

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА**

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

**КАФЕДРА ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ І ОЧИЩЕННЯ
ВОД**

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«ВОДОПОСТАЧАННЯ МІСТА З КІЛЬКІСТЮ
МЕШКАНЦІВ 120 000 ОСІБ»**

Виконав: здобувач освіти 4-го курсу
групи ХарЦІ 2022-13
спеціальності
192 – Будівництво та цивільна
інженерія
освітня програма
«Цивільна інженерія»
Строков А.І.
Керівник доц. Шевченко Т.О.
Рецензент доц. Айрапетян Т.С.

Харків – 2026 року

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

Факультет Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою
та цивільної інженерії

Кафедра Водопостачання, водовідведення і очищення вод


Освітній рівень перший (бакалаврський)

Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма «Цивільна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ВВ і ОВ

 проф. Карагяур А.С.
« ____ » _____ 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ОСВІТИ**

Строкову Андрію Іллічу

1. Тема роботи: «Водопостачання міста з кількістю мешканців 120 000 осіб»

керівник роботи Шевченко Тамара Олександрівна, канд. техн. наук, доцент,
затверджені наказом вищого навчального закладу від 27.02.2026 року № 187-03









2. Строк подання здобувачем роботи 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: кількість мешканців – 120 000 осіб; на території міста розташовано 9 підприємств; джерело водопостачання – поверхневе; максимальна витрата води у річці – 155 м³/с; мінімальна витрата води у річці – 15,1 м³/с; товщина льоду взимку – 0,2 м; якість води у джерелі: запах – 3 бали; присмак – 3 бали; найбільша мутність води – 143 мг/л; забарвленість – 57 градусів; твердість загальна – 4,7 мг-екв/л.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1 Загальні відомості. 4.2 Технологічна частина. 4.3 Експлуатація системи водопостачання. 4.4 Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
5.1 Технологічна частина - 6 креслень

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Загальні відомості	доц. Шевченко Т.О.		
2. Технологічна частина	доц. Шевченко Т.О.		
3. Експлуатація системи водопостачання	доц. Шевченко Т.О.		
4. Охорона праці	доц. Барбашин В.В.		
Допуск до захисту	проф. Карагяур А.С.		
Показник оригінальності кваліфікаційної роботи	доц. Сорокіна К.Б.		

7. Дата видачі завдання 01.03.2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості	01.03–15.03.2026	
2	Технологічна частина	01.03–10.04.2026	
3	Експлуатація системи водопостачання	25.03–25.04.2026	
4	Охорона праці	10.04–25.05.2026	
5	Графічна частина	10.04–30.05.2026	
6	Оформлення та захист	01.06–24.06.2026	

Здобувач освіти  Строков А.І.Керівник роботи  Шевченко Т.О.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	7
1.1 Коротка кліматична характеристика.....	7
1.2 Споживачі води на території міста.....	7
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	11
2.1 Встановлення обсягу водоспоживання.....	11
2.2 Водопровідна мережа і водогони.....	27
2.2.1 Трасування магістральної водопровідної мережі.....	27
2.2.2 Вибір матеріала і класу міцності труб.....	28
2.2.3 Підготовка мереж до розрахунку.....	29
2.2.4 Попередній поточкорозподіл і призначення діаметрів ділянкам мережі.....	33
2.3 Водозабірні споруди.....	34
2.3.1 Вибір типу і місця розташування водозабору.....	34
2.3.2 Розрахунок елементів водозабірних споруд.....	36
2.3.3 Розрахунок зон санітарної охорони.....	40
2.4 Очисні споруди.....	41
2.4.1 Реагентне господарство.....	42
2.4.2 Розрахунок змішувачів.....	45
2.4.3 Горизонтальні відстійники та камери реакції.....	46
2.4.4 Швидкі фільтри.....	48
2.4.5 Споруди повторного використання води.....	50
2.5 Насосна станція 2-го підйому.....	51
2.5.1 Вибір типу й кількості насосних агрегатів.....	51
2.5.2 Побудова графіка сумісної роботи насосів із водогонами	54
3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	58
3.1 Склад та характеристика джерела водопостачання.....	58
3.2 Вимоги до якості питної води.....	58
3.3 Призначення, проектування та влаштування водопровідної мережі.....	63

3.4 Контроль стабілізаційної обробки води.....	64
3.5 Контроль роботи реагентного господарства.....	65
3.5.1 Контроль роботи обладнання для приготування розчинів коагулянта.....	65
3.5.2 Визначення витрати вапна для підлюговування води в процесі коагуляції та під час стабілізаційної обробки.....	66
3.5.3 Котнроль процесу знезараження води хлором.....	68
3.5.4 Послідовність введення реагентів.....	70
3.5.5 Дозування реагентів.....	71
3.6 Контроль роботи змішувачів.....	73
3.7 Біоперешкоди на очисних водопровідних спорудах.....	74
3.7.1 Боротьба з біоперешкодами на очисних спорудах.....	76
3.8 Джерела забруднення водойми.....	77
3.8.1 Боротьба з забрудненням поверхневих вод.....	78
3.8.2 Зони санітарної охорони.....	79
3.9 Відходи на водоочисному комплексі, їх збір, складування та транспортування.....	79
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	81
4.1 Завдання в галузі охорони праці.....	81
4.2 Оцінка експлуатаційних особливостей систем ВКГ, окремих технологічних процесів.....	82
4.3 Аналіз умов праці з виявленням небезпечних й шкідливих виробничих факторів при виконанні даного технологічного процесу.....	86
4.4 Забезпечення пожежо- й вибухобезпеки об'єкту проектування.	87
4.5 Розробка організаційних і технічних заходів для створення безпечних та нешкідливих умов праці на конкретних об'єктах.....	89
Висновок.....	91
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	93
ДОДАТОК 1.....	95

ВСТУП

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з чотирьох розділів, загальних висновків, списку джерел і графічної частини. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 97 сторінок, 27 таблиць, 3 рисунки, список використаних джерел містить 18 позицій.

*ВОДОСПОЖИВАННЯ, СИСТЕМА ВОДОПОСТАЧАННЯ,
ВОДОПРОВІДНА МЕРЕЖА, ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ, ОЧИСНІ СПОРУДИ
ВОДОПОСТАЧАННЯ, НАСОСНА СТАНЦІЯ*

Мета роботи – розробка основних споруд і мереж системи водопостачання для міста з кількістю мешканців 120 000 осіб.

Актуальність розробки системи централізованого водопостачання для міста зумовлена необхідністю забезпечення населення якісною та безпечною питною водою відповідно до сучасних санітарно-гігієнічних вимог. У містах середнього розміру потреба у воді постійно зростає через розвиток житлової забудови, промислових підприємств, об'єктів соціальної інфраструктури та сфери обслуговування. Використання індивідуальних джерел водопостачання в таких умовах не здатне гарантувати стабільність подачі води, належну якість та достатні обсяги води для господарсько-питних, виробничих і протипожежних потреб. Централізована система водопостачання дозволяє організувати раціональний забір води з природних джерел, її очищення, транспортування та рівномірний розподіл між споживачами, що забезпечує надійність та безперервність водопостачання. Крім того, функціонування такої системи сприяє покращенню санітарно-епідеміологічного стану міста, оскільки забезпечує контроль якості води на всіх етапах її підготовки та подачі.

Важливим аспектом є також забезпечення протипожежної безпеки міської забудови завдяки наявності розгалуженої водопровідної мережі та пожежних гідрантів. Розробка сучасної системи водопостачання дає можливість зменшити втрати води, підвищити ефективність використання водних ресурсів та врахувати перспективи подальшого розвитку міста.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Коротка кліматична характеристика

Розрахунковий об'єкт знаходиться у Миколаївській області України. Україна розташована в південно-східній частині Європи. Миколаївська область відноситься до Полісся.

За геологічними даними маємо ґрунти – супісок, суглинок та глину. Ґрунтові води не агресивного характеру і розташовані на глибині 1,5 м. Глибина промерзання 0,9 м.

Роза вітрів

Згідно даних таблиці 1.1 у січні має перевагу західний вітер, а у липні мають перевагу західний та північно-західний вітри.

Таблиця 1.1 – Розподіл вітрів за напрямками (%)

Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Січень							
11	10	11	12	9	11	20	16
Липень							
18	12	8	7	5	8	18	24

1.2 Споживачі води на території міста

Вода в сельбищній зоні використовується на господарсько-питні потреби населення та поливання зелених насаджень.

Площа території міста відповідно до генерального плану складає:

I району (2-х поверхова індивідуальна забудова) – 152,2 га;

II району (3-х поверхова забудова) – 194,6 га;

III району (5-ти поверхова забудова) – 268,1 га;

IV району (9-ти поверхова забудова) – 39,0 га.

Загальна площа території міста – 653,9 га.

В таблиці 1.2 наведені дані щодо площ різних районів міста, щільності населення в них та норми водоспоживання на 1 мешканця в кожному районі.

Таблиця 1.2 – Характеристика районів міста за площею, щільністю населення та нормою водоспоживання

Поверховість забудови району	Площа району F , га	Щільність населення Π_i , чол/га	Норма водоспоживання q , л/добу на 1 людину
I – 2-поверхова	152,2	50	150
II – 3-поверхова	194,6	170	200
III – 5-поверхова	268,1	230	280
VI – 9-поверхова	39	270	280
Усього у місті	653,9		

Промислова зона. На промислових об'єктах вода, що відповідає вимогам до питної якості, використовується для забезпечення господарсько-питних потреб персоналу, роботи душових установок, виробничих процесів (за винятком оборотної, повторно використаної та спеціально підготовленої води), а також для різних господарсько-побутових потреб.

Інформація про види промислових підприємств та чисельність працівників, зайнятих на них, наведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Характеристика промислових підприємств і чисельність персоналу

Перелік промислових підприємств	Зміна	Кількість працюючих, чол.	Працює	
			у холодних цехах	у гарячих цехах
Східна промислова зона				
Завод по виробництву вузлів і деталей парових і газових турбін	1	1200	900	300
	2	600	450	150
	3	200	150	50
Усього		2000	1350	450
Завод електровимірювального обладнання	1	1615	1373	242
	2	2205	1874	331
Усього		3820	3247	573
Завод холодильного обладнання	1	2400	1800	600
	2	1100	825	275
Усього		3500	2625	875

Перелік промислових підприємств	Зміна	Кількість працюючих, чол.	Працює	
			у холодних цехах	у гарячих цехах
Арматурний завод	1	1900	1425	475
	2	900	675	225
Усього		2800	2100	700
Завод залізобетонних виробів	1	1000	750	250
	2	500	375	125
Усього		1500	1125	375
Всього по Східній промисловій зоні		13620		
Північно-західна промислова зона				
Завод домашніх холодильників	1	1100	825	275
	2	500	375	125
	3	100	75	25
Усього		1600	1200	400
Прядильно-ткацька фабрика	1	700	525	175
	2	300	225	75
Усього		1000	750	250
Фабрика нетканних матеріалів	1	900	675	225
	2	500	375	125
Усього		1400	1050	350
Завод тракторних двигунів	1	1400	1050	350
	2	600	450	150
Усього		2000	1500	500
Завод віконного скла	1	2180	1853	327
	2	1567	1332	235
	3	1236	1051	185
Усього		4983	4236	747
Завод медичного скла	1	1281	1089	192
	2	1890	1607	284
	3	1034	879	155
Усього		4205	3574	631
Всього по Північно-західній промисловій зоні		15188,00		

Джерело водопостачання – річка. Максимальна витрата води у річці – 155 м³/с; мінімальна витрата води у річці – 15,1 м³/с.

Показники умов забору води з річки:

каламутність – легкі,

товщина льоду – легкі,
судноплавство – не має,
трава, листя – середні,
шуга – легкі.

Якість води у джерелі водопостачання:

- запах – 3 бали;
- присмак – 3 бали;
- найбільша мутність води – 143 мг/л;
- забарвленість – 57 градусів;
- твердість загальна – 4,7 мг-екв/л.

Вода в річці мутна, середньої забарвленості. Для досягнення якості води регламентованого [1], за [2] необхідно передбачити технологічну схему обробки води із застосуванням коагулянтів і флокулянтів на горизонтальних відстійниках та швидких фільтрах.

