8 \text{ мг/л}$$

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

Обчислюємо потрібну місткість баків для приготування розчину:

$$W_{розч} = \frac{q \cdot n \cdot D_k}{10000 \cdot V_p \cdot \gamma}; \quad (2.15)$$

$$W_{розч.} = \frac{710 \cdot 12 \cdot 50}{1000 \cdot 17 \cdot 1} = 25,1 \text{ м}^3$$

Для забезпечення безперервної роботи передбачаємо встановлення трьох розчинних баків. Об'єм одного бака становить:

$$W_6 = \frac{25,1}{3} = 8,35 \text{ м}^3;$$

Приймаємо значення висоти розчинного баку $h = 1,5$ м.

Площа розчинного баку в плані дорівнює:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{8,35}{1,5} = 5,57 \text{ м}^2$$

Сторону квадратного баку в плані обчислюємо

$$B_{\text{розч.}} = \sqrt{F} = \sqrt{5,57} = 2,36 \text{ м}$$

Таким чином, розміри розчинного баку – 2,36х2,36х1,5

Встановлюємо необхідний об'єм витратних баків:

$$W_{\text{вит}} = \frac{W_p \cdot B_p}{b}; \quad (2.16)$$

$$W_{\text{вит}} = \frac{25,06 \cdot 17}{10} = 42,6 \text{ м}^3;$$

Приймаємо 3 витратних баки, ємність одного витратного баку:

$$W_{\text{вит}} = \frac{42,6}{3} = 14,2 \text{ м}^3;$$

Приймаємо значення висоти витратного баку $h = 3,5 \text{ м}$.

Площа одного витратного баку в плані дорівнює:

$$F = \frac{14,2}{3,5} = 4,1 \text{ м}^2$$

Розмір сторони квадратного бака в плані дорівнює:

$$B_{\text{вит.}} = \sqrt{4,1} = 2,02 \text{ м.}$$

Приймаємо: 2,02х2,02х3,45.

Площа складу:

$$F_{\text{скл}} = \frac{Q_{\text{повн}} \cdot D_k \cdot T \cdot \alpha}{10000 \cdot P_c \cdot G \cdot h_k}; \quad (2.17)$$

$$F_{\text{скл}} = \frac{17035 \cdot 50 \cdot 30 \cdot 1,15}{10000 \cdot 46,8 \cdot 1 \cdot 3,5} = 17,9 \text{ м}^2.$$

Приймаємо склад розміром $6 \times 6 \text{ м} = 36 \text{ м}^2$.

Для змішування реагентів з вихідною водою передбачається вертикальний змішувач зі сталевим вхідним трубопроводом у кількості 3 штуки, з наступними параметрами (табл. 2.11).

Таблиця 2.11 – Характеристики прийнятого вертикального змішувача

Параметр	Позначення	Значення
Сторона змішувача в плані	bзм	1,50 м
Діаметр вхідного трубопроводу	dтр	600 мм
Висота пірамідальної частини	Hпір	1,09 м
Об'єм пірамідальної частини	Wпір	1,27 м ³

Параметр	Позначення	Значення
Час перебування води	tзм	120 с (2 хв)
Загальний об'єм змішувача	Wзаг	7,89 м ³
Висота призматичної частини	Hпризм	2,94 м
Робоча висота змішувача	Hроб	4,03 м
Загальна висота змішувача	Hзаг	4,53 м

Камери пластівцеутворення було обрано зі зваженим осадом і розміщення поряд з горизонтальними відстійниками, кількість – 8 шт:

$$N = \frac{710}{500} \approx 1,42$$

Витрата на одну камеру складає:

$$q_k = \frac{Q_{\text{розр}}}{N} = \frac{0,197}{8} = 0,0246 \text{ м}^3/\text{с}$$

Швидкість переміщення води у вертикальному напрямку в камері пластівцеутворення складає $V_k = 2,2$ мм/с, тоді площа:

$$F_{\text{кам}} = q_k/V_k = 0,0246/0,0022 = 11,2 \text{ м}^2$$

Ширина камери дорівнює ширині відстійника ($B_k = 6$ м), а довжина за розрахунками склала 1,87 м, тому приймаємо 2 м Тривалість перебування - 24 хвилини. Висота камери - 3,2 м. Розподіл води — перфоровані труби на дні: 3 шт., $d_{\text{тр}} = 350$ мм, діаметр отворів 35 мм, кількість отворів 34 шт., крок ~116 мм.

Площу горизонтальних відстійників у плані обчислюємо за виразом

$$F = \alpha \frac{q}{3,6u_0}, \quad (2.18)$$

$$F = 1,3 \cdot \frac{710}{3,6 \cdot 0,55} = 466,1 \text{ м}^2.$$

Довжину горизонтального відстійника:

$$L = \alpha \cdot \frac{H_{\text{сер}} \cdot v_{\text{сер}}}{u_0},$$

$$L = 1,3 \cdot \frac{3 \cdot 11}{0,55} = 78 \text{ м}.$$

Характеристики горизонтального відстійника показані в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 - Характеристики прийнятого горизонтального відстійника

Параметр	Значення
Кількість секцій (всього / робочих)	8 / 6
Довжина секції, м	78
Ширина секції, м	6
Середня глибина зони осадження, м	3,0
Концентрація завислих речовин $C_{мах}$, мг/л	394,0
Висота зони накопичення осаду $h_{зн}$, м	0,35
Загальна висота відстійника $H_{від}$, м	3,65
Кількість донних клапанів ($n = L/6$)	13

Система відведення освітленої води: поздовжній збірний жолоб 48 м, поперечні перфоровані труби (17 шт.) $d_{тр} = 175$ мм, крок 3 м, отвори $d_{отв} = 25$ мм (16 шт./трубу).

Розрахунок фільтрів і пов'язаних з ними комунікацій виконуємо для умов експлуатації як у нормальному, так і у форсованому режимах. Тривалість виведення фільтра з роботи на промивання приймаємо рівною $t_{пр} = 0,33$ год.

Загальну площу фільтрування знаходимо за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{кор}}{T \cdot V_{н} - n_{пр} \cdot q_{пр} - n_{пр} \cdot \tau_{пр} \cdot V_{н}}, \quad (2.19)$$

$$q_{пр} = 3,6 \times W \times t',$$

$$q_{пр} = 3,6 \times 16 \times 0,1 = 5,76 \text{ м}^3/\text{м}^2$$

$$F_{\phi}^{зар} = \frac{17035}{24 \cdot 8 - 3 \cdot 5,76 - 3 \cdot 0,33 \cdot 8} = 102,1 \text{ м}^2.$$

Число фільтрів:

$$N_{\phi} = 0,5 \sqrt{F_{\phi}^{зар}} = 0,5 \sqrt{102,1} = 6 \text{ шт.}$$

Площа одного фільтра:

$$F_{\phi} = \frac{F_{\phi}^{зар}}{N_{\phi}} = \frac{102,1}{6} = 17 \text{ м}^2$$

Будівельні розміри фільтра: 6×6 м. Ширина центрального каналу $B_{к} = 1,0$ м. Робочі розміри фільтра з урахуванням товщини стінок:

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

$$L_{\phi} = A - B_{\kappa} - \sum \delta_{\text{ст}} = 6 - 1 - 0,6 = 4,4 \text{ м.}$$

Робоча площа дорівнює:

$$F_{\phi} = L_{\phi} \cdot B_{\phi} = 4,4 \cdot 5,6 = 24,64 \text{ м}^2.$$

Дійсна швидкість фільтрування:

при нормальному режимі роботи дорівнює:

$$v_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{год}}}{F \cdot N} = \frac{710}{24,64 \cdot 6} = 4,8 \frac{\text{м}}{\text{год}}.$$