В кваліфікаційній роботі бакалавра будуть виконані розрахунки наступних складових системи водопостачання для міста:

- водопровідна мережа міста;
- водозабірні споруди;
- водоочисні споруди;
- насосні станції I-го та II –го підйому.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Встановлення обсягу водоспоживання

Витрата води на господарсько-питні потреби у сельбищній зоні за добу середнього водоспоживання:

$$Q_{\text{доб.сер.}}^{\text{госп.}} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i \cdot N_i}{1000} = \sum_{i=1}^n \frac{F_i \cdot \text{Щ}_i}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.1)$$

де q_i – середньодобова (за рік) норма господарсько-питного водоспоживання на 1 жителя в i -му районі, л/добу;

N_i – розрахункова кількість жителів в i -му районі;

F_i – площа i -го району, га;

Щ_i – щільність населення в i -му районі, чол./га.

Величина норми водоспоживання визначається низкою чинників, серед яких найбільший вплив мають рівень санітарно-технічного оснащення житлового фонду та кліматичні умови території. Середньодобову норму водоспоживання прийнято відповідно до вимог нормативного документа [2]. За фізико-географічним районуванням України Миколаївська область належить до зони Полісся.

Результати розрахунку середньодобового господарсько-питного водоспоживання для сельбищної території міста наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок середньодобового господарсько-питного водоспоживання в сельбищній зоні міста

Поверховість забудови району	Площа району F , га	Щільність населення Щ_i , чол/га	Норма водоспоживання q , л/добу на 1 людину	Кількість жителів району N , чол	Середньодобова витрата води району Q , м ³ /добу
I	152,2	50	150	7 610	1141,5
II	194,6	170	200	33 082	6616,4
III	268,1	230	280	61 663	17265,64
VI	39	270	280	10 530	2948,4
Усього у місті	653,9			112 885	27971,94

Витрата води за добу максимального водоспоживання на господарсько-питні потреби:

$$Q_{\text{доб.макс.}}^{\text{госп}} = Q_{\text{доб.сер.}}^{\text{госп}} \cdot K_{\text{доб.макс.}}, \text{ м}^3/\text{добу}; \quad (2.2)$$

де $K_{\text{доб.макс.}}$ – максимальний коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання. Згідно із [2] $K_{\text{доб.макс.}}=1,1 - 1,3$. Приймаємо $K_{\text{доб.макс.}} = 1,25$.

Тоді

$$Q_{\text{доб.макс.}}^{\text{госп}} = 1,25 \cdot Q_{\text{доб.сер.}}^{\text{госп}}, \text{ м}^3/\text{добу}; \quad (2.3)$$

де $Q_{\text{доб.сер.}}^{\text{госп}}$ – середньодобова витрата води міста, яка обчислена в таблиці 2.1.

$$Q_{\text{доб.макс.}}^{\text{госп}} = 1,25 \cdot 27971,9 = 34964,9 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на поливання за добу максимального водоспоживання визначається за формулою:

$$Q_{\text{доб.макс.}}^{\text{полив}} = \frac{q_{\text{пол}} \cdot N_i}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}; \quad (2.4)$$

де $q_{\text{пол}}$ – потреба у воді (л/добу на одного жителя для доби максимального водоспоживання норма води на поливання);

N – розрахункова кількість жителів у місті, чол.

Витрата води на поливання $q_{\text{пол}}$ визначається залежно від кліматичних особливостей району та чисельності населення міста. Обсяг води, необхідний для зрошення зелених насаджень, а також для поливання й миття удосконалених дорожніх та тротуарних покриттів, слід приймати відповідно до встановлених нормативних вимог [2].

$$Q_{\text{доб.макс.}}^{\text{полив}} = \frac{45 \cdot 112885}{1000} = 5080 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Відповідно до вимог природоохоронного законодавства, використання підземних джерел питної води для поливання територій не допускається. Також застосування очищеної питної води з поверхневих джерел для цих цілей є економічно недоцільним. Тому поливання вулиць, дорожніх покриттів і більшості зелених насаджень, як правило, здійснюється необробленою водою з поверхневих водойм із використанням поливально-мийної техніки.

Разом із тим для роботи автоматизованих систем зрошення в парках і скверах, а також для ручного поливання квітників та декоративних насаджень поблизу житлових будинків використовується вода питної якості. Приймаємо, що на ці потреби витрачається близько 10–15 % від загальної розрахункової витрати води на поливання. У такому випадку фактична витрата питної води на поливальні потреби становить:

$$Q_{\text{доб.макс.}}^{\text{пол.факт}} = 0,15Q_{\text{доб.макс.}}^{\text{полив}}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.5)$$

$$Q_{\text{доб.макс.}}^{\text{пол.факт}} = 0,15 \cdot 5080 = 762 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Промислова зона. На промислових підприємствах вода, що відповідає вимогам до питної якості, використовується для забезпечення господарсько-питних потреб персоналу, роботи душових установок, здійснення окремих технологічних процесів (за винятком тих, де застосовується оборотна, повторно використана або спеціально підготовлена вода), а також для різноманітних господарсько-побутових потреб.

Господарсько-питні потреби

Відповідно до вимог нормативного документа [2], питома витрата води на господарсько-питні потреби одного працівника становить 25 л за зміну для холодних цехів та 45 л за зміну для гарячих цехів. На підставі цих нормативів розрахункова витрата води на господарсько-питне забезпечення працівників дорівнює:

- в холодних цехах:

$$Q_{1\text{зм}}^{\text{гп}} = 25N_1 \times 0,001, \text{ м}^3/\text{зміну}; \quad (2.6)$$

$$Q_{2\text{зм}}^{\text{гп}} = 25N_2 \times 0,001, \text{ м}^3/\text{зміну};$$

$$Q_{3\text{зм}}^{\text{гп}} = 25N_3 \times 0,001, \text{ м}^3/\text{зміну};$$

- в гарячих цехах:

$$Q_{1\text{зм}}^{\text{гп}} = 45N_1 \times 0,001, \text{ м}^3/\text{зміну}; \quad (2.7)$$

$$Q_{2\text{зм}}^{\text{гп}} = 45N_2 \times 0,001, \text{ м}^3/\text{зміну};$$

$$Q_{3\text{зм}}^{\text{гп}} = 45N_3 \times 0,001, \text{ м}^3/\text{зміну};$$

де N_1, N_2, N_3 – розподіл працюючих у промисловій зоні за змінами роботи.

Розрахункова витрата води для душових приміщень

$$Q_d = q_c \cdot n \cdot T = q_c \cdot \frac{N_d}{a} \cdot T = 0,375 \cdot \frac{N_d}{a} \text{ м}^3, \quad (2.8)$$

де $q_c = 500$ л/год – витрата води на одну душову сітку;

n – кількість душових сіток;

T – час прийняття душа ($T = 45$ хв. або $0,75$ год);

N_d – чисельність працівників, які користуються душовими установками, осіб;

a – нормативна кількість працівників, що припадає на одну душову сітку.

Отже, обсяг води, необхідний для прийняття душу працівниками після закінчення зміни, визначається за залежністю:

$$Q_{1зм}^d = 0,375 \cdot \frac{N_{д1}}{a}, \text{ м}^3/\text{зміну};$$

$$Q_{2зм}^d = 0,375 \cdot \frac{N_{д2}}{a}, \text{ м}^3/\text{зміну};$$

$$Q_{3зм}^d = 0,375 \cdot \frac{N_{д3}}{a}, \text{ м}^3/\text{зміну}.$$

Водоспоживання на технологічні потреби. Розрахункові витрати води питної якості, необхідні для здійснення технологічних процесів, встановлюються технологічними службами підприємства. Відповідно до умов завдання, подача води на зазначені потреби вважається рівномірною протягом робочої зміни:

$$Q_{зм}^{\text{техн}} = Q_{\text{год.зм}}^{\text{техн}} \cdot T_{зм}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.9)$$

де $Q_{\text{год.зм}}^{\text{техн}}$ – годинне водоспоживання для технологічних процесів протягом зміни, $\text{м}^3/\text{год}$,

$T_{зм} = 8$ год – тривалість зміни.

Витрати води на господарсько-питні потреби працюючих, на прийняття душа, на технологічні потреби наведені в таблицях 2.2 –2.7.

Східна промислова зона

Таблиця 2.2 – Витрата води на господарсько-питні потреби працюючих

Перелік промислових підприємств	Зміна	Кількість працюючих, чол.	Працює		Питома витрата води на господарсько-питні потреби одного працівника, л/зміну		Витрата води на господарсько-питні потреби, м ³ /зміну	
			у холодних цехах	у гарячих цехах	у холодних цехах	у гарячих цехах	у холодних цехах	у гарячих цехах
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Завод по виробництву вузлів і деталей парових і газових турбін	1	1200	900	300	25	45	22,5	13,5
	2	600	450	150	25	45	11,3	6,8
	3	200	150	50	25	45	3,8	2,3
Усього		2000	1350	450	25	45	37,5	22,5
Завод електровимірювального обладнання	1	1615	1373	242	25	45	34,32	10,90
	2	2205	1874	331	25	45	46,86	14,88
Усього		3820	3247	573			81,18	25,79
Завод холодильного обладнання	1	2400	1800	600	25	45	45,0	27,0
	2	1100	825	275	25	45	20,6	12,4
Усього		3500	2625	875			65,6	39,4
Арматурний завод	1	1900	1425	475	25	45	35,6	21,4
	2	900	675	225	25	45	16,9	10,1
Усього		2800	2100	700			52,5	31,5
Завод залізобетонних виробів	1	1000	750	250	25	45	18,8	11,3
	2	500	375	125	25	45	9,4	5,6
Усього		1500	1125	375			28,1	16,9
		13620,00					264,93	136,04
						Усього	401	

Таблиця 2.3 – Розрахункова витрата води для душових приміщень

Перелік промислових підприємств	Зміна	Кількість працюючих, чол.	Користуються душем, %	Чисельність працівників, які користуються душовими установками, осіб	Розрахункова витрата води для душових приміщень, м ³ /зміну
Завод по виробництву вузлів і деталей парових і газових турбін	1	1200	30	5	27,00
	2	600			13,50
	3	200			4,50
Усього		2000			45,00
Завод електровимірювального обладнання	1	1615	30	5	36,34
	2	2205			49,61
Усього		3820			85,95
Завод холодильного обладнання	1	2400	30	5	54,00
	2	1100			24,75
Усього		3500			78,75
Арматурний завод	1	1900	30	5	42,75
	2	900			20,25
Усього		2800			63,00
Завод залізобетонних виробів	1	1000	30	5	22,50
	2	500			11,25
Усього		1500			33,75
13620,00					306,45

Таблиця 2.4 – Водоспоживання на технологічні потреби

Перелік промислових підприємств	Зміна	Витрата води, м ³ /год	Тривалість зміни, год.	Водоспоживання на технологічні потреби, м ³ /зміну
Завод по виробництву вузлів і деталей парових і газових турбін	1	70	8	560
	2	30	8	240
	3	15	8	120
Усього				920
Завод електровимірювального обладнання	1	60	8	480
	2	30	8	240
Усього				720
Завод холодильного обладнання	1	75	8	600
	2	35	8	280

Перелік промислових підприємств	Зміна	Витрата води, м ³ /год	Тривалість зміни, год.	Водоспоживання на технологічні потреби, м ³ /зміну
Усього				880
Арматурний завод	1	60	8	480
	2	30	8	240
Усього				720
Завод залізобетонних виробів	1	50	8	400
	2	25	8	200
Усього				600
				3840

Загальна витрата води у Східній промисловій зоні – 4547,4 м³/добу .