при форсованому режимі:

$$v_{\phi} = \frac{V_{\text{н}} \cdot N}{N - N_1};$$

$$v_{\phi} = \frac{4,8 \cdot 6}{5 - 1} = 5,76 \text{ м/год}$$

У підсумку прийнято 6 двошарових швидких фільтрів із центральним розподільчим каналом шириною 1,0 м. Будівельні розміри фільтра в плані становлять 6×6 м. З урахуванням товщини стінок $\delta = 0,2$ м робоча (ефективна) площа одного фільтра дорівнює $24,64 \text{ м}^2$. Розрахункова загальна площа фактична сумарна площа шести фільтрів — $147,84 \text{ м}^2$. Дренажну систему розміщують у підтримувальному шарі, сформованому з гравію різних фракцій. За таких умов висота підтримувального шару становить:

$$H_{\text{п. ш.}} = 200 + 100 + 100 + 50 = 450 \text{ мм.}$$

Загальна висота фільтра:

$$H_{\phi} = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6, \quad (2.20)$$

$$H_5 = \frac{W_0}{\sum F};$$

$$Q_{\text{сер}} = \frac{710}{6} = 118,3 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$W_0 = 1 \cdot Q_{\text{сер}} \cdot \tau = 1 \cdot 118,3 \cdot 0,33 = 39,05 \text{ м}^3,$$

$$\sum F_{\phi} = F_{\phi}^{\text{доб}} \cdot N_2 = 24,64 \cdot 5 = 123,2 \text{ м}^2,$$

тоді

$$H_5 = \frac{39,05}{123,2} = 0,32 \text{ м};$$

$$H_{\phi} = 0,3 + 0,45 + 1,3 + 2,5 + 0,32 + 0,5 = 5,37 \text{ м.}$$

Витрата промивної води:

$$q_{\text{пр}}^{\phi} = F_{\phi} \cdot W = 24,64 \cdot 14 = 345 \text{ л/с.}$$

Кількість бокових відгалужень:

$$n_{\text{б.в}} = \frac{B_{\phi}}{S} - 1 = \frac{5,6}{0,3} - 1 = 18 \text{ шт.}$$

Витрата води на одне бокове відгалуження:

$$q_{\text{бв}} = \frac{q_{\text{пр}}^{\phi}}{2 \cdot n_{\text{бв}}} = \frac{345}{2 \cdot 18} = 10 \text{ л/с}$$

Знаходимо діаметр відгалуження: $v_{\text{бв}} = 1,43 \text{ м/с}$; $d_{\text{бв}} = 110 \text{ мм}$. Діаметр отворів у дренажі - 12 мм.

Загальна площа отворів становить 0,5 % від площі робочої частини фільтра

$$\sum F_{\text{отв}} = \frac{0,5 \cdot 24,64}{100\%} = 0,12 \text{ м}^2.$$

Площа одного отвору:

$$f_0 = \frac{\pi \cdot d_{\text{отв}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,012^2}{4} = 0,000113 \text{ м}^2.$$

Загальна кількість отворів:

$$m = \frac{\sum F_{\text{отв}}}{f_0} = \frac{0,12}{0,000113} = 1090 \text{ шт.}$$

Кількість отворів:

$$m_1 = \frac{m}{n_{\text{бв}} \cdot 2} = \frac{1090}{18 \cdot 2} = 30 \text{ шт.}$$

Крок отворів:

$$l_1 = \frac{A_p}{m_1} = \frac{4,6}{30} = 0,153 \text{ м.}$$

Отвори розташовуються у два ряди по 15 в кожному ряді у шаховому порядку під кутом 45° .

Кількість жолобів:

$$n_{\text{ж}} = \frac{B_{\phi}}{2} = 3 \text{ шт.}$$

Витрата води:

$$q_{\text{ж}} = \frac{q_{\text{пр}}^{\phi}}{n_{\text{ж}}} = \frac{345}{3} = 115 \frac{\text{л}}{\text{с}},$$

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

$$B_{\text{ж}} = 2,1 \sqrt[5]{\frac{0,115^2}{(1,57 + 1)^3}} = 0,50 \text{ м.}$$

Висота прямокутної частини: $B_{\text{ж}} = 0,5 \cdot 0,50 = 0,25 \text{ м.}$

З урахуванням товщини стінки, що становить 8 см, конструктивна висота жолоба дорівнює:

$$h_{\text{к}} = 0,25 + 0,25 + 0,08 = 0,58 \text{ м.}$$

Жолоби запроєктовані з ухилом 0,01 у напрямку центрального збірного каналу, тому:

$$\Delta_{\text{ж}} = 0,01 \cdot 4 = 0,04 \text{ м.}$$

Конструктивна висота жолоба:

$$h'_{\text{к}} = 0,58 + 0,04 = 0,62 \text{ м.}$$

Висота кромки жолоба:

$$H_{\text{ж}} = \frac{H_{\text{ф.з.}} \cdot a_3}{100} + 0,3 ;$$

$$H_{\text{ж}} = \frac{1,3 \cdot 30}{100} + 0,3 = 0,69 \text{ м.}$$

Оскільки конструктивна висота жолоба становить 0,69 м, а відстань від його нижньої кромки до поверхні фільтрувального завантаження повинна бути не меншою за 0,05 м, визначаємо: $1,06 - 0,69 = 0,37 \text{ м} > 0,05 \text{ м}$ умова виконується.

Витрата води на промивку:

$$P_{\text{сер}} = \frac{W_1}{q_{\text{год}}} \cdot \frac{N}{T} \cdot 100\% ;$$

$$W_1 = \frac{q_{\text{пр}}^{\phi} \cdot t_1 \cdot 60}{1000} = \frac{345 \cdot 6 \cdot 60}{1000} = 124,2 \text{ м}^3$$

$$T = 8 - (0,1 + 0,33) = 7,57 \text{ год}$$

$$P_{\text{сер}} = \frac{124,2 \cdot 10}{710 \cdot 7,57} \cdot 100\% = 23,1\%$$

$$H_{\text{кан}} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{\text{кан}}^2}{g \cdot B_{\text{кан}}^2}} + 0,2 = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,345}{9,81 \cdot 1^2}} + 0,2 = 0,77 \text{ м.}$$

Поперечний переріз каналу: $F_{\text{кан}} = H_{\text{кан}} \cdot B_{\text{кан}} = 1 \cdot 0,77 = 0,77 \text{ м}^2$

Швидкість руху води в кінці центрального каналу :

$$v_{\text{кан}} = \frac{q_{\text{кан}}}{F_{\text{кан}}} = \frac{0,345}{0,77} = 0,45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Сумарні втрати напору при промиванні фільтра визначаються з урахуванням таких складових:

а) розподільча система фільтра:

$$h_{\text{р.с}} = \xi \frac{v_{\text{к}}^2}{2g} + \frac{v_{60}^2}{2g};$$

$$\xi = \frac{2 \cdot 2}{K_n^2} + 1;$$

$$v_{\text{к}} = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; q_{\text{пр}} = 345 \frac{\text{л}}{\text{с}}; d = 600 \text{ мм}; 1000i = 1,58.$$

$$v_{\text{б.в.}} = 1,56 \text{ м/с}; d = 140 \text{ мм};$$

$$F_{\text{кол}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,6^2}{4} = 0,28 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{отв}} = 0,25 \text{ м}^2;$$

$$K_n = \frac{F_{\text{отв}}}{F_{\text{кол}}} = \frac{0,25}{0,28} = 0,89;$$

$$\xi = \frac{2 \cdot 2}{0,89^2} + 1 = 6;$$

$$h_{\text{р.с.}} = 6 \cdot \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,8} + \frac{1,56^2}{2 \cdot 9,8} = 1,2 \text{ м};$$

б) фільтруючий шар товщиною $H_{\text{ф.з}} = 1,3 \text{ м.}$

$$h_{\text{ф}} = (a + bW)H_{\text{ф.з}};$$

Для фільтрувального завантаження з крупністю зерен 0,5–1,0 мм приймаємо такі параметри: $a=0,85$, $b=0,004$, інтенсивність промивання $W=16 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$.

$$h_{\phi} = (0,85 + 0,004 \cdot 16) \cdot 1,3 = 1,19 \text{ м};$$

в) підтримуючий гравійний шар:

$$h_{\text{гр}} = 0,022 \cdot N_{\text{г.ш}} \cdot W; N_{\text{г.ш}} = 0,45 \text{ м};$$

$$h_{\text{гр}} = 0,022 \cdot 0,45 \cdot 16 = 0,16 \text{ м};$$

г) напірний трубопровід:

$$q_{\text{пр}}^{\phi} = 345 \text{ л/с}; d_{\text{тр}} = 500 \text{ мм};$$

$$v = 18 \text{ м/с}; l = 200 \text{ м}; 1000i = 5,5 \text{ м.}$$

$$h_{\text{тр}} = 200 \cdot 0,0055 = 1,1 \text{ м};$$

Втрати на місцеві опори:

$$h_{\text{м}} = 1,1 \cdot 0,3 = 0,33 \text{ м};$$

ж) втрати напору на місцеві опори у всмоктуючому трубопроводі:

Напір насосу складає:

$$N_{\text{нас}} = 3,4 + 1,19 + 0,16 + 1,1 + 0,33 + 0,13 + 0,18 + 2,5 + 6,5 = 16 \text{ м.}$$

Для знезараження питної води на станції водопідготовки прийнято гіпохлорит натрію NaOCl як реагент, що відповідає вимогам. На відміну від газоподібного або рідкого хлору, гіпохлорит натрію не потребує балонів під тиском, спеціального газозахисного спорядження та складних вимог до аварійної вентиляції, що суттєво спрощує умови експлуатації та підвищує безпеку обслуговуючого персоналу. Концентрація активного хлору у товарному розчині NaOCl: $C = 130 \text{ г/л}$ (13 %, ГОСТ 11086). Густина розчину $\rho = 1,2 \text{ кг/л}$.

Прийнято двоступеневе знезараження: первинне перед камерами пластівцеутворення (доза активного хлору 5 мг/л), вторинне перед резервуаром чистої води (доза 3 мг/л).

Розрахункова годинна витрата при первинному хлоруванні (доза хлору дорівнює 3 мг/л):

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

$$G_{\text{год}} = \frac{17035 \times 5}{1000 \cdot 24} = 3,55 \text{ кг/год.}$$

Годинна витрата для вторинного знезараження:

$$G_{\text{год}} = \frac{17035 \times 3}{1000 \cdot 24} = 2,13 \text{ кг/год.}$$

$$G_{\text{год}}^{\text{заг}} = 3,55 + 2,13 = 5,68 \text{ кг/год.}$$

Добова витрата хлору:

$$G_{\text{доб}} = G_{\text{год}} \cdot 24 = 5,68 \cdot 24 = 136,3 \text{ кг/доб.}$$

Для дозування гіпохлориту натрію передбачено мембранні насоси-дозатори, встановлені за схемою «1 робочий + 1 резервний» на кожну точку введення реагенту. Продуктивність насосів-дозаторів становить не менше 28 л/год для первинного та 17 л/год для вторинного хлорування.

Для зберігання добового запасу реагенту прийнято три витратні баки об'ємом по 2 м³ (два робочі та один резервний), виконані з поліетилену або нержавіючої сталі. Місячний запас реагенту зберігається в резервуарі-сховищі об'ємом 50 м³.

Гіпохлорит натрію надходить на станцію у вигляді готового водного розчину з масовою часткою активного хлору 13 %. Реагент не потребує попереднього приготування і подається безпосередньо з витратних баків до точок введення насосами-дозаторами, що виключає необхідність у розчинному господарстві.

Добова витрата товарного розчину становить 1,05 м³/доб, що відповідає місячній потребі близько 37,7 т. Постачання реагенту здійснюється автомобільними цистернами місткістю 5 т з подальшим перекачуванням у резервуар-сховище через трубопроводи або шланги з хімічно стійких матеріалів.

Зберігання гіпохлориту натрію передбачено у закритому приміщенні за температури не вище +25 °С, у непрозорих ємностях, захищених від прямих сонячних променів, оскільки реагент розкладається під дією ультрафіолетового випромінювання. Термін зберігання не повинен перевищувати 30 діб.

Застосування гіпохлориту натрію порівняно з газоподібним хлором підвищує безпеку експлуатації завдяки відсутності балонів під тиском і ризику аварійних викидів, а також спрощує вимоги до експлуатації та обслуговування реагентного господарства.

Об'єм резервуару чистої води (РЧВ) складає:

$$W = 0,15 \times 17035 = 2555 \text{ м}^3;$$

Протипожежний об'єм $W_{\text{пож}} = 540 \text{ м}^3$;

Таким чином:

$$W_{\text{РЧВ}} = 2555 + 540 = 3095 \text{ м}^3;$$

Приймаємо 2 залізобетонні прямокутні резервуари РЧВ по 2 000 м³.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ

Надійність і безперебійність водопостачання міста для 45 000 мешканців є одним із визначальних показників якості функціонування важливої інфраструктури. Система водопостачання являє собою технологічний комплекс, що об'єднує джерела водозабору, насосні станції першого та другого підйомів, очисні споруди, резервуари чистої води та розподільчу водопровідну мережу. Ефективна організація їх спільної роботи потребує чіткого регламентування технологічних процесів, систематичного обслуговування обладнання та завчасного планування ресурсів [9].

Організація експлуатації водопостачальної системи охоплює три основних напрями: технічне обслуговування, ремонт обладнання та оперативний диспетчерський контроль, в тому числі аварійно-відновлювальне реагування. Кожен із цих напрямів регламентується чинними нормативним документами [6, 10].

Для міста з розрахунковим добовим водоспоживанням приблизно 17000 м³/добу визначальне значення мають питання гідравлічної стійкості мережі, дотримання регламентних показників якості води, достатності напорів у вузлових точках та відповідності фактичної продуктивності насосних агрегатів змінному графіку водоспоживання. Відповідно до нормативних вимог, мінімальний вільний напір у мережі у години пік не повинен опускатися нижче 10 м вод. ст., а в нічні години роботи системи — перевищувати 60 м вод. ст. задля запобігання надмірним втратам тиску та порушенню цілісності трубопроводів [11].

3.1. Організація роботи насосної станції першого підйому

Насосна станція першого підйому (НС-I) призначена для здійснення безпосереднього забору води, в даній роботі з поверхневого джерела, та перекачування води на станцію водопідготовки. Основне технологічне обладнання НС-I включає відцентрові насосні агрегати з електроприводом, запірно-регулювальну арматуру, системи вимірювання витрати та тиску, а також допоміжне обладнання для видалення піску й водоростей із забірного тракту.

Режим роботи НС-I, як правило, цілодобовий і рівномірний, що дає змогу мінімізувати коливання рівня у водозабірних камерах і забезпечити стабільне завантаження очисних споруд. Продуктивність насосних агрегатів добирається з умови подачі добової розрахункової витрати рівномірно протягом 20–22 годин з урахуванням власних потреб станції. Для надійності рекомендується встановлювати не менше двох робочих агрегатів та одного резервного, а при насосних станціях I категорії надійності — передбачати можливість живлення від двох незалежних джерел електроенергії [10, 12].

Технічне обслуговування НС-I передбачає щозмінний огляд насосних агрегатів, перевірку рівнів мастила в підшипниках, контроль вібрації та температури електродвигунів, а також перевірку щільності сальникових і торцевих ущільнень. Щомісячно виконується перевірка стану запірної арматури, контрольно-вимірювальних приладів і захисної автоматики. Щорічно проводиться ревізія насосних агрегатів із заміною зношених деталей, відновленням антикорозійних покриттів внутрішніх поверхонь та гідравлічним випробовуванням усмоктувальних і напірних трубопроводів [9].

Особливу увагу слід приділяти стану водозабірних решіток і сміттєзатримувальних пристроїв. їхнє забруднення спричиняє зниження ефективного перерізу потоку, підвищення кавітаційного запасу та передчасне зношення насосів. Графік очищення решіток встановлюється залежно від якості поверхневих вод та сезону: у весняний паводок і восени частота очищення збільшується до двох разів на добу [11].

3.2. Організація роботи насосної станції другого підйому

Насосна станція другого підйому (НС-II) в технологічній схемі забезпечення населення водою є вузлом, що здійснює подачу очищеної води з резервуарів чистої води безпосередньо до водопровідної мережі міста. Відмінністю від НС-I є режим роботи НС-II – це регульована робота, яка визначається погодинним графіком водоспоживання міста. Для міста, що розглядається з кількістю мешканців в 45000 осіб, максимальний коефіцієнт нерівномірності водоспоживання становить близько 1,24, що потребує використання двоступінчастого режиму роботи насосів [13].

Застосування частотних регуляторів на насосних агрегатах НС-II забезпечує низку суттєвих переваг: зниження споживання електроенергії на 20–35 % порівняно з дросельним регулюванням, плавний пуск і зупинку агрегатів, зменшення гідравлічних ударів у мережі та подовження ресурсу обладнання. Попри вищу початкову вартість обладнання, економічна ефективність ЧРП окупається протягом 3–5 років експлуатації. Технічне обслуговування перетворювачів частоти включає щоквартальне очищення систем охолодження та перевірку стану силових ланцюгів [1]

Для забезпечення необхідного тиску в мережі в нічні години та в умовах пожежогасіння НС-II повинна бути обладнана автоматичною системою підтримки тиску, яка керує роботою насосів за сигналом датчиків тиску на виході станції або у контрольних точках мережі. Автоматизована система управління (АСУ) насосної станції забезпечує збір і реєстрацію технологічних параметрів, дистанційне керування обладнанням і сповіщення диспетчерської служби про відхилення від регламентних значень. Системи SCADA є сьогодні обов'язковим інструментом для моніторингу таких об'єктів [14].