Північно-Західна промислова зона

Таблиця 2.5 – Витрата води на господарсько-питні потреби працюючих

Перелік промислових підприємств	Зміна	Кількість працюючих, чол.	Працює		Питома витрата води на господарсько-питні потреби одного працівника, л/зміну		Витрата води на господарсько-питні потреби, м ³ /зміну	
			у холодних цехах	у гарячих цехах	у холодних цехах	у гарячих цехах	у холодних цехах	у гарячих цехах
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Завод домашніх холодильників	1	1100	825	275	25	45	20,6	12,4
	2	500	375	125	25	45	9,4	5,6
	3	100	75	25	25	45	1,9	1,1
Усього		1600	1200	400			31,9	19,1
Прядильно-ткацька фабрика	1	700	525	175	25	45	13,1	7,9
	2	300	225	75	25	45	5,6	3,4
Усього		1000	750	250			18,8	11,3
Фабрика нетканних матеріалів	1	900	675	225	25	45	16,9	10,1
	2	500	375	125	25	45	9,4	5,6
Усього		1400	1050	350	25	45	26,3	15,8
Завод тракторних двигунів	1	1400	1050	350	25	45	26,3	15,8
	2	600	450	150	25	45	11,3	6,8

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Усього		2000	1500	500			37,5	22,5
Завод віконного скла	1	2180	1853	327	25	45	46,33	14,72
	2	1567	1332	235	25	45	33,30	10,58
	3	1236	1051	185	25	45	26,27	8,34
Усього		4983	4236	747			105,89	33,64
Завод медичного скла	1	1281	1089	192	25	45	27,22	8,65
	2	1890	1607	284	25	45	40,16	12,76
	3	1034	879	155	25	45	21,97	6,98
Усього		4205	3574	631			89,36	28,38
		15188,00				309,62		130,64

Усього **440,26**

Таблиця 2.6 – Розрахункова витрата води для душових приміщень

Перелік промислових підприємств	Зміна	Кількість працюючих, чол.	Користуються душем, %	Чисельність працівників, які користуються душовими установками, осіб	Розрахункова витрата води для душових приміщень, м ³ /зміну	
Завод домашніх холодильників	1	1100	30	5	24,75	
	2	500			11,25	
	3	100			2,25	
Усього		1600			36,00	
Прядильно-ткацька фабрика	1	700	30	5	15,75	
	2	300			6,75	
Усього		1000			22,50	
Фабрика нетканних матеріалів	1	900	30	5	20,25	
	2	500			11,25	
Усього		1400			31,50	
Завод тракторних двигунів	1	1400	30	5	31,50	
	2	600			13,50	
Усього		2000			45,00	
Завод віконного скла	1	2180	30	5	49,05	
	2	1567			35,26	
	3	1236			27,81	
Усього		4983			112,12	
Завод медичного скла	1	1281	30	5	28,82	
	2	1890			42,53	
	3	1034			23,27	
Усього		4205			94,61	
		15188,00				341,73

Таблиця 2.7 – Водоспоживання на технологічні потреби

Перелік промислових підприємств	Зміна	Витрата води, м ³ /год	Тривалість зміни, год.	Водоспоживання на технологічні потреби, м ³ /зміну
Завод домашніх холодильників	1	50	8	400
	2	15	8	120
	3	10	8	80
Усього				600
Прядильно-ткацька фабрика	1	40	8	320
	2	15	8	120
Усього				440
Фабрика нетканних матеріалів	1	20	8	160
	2	15	8	120
Усього				280
Завод тракторних двигунів	1	70	8	560
	2	35	8	280
Усього				840
Завод віконного скла	1	50	8	400
	2	40	8	320
	3	20	8	160
Усього				880
Завод медичного скла	1	60	8	480
	2	40	8	320
	3	30	8	240
Усього				1040
				4080

Загальна витрата води у Північно-Західній промисловій зоні становить 4862 м³/добу.

Розрахункова загальна витрата води міста за добу найбільшого водоспоживання приймається як сукупність витрат води, що припадають на сельбищну та промислову зони для забезпечення всіх розглянутих потреб:

$$Q_{\text{макс}}^{\text{доб}} = (Q_{\text{доб.макс}}^{\text{госп}} + Q_{\text{доб.макс}}^{\text{пф}}) + (Q_{\text{доб}}^{\text{пз}} + Q_{\text{доб}}^{\text{д}} + Q_{\text{доб}}^{\text{техн}}), \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.10)$$

$$Q_{\text{макс}}^{\text{доб}} = 34964,9 + 762,1 + 9411,6 = 45139 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на пожежегасіння. Загальна розрахункова витрата води на пожежегасіння в місті визначається відповідно до норм, які викладені в [2].

Оскільки промислова зона знаходиться в межах міської території, пожежа на промисловому підприємстві враховується при визначенні розрахункової кількості одночасних пожеж у місті. Для сельбищної зони згідно з прийнятими умовами передбачається виникнення трьох одночасних зовнішніх пожеж. Розрахункова витрата води на гасіння однієї пожежі приймається рівною 40 л/с. Отже, загальна розрахункова витрата води на зовнішнє пожежогасіння в межах міста становить:

$$Q_{\text{розр}}^{\text{пож}} = 3 \cdot 35 = 120 \text{ л/с або } 432 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Режим господарсько-питного водоспоживання для населення. Для доби найбільшого водоспоживання даний режим характеризується максимальним коефіцієнтом годинної нерівномірності водоспоживання. У відповідності з [2]

$$K_{\text{год.макс}} = \alpha_{\text{макс}} \cdot \beta_{\text{макс}} \quad (2.11)$$

де $\alpha_{\text{макс}}$ – коефіцієнт, що характеризує рівень благоустрою будівель та враховує місцеві умови водокористування.

$\beta_{\text{макс}}$ – коефіцієнт, що залежить від чисельності населення міста.

Приймаємо середнє значення $\alpha_{\text{макс}} = 1,3$; $\beta_{\text{макс}} = 1,1$. Тоді

$$K_{\text{год.макс}} = 1,3 \cdot 1,1 = 1,43 \approx 1,4.$$

Відповідно до прийнятого коефіцієнта нерівномірності визначено погодинний розподіл водоспоживання протягом доби. Значення годинних витрат води в сельбищній зоні наведено в таблиці 2.9.

Режим поливального водоспоживання. Приймаємо дві поливки на добу в періоди малого водоспоживання в сельбищній зоні на господарсько-питні потреби: три години вранці – з 4 до 7 годин та три години ввечері – з 19 до 22 години. Тоді розрахункове водоспоживання для поливу:

$$Q_{\text{пол}} = \frac{762}{6} = 127 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Промислова зона. Режим подачі води на технологічні потреби визначається особливостями виробничого процесу та встановлюється технологічними службами підприємства. Відповідно до умов завдання

споживання води на технологічні потреби вважається рівномірним протягом усієї робочої зміни.

Режим господарсько-питного водоспоживання працівників підприємства. Розподіл витрат води на господарсько-питні потреби персоналу прийнято для 7-годинної робочої зміни. Результати розрахунків погодинного водоспоживання працівниками наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Погодинний режим господарсько-питного водоспоживання працівників підприємства

Години зміни	Витрата води по годинам						
	%	Східна промислова зона			Північно-Західна промислова зона		
		I	II	III	I	II	III
1-а		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-а	7	17	11	0	15	11	5
3-я	15	36	23	1	33	23	10
4-а	22	53	34	1	48	34	15
перерва		0	0	0	0	0	0
5-а	7	17	11	0	15	11	5
6-а	15	36	23	1	33	23	10
7-а	23	55	36	1	51	35	15
по закін.	11	26	17	1	24	17	7
Всього	100	240	155	6	220	154	67

Режим витрат води на прийняття душа. Вода витрачається робочими після закінчення кожної зміни. Перша зміна з 8 до 16 години. Витрата води на прийняття душа першої зміни – з 16 до 17 год., другої – з 0 до 1 год., третьої – з 8 до 9 години.

Для наглядного уявлення режиму водоспоживання побудуємо ступінчатий графік водоспоживання а також відомість добового водоспоживання (табл. 2.9 та рис. 2.1).

На основі визначеного режиму водоспоживання встановлюють режим роботи основних споруд системи водопостачання, насамперед насосних станцій. Насосна станція першого підйому та очисні споруди, як правило, функціонують у рівномірному режимі, що забезпечує найбільш економічні та стабільні умови їх експлуатації. Режим роботи насосної станції другого підйому визначається з урахуванням графіка водоспоживання та вимог економічної доцільності її роботи.

Таблиця 2.9 – Добовий режим водоспоживання містом

Години доби	Зміна	Житлова зона			Східна промислова зона			Північно-Західно промзона			Сумарна витрата	
		Господарсько-питне		Поливання	технолог.	душ	госп-питне	технолог.	душ	госп-питне		
		%	м	м	м	м	м	м	м	м	м	%
0 - 1	III	2,5	874		15	119,36	17	60	120,53	17	1223	2,71
1 - 2		2,65	927		15		0	60		5	1007	2,23
2 - 3		2,20	769		15		1	60		10	855	1,89
3 - 4		2,25	787		15		1	60		15	878	1,94
4 - 5		3,20	1119	127,0	15		0	60		0	1321	2,93
5 - 6		3,9	1364	127,0	15		0	60		5	1571	3,48
6 - 7		4,50	1573	127,0	15		1	60		10	1786	3,96
7 - 8		5,10	1783		15		1	60		15	1875	4,15
8 - 9	I	5,35	1871		315	4,50	1	290	53,33	7	2541	5,63
9 - 10		5,85	2045		315		17	290		15	2683	5,94
10 - 11		5,35	1871		315		36	290		33	2545	5,64
11 - 12		5,25	1836		315		53	290		48	2542	5,63
12 - 13		4,60	1608		315		0	290		0	2213	4,90
13 - 14		4,40	1538		315		17	290		15	2176	4,82
14 - 15		4,40	1538		315		36	290		33	2212	4,90
15 - 16		4,60	1608		315		55	290		51	2319	5,14
16 - 17	II	4,90	1713		150	182,59	26	160	170,12	24	2427	5,38
17 - 18		4,60	1608		150		11	160		11	1940	4,30
18 - 19		4,70	1643		150		23	160		23	2000	4,43
19 - 20		4,50	1573	127,0	150		34	160		34	2078	4,60
20 - 21		4,40	1538	127,0	150		0	160		0	1975	4,38
21 - 22		4,20	1469	127,0	150		11	160		11	1927	4,27
22 - 23		3,70	1294		150		23	160		23	1650	3,66
23 - 24		2,70	944		150		36	160		35	1325	2,94
Всього		100	34964,93	762,0	3840	306,45	401	4080	344,0	440,26	45139	99,8

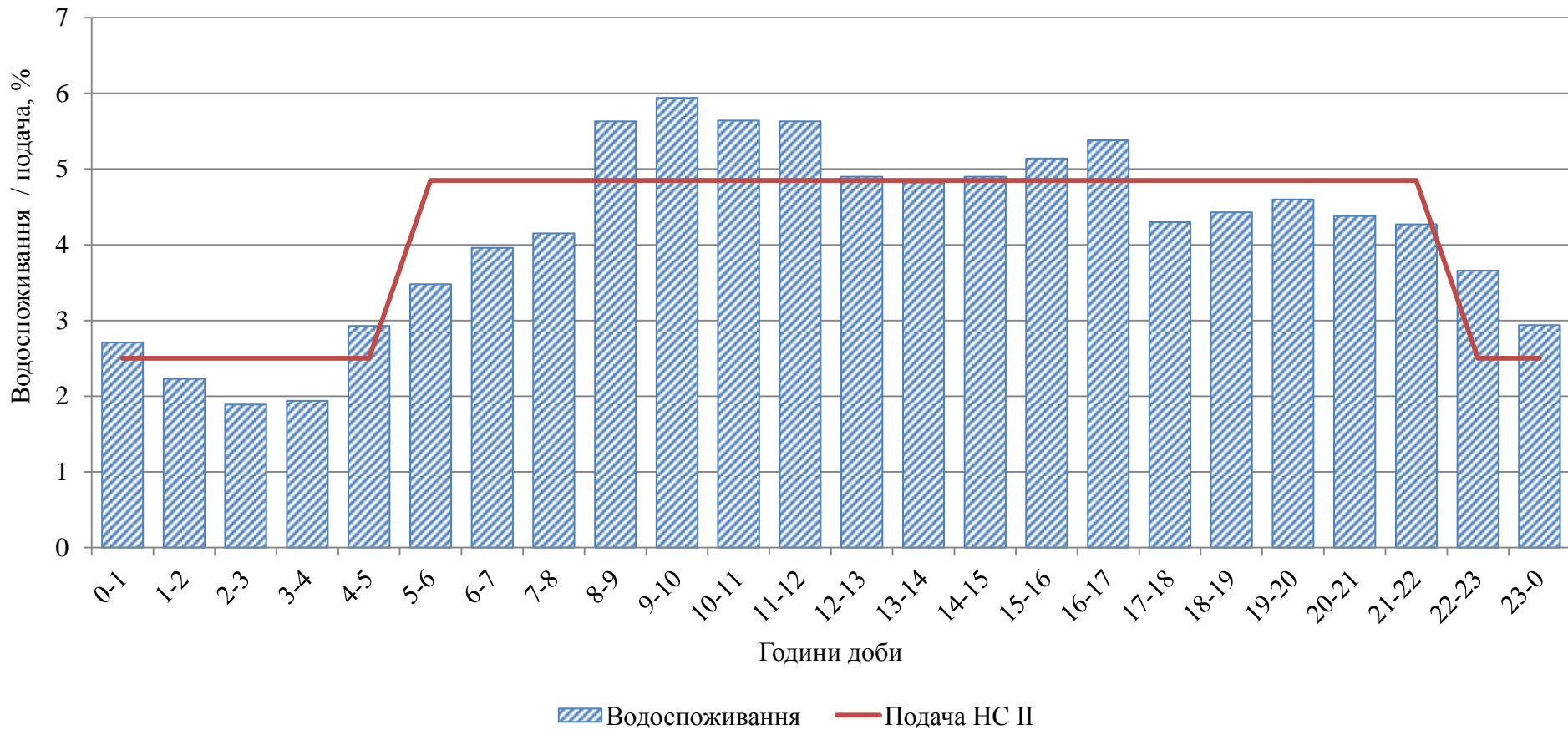


Рисунок 2.1 – Добовий графік водоспоживання та роботи насосної станції II підйому

Встановлення режиму водоподачі. На підставі графіка водоспоживання визначають режим роботи насосної станції II підйому (рис. 2.1) таким чином, щоб подача води відповідала характеру її споживання протягом доби. У години зниженого водорозбору подача води також зменшується, що забезпечує більш економічну експлуатацію насосного обладнання. Для насосної станції II підйому прийнято двоступеневий режим роботи. подача води на першому ступені становить 2,5 % добової витрати в періоди з 0 до 5 год та з 22 до 24 год. подача на другому ступені приймається рівною $\frac{100-2,5 \cdot 7}{17} = 4,85\%$ у період 5–22 години.

Акумуляуючий об'єм бака водонапірної башти

Нульовий залишок води в резервуарі приймається на кінець періоду найбільш інтенсивного водорозбору з бака. У даному випадку це спостерігається о 12-й годині. Акумуляуючий об'єм бака водонапірної башти визначається за максимальним значенням накопиченого об'єму води в резервуарі (див. табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Розрахунок об'єму бака водонапірної башти

Години доби	Водопотреба	Подача НС 2-го підйому	Надходження в бак	Витрати з бака	Залишок в баці
0...1	2,71	2,50		0,21	0,32
1...2	2,23	2,50	0,27		0,59
2...3	1,89	2,50	0,61		1,19
3...4	1,94	2,50	0,56		1,75
4...5	2,93	2,50		0,43	1,32
5...6	3,48	4,85	1,37		2,69
6...7	3,96	4,85	0,89		3,58
7...8	4,15	4,85	0,70		4,28
8...9	5,63	4,85		0,78	3,50
9...10	5,94	4,85		1,09	2,41
10...11	5,64	4,85		0,79	1,62
11...12	5,63	4,85		0,78	0,84
12...13	4,90	4,85		0,05	0,79
13...14	4,82	4,85	0,03		0,82
14...15	4,90	4,90		0,00	0,81
15...16	5,14	4,85		0,29	0,53
16...17	5,38	4,85		0,53	0,00
17...18	4,30	4,85	0,55		0,55
18...19	4,43	4,85	0,42		0,97

Години доби	Водопотреба	Подача НС 2-го підйому	Надходження в бак	Витрати з бака	Залишок в баці
19...20	4,60	4,85	0,25		1,22
20...21	4,38	4,85	0,47		1,69
21...22	4,27	4,85	0,58		2,27
22...23	3,73	2,50		1,23	1,04
23...24	3,01	2,50		0,51	0,53
Всього	100,00	100,00	6,69	6,69	

Визначення необхідних об'ємів води в системі водопостачання.

Акумулюючий об'єм бака водонапірної башти встановлюється на основі аналізу режиму роботи насосної станції II підйому та графіка добового водоспоживання. Окрім акумулюючої ємності, бак водонапірної башти повинен забезпечувати також пожежний запас води, розрахований на 10-хвилинну тривалість гасіння однієї внутрішньої та однієї зовнішньої пожежі.

Акумулюючий об'єм резервуарів чистої води визначається шляхом узгодження прийнятого режиму роботи насосної станції II підйому з рівномірним режимом роботи насосної станції I підйому (див. табл. 2.11).

Таблиця 2.11 – Розрахунок акумулюючого об'єму резервуарів чистої води.

Години доби	Подача НС-2-го підйому, %	Подача НС-1-го підйому, %	Надходження в РЧВ, %	Витрати із РЧВ, %	Залишок в РЧВ, %
0...1	2,5	4,17	1,67		4,99
1...2	2,5	4,17	1,67		6,66
2...3	2,5	4,17	1,67		8,33
3...4	2,5	4,17	1,67		10
4...5	2,5	4,17	1,67		11,67
5...6	4,85	4,17		0,68	10,99
6...7	4,85	4,17		0,68	10,31
7...8	4,85	4,17		0,68	9,63
8...9	4,85	4,17		0,68	8,95
9...10	4,85	4,17		0,68	8,27
10...11	4,85	4,17		0,68	7,59
11...12	4,85	4,17		0,68	6,91
12...13	4,85	4,17		0,68	6,23
13...14	4,85	4,17		0,68	5,55
14...15	4,9	4,17		0,73	4,82
15...16	4,85	4,17		0,68	4,14
16...17	4,85	4,16		0,69	3,45
17...18	4,85	4,16		0,69	2,76
18...19	4,85	4,16		0,69	2,07

Години доби	Подача НС-2-го підйому, %	Подача НС-1-го підйому, %	Надходження в РЧВ, %	Витрати із РЧВ, %	Залишок в РЧВ, %
19...20	4,85	4,16		0,69	1,38
20...21	4,85	4,16		0,69	0,69
21...22	4,85	4,16		0,69	0
22...23	2,5	4,16	1,66		1,66
23...24	2,5	4,16	1,66		3,32
Всього	100	100,00	11,67	11,67	

Крім акумулюючого об'єму резервуари чистої води повинні мати пожежний запас та запас води на власні потреби очисних споруд.

Повний об'єм бака водонапірної башти:

$$W_{\text{ВБ}} = W_{\text{ВБ}}^{\text{ак}} + W_{\text{ВБ}}^{\text{пож}}. \quad (2.12)$$

Акумулюючий об'єм $W_{\text{ВБ}}^{\text{ак}}$ складає $4,28\% \times Q_{\text{доб.макс}}$ або

$$W_{\text{ВБ}}^{\text{ак}} = \frac{4,28}{100} \cdot 45139 = 1932 \text{ м}^3.$$

10 – хвилинний пожежний запас у баці башти, м^3 :

$$W_{\text{ВБ}}^{\text{пож}} = 10 \cdot 60 \cdot q_{\text{пож}} \cdot 0,001, \quad (2.13)$$

де $q_{\text{пож}}$ – витрата на одну пожежу, яка дорівнює 40 л/с.

$$W_{\text{ВБ}}^{\text{пож}} = 10 \cdot 60 \cdot 40 \cdot 0,001 = 24 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм бака водонапірної башти:

$$W_{\text{ВБ}} = 1932 + 24 = 1956 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм резервуарів чистої води

$$W_{\text{РЧВ}} = W_{\text{РЧВ}}^{\text{ак}} + W_{\text{РЧВ}}^{\text{пож}} + W_{\text{РЧВ}}^{\text{зал}}. \quad (2.14)$$

$$W_{\text{РЧВ}}^{\text{ак}} = \frac{11,67}{100} \cdot 45139 = 5268 \text{ м}^3.$$

Залишок води на гасіння пожежі $W_{\text{РЧВ}}^{\text{пож}}$ протягом трьох годин

$$W_{\text{РЧВ}}^{\text{пож}} = 3 \cdot (Q_{\text{макс}}^{\text{КП}} + Q_{\text{ПОЖ}}^{\text{розр}} - Q_{\text{доб}}^{\text{макс}}), \text{ м}^3, \quad (2.15)$$

де $Q_{\text{макс}}^{\text{К.П.}}$ – середня годинна витрата за 3 години максимального водопостачання.

$$Q_{\text{макс}}^{\text{КП}} = \frac{2653 + 2545 + 2542}{3} = 2590 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$Q_{\text{РОЗР}}^{\text{ПОЖ}} = 252 \text{ м}^3/\text{год}$ – розрахункова витрата на пожежу.

$$W_{PЧВ}^{пож} = 3 \cdot (2590 + 252 - 1882) = 2878 \text{ м}^3.$$

$$Q_{ЗАЛ}^{PЧВ} = 4,17 \cdot \frac{45139}{100} = 1882 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Залишок води на власні потреби очисних споруд приймаємо 4% від $Q_{\text{доб.макс}}$, що складає 1806 м^3 .

Повний об'єм резервуарів чистої води

$$W_{PЧВ} = 5268 + 2878 + 1806 = 9952 \text{ м}^3.$$

Приймаємо два типових резервуара об'ємом 5200 м^3 кожен. Вказані об'єми дозволяють працювати водопровідній мережі у потрібному режимі водопостачання.

2.2 Водопровідна мережа і водогони

2.2.1 Трасування магістральної водопровідної мережі

Трасування – це надання мережі на плані певної конфігурації, яка залежить від планування об'єкта та його форми, вимог надійності, наявності природних і штучних перешкод, рельєфу місцевості тощо; місця введення водогонів у мережу.

У водопровідних мережах середніх та великих міст, зазвичай, розрізняють магістральну мережу (діаметри більше від 300 мм) і розподільну (діаметри $100 \dots 300 \text{ мм}$). Для малих міст та сіл такого розподілу немає, оскільки там діаметри не перевищують $300 \dots 350 \text{ мм}$. Загальні принципи трасування такі:

1. Мережа має охоплювати всіх споживачів води.
2. Ділянки мережі повинні мати, як правило, навантаження по обидва боки (за напрямком руху води).
3. Подавати воду потрібно якомога короткими шляхами, щоб довжина трубопроводу була найменшою.

4. Потрібно вибирати головні напрямки руху води та у здовж кожного з них прокласти не менше ніж дві магістралі (для збільшення надійності мережі).

Після трасування водогонів від водозабору до міста визначається місце подачі води у місто і виконується трасування магістральної водопровідної мережі у місті. Велика різноманітність планування вулиць у населених пунктах, взаємного розташування водозабору й міста, форми територій міста та інші фактори ускладнюють трасування водопровідної мережі. Ця задача до цього часу не розв'язана з наукової точки зору. Тому пропонуються інженерні рішення задачі. Слід зазначити, що досить змінити місце підведення води від водозабору до мережі, як змінюється схема й трасування.

2.2.2 Вибір матеріала і класу міцності труб

Матеріал і клас міцності трубопроводів підбираються на основі статичного розрахунку, ступеня агресивності ґрунтів і води, що транспортується, а також умов експлуатації мережі та вимог до якості води. Для напірних водогонів і водопровідних мереж, як правило, застосовують неметалеві труби (залізобетонні напірні, полімерні та інші).

З урахуванням того, що ґрунтові умови на території будівництва є відносно сприятливими, а внутрішній тиск у мережі не перевищує 60 м, доцільно розглянути три типи труб: чавунні напірні та полімерні (поліетиленові) труби.

Остаточний вибір матеріалу трубопроводів виконується на основі техніко-економічного порівняння варіантів. З урахуванням зручності монтажу та експлуатації, а також допустимості використання поліетиленових труб у водопровідних мережах населених пунктів, для магістральної водопровідної мережі приймаємо поліетиленові труби відповідно до [3].

2.2.3 Підготовка мереж до розрахунку

Встановлення розрахункових витрат мережі

Через те, що водонапірна башта розташована на початку мережі, то розрахунок мережі виконуємо для періодів максимального значення:

- а) годинного водорозбору на добу максимального водоспоживання
- б) годинного водорозбору і пожежі
- в) транзит води в башту.

а) Період максимального водоспоживання

На основі таблиці 2.9 встановлюємо, що це час з 9–10 години.

$Q_{\text{макс}}^{\text{год}} = 2683 \text{ м}^3/\text{год}$ або 745 л/с . Насосна станція другого підйому подає в цей час (з таблиці 2.9) – $Q_{\text{НС2}}^{\text{год}} = 4,85\%Q_{\text{макс}}^{\text{год}} = 608 \frac{\text{л}}{\text{с}}$.