Регламентне обслуговування НС-II здійснюється за графіком планово-попереджувальних ремонтів (ППР), затвердженим головним інженером підприємства. Поточний ремонт проводиться щорічно і включає заміну ущільнень, підшипників і сальників, відновлення антикорозійних покриттів металевих конструкцій, перевірку та регулювання запобіжних клапанів і засувок. Капітальний ремонт виконується один раз на 5–8 років залежно від технічного стану обладнання [9].

3.3. Технічне обслуговування і надійність водопровідної мережі

Водопровідна мережа міста є найбільш протяжним і уразливим елементом системи водопостачання. За нормативними вимогами, питома кількість аварій на мережах питного водопостачання не повинна перевищувати 0,3–0,5 відмов на 1 км мережі на рік. Для досягнення цього показника необхідне системне виконання комплексу технічних і організаційних заходів [15].

Технічний облік і паспортизація мережі є основою планування її обслуговування. Усі трубопроводи, арматура, колодязі та гідранти мають бути занесені до геоінформаційної системи (ГІС) із зазначенням матеріалу труб, діаметрів, термінів укладання, технічного стану та аварійної історії. Актуалізація ГІС виконується після кожного ремонту або нового підключення. Наявність актуальної схеми мережі суттєво скорочує час локалізації аварійної ситуації [13].

Планово-попереджувальне обслуговування мережі охоплює промивку трубопроводів (не рідше одного разу на рік для всієї мережі або після ремонту), перевірку та змащення засувки (щорічно), промивку пожежних гідрантів та перевірку їх справності (двічі на рік), а також виявлення та усунення витоків методами акустичної кореляції або нічного мінімального потоку. За оцінками [15], непродуктивні втрати води через витіки в українських комунальних системах становлять 25–40 % поданого об'єму, що підкреслює актуальність заходів з їх виявлення та усунення.

3.4. Організація роботи системи в кризових умовах

В умовах воєнних дій, ракетних обстрілів та систематичного відключення електроенергії, характерних для сучасного стану України, системи водопостачання населених пунктів і міст потребують комплексного захисту. Саме об'єкти критичної інфраструктури: водопостачання та водовідведення зазнають цілеспрямованих ударів або страждають від їхніх наслідків (пошкодження ліній електроенергії, трубопроводів, будівельних конструкцій). У зв'язку з цим забезпечення живучості водопостачальної системи є не лише технічним, а й стратегічним завданням [15, 16].

Основним технологічним заходом захисту від знеструмлення є оснащення НС-I і НС-II резервними джерелами електропостачання. Для насосних станцій I та II категорій надійності встановлення дизельних електрогенераторів є обов'язковим відповідно до вимог [6]. Потужність генераторів добирається з умови забезпечення роботи не менше одного робочого насосного агрегату та систем освітлення, вентиляції і КВП станції. Для міста з розрахунковою потужністю НС-II близько 75–90 кВт

рекомендується встановлення дизельного генератора потужністю 100–150 кВт з автоматичним введенням резерву (АВР), часом переключення не більше 30 секунд і запасом дизельного палива на 72 години безперервної роботи [14].

Поряд із резервними генераторами розглядається можливість встановлення сонячних фотоелектричних систем (СЕС) із акумуляторними батареями на об'єктах водопостачання. Гібридні системи «мережа — СЕС — акумулятор — дизель» дозволяють скоротити витрати дизельного палива до 40–60 % у весняно-осінній та літній сезони і забезпечити безперервне живлення систем автоматики та зв'язку навіть при відключенні основної мережі [17].

У разі пошкодження насосних станцій внаслідок влучання або вибухової хвилі необхідно передбачити резервні технологічні схеми подачі води. Для НС-I це може бути тимчасова мобільна насосна установка, підключена до резервного водоводу. Для НС-II — гравітаційна подача з резервуарів чистої води безпосередньо в мережу при достатній відмітці розташування резервуарів відносно споживачів. Таким чином, розміщення резервуарів чистої води на підвищених відмітках рельєфу є не лише гідравлічно доцільним, а й важливим елементом захисту системи в кризових умовах [11].

Захист будівельних конструкцій насосних станцій від уражальних факторів вибуху передбачає посилення несучих конструкцій, встановлення захисних екранів на вікнах і дверях, заглиблення або обвалювання резервуарів. Вхідні двері та ворота рекомендується виконувати із сталевих листів завтовшки не менше 4 мм. Вентиляційні отвори обладнуються захисно-герметичними клапанами. Для захисту обладнання від осколків передбачається обкладка стін машинного залу мішками з піском або встановлення збірних бетонних блоків по периметру [18].

Охорона об'єктів водопостачання передбачає цілодобову фізичну охорону насосних станцій і резервуарів, встановлення систем відеоспостереження та охоронної сигналізації, обмеження доступу сторонніх осіб до технологічних споруд.

3.5. Диспетчерський контроль і моніторинг системи

Сучасна організація експлуатації водопостачальної системи неможлива без впровадження автоматизованих систем диспетчерського управління та збору даних (SCADA). Для міста з 45 000 мешканців рекомендується впровадження дворівневої системи автоматизації: нижній рівень — місцеві програмовані логічні контролери (ПЛК) на кожному об'єкті, верхній рівень — диспетчерський центр із серверами збору даних, операторськими автоматизованими робочими місцями (АРМ) і системою архівування [19].

Система моніторингу охоплює безперервне вимірювання і реєстрацію таких параметрів: витрата на виході НС-I та НС-II, тиск на виходах насосних станцій і в контрольних точках мережі, рівень води в резервуарах, споживана потужність насосних агрегатів, температура підшипників і електродвигунів. Архів даних зберігається не менше 2 років із можливістю формування звітів за довільний часовий інтервал. Аналіз трендів дозволяє своєчасно виявляти ознаки зносу обладнання, зростання витоків у мережі та відхилення гідравлічного режиму від норми.

Для підвищення оперативності реагування на аварійні ситуації диспетчерська служба повинна бути забезпечена мобільними засобами зв'язку, що функціонують незалежно від стану міських комунікаційних мереж. Рекомендується використання радіостанцій дециметрового діапазону та резервного супутникового зв'язку. Аварійно-диспетчерська служба (АДС) діє цілодобово у складі не менше двох чергових і однієї виїзної аварійної бригади. Час прибуття аварійної бригади до місця аварії на мережі не повинен перевищувати 40 хвилин, а час відновлення водопостачання — не більше 12–24 годин залежно від складності аварії.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення

Будівництво і подальша експлуатація системи господарсько-питного водопостачання міста Вінницької області з населенням 45 000 мешканців є виробничим процесом підвищеного ступеня відповідальності, оскільки безпосередньо впливає на здоров'я значної кількості людей. Водночас виробничий персонал — монтажники трубопроводів, оператори насосних станцій, працівники хлораторної, слюсарі-ремонтники, електрики — стикається з широким спектром небезпечних і шкідливих виробничих факторів, нейтралізація яких є предметом цього розділу.

Правова основа охорони праці на об'єкті формується такою нормативною базою: Закон України «Про охорону праці» (№ 2694-ХІІ, в ред. 2022 р.); ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»; НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті»; ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму»; ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої вібрації»; ДСТУ EN ISO 9241-110:2020 «Ергономіка взаємодії людини з системою».

Роботодавець зобов'язаний забезпечити виконання всіх технічних, санітарно-гігієнічних та організаційних заходів, передбачених цими документами. Підприємство зобов'язане розробити Систему управління охороною праці (СУОП) відповідно до ДСТУ ISO 45001:2019, з визначенням відповідальних осіб, циклу PDCA та процедур аудиту. Витрати на охорону праці не можуть бути меншими за 0,5 % від фонду оплати праці відповідно до статті 19 ЗУ «Про охорону праці».

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Для забезпечення всебічної оцінки умов праці та своєчасного виявлення потенційних загроз виконано аналіз і класифікацію небезпечних (табл. 4.1). Усі фактори згруповано за чотирма основними категоріями: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. Такий підхід дозволяє комплексно оцінити ризики, характерні для технологічних процесів забору, очищення, транспортування та розподілу питної води.

Для водопровідного комплексу, що включає водозабірну споруду на р. Соб, насосні станції першого та другого підйому, очисні споруди, ідентифіковано сім найбільш суттєвих небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До них належать підвищений рівень шуму та вібрації від роботи насосного обладнання, ризик ураження електричним струмом під час експлуатації електроустановок, вплив хімічних реагентів, що використовуються в процесах водопідготовки та знезараження, можливий контакт із патогенними мікроорганізмами природних вод, небезпека падіння під час обслуговування резервуарів і технологічних споруд, несприятливі метеорологічні умови під час виконання робіт на відкритому повітрі, а також психофізіологічні навантаження, пов'язані з відповідальністю за безперервне функціонування системи водопостачання.

Визначення та аналіз зазначених факторів є основою для розроблення ефективних організаційних і технічних заходів, спрямованих на зниження професійних ризиків, запобігання виробничому травматизму, збереження здоров'я персоналу та забезпечення безпечної експлуатації об'єктів водопостачання.

Таблиця 4.1 – Реєстр небезпечних і шкідливих виробничих факторів об'єкту водопостачання

Фактор безпеки	Клас безпеки / нормативний рівень	Характер впливу на організм
Виробничий шум (насосні агрегати)	Клас 3.2 — до 95 дБА	Зниження слуху, нервово-емоційне виснаження, порушення серцево-судинної системи
Загальна вібрація (насоси, компресори)	Клас 3.1 — до 108 дБ	Остеохондроз, патології хребта, дисфункції ШКТ
Хімічні реагенти (хлор, коагулянти)	ГДКР хлору — 0,03 мг/м ³	Хімічні опіки, алергія, ураження дихальних шляхів

Фактор небезпеки	Клас небезпеки / нормативний рівень	Характер впливу на організм
Електронебезпека (ел. двигуни, ТП)	ПБЕ-2017, напруга 0,4–10 кВ	Електротравма, зупинка серця, термічні опіки
Мікробіологічне забруднення (<i>Legionella</i> sp.)	ДСанПіН 2.2.4-171-10 — 0 КУО/100 мл	Легіонельоз, гепатит А, кишкові інфекції
Запиленість (земляні роботи)	ГДК пилу — 4–6 мг/м ³	Силікоз, захворювання верхніх дихальних шляхів
Психофізіологічне перевантаження	Категорія важкості 3	Хронічний стрес, синдром емоційного вигорання

Як свідчать дані, найвищий ризик становлять хімічні реагенти і електронебезпека. На станції водопідготовки для забезпечення технологічного процесу очищення та знезараження води використовуються хімічні реагенти, зокрема коагулянти і флокулянти, реагенти для дезінфекції води. Під час їх зберігання, транспортування та дозування існує ймовірність виникнення небезпечних ситуацій, пов'язаних із випадковими витокami, проливами або контактом персоналу з хімічними речовинами. Вплив реагентів може спричинити подразнення шкіри, слизових оболонок та органів дихання, тому роботи з ними повинні виконуватися із застосуванням відповідних засобів індивідуального захисту та дотриманням вимог виробничої безпеки. Для мінімізації ризиків на об'єкті передбачаються належні умови зберігання реагентів, системи контролю їх дозування, вентиляція приміщень та організаційні заходи щодо безпечної експлуатації реагентного господарства.

Відповідно до результатів оцінки професійних ризиків визначено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки праці персоналу станції водопідготовки. Основними напрямками зниження ризиків є забезпечення постійного контролю за станом повітряного середовища в приміщеннях реагентного господарства, удосконалення системи виробничого контролю та аварійного реагування, регулярне проведення

навчань і практичних тренувань для працівників щодо дій у разі виникнення аварійних ситуацій, а також підвищення рівня електробезпеки під час експлуатації та технічного обслуговування обладнання. Особливу увагу приділено зменшенню впливу шуму й вібрації від насосного обладнання шляхом застосування захисних кожухів та інших шумопоглинальних конструкцій. Реалізація зазначених заходів дозволить знизити ймовірність виникнення нещасних випадків, мінімізувати вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів на персонал та забезпечити безпечні умови праці на об'єктах системи водопостачання.

4.3. Засоби індивідуального захисту персоналу

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту організовується згідно з чинними нормативними вимогами. Види та комплектність ЗІЗ визначаються залежно від характеру виконуваних робіт, умов праці та наявних виробничих ризиків. Перелік основних засобів індивідуального захисту, передбачених для різних категорій персоналу, наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Засоби індивідуального захисту за категоріями персоналу

Професія / посада	Склад засобів індивідуального захисту	Примітки
Оператор насосної станції	Каска ABS-6 з вентиляцією, антифонні навушники 3M Peltor X5A (SNR 37 дБ), хімічно стійкі рукавиці DuPont, чоботи діелектричні 25 кВ, захисні окуляри EN 166	Заміна кожні 12 міс.
Оператор реагентного госп-ва	Протигаз ГП-7 з фільтром В2, кислотостійкий фартух ПХВ, окуляри 3X80 Spark, рукавиці бутилкаучукові, спецвзуття ГС-1	Обов'язкова наявність аварійного комплекту
Слюсар-ремонтник	Каска захисна UVEX 9770, ременева страхувальна система EN 361,	Робота в газонебезпечних

Професія / посада	Склад засобів індивідуального захисту	Примітки
(підземні роботи)	газоаналізатор переносний (CO/H ₂ S/O ₂), ліхтар Ех-захищений	зонах — не менше 2 осіб
Електрик (обслуговування ТП)	Діелектричні рукавиці ЕН 60900, ізолювальні боти 20 кВ, захисний лицьовий щиток від дуги, покажчик напруги ПВМ-10	Допуск за групою не нижче IV (до 1000 В)
Будівельник (монтаж трубопроводів)	Каска G3500, захисні черевики з мет. підноском S3, сигнальний жилет, протипилові напівмаски FFP2, наколінники	Щоденний огляд перед виходом на об'єкт

Відповідно до вимог EN 397:2012, захисні каски підлягають обов'язковому маркуванню з зазначенням: виробника, дати виготовлення, класу захисту (А або Е), категорії ударного поглинання (EN). Термін придатності пластикових касок — не більше 4 років від дати виготовлення та 2 роки з початку використання. Протишумові навушники 3М Peltor X5A забезпечують рівень послаблення шуму SNR = 37 дБ, що при рівні шуму 94 дБА у машинному залі дає ефективний рівень 57 дБА, що відповідає нормі.

4.4 Заходи з охорони праці на етапі експлуатації

Виробничі приміщення насосних станцій обладнуються системою примусової припливно-витяжної вентиляції з кратністю повітрообміну: машинний зал — 4 крат/год; хлораторна — 12 крат/год (аварійний режим — 24 крат/год). Конструкція вентиляції хлораторної передбачає нижній відсмоктування на рівні 0,3 м від підлоги (хлор важчий за повітря, щільність 3,214 кг/м³). Резервний аварійний вентилятор вмикається автоматично при концентрації Cl₂ > 1 ГДК. Підтримка температури у виробничих приміщеннях: 18–22 °С у теплий сезон, 16–18 °С — у холодний.

Санітарні побутові приміщення для персоналу (кількість 12 осіб у зміні) обладнуються: гардероби з подвійними шафами для робочого та домашнього

одягу; душові кабінки не менше 1 на 5 осіб; умивальники з підводом гарячої та холодної води; кімната відпочинку з мікрохвильовою піччю та холодильником.

Персонал водопровідного підприємства відноситься до категорії осіб підвищеного ризику зараження водними патогенами. Регламент мікробіологічного контролю передбачає: щодобовий відбір проб питної води на виходах НС-II та з мережі (не менше 6 точок); щотижневе визначення показників E.coli, колибактерій, ентерококів; щомісячний аналіз на Legionella pneumophila методом ПЛР. Додатково: щоквартальне обстеження стану санітарних вузлів та побутових приміщень СЕС.

Обов'язкова вакцинація персоналу: проти гепатиту А (перед початком роботи + ревакцинація через 6–12 місяців); проти черевного тифу (щорічно); проти дифтерії та правцю (кожні 10 років); проти COVID-19 та сезонного грипу (за епідоказаннями). Списки вакцинованих зберігаються у відділі кадрів.