Водонапірна башта подає недостатню кількість води:

$$Q_{\text{ВБ}}^{\text{с}} = Q_{\text{макс}}^{\text{год}} - Q_{\text{НС2}}^{\text{год}} = 137 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

б) Період максимального годинного водорозбору і пожежі

Годину максимального водорозбору визначаємо з таблиці 2.9 (період з 9 до 10 год):

$$Q_{\text{макс}}^{\text{год}} = 2683 \text{ м}^3/\text{год} \text{ або } 745 \text{ л/с.}$$

Розрахункова витрата води на пожежегасіння:

$$Q_{\text{розр}}^{\text{пож}} = 120 \text{ л/с} = 432 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Необхідна витрата води для забезпечення максимального водорозбору та одночасного гасіння пожежі повинна забезпечуватися насосною станцією II підйому, оскільки у водонапірній башті передбачено 10-хвилинний пожежний запас води. Таким чином, подача насосної станції II підйому становить:

$$Q_{\text{НС2}}^{\text{год}} = Q_{\text{розр}}^{\text{пож}} + Q_{\text{макс}}^{\text{год}} = 745 + 120 = 865 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 3115 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \quad (2.16)$$

в) Період максимального транзиту води в башту

Година максимального транзиту визначається на основі таблиці 2.9. Це година максимального надходження води в бак башти, тобто така година,

коли подача води НС-2-го підйому максимально перевищує водоспоживання. В нашому випадку це година з 5 до 6 год. Водопостачання міста в цей період $Q_{5-6}=1571\text{ м}^3/\text{год}$ або 436 л/с. Насосна станція 2-го підйому подає в цей час:

$$Q_{\text{НС2}}^{\text{год}} = 2189 \text{ м}^3/\text{год} \text{ або } 608 \text{ л/с.}$$

У водонапірну башту поступає транзитом витрата води:

$$Q_{\text{ВБ}}^{\text{с}} = 608 - 436 = 172 \text{ л/с.}$$

Розрахунок питомих витрат

Для кожного з розглянутих періодів визначаються питомі витрати, приведені до 1 м довжини трубопроводу:

$$q_{\text{пит}} = \frac{Q_{\text{заг}} - Q_{\text{зосер}}}{\Sigma L} = \frac{Q_p}{\Sigma L}, \text{ л/с} \quad (2.17)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – загальна кількість води, що подається у мережу, л/с;

$Q_{\text{зосер}}$ – зосереджені витрати великих споживачів, л/с;

Q_p – рівномірно розподілена витрата води, л/с;

ΣL – сумарна довжина ділянок мережі, за винятком відрізків, що проходять через незабудовані території (парки, мости тощо), м.

Довжини окремих ділянок водопровідної мережі наведено в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Довжини ділянок мережі

Номер ділянки	1-2	1-3	3-4	2-5	4-5	3-6	6-8
Фактична довжина, м	450	450	450	460	320	1000	800
Приведена довжина, м	225	450	450	460	320	1000	800

7-8	8-9	6-9	5-10	4-11	10-12	11-12	11-13	12-16	13-16
460	670	990	430	660	630	660	890	760	610
460	670	990	430	660	630	660	890	760	610

13-14	14-15	16-17	15-17	17-18	15-18	9-14	14-22	15-23	18-24
280	570	290	480	980	710	1300	870	680	650
280	570	290	480	980	710	1300	870	680	325

22-23	23-24	7-19	8-20	9-21	19-20	20-21	Всього
570	790	930	920	990	590	890	23180
570	790	465	920	990	590	890	22165

Всього – 22165м.

Визначаємо питомі витрати для розрахункових періодів. Результат розрахунків заносимо в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Питомі витрати води

Витрата, л/с	Розрахункові періоди					
	Максимальне водоспоживання		Транзит в башту		Максимальне водоспоживання і пожежа	
1. Загальна витрата, яку віддає мережа, $Q_{\text{заг}}$	2683	м ³ /ГОД	1571	м ³ /ГОД	3115	м ³ /ГОД
	745,2	л/с	436,3	л/с	865,2	л/с
2. Зосереджена витрата (підприємства; пожежа) $Q_{\text{зосер}}$	637	м ³ /ГОД	80	м ³ /ГОД	1069	м ³ /ГОД
	177,0	л/с	22,2	л/с	297,0	л/с
3. Рівномірно розподілена витрата Q_p	568,2	л/с	414,1	л/с	568,2	л/с
4. Питома витрата	0,024512	л/с×м	0,01786	л/с×м	0,025634	л/с×м

Визначення шляхових витрат

Шляхові витрати, л/с:

$$Q_{\text{шл}} = q_{\text{пит}} \cdot L, \quad (2.18)$$

де $q_{\text{пит}}$ – питома витрата, л/с на 1 м погонної довжини;

L – довжина ділянки

Розрахунок зводимо в таблицю 2.14.

Визначення вузлових витрат

Вузлові витрати

$$Q_{\text{вуз}} = 0,5 \cdot \sum Q_{\text{шл}}. \quad (2.19)$$

Розрахунки зводимо в таблицю 2.15.

Сума вузлових витрат повинна дорівнювати рівномірно розподіленій витраті.

$$Q_{\text{вуз}} = Q_p. \quad (2.20)$$

Таблиця 2.14 – Визначення шляхових витрат

Номер ділянки	Приведена довжина, м	Шляхова витрата, л/с, для максимальних		
		Максимальне водоспоживання	Транзит в башту	Максимальне водоспоживання і пожежа
1	2	3	4	5
1-2	225	5,77	4,20	5,77
1-3	450	11,54	8,41	11,54
3-4	450	11,54	8,41	11,54
2-5	460	11,79	8,59	11,79
4-5	320	8,20	5,98	8,20
3-6	1000	25,63	18,68	25,63
6-8	800	20,51	14,94	20,51
7-8	460	11,79	8,59	11,79
8-9	670	17,17	12,52	17,17
6-9	990	25,38	18,49	25,38
5-10	430	11,02	8,03	11,02
4-11	660	16,92	12,33	16,92
10-12	630	16,15	11,77	16,15
11-12	660	16,92	12,33	16,92
11-13	890	22,81	16,63	22,81
12-16	760	19,48	14,20	19,48
13-16	610	15,64	11,40	15,64
13-14	280	7,18	5,23	7,18
14-15	570	14,61	10,65	14,61
16-17	290	7,43	5,42	7,43
15-17	480	12,30	8,97	12,30
17-18	980	25,12	18,31	25,12
15-18	710	18,20	13,26	18,20
9-14	1300	33,32	24,29	33,32
14-22	870	22,30	16,25	22,30
15-23	680	17,43	12,70	17,43
18-24	325	8,33	6,07	8,33
22-23	570	14,61	10,65	14,61
23-24	790	20,25	14,76	20,25
7-19	465	11,92	8,69	11,92
8-20	920	23,58	17,19	23,58
9-21	990	25,38	18,49	25,38
19-20	590	15,12	11,02	15,12
20-21	890	22,81	16,63	22,81
Всього	22165	568,2	414,1	568,2

Таблиця 2.15 – Визначення вузлових витрат

Номери вузлів	Номера прилягаючих ділянок	Шляхова витрата;л/с;для максимальних					
		Максимальне водоспоживання		Транзит в башту		Максимальне водоспоживання і пожежа	
		Q _{шл}	Q _{вуз}	Q _{шл}	Q _{вуз}	Q _{шл}	Q _{вуз}
1	1-3, 1-2	17,3	8,7	12,6	6,3	17,3	8,7
2	1-2, 2-5	17,6	8,8	12,8	6,4	17,6	8,8
3	1-3, 3-4, 3-6	48,7	24,4	35,5	17,7	48,7	24,4
4	3-4, 4-5, 4-11	36,7	18,3	26,7	13,4	36,7	18,3
5	4-5, 2-5, 5-10	31,0	15,5	22,6	11,3	31,0	15,5
6	3-6, 6-8, 6-9	71,5	35,8	52,1	26,1	71,5	35,8
7	7-8, 7-19	23,7	11,9	17,3	8,6	23,7	11,9
8	6-8, 8-9, 7-8, 8-20	73,1	36,5	53,2	26,6	73,1	36,5
9	6-9, 8-9, 9-21, 9-14	101,3	50,6	73,8	36,9	101,3	50,6
10	5-10, 10-12	27,2	13,6	19,8	9,9	27,2	13,6
11	4-11, 11-12, 11-13	56,7	28,3	41,3	20,6	56,7	28,3
12	10-12, 11-12, 12-16	52,5	26,3	38,3	19,1	52,5	26,3
13	11-13, 13-16, 13-14	45,6	22,8	33,3	16,6	45,6	22,8
14	13-14, 9-14, 14-22, 14-15	77,4	38,7	56,4	28,2	77,4	38,7
15	14-15, 15-17, 15-18, 15-23	62,5	31,3	45,6	22,8	62,5	31,3
16	12-16, 16-17, 13-16	42,6	21,3	31,0	15,5	42,6	21,3
17	16-17, 15-17, 17-18	44,9	22,4	32,7	16,3	44,9	22,4
18	17-18, 15-18, 18-24	51,7	25,8	37,6	18,8	51,7	25,8
19	7-19, 19-20	27,0	13,5	19,7	9,9	27,0	13,5
20	8-2, 19-20, 20-21	61,5	30,8	44,8	22,4	61,5	30,8
21	20-21, 9-21	48,2	24,1	35,1	17,6	48,2	24,1
22	14-22, 22-23	36,9	18,5	26,9	13,5	36,9	18,5
23	22-23, 15-23, 23-24	52,3	26,1	38,1	19,1	52,3	26,1
24	23-24, 18-24	28,6	14,3	20,8	10,4	28,6	14,3
Всього		1136,4	568,2	828,1	414,1	1136,4	568,2

2.2.4 Попередній поточорозподіл і призначення діаметрів ділянкам мережі

Виконуємо попередній розподіл потоків води у мережі з урахуванням умов надійності та прийнятих витрат на окремих ділянках. Економічні діаметри призначаємо за принципом роботи незалежно діючих трубопроводів.

Оскільки водонапірна башта розташована на початку мережі, підбір діаметрів виконується для години максимального водорозбору, а прилеглі до башти ділянки додатково перевіряються на пропуск транзитних витрат у період максимального транзиту.

Прийняті діаметри також перевіряються на пропуск витрат води для пожежогасіння у період максимального водорозбору.

Аналіз попереднього поточкорозподілу для обох розрахункових режимів показує, що, хоча у період максимального водорозбору вузлові відбори є більшими, ряд ділянок мережі в період максимального транзиту зазнає більшого навантаження. У зв'язку з цим частину діаметрів призначаємо за умовами максимального транзиту, а іншу частину — за умовами максимального водорозбору.

2.3 Водозабірні споруди

2.3.1 Вибір типу і місця розташування водозабору

Категорія водозабірних споруд визначається залежно від категорії системи водопостачання та залежить від чисельності населення. У даному випадку кількість жителів міста становить 112885 осіб. Відповідно до [2], при чисельності населення понад 50000 осіб водозабірні споруди відносяться до I категорії.

Розрахункова продуктивність водозабору визначається за формулою:

$$Q_p = Q_k + Q_{ВП}, \quad (2.21)$$

де Q_k – корисна витрата водозабору, м³/с; $Q_k = 45139$ м³/добу = 0,52 м³/с;

$Q_{ВП}$ – власні витрати водозабірних споруд.

Відповідно до [2], власні витрати водозабору при повторному використанні промивної води становлять 3–4 % від величини корисної витрати водозабору, тобто:

$$Q_{ВП} = (0,03 - 0,04) \cdot Q_k$$

Тоді отримуємо:

$$Q_p = (1,03 - 1,04) \cdot Q_k = 1,035 \cdot 0,52 = 0,54 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Визначення коефіцієнта водовідбору з річки виконується з метою перевірки правильності вибору місця розташування водозабірних споруд. Якщо значення коефіцієнта менше 0,25, водовідбір і будівництво водозаборів допускаються без обмежень. При значеннях у межах 0,25–0,75 водозабір дозволяється за умови влаштування ковшових споруд або водосховищ. У разі, якщо коефіцієнт перевищує 0,75, водозабір із річки не допускається.

Коефіцієнт водовідбору з річки визначається за формулою:

$$B = Q_{\Pi} / Q_{P \text{ МІН.}} \quad (2.22)$$

де $Q_{P \text{ МІН.}}$ – мінімальна витрата води у водотоці, 15,1 м³/с (з завдання);

$$B = 0,54 / 15,1 = 0,035.$$

Висновок: водовідбір із річки та будівництво водозабірних споруд допускаються без будь-яких обмежень.

Перевірка забезпеченості санітарної витрати при водовідборі. У період паводку в річці повинна бути забезпечена санітарна витрата з імовірністю 80% забезпеченості, тобто має виконуватись умова:

$$Q_{80} \leq Q_{P \text{ МАКС.}} - Q_{\Pi} \quad (2.23)$$

де $Q_{P \text{ МАКС.}}$ – максимальна витрата води у водотоці, м³/с (із завдання);

Q_{80} – витрата річки, що має 80% забезпеченості (можна прийняти $Q_{80} = Q_{P \text{ МІН.}}$).

Тоді умова буде записана так:

$$Q_{P \text{ МІН.}} \leq Q_{P \text{ МАКС.}} - Q_{\Pi} \quad (2.24)$$

$$15,1 \leq 155 - 0,54,$$

$$15,1 \leq 154,46.$$

Висновок: умова виконується, санітарна витрата при водовідборі забезпечується.

Визначення умов водозабору з поверхневого джерела здійснюється за трьома категоріями: легкі, середні та складні. Для встановлення відповідної категорії аналізуються умови джерела за кожним із визначених показників.

Якщо хоча б за одним із них умови водозабору відносяться до складних (або середніх), то загальна категорія умов приймається як складна (або середня).

каламутність	– легкі,
товщина льоду	– легкі,
судноплавство	– не має,
трава, листя	– середні,
шуга	– легкі.

Виходячи з отриманих даних, умови забору води з поверхневого джерела відносяться до категорії середніх.

На основі виконаних розрахунків приймається русловий роздільний тип водозабору.

2.3.2 Розрахунок елементів водозабірних споруд

Розрахунок площі водоприймальних отворів виконується за відповідною формулою:

$$F = 1,25 \frac{Q_{ВЗ}}{V} K, \quad (2.25)$$

де 1,25 – коефіцієнт засмічення решітки;

$Q_{ВЗ}$ – розрахункова витрата водозабору, м³/с;

V – швидкість надходження води до решітки (для руслових водозаборів приймається в межах 0,1–0,3 м/с);

K – коефіцієнт звуження потоку стержнями решітки, який визначається за формулою:

$$K = \frac{a + d}{a}, \quad (2.26)$$

де a – відстань між стержнями решітки (приймається в межах 50–100 мм);

d – діаметр або товщина стержнів решітки (приймається 8–12 мм).

$$K = \frac{50 + 10}{50} = 1,2,$$

$$F = 1,25 \frac{0,54}{0,25} \cdot 1,2 = 3,24 \text{ м}^2.$$

Кількість водоприймальних вікон приймається залежно від величини водоподачі, а для руслових водозаборів (у даному випадку) також з урахуванням конструктивних особливостей оголовка. Для водозабірних споруд I та II категорії надійності кількість секцій повинна становити не менше двох.

Відповідно до виконаних розрахунків приймаємо дві секції, кожна з яких обладнана двома решітками водозабору.

Потрібну площу однієї решітки визначаємо за формулою:

$$F_1 = \frac{F}{N \cdot n}, \text{ м}^2 \quad (2.27)$$

де N – кількість секцій водозабору;

n – кількість решіток в одній секції водозабору.

$$F_1 = \frac{3,24}{2 \cdot 2} = 0,8 \text{ м}^2.$$

Відповідно до виконаних розрахунків приймаємо 4 типові решітки розміром $0,8 \times 1,0$ м, масою 52 кг кожна.

Необхідну глибину води для забезпечення водоприймання визначаємо за формулою:

у літній період:

$$H_{\text{л}} = 0,3 + h_{\text{в}} + H_{\text{р}} + h_{\text{п}} + h_{\text{к}}, \text{ м} \quad (2.28)$$

де 0,3 – запас (підтоплення) решітки у літній період, м;

$h_{\text{в}}$ – висота хвилі, м;

$H_{\text{р}}$ – висота водоприймального вікна, м;

$h_{\text{п}} \geq 0,5$ – відстань від нижньої кромки водоприймального вікна до дна водойми;

$h_{\text{к}}$ – товщина перекриття оголовка, м.

В зимовий період:

$$H_{\text{з}} = 0,2 + h_{\text{л}} + H_{\text{р}} + h_{\text{п}} + h_{\text{к}}, \text{ м} \quad (2.29)$$

де 0,2 – мінімальний зазор від верху водоприймального вікна (оголовка) до крижяного покриву, м;

$h_{\text{л}}$ – товщина криги (із завдання), м;

$$H_{\text{л}} = 0,3 + 0,2 + 0,8 + 0,6 + 0,2 = 2,1 \text{ м,}$$

$$H_{\text{з}} = 0,2 + 0,2 + 0,8 + 0,6 + 0,2 = 2,0 \text{ м.}$$

За отриманими значеннями параметрів $H_{\text{л}}$ і $H_{\text{з}}$ визначають максимальну відмітку рівня води біля оголовка водозабору. Як розрахункову приймають мінімальну з отриманих за відповідними формулами величину:

$$\text{влітку: } Z_{\text{л}} = \text{РНВЛ} - H_{\text{л}} \text{ м,} \quad (2.30)$$

$$\text{взимку: } Z_{\text{з}} = \text{РНВЗ} - H_{\text{з}}, \text{ м} \quad (2.31)$$

де $Z_{\text{л}}$ – розрахункова максимальна позначка рівня води в літніх умовах водоприймання, м;

$Z_{\text{з}}$ – розрахункова максимальна позначка рівня води в зимових умовах водоприймання, м;

РНВЛ – рівень низької води у літній період, м;

РНВЗ – рівень низької води у зимовий період, м;

для літнього періоду:

$$Z_{\text{л}} = 76,1 - 2,1 = 74,0$$

для зимового періоду:

$$Z_{\text{з}} = 77,5 - 2,0 = 75,5 \text{ м.}$$

За результатами виконаних розрахунків приймаємо максимальну відмітку рівня води біля оголовка водозабору, яка становить 73,3 м. Отримане значення наносять на кресленні профілю берега.

Діаметр самопливних водоводів визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q_{\text{р}}}{\pi NV}}, \quad (2.32)$$

де $Q_{\text{р}}$ – розрахункова витрата водозабору, м³/с;

N – кількість водоводів, яка дорівнює числу секцій водозабору, 2 шт.;

V – швидкість руху води у водоводі, що приймається залежно від категорії надійності системи водопостачання, м/с ($V = 1,1$ м/с).

Отже:

$$D = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi NV}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,52}{3,14 \cdot 2 \cdot 1,1}} = \sqrt{\frac{2,08}{6,91}} = 0,548 \text{ м} \approx 600 \text{ мм}.$$

Враховуючи, що у випадку аварії (при відключенні одного з водоводів) водозабір повинен забезпечувати подачу води до системи водопостачання I категорії надійності в обсязі $Q = Q_p$, необхідно виконати відповідну перевірку. Оскільки споруди відносяться до I категорії надійності, проводиться додаткова перевірка їх працездатності в аварійному режимі:

$$D = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi V}} = \sqrt{\frac{2,08}{3,45}} = 0,612 \approx 600 \text{ мм}.$$

Приймаємо самопливний трубопровід із поліетиленових труб діаметром 600 мм і товщиною стінки 24,3 мм. У разі аварійної роботи одного колектора швидкість руху води становить 1,77 м/с, а втрати напору дорівнюють:

$$\Delta h_w = 1,1(1000i)L = 1,1 \cdot 3,67 \cdot 0,1 = 0,45 \text{ м}. \quad (2.33)$$

Розрахунок сіток та їх підбір. Необхідна площа водоприймальних сіток визначається за відповідною формулою:

$$F_c = 1,25 \frac{Q_{вз}}{V} K, \quad (2.34)$$

де 1,25 – коефіцієнт, що враховує засмічення сіток;

$Q_{вз}$ – витрата водозабору, м³/с;

V – швидкість руху води в отворах сітки, м/с;

K – коефіцієнт звуження живого перерізу сітки прутками, який визначається за формулою:

$$K = \left(\frac{a+d}{a} \right)^2, \quad (2.35)$$

де a – відстань між стержнями в світу; ($a = 2$ мм);

d – діаметр прутка сітки; ($d = 1,2$ мм);

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

$$F_c = 1,25 \cdot \frac{0,54}{1,1} \cdot 2,56 = 1,57 \text{ м}^2.$$

Необхідну площу однієї сітки:

$$f_c = 1,57 / 2 = 0,78 \text{ м}^2.$$

Приймаємо дві типові сітки розмірами: $b = 800$ мм, $h_c = 1000$ мм, масою однієї сітки 53,5 кг.

2.3.3 Розрахунок зон санітарної охорони

Межі поясів зони санітарної охорони джерела водопостачання визначаються відповідно до [2]. Межі першого поясу встановлюються на таких відстанях від водозабору:

- вгору за течією – 200 м;
- вниз за течією – 100 м;
- уздовж берега, що прилягає до водозабору – 100 м від урізу води в період літньо-осінньої межені;
- у напрямку до протилежного берега – вся акваторія та ділянка протилежного берега шириною 50 м від урізу води в період літньо-осінньої межені.

Межі другого поясу зони санітарної охорони джерела водопостачання встановлюються від водозабору з урахуванням гідрологічних умов. У напрямку вгору за течією, включаючи притоки, протяжність поясу визначається залежно від швидкості течії при середньомісячній витраті води літньо-осінньої межені 95% забезпеченості та повинна відповідати не менше ніж 3–5 добам руху води. Розрахунок виконується за формулою:

$$L_2 = 86,4 \cdot T \cdot V, \quad (2.36)$$

де L_2 – відстань від водозабору вгору за течією до межі другого поясу зони, км;

V – швидкість течії в річці;

T – час протікання води від межі зони пояса до водозабору, діб;

$$L_2 = 86,4 \cdot 5 \cdot 0,3 = 129,6 \text{ км}$$

– вниз за течією – 250 м;

– бокові межі – 500 м від урізу води в період літньо-осінньої межені.

Межі третього поясу зони санітарної охорони джерела водопостачання приймаються аналогічно до другого поясу та встановлюються на таких відстанях від водозабору:

– вгору за течією – 129,6 км;

– вниз за течією – 250 м;

– бокові межі – 500 м від урізу води в період літньо-осінньої межені.

2.4 Очисні споруди

Дані джерела водопостачання:

запах – 3 бали;

присмак – 3 бали;

найбільша мутність води – 143 мг/л;

забарвленість – 57 градусів;

твердість загальна – 4,7 мг-екв/л.

Вода в річці мутна, середньої забарвленості. Для досягнення якості води регламентованого [1], згідно [2] обробляють воду із застосуванням коагулянтів і флокулянтів на горизонтальних відстійниках і швидких фільтрах.

Під тиском насосів I підйому вода подається в змішувач, де відбувається перемішування її з реагентами. Вода зі змішувача надходить у камеру пластівцеутворення, де забезпечуються оптимальні умови для формування пластівців. Для прискорення процесу осадження суспензії

застосовують коагулювання. Потім вода переходить у відстійник, де пластівці осаджуються разом з адсорбованими на їхній поверхні домішками води. Процес фільтрування води здійснюється швидкими фільтрами з одношаровим завантаженням – дробленим керамзитом. Зі швидких фільтрів вода надходить у РЧВ, де роблять знезаражування води хлором. Насосами II-го підйому вода із РЧВ надходить споживачеві.

З метою раціонального використання води й охорони середовища на водоочистній станції застосовується повторне використання води після промивання фільтрів і обробки осаду.

Продуктивність ОС становить:

$$Q_p = \lambda Q_n + Q_{\text{нпз}}, \quad (2.37)$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 1,03 \cdot 42000 + 10 = 51435,5 \text{ м}^3/\text{добу} = 2148 \text{ м}^3/\text{год.} = 0,6 \text{ м}^3/\text{с} = \\ &= 595 \text{ л/с.} \end{aligned}$$

2.4.1 Реагентне господарство

Для прискорення процесу осадження суспензії застосовують її коагулювання, для чого у воду додають сульфат алюмінію, у результаті утворюються щільні великі агрегати, на поверхні яких адсорбуються домішки, пластівці швидко осаджуються й захоплюють за собою частки суспензії.

Доза коагулянту:

– при обробці мутних вод $D_k = 50$ мг/л за [2].

Виходячи з забарвленості води доза коагулянту визначається так:

$$D_k = 4\sqrt{Z}, \text{ мг/л} \quad (2.38),$$

де Z – забарвленість вихідної води.

$$D_k = 4\sqrt{57} = 30,2 \text{ мг/л.}$$

Приймаємо $D_k = 50$ мг/л.