Попередній медичний огляд проводиться при прийомі на роботу для всіх осіб, які контактують з хімічними реагентами, мають справу з шумом понад 80 дБА, виконують роботи в підземних спорудах або на висоті. Перелік лікарів-спеціалістів: терапевт, отоларинголог, невролог, офтальмолог, дерматолог (для хлораторників), психіатр (для водіїв і операторів підйомних механізмів). Повторні медогляди — щорічно для персоналу з класом умов праці 3.1 і вище.

Заходи зменшення фізичного навантаження при обслуговуванні мереж: механізовані засоби відкривання-закривання засувки діаметром понад DN 300 (обертальний момент $> 150 \text{ Н}\cdot\text{м}$); заборона підйому вручну вантажів масою понад 15 кг; застосування засобів малої механізації (електричні ручні лебідки, трубоукладачі). Для профілактики статичної перевтоми операторів диспетчерського пункту передбачено ергономічні крісла з регульованою підтримкою поперекового відділу та перерви мікро-гімнастики кожні 45–50 хвилин.

4.5. Заходи з пожежної безпеки

За ступенем вибухопожежної небезпеки приміщення об'єкту класифікуються: машинний зал насосних агрегатів — категорія «Д» (негорючі

речовини); реагентний склад (соляна кислота для підкислення, активоване вугілля) — категорія «В2» (горючі рідини). Клас пожежної небезпеки зон: машинний зал — П-Па; реагентний склад та склад ПММ — П-І.

Для забезпечення своєчасного виявлення загорянь та оперативного реагування на надзвичайні ситуації на об'єкті передбачається влаштування автоматичної пожежної сигналізації. Система забезпечує безперервний контроль стану приміщень за допомогою пожежних сповіщувачів, що реагують на характерні ознаки виникнення пожежі, та передає інформацію про небезпечну подію на центральний пункт контролю. Для своєчасного інформування персоналу про виникнення пожежі проєктом також передбачається система оповіщення та управління евакуацією людей, яка забезпечує подачу звукових і мовних повідомлень. Реалізація зазначених заходів сприяє підвищенню рівня пожежної безпеки об'єкта, скороченню часу реагування на аварійні ситуації та забезпеченню безпечної евакуації працівників.

Для забезпечення належного рівня пожежної безпеки об'єкта передбачається оснащення приміщень первинними засобами пожежогасіння відповідно до їх функціонального призначення та категорії пожежної небезпеки. Тип і кількість вогнегасників визначаються з урахуванням площі приміщень, особливостей технологічних процесів та властивостей речовин, що використовуються на об'єкті. У виробничих та технічних приміщеннях встановлюються універсальні засоби пожежогасіння, тоді як у приміщеннях, де застосовуються хімічні реагенти або розташоване електротехнічне обладнання, передбачаються вогнегасники, безпечні для використання в таких умовах.

Для забезпечення можливості гасіння пожеж на початковій стадії розвитку будівлі обладнуються внутрішнім протипожежним водопроводом із пожежними кранами та комплектами рукавів. Крім того, на об'єкті передбачається створення необхідного запасу води для потреб пожежогасіння, що забезпечує безперебійну подачу вогнегасних речовин протягом нормативного часу ліквідації пожежі. Сукупність зазначених заходів

спрямована на підвищення ефективності протипожежного захисту, зменшення можливих матеріальних збитків та забезпечення безпеки персоналу.

4.6. Евакуація та безпечні виходи

Для забезпечення безпечної та організованої евакуації персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій для всіх будівель і приміщень об'єкта розробляються плани евакуації відповідно до чинних нормативних вимог. На схемах відображаються маршрути виходу людей, місця розташування засобів пожежогасіння, пунктів оповіщення та інших елементів системи безпеки. Плани евакуації розміщуються у добре видимих і доступних місцях поблизу шляхів виходу з приміщень.

Для підтримання необхідного рівня безпеки під час відключення основного електропостачання об'єкт обладнується системою аварійного евакуаційного освітлення. Автономні світильники забезпечують достатню освітленість шляхів евакуації та автоматично переходять у режим роботи від резервного джерела живлення у випадку зникнення напруги в основній мережі, що сприяє безпечному переміщенню людей та оперативному залишенню небезпечної зони. В табл. 4.3 показана характеристика евакуаційних шляхів та виходів основних приміщень.

Таблиця 4.3 – Характеристика евакуаційних шляхів та виходів основних приміщень

Приміщення / зона	Евакуаційні виходи	Макс. к-сть осіб	Розрахунк. час евак., с	Примітки
Машинний зал насосної ст.	2 евак. виходи (шир. 1,2 м кожен)	35	45–60	Відкривання назовні, без замку
Хлораторна	Самостійний ізолюваний вихід	4	15	Аварійне вентилювання автоматичне
Реагентний склад	2 виходи + бокові	6	20	Аварійний

Приміщення / зона	Евакуаційні виходи	Макс. к-сть осіб	Розрахунк. час евак., с	Примітки
	ворота			душ при виході
Адміністративний корпус (2 пов.)	2 сходові клітки + пожежний вихід	25	90	Евак. ліхтарі автономні
Будівельний майданчик (відкрита зона)	Периметральні виходи через кожні 100 м	50	120	Точки збору позначені знаком E7

Навчальні евакуації проводяться не рідше 2 разів на рік (одна — у нічний час). За підсумками кожної евакуації складається акт, в якому фіксуються: час сповіщення, час до евакуації останньої людини, виявлені порушення. Якщо розрахунковий час евакуації перевищений більш ніж на 20 %, проводиться позапланова тренувальна евакуація протягом 30 днів.

4.7. Навчання персоналу та система інструктажів

Організація навчання працівників з питань охорони праці та перевірки рівня їх знань здійснюється відповідно до чинних нормативно-правових вимог у сфері безпеки праці. Система підготовки персоналу передбачає проведення комплексу навчальних заходів, спрямованих на формування безпечних методів виконання робіт, попередження виробничого травматизму та підвищення відповідальності працівників за дотримання вимог охорони праці. Залежно від характеру робіт, умов виробництва та етапів трудової діяльності працівників передбачено проведення різних видів інструктажів, які забезпечують належний рівень обізнаності персоналу щодо виробничих ризиків та правил безпечної роботи.

Вступний інструктаж проводиться інженером з охорони праці при прийомі кожного нового працівника. Тривалість — 4 академічні години, зміст: загальні відомості про підприємство, характерні виробничі ризики, порядок подання першої долікарської допомоги, правила поведінки при аварії.

Первинний інструктаж на робочому місці проводиться безпосереднім керівником робіт для кожного нового працівника перед першим допуском до самостійної роботи. Тривалість — 2–3 год. Включає практичну демонстрацію безпечних прийомів праці, показ місць розташування ЗІЗ, аптечок, первинних засобів пожежогасіння.

Повторний інструктаж виконується не рідше 1 разу на 3 місяці для персоналу з класом умов праці 3.1–3.3 і не рідше 1 разу на 6 місяців — для іншого персоналу. Позаплановий інструктаж — після нещасного випадку або аварії на аналогічних об'єктах галузі, а також при введенні нового обладнання. Цільовий інструктаж — перед разовими нетиповими роботами (газонебезпечні роботи, роботи на висоті більше 10 м).

Навчання та перевірка знань посадових осіб і фахівців проводяться у навчальних центрах з охорони праці, атестованих Держпраці, — один раз на 3 роки. Перевірка знань у спеціально створеній комісії підприємства — щорічно. Допуск до самостійної роботи надається лише після підтвердження знань.

Усі інструктажі реєструються у відповідних журналах (вступний — у журналі реєстрації вступного інструктажу, всі інші — у журналі реєстрації інструктажів на робочому місці). Підписи особи, яка проводила інструктаж, та інструктованого є обов'язковими.

4.8 Розрахунок небезпечної зони поблизу траншеї

Розрахункова глибина ґрунтового шару становить 4,6 м, тип ґрунту – глина. Підшва фундаменту має розміри 5,6 × 5,6 м. База прийнятого гусеничного крана складає 4,8 м.

1. Нормативних нахил відкосу визначаємо як $1/m$, де m – коефіцієнт відкосу. За табл. 10.2 [26] визначаємо, що крутизна відкосу дорівнює $1/0,5$. Заложення відкосу дорівнює $m \times H = 5,6 \cdot 0,5 = 2,8$ м.

2. Траншея по низу - $B = a + 0,5 + 0,5 = 5,6 + 0,5 + 0,5 = 6,6$ м, а траншеї по верху дорівнює: $A = B + mH + mH = 5,6 + 2,8 + 2,8 = 11,2$ м.