Добова витрата коагулянту, т/добу:

$$Q_k = \frac{Q \cdot D_k}{10^4 \cdot P}, \quad (2.39)$$

$$Q_k = \frac{51425 \cdot 50}{10^4 \cdot 45} = 5,7 \text{ т/добу.}$$

Кількість коагулянту з урахуванням запасу на 30 днів – 171 т.

Обсяг видаткового бака:

$$W_p = \frac{Q_k \cdot n \cdot 100}{24 \cdot v \cdot \rho} = \frac{5,7 \cdot 100 \cdot 4}{24 \cdot 10 \cdot 1,05} = 9,05 \text{ м}^3. \quad (2.40)$$

де v – концентрація розчину коагулянту, %;

ρ – щільність розчину коагулянту, г/м³;

n – час, на який заготовлюється розчин коагулянту.

Прийнято 2 видаткових баки місткістю 5 м³ кожний, розмір А × В = 2,5 × 2 м при висоті 1 м.

Прийняте «мокре» зберігання коагулянту в залізобетонних баках. Місткість баків «мокрого» зберігання 2,5 м³ на 1 т.

Обсяг баків 427,5 м³ – приймаємо 4 баки. Розмір А × Б = 5 × 6 м при Н = 3,5 м.

У якості дозатору розчину коагулянту прийнятий насос-дозатор.

Продуктивність насоса дозатора:

$$Q_{\text{доз.к}} = \frac{D_k \cdot Q_p}{N_d \cdot 1000 \cdot v \cdot \rho}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.41)$$

$N_d = N_{\text{зм}}$; приймаємо 2 змішувачі й два насоси дозатора.

$$Q_{\text{доз.к}} = \frac{50 \cdot 2148}{2 \cdot 10000 \cdot 5 \cdot 1} = 1,07 \text{ м}^3/\text{год} = 1070 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо насос дозатор НД 2,5 1600/16.

Габаритні розміри L = 981 мм; В = 375 мм; Н = 800 мм.

Визначення лужного резерву.

$$D_l = k \left(\frac{D_k}{e_l} - L \right) + 1, \quad (2.42)$$

де $K = 28$ – для вапна,

L – мінімальна лужність води, мг-екв/л.

$$D_{л} = 28\left(\frac{50}{54} - 2,7\right) + 1 = -104,6 \text{ мг-екв/л.}$$

Лужний резерв становить 104,6 мг-екв/л, підлужнення не потрібно.

Розрахункова витрата хлору для попереднього хлорування:

$$G_{xl} = \frac{QD_{xl}}{1000}, \text{ м/добу.} \quad (2.43)$$

$$G_{xl1} = \frac{2148 \cdot 3}{1000} = 6,43 \text{ м/год.}$$

Розрахункова витрата хлору для остаточного хлорування:

$$G_{xl2} = \frac{2148 \cdot 2}{1000} = 4,29 \text{ м/год.}$$

Загальна витрата хлору:

$$G_{xl} = G_{xl1} + G_{xl2} = 6,43 + 4,29 = 10,7 \text{ кг/год або } 256,8 \text{ кг/добу.}$$

Зберігання хлору передбачаємо в бочках. Підбираємо хлораторів марки АК-10Б.

$$n_{\text{боч.}} = \frac{G_{xl}}{24 \cdot \rho_{xl} \cdot F} = \frac{256,8}{24 \cdot 8 \cdot 1} = 3,57 \approx 4 \text{ бочки.}$$

У хлораторній встановлюємо три хлоратори – по 1 для первинного й остаточного хлорування й 1 резервний. Приймаємо хлораторну за ТП 901-3-14/ТЕ продуктивністю 12 кг/год. Основний розмір будинку в осях 12×27 м.

Процес прояснення інтенсифікують за допомогою поліакриламід, що вводять перед відстійниками.

Доза ПАА 0,3-0,6 г/м³ за [2]:

$$D_{\text{ф.доб}} = \frac{D_{\text{ф}} \cdot Q \cdot 100}{1000000 \cdot 8\%}, \quad (2.44)$$

де 8 % – концентрація ПАА в товарному продукті.

$$D_{\text{ф.сут}} = \frac{0,3 \cdot 51425 \cdot 100}{1000000 \cdot 8} = 0,193 \text{ т/добу.}$$

$$D_{\text{ф.міс.}} = 0,193 \cdot 30 = 5,79 \text{ т/міс.}$$

ПАА поставляється в бочках $G = 150$ кг.

$$N_{\text{боч}} = \frac{D_{\text{ф.міс.}}}{G} = \frac{5,79}{0,15} = 38,6 = 39 \text{ бочок.}$$

Розміщення бочок у складі в 3 яруси по 13 бочок у кожному. Площа складу $F = N_{\text{боч}} \times 1 \text{ м}^2 = 39 \text{ м}^2$, розміри в осях 5×8 м.

Ємність видаткового бака:

$$W = \frac{D_{\text{ф}} \cdot g \cdot n}{10000 \cdot v \cdot \rho} = \frac{0,3 \cdot 2148 \cdot 2}{10000 \cdot 0,1 \cdot 1} = 1,3 \text{ м}^3. \quad (2.45)$$

Приймаємо висоту бака $1,3 \text{ м}^3$.

Дозування флокулянта. Продуктивність насоса дозатора:

$$Q_{\text{доз.ПАА}} = \frac{D_{\text{ф}} \cdot Q}{10000 \cdot v \cdot \rho \cdot N_{\text{доз.}}} = \frac{0,3 \cdot 2148}{10000 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 1} = 0,64 \text{ м}^3 / \text{год}, 640 \text{ л/год.} \quad (2.46)$$

Підбираємо насос дозатор НД 2,5 1000/10. Габаритні розміри $L = 875$ мм, $B = 310$ мм, $H = 690$ мм.

2.4.2 Розрахунок змішувачів

Для рівномірного розподілу реагентів у масі оброблюваної води застосовують вертикальний змішувач. Прийнято 2 змішувачі. Розрахункова витрата на 1 змішувач:

$$g_{\text{см}} = \frac{q_P}{N_{\text{зм}}} = \frac{0,6}{2} = 0,3 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.47)$$

Площа верхньої частини змішувача:

$$f_{\text{в}} = \frac{q_{\text{зм}}}{g_{\text{в}}} = \frac{0,3}{0,03} = 10 \text{ м}^2. \quad (2.48)$$

$A = \sqrt{f_{\text{в}}} = \sqrt{10} = 3,2$ – сторона квадрата.

Площа нижньої частини:

$$f_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{g_{\text{н}}} = \frac{0,3}{1,4} = 0,214 \text{ м}^2.$$

Діаметр патрубку, що підводить:

$$D_{mp.вх} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_H}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,214}{3,14}} = 0,52 \text{ м} \quad (2.49)$$

Прийнято 500 мм.

Висота верхньої частини змішувача:

$$H_e = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ м},$$

де 0,3 м – сухий борт.

Висота нижньої частини змішувача:

$$H_H = \frac{A - a}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2} = \frac{3,2 - 0,6}{2 \cdot \operatorname{tg} 30 / 2} = 4,87 \text{ м}. \quad (2.50)$$

$$H = 1,8 + 4,87 = 6,67 \text{ м}.$$

Діаметр вихідного трубопроводу:

$$D_{вих.тр} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{зм}}{\pi \cdot \nu}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,3}{3,14 \cdot 1}} = 0,62 \text{ м}.$$

Прийнято 600 мм.

Діаметр колектора:

$$D_K = \sqrt{\frac{4 \cdot q_K}{\pi \cdot \nu}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,6}{3,14 \cdot 1}} = 0,874 \text{ м}.$$

Прийнято 900 мм.

Діаметр трубопроводів.

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot q_P}{\pi \cdot g \cdot n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,6}{3,14 \cdot 1 \cdot 5}} = 0,39 \text{ м}, D_2 = 400 \text{ мм}.$$

$$D_2 = D_3; D_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot q_P}{3,14 \cdot 5 \cdot 3}} = 0,225 \text{ м} \quad D_4 = 250 \text{ мм}.$$

$$D_5 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,6}{3,14 \cdot 5 \cdot 2}} = 0,276 \text{ м} \quad D_5 = 300 \text{ мм}.$$

2.4.3 Горизонтальні відстійники та камери реакції

Застосовується горизонтальний відстійник з вбудованою камерою пластівцеутворення. Площа всіх відстійників у плані.

$$F = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{зод}}}{3,5 \cdot U_0} = \frac{1,3 \cdot 2148}{3,5 \cdot 0,5} = 1591 \text{ м}^2. \quad (2.51)$$

$$L = \frac{3,5 \cdot 10}{0,5} = 70 \text{ м}; \quad B = 1769 : 70 = 25,3 \text{ м}.$$

Задавшись шириною секції $B = 6\text{ м}$, знаходимо кількість відстійників.
 $N = 25,3 : 6 = 4,22$; приймаємо 4 відстійники й 1 резервний.

Робоча площа розподільної перегородки $f_{\text{РОБ}} = (3,5 - 0,3) \cdot 5 = 16\text{ м}^2$.

Розрахункова витрата води для одного коридору:

$$q = \frac{2148}{4} = 535,8 \text{ м}^3/\text{год. або } 0,15 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Необхідна площа отворів у розподільних перегородках:

а) на початку відстійника $\sum f_a = 0,15 \cdot 0,3 = 0,5\text{ м}^2$;

б) наприкінці відстійника $\sum f_b = 0,15 : 0,5 = 0,3\text{ м}^2$.

Приймаємо отвір $D = 0,05 \text{ м}$ $f_0 = 0,00196\text{ м}^2$ кожний, кількість отворів
 $n = 0,5 : 0,00196 = 255$ отворів.

У перегородці наприкінці відстійника $d_0 = 0,04 \text{ м}$ $f_0 = 0,00126 \text{ м}^2$
 $n = 0,5 : 0,00126 = 238$ отворів.

Об'єм зони нагромадження осаду:

$$W_{\text{з.н.}} = \frac{24Q_{\text{зод}}(c_{\text{сп}} - m)}{N} \cdot T, \text{ м}^3 \quad (2.52)$$

$$C_{\text{сп}} = M + kD_K + 0,25 \cdot 3 + B = 743 + 0,5 \cdot 50 + 0,25 \cdot 57 = 782,3 \text{ г/м}^3, \quad (2.53)$$

$$W_{\text{з.н.}} = \frac{2148 \cdot (782,3 - 8) \cdot 10}{4 \cdot 50000} = 83 \text{ м}^3.$$

Середня глибина зони нагромадження осаду:

$$h_3 = \frac{83}{70,6} = 0,2 \text{ м}.$$

Кількість води, що скидається з відстійника при гідравлічному видаленні осаду:

$$Q = 83 \cdot 4 \cdot 1,3 = 431,6 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Камера пластівцеутворення. Площа всіх камер пластівцеутворення:

$$\sum F_K = \frac{Q_{\text{зод}}}{3600 \cdot g} = \frac{2148}{3600 \cdot 0,002} = 297,64 \text{ м}^2, \quad (2.54)$$

$$F_K = 297,64 : 4 = 74,4 \text{ м}^3.$$

Ширина камери дорівнює ширині відстійника – 6 м.

$$L_K = F_K : e_K = 74,4 : 6 = 12,4 \text{ м}. \quad (2.55)$$

Висоту камери h_K приймаємо рівній висоті відстійника з урахуванням втрат напору в камері:

$$h_K = h_{\text{відс}} + h_{\text{П}} = 3,99 + 0,1 = 4,09 \text{ м}. \quad (2.56)$$

Час перебування води в камері:

$$t = \frac{h_K}{V \cdot 60} = \frac{4,09}{0,002 \cdot 60} = 34,1 \text{ хв.}, \quad (2.57)$$

що відповідає вимогам [2] ($t \geq 20$ хв).

Витрата води, що доводиться на кожну камеру:

$$q_K = \frac{Q_{\text{зод}} \cdot 1000}{4 \cdot 3600} = \frac{2148 \cdot 1000}{4 \cdot 3600} = 148,82 \text{ м}^3/\text{год}.$$

У кожній камері розміщені по 3 перфоровані труби на відстані 2 м, $d_T = 250$ мм.