3. Шукаємо мінімально припустиму відстань по горизонталі, враховуючи глибину траншеї і характер ґрунту. На підставі [26] для глибини 4,6 м та глини, мінімальна допустима відстань складає – $l_6 = 3,3$ м.

4. Максимальне допустиме наближення крану до відкосу траншеї:

$$L_6 = \frac{b}{2} + l_6 + 0,5 + \frac{a}{2}, \quad (4.1)$$

де b – база гусенічного транспорту.

$$L_6 = \frac{3,8}{2} + 3,3 + 0,5 + \frac{5,6}{2} = 8,5 \text{ м}$$

Відповідно до результатів розрахунків виконується графічне (рис. 4.1) відображення розрізу траншеї.

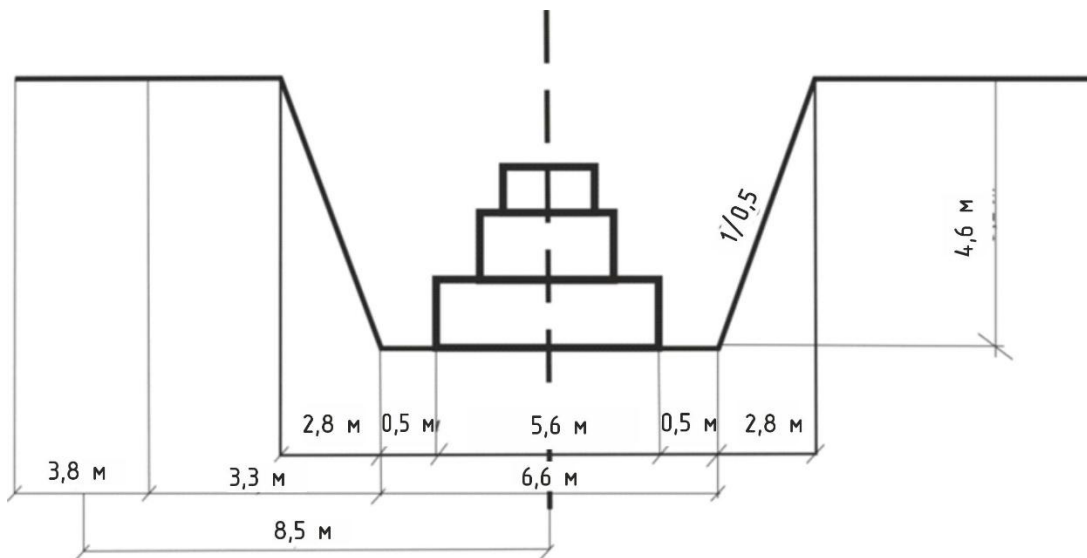


Рисунок 4.1 – Конструктивний розріз траншеї за вихідними параметрами

4.9 Вибір освітлювальної системи для штучного освітлення будівельного майданчика

Для виконання розрахунків прийнято такі вихідні параметри: ширина будівельного майданчика становить 180 м, довжина — 720 м, відстань між освітлювальними щоглами — 240 м. Розміри робочої ділянки складають 110 м завширшки та 120 м завдовжки. Земляні роботи передбачається виконувати методом наміву. Для організації штучного освітлення будівельного майданчика використовується прожектор із галогенною лампою потужністю 1500 Вт. Розміщення освітлювальних щогл приймається за прямокутною схемою, що наведена на рис. 4.2.

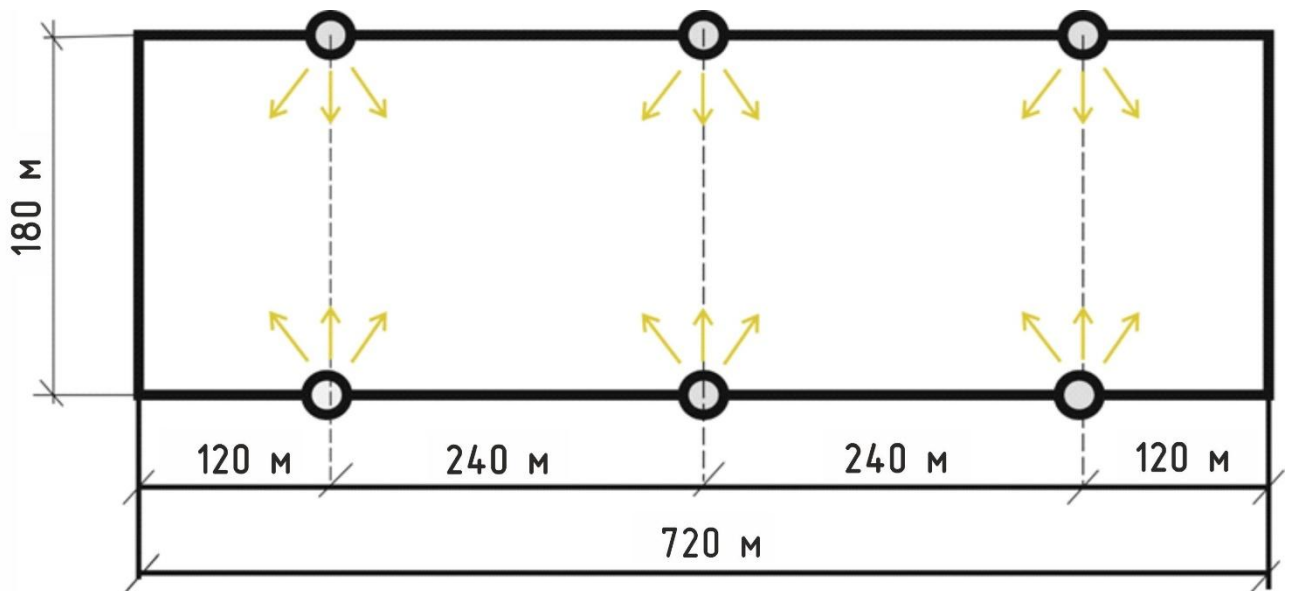


Рисунок 4.2 – Схема розташування щогл

Визначаємо кількість щогл для розміщення прожекторів:

$$N_{\text{щ}} = 2 \times \frac{l}{b} = 2 \times \frac{720}{240} = 6 \text{ шт}$$

Визначаємо кількість ламп, які потрібні для встановлення 6 прожекторів:

$$N_{\text{л}} = N_{\text{щ}} \times n = 6 \times 5 = 30 \text{ шт}$$

На наступному етапі виконуємо визначення розрахункової електричної потужності, необхідної для забезпечення безперебійної роботи освітлювальної установки. Розрахунок проводиться з урахуванням кількості встановлених освітлювальних приладів та їх номінальної потужності:

$$P_{\text{заг}} = N_{\text{л}} \times P_1 = 30 \times 1500 = 45000 \text{ Вт}$$

Визначаємо одержану розрахункову питому потужність:

$$P_{\text{пит}} = \frac{P_{\text{заг}}}{a \cdot l} = \frac{45000}{180 \cdot 720} = 0,35 \text{ Вт/м}^2$$

Для підтвердження правильності виконаних розрахунків здійснюється перевірка отриманих результатів шляхом їх порівняння з нормативними значеннями питомої потужності, наведеними у відповідних довідкових матеріалах.

Прийнята система освітлення характеризується такими параметрами: висота встановлення прожекторів становить 40 м, кут їх нахилу до горизонту — 20° , а кут між оптичними осями сусідніх прожекторів — 30° . За результатами розрахунку для забезпечення нормативного рівня освітленості робочої зони

необхідно встановити шість освітлювальних щогл. Кожна щогла обладнується п'ятьма прожекторами з лампами потужністю 1500 Вт. Освітлювальні опори розміщуються за прямокутною схемою з рівномірним кроком 210 м між ними, що забезпечує ефективне та рівномірне освітлення всієї території виконання робіт.

Висновок до Розділу 4

В розділі проведено комплексний аналіз умов праці та заходів із забезпечення безпеки на об'єктах водопостачання. Виявлено 7 основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів: виробничий шум (до 95 дБА), загальна вібрація, хімічні реагенти (хлор, коагулянти), електробезпека (0,4–10 кВ), мікробіологічне забруднення, запиленість при земляних роботах, психофізіологічне перевантаження. Найбільший ризик становлять хімічні реагенти та електробезпека.

Для кожної категорії персоналу визначено склад засобів індивідуального захисту. Розраховано: небезпечну зону поблизу траншеї глибиною 4,6 м у глині (мінімальна допустима відстань крана від відкосу — 8,5 м); систему штучного освітлення будівельного майданчика (6 щогл по 5 прожекторів 1500 Вт, висота встановлення 40 м, питома потужність 0,35 Вт/м²).

Передбачено: систему примусової вентиляції (кратність 12 крат/год у хлораторній, 4 крат/год у машзалі); автоматичну пожежну сигналізацію; оснащення первинними засобами пожежогасіння; розроблення планів евакуації з нормативним часом 15–120 с залежно від приміщення; систему інструктажів (вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий).

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено комплексне інженерне завдання — розроблено систему централізованого господарсько-питного водопостачання міста Вінницької області з населенням 45 000 мешканців з урахуванням усіх категорій споживачів, нормативних вимог і сучасних технологічних підходів. На підставі виконаних досліджень і розрахунків зроблені наступні висновки:

1. Обґрунтовано вибір р. Соб як основного джерела водопостачання. Мінімальний розрахунковий стік річки при 95 % забезпеченості (27,0 м³/с) перевищує добову потребу міста, що підтверджує її абсолютну гідрологічну достатність. Підземні горизонти Прибузького артезіанського басейну виявились недостатніми для забезпечення потреб міста без суттєвого виснаження.

2. Визначено розрахункові витрати водоспоживання: загальне добове водоспоживання міста становить 17 035,1 м³/доб, максимальна годинна витрата — 723,5 м³/год (201 л/с). Розроблено погодинний баланс водоспоживання та двоступінчастий графік роботи насосної станції другого підйому, що забезпечує рівноважну роботу системи з мінімальним регульовальним об'ємом водонапірного баку — 319,8 м³.

3. Запроектовано руслову водозабірну споруду з внутрішнім діаметром 6,0 м, поєднану з насосною станцією першого підйому. Підібрано чотири занурювальні насоси Grundfos S2.120.250.650 (2 робочих + 2 резервних), що відповідають вимогам ДБН щодо I категорії надійності. Конструктивні рішення забезпечують захист від льодоходу, паводкового підтоплення та засмічення.

4. Виконано гідравлічний розрахунок кільцевої водопровідної мережі для максимального водоспоживання та пожежогасіння. Для мережі обрано поліетиленові труби PE100 SDR17 діаметрами DN90–DN355 зі швидкостями течії 0,6–2,0 м/с, що відповідає нормативному діапазону економічних швидкостей.

5. Розраховано станцію водопідготовки з повним реагентним очищенням поверхневої води. Прийнята технологічна схема передбачає коагуляцію, камери пластівцеутворення, горизонтальні відстійники, двошарові швидкі фільтри та

двоступеневе знезараження гіпохлоритом натрію. Очищена вода відповідатиме вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10.

6. Розроблено розділ організації експлуатації системи, в якому враховано умови воєнного стану в Україні: резервне електроживлення від дизельних генераторів з автоматичним введенням резерву, захист конструкцій від уражальних факторів вибуху, впровадження SCADA-систем для безперервного диспетчерського контролю.

7. Проведено аналіз умов праці персоналу водопостачального комплексу. Ідентифіковано 7 основних небезпечних факторів, розраховано небезпечну зону поблизу траншеї та систему освітлення будівельного майданчика, передбачено відповідні засоби індивідуального захисту та організаційні заходи відповідно до чинного законодавства України з охорони праці.

Розроблена система водопостачання забезпечує надійне та безперебійне постачання питної води відповідно до нормативних вимог для всіх категорій споживачів міста в нормальних умовах, під час максимального водоспоживання та пожежогасіння..

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Український гідрометеорологічний інститут (УХМІ): офіційний веб-сайт. URL: <https://uhmi.org.ua> (дата звернення: 10.04.2026).
2. Метеостанція Вінниця: кліматичні дані. URL: <https://meteo.vn.ua> (дата звернення: 10.04.2026).
3. Хільчевський В. К., Чунар'єв О. В., Ромась М. І. та ін. Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу: монографія / за ред. В. К. Хільчевського. Київ: Ніка-центр, 2009. 184 с
4. 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. 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, B. Vorobiov, O. Haiduchok, A. Sakun. Journal of Chemistry and Technologies. 2025. Vol. 33, is. 3. Pp. 641–649.
6. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-74:2013 / Мінрегіон України. Київ, 2013. 172 с.
7. Grundfos. S pumps, ranges 50–70. S1, S2, S3, ST, SV. 7.5–155 kW : data booklet. Grundfos, 2023. 142 p. URL: <https://api.grundfos.com/literature/Grundfosliterature-5439592.pdf> (дата звернення: 25.04.2026).
8. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10 : затв. наказом МОЗ України від 12.05.2010 № 400. Чинний від 01.06.2010.
9. Саєнко О. В. Технічна експлуатація систем водопостачання: навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 248 с.
10. Яковлєв С. В., Карелін Я. А., Жуков А. І., Колобанов С. К. Водовідведення та очищення стічних вод: підручник. 4-те вид., перероб. і доп. Київ : Будіздат, 2021. 600 с.

11. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання : підручник. 3-тє вид. Рівне: НУВГП, 2019. 448 с.
12. Орлов В. О., Тугай Я. А., Орлова А. М. Водопостачання та водовідведення: підручник. Київ : Знання, 2011. 359 с.
13. Шадура В. О., Кравченко Н. В. Водопостачання та водовідведення : навч. посіб. 2-ге вид., переробл. і допов. Рівне: НУВГП, 2023. URL: <https://er3.nuwm.edu.ua/28057/> (дата звернення: 11.06.2026).
14. Семенов А. О., Скрипник В. О., Сахно Т. В., Бут А. Г. Оптимізація електроприводів насосних агрегатів систем водопостачання на основі частотного регулювання. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність*. 2025. № 2 (11). С. 91. DOI: 10.20998/EREЕ.2025.2(11).336220.
15. Клименко В. В., Ковальчук Н. В., Гуцул В. І., Телюта Р. В. Проблема надійності водопровідних мереж на прикладі міста Кропивницького. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2021. Вип. 4 (35). С. 120–126. DOI: 10.32515/2664-262X.2021.4(35).120-126.
16. Новохатній В. Г., Матяш О. В., Гах Д. О. Підвищення живучості системи водопостачання міста при реконструкції. *Комунальне господарство міст*. 2025. Том 6, вип. 194. С. 246–254. DOI: 10.33042/3083-6727-2025-6-194-246-254.
17. Денисюк С. П., Белоха Г. С., Дерев'янку Д. Г. Оптимізація витрат первинного палива на локальних ринках електроенергії в системах з дизель-генераторами. *Технічна електродинаміка*. 2023. № 1. С. 56–63. DOI: 10.15407/techned2023.01.056.
18. Кравчук О. О., Лаврухіна К. В., Возний О. В. Основні виклики та заходи для забезпечення стабільної роботи насосних станцій систем водопостачання та водовідведення під час воєнних дій. *Build-Master-Class-2024 : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених*. Київ : КНУБА, 2024. URL: <https://repository.knuba.edu.ua> (дата звернення: 11.06.2026).

19. Кисельов В. Б. Математичне та алгоритмічне забезпечення автоматизованого управління насосною станцією системи водопостачання / В. Б. Кисельов // Адаптивні системи автоматичного управління: міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2014. – № 1(24). – С. 28–32.

20. Охорона праці і промислова безпека у будівництві: ДБН А.3.2-2-2009 / Мінрегіонбуд України. Київ, 2009. 54 с.

20. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті: НПАОП 0.00-1.30-17 : затв. наказом Держпраці від 27.03.2017 № 526. Київ, 2017. 22 с.

21. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку: ДСН 3.3.6.037-99 : затв. постановою МОЗ України від 01.12.1999 № 37. Київ, 1999. 28 с.

22. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації: ДСН 3.3.6.039-99 : затв. постановою МОЗ України від 01.12.1999 № 39. Київ, 1999. 32 с.

23. Ергономіка взаємодії людини з системою. Частина 110. Принципи взаємодії: ДСТУ EN ISO 9241-110:2020. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 32 с.

24. Системи управління охороною здоров'я та безпечністю праці. Вимоги та настанова щодо застосування: ДСТУ ISO 45001:2019. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 48 с.

25. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ (у ред. від 19.10.2022). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 01.05.2026).

26. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Поправка: ДБН В.2.2-15:2019. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88279 (дата звернення: 10.05.2026).