2.4.4 Швидкі фільтри

Приймаються одношарові швидкі фільтри із завантаженням різної крупності – дроблений керамзит. Висота фільтруючого шару 1,8 м, із крупністю часток 0,5–1,2 мм. Коефіцієнт неоднорідності завантаження 1,5.

Розрахункова площа фільтрів:

$$F_p = \frac{Q}{T_{CT} V_H - n_{np} \cdot q_{np} - n_{np} \cdot V_n T_{np}}; \quad (2.58)$$

$$F_p = \frac{51435,5}{24 \cdot 5,5 - 3 \cdot 3,36 \cdot 17 \cdot 0,1 - 3 \cdot 9,5 \cdot 0,38} = 391 \text{ м}^2.$$

Кількість фільтрів – 7 шт. L = 9 м; B = 6 м.

Швидкість фільтрування:

$$V_{cp} = V_H \frac{N_{ep}}{N-1} = 9,5 \frac{5}{4} = 11,9 \text{ м/с.} \quad (2.59)$$

Розрахунок приладів для збору й відводу води при промиванні.

$$q_{np} = 126 \text{ л/с} = 0,126 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Кількість жолобів:

$$n_{жс} = \frac{9}{2,2} = 5 \text{ шт.}$$

$$q_{жс} = \frac{q_{np}}{n_{жс}} = \frac{0,126}{5} = 0,0252 \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (2.60)$$

$$B = K_5 \sqrt{\frac{q_{жс}^2}{(1,57 + \lambda)^3}} = 2,15 \sqrt{\frac{0,0252^2}{(1,57 + 1,5)^3}} = 0,26 \text{ м.} \quad (2.61)$$

Висота прямокутної частини жолоба:

$$h_{np} = 0,75 \times 0,61 = 0,46 \text{ м.}$$

Корисна висота жолоба:

$$h = 1,25 \cdot B = 1,25 \cdot 0,26 = 0,33 \text{ м.}$$

Товщина стінки $h_k = h + 0,08 = 0,41 \text{ м.}$

Швидкість води в жолобі $V = \frac{q}{W} = 0,60 \text{ м/с.}$

Висота кромки жолоба над поверхнею фільтруючого завантаження при $H = 0,7 \text{ м}$ і $a_3 = 45 \%$

$$\Delta H_{жс} = \frac{0,7 \cdot 45}{100} + 0,3 = 0,62 \text{ м.}$$

Застосовуємо $\Delta H_{жс} = 0,7 \text{ м.}$

Збірний канал. Відстань від дна жолоба до дна збірного каналу повинна бути не менш, м

$$H_{кан} = 1,73 \sqrt{\frac{q_K^2}{q \cdot B_K^2}} + 0,2 = 1,73 \sqrt{\frac{0,375^2}{9,81 \cdot 0,7^2}} + 0,2 = 0,7 \text{ м.} \quad (2.62)$$

Швидкість руху води в каналі при площі поперечного переріза:

$$f_{кан} = 0,7 \times 0,7 = 0,49 \text{ м}^2,$$

$$V_{кан} = \frac{q_{кан}}{f_{кан}} = \frac{0,375}{0,49} = 0,77 \text{ м/с.}$$

2.4.5 Споруди повторного використання води

Місткість резервуара усереднювача повинна дорівнювати обсягу промивних вод від двох промивань по 10 хв. кожна.

$$W_{P.Y.} = 2 \cdot 10 \cdot 60 \cdot F \cdot \omega, \quad (2.63)$$

$$W_{P.Y.} = 2 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 54 \cdot 15 \cdot 0,001 = 605 \text{ м}^3.$$

Подача насоса для рівномірного перекачування промивних вод з резервуара – усереднювача:

$$Q_{нас} = \beta \cdot q_p = 2148 \cdot 0,08 = 171,4 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (2.64)$$

За типовим проектом підбираємо резервуар – усереднювач 6×15 м при глибині 5 м. Приймаємо два резервуари ТП 901-3-158.

Подача насоса $Q_{нас} = 0,08 \cdot 2148 = 171,4 \text{ м}^3/\text{год}$. Приймаємо два насоси 12Д-19/1450.

Визначення втрат напору при промиванні фільтра.

а) втрати напору в отворах труб

$$h_{P.C.} = \left(\frac{2,2}{\alpha^2} + 1 \right) \frac{V_{кан}^2}{2g} + \frac{V_{yn}^2 P_{yn}}{2g}, \quad (2.65)$$

$$\alpha = 0,09 : 0,32 = 0,28, \text{ де } f_{кан}^{соч} = \frac{\pi D^2}{4} = 0,32 \text{ м}^2.$$

$$h_{P.C.} = \left(\frac{2,2}{0,28^2} + 1 \right) \frac{1,19^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{1,28^2}{2 \cdot 9,81} = 2,19 \text{ м.}$$

б) втрати у фільтруючому шарі

$$h_{\phi} = 0,022 \cdot H \cdot \omega = 0,022 \cdot 1,8 \cdot 12,5 = 0,495 \text{ м}. \quad (2.66)$$

в) втрати в трубопроводі, що підводить

$$q = 432 \text{ л/с}, \quad d = 600 \text{ мм}, \quad V = 1,19 \text{ м/с}, \quad i = 0,00428,$$

$$\ell_{TP} = 100 \text{ м}, \quad h_T = i \cdot \ell = 0,00428 \cdot 100 = 0,428 \text{ м.}$$

г) втрати напору на місцеві опори

$$h_m = \sum \xi \frac{V^2}{2g}, \quad (2.67)$$

$\xi = 0,984$ – коліно; $\xi = 0,26$ – засувка

$$h_m = (2 \cdot 0,984 + 0,26) \frac{1,8^2}{2 \cdot 9,81} = 0,6 \text{ м.}$$

Повна величина втрат напору при промиванні скорого фільтра складе:

$$h = 2,19 + 0,495 + 0,428 + 0,39 + 0,6 = 4,109 \text{ м.}$$

Геометрична висота підйому води h_r від дна РЧВ до верхньої кромки жолобів над фільтром буде $h_1 = 0,7 + 1,87 + 4,5 = 6,97 \text{ м.}$

0,7 – висота кромки жолоба над поверхнею фільтра.

1,8 м – висота завантаження фільтра.

4,5 м – глибина води в РЧВ.

Висота водонапірної вежі:

$$H = h_r + \sum h + h_{з.н.}, \quad (2.68)$$

де $h_{з.н.} = 1,5 \text{ м}$ – запас напору.

$$H = 7,41 + 8,2 + 1,5 = 17,11 \text{ м.}$$

У вежу вода подається насосами 12Д-19/1450 із трубопроводу, який подає воду в РЧВ.

2.5 Насосна станція 2-го підйому

2.5.1 Вибір типу й кількості насосних агрегатів

Насосна станція другого підйому входить до складу системи водопровідних очисних споруд і розміщується в головному корпусі ВОС.

Відповідно до ступеневого графіка подачі води, продуктивність I ступені становить 1109 м³/год (306 л/с), а II ступені – 2196 м³/год (609 л/с).

Насосна станція обладнується трьома однотипними робочими насосами та одним резервним. У режимі I ступені працює один насос, у режимі II

ступені – одночасно три насоси. Насоси об'єднані у напірний колектор; також передбачено всмоктуючий колектор. Внутрішні трубопроводи насосної станції, що з'єднують насоси між собою та підключають їх до зовнішньої мережі, відповідно до вимог [2], виконуються виключно зі сталевих труб.

Подача кожного насоса при паралельній роботі визначається за формулою:

$$Q_1 = \frac{Q_{год}}{n}, \quad (2.69)$$

де n – число встановлених однотипних насосів

$$Q_1 = \frac{2196}{2} = 1098 \text{ м}^3 / год = 305 \text{ л / с}.$$

Необхідний напір насосів приймаємо як максимальне значення з трьох розрахункових режимів, тобто для періоду максимального транзиту води в башту, який становить 113,8 м.

За зведеними робочими характеристиками [4] підбираємо насос типу Д 1250-125 ($n = 1450$ об/хв) для витрати $Q = 305 \text{ м}^3/год$ та напору $H = 113,8$ м.

Далі виконується уточнення втрат напору у внутрішніх трубопроводах насосної станції:

$$Q_{год} = 2196 \text{ м}^3 / год = 609 \text{ л / с} = 0,609 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Діаметр всмоктувального колектору визначається за формулою:

$$d_{квс} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_{вс}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,609}{3,14 \times 1,5}} = 0,761 \text{ м}.$$

Прийнято згідно [4]: $d_3 = 800$ мм; $\delta = 15$; $d_B = 800 - 30 = 770$ мм.

Тоді швидкість руху рідини у всмоктувальному колекторі

$$V_{квс} = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi d_{вс}^2} = \frac{4 \times 0,609}{3,14 \times 0,77^2} = 1,09 \text{ м / с},$$

$$Q_1 = \frac{2196}{2} = 1098 \text{ м}^3 / год = 305 \text{ л / с}.$$

Для одного насосу діаметр всмоктувального трубопроводу складе:

$$d_{1\text{вс}} = \sqrt{\frac{4Q_1}{\pi V_{\text{вс}}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,305}{3,14 \times 1,5}} = 0,559 \text{ м} = 559 \text{ мм}.$$

Прийнято згідно [4]: $d_3 = 600$ мм; $\delta = 10$; $d_{1\text{вс}} = 600 - 20 = 580$ мм.

Дійсна швидкість потоку у всмоктувальній лінії одного насосного агрегату

$$V_{1\text{вс}} = \frac{4Q_1}{\pi d_{1\text{вс}}^2} = \frac{4 \times 0,305}{3,14 \times 0,58^2} = 0,9 \text{ м/с}.$$

Для одного насосу діаметр напірного трубопроводу складе:

$$d_{1\text{н}} = \sqrt{\frac{4Q_1}{\pi V_{\text{н}}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,305}{3,14 \times 2,5}} = 0,476 \text{ м} = 476 \text{ мм}.$$

Прийнято згідно [4]: $d_3 = 500$ мм; $\delta = 8$; $d_{1\text{вс}} = 500 - 16 = 484$ мм.

Дійсна швидкість потоку у напірній лінії одного насосного агрегату

$$V_{1\text{н}} = \frac{4Q_1}{\pi d_{1\text{н}}^2} = \frac{4 \times 0,305}{3,14 \times 0,484^2} = 1,8 \text{ м/с}.$$

Діаметр напірного колектора:

$$d_{\text{кн}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_{\text{н}}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,609}{3,14 \times 2,5}} = 0,557 \text{ м}.$$

Прийнято згідно [4]: $d_3 = 600$ мм; $\delta = 10$; $d_{1\text{вс}} = 600 - 20 = 580$ мм.

Дійсна швидкість потоку в напірному колекторі

$$V_{\text{кн}} = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi d_{\text{кн}}^2} = \frac{4 \times 0,609}{3,14 \times 0,58^2} = 2,15 \text{ м/с}.$$

Втрати напору на НС II підйому зводимо у таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Втрати напору на НС II підйому

Назва місцевого опору	Вибрана ділянка				V, м/с	$\frac{V^2}{2g}$, м	$\xi \frac{V^2}{2g}$, м
	Кількість місцевих опорів	ξ	Внутрішній діаметр м	Q, м ³ /с			
Всмоктуючий колектор							
Поворот	2	0,5	0,770	0,418	1,09	0,098	0,098
Засувка	4	0,19	0,770	0,418	1,09	0,098	0,074
Трійник на відокремлення потоку	1	1,5	0,770	0,418	1,09	0,098	0,147

Назва місцевого опору	Вибрана ділянка				V, м/с	$\frac{V^2}{2g}$, м	$\xi \frac{V^2}{2g}$, м
	Кількість місцевих опорів	ξ	Внутрішній діаметр м	Q, м ³ /с			
Поворот-трійник	2	1,19	0,770	0,418	1,09	0,098	0,234
Всього 0,553							
Всмоктуючий трубопровід насосу							
Трійник у напрямку відгалуження	1	1,5	0,58	0,139	0,9	0,073	0,11
Засувка	1	0,18	0,58	0,139	0,9	0,073	0,013
Перехід	1	0,20	0,58	0,139	0,9	0,073	0,015
Всього 0,138							
Напірний трубопровід насосу							
Перехід	1	0,1	0,484	0,139	1,8	0,2	0,02
Зворотній клапан	1	1,7	0,484	0,139	1,8	0,2	0,34
Засувка	1	0,18	0,484	0,139	1,8	0,2	0,036
Трійник на злиття потоків	1	1,5	0,484	0,139	1,8	0,2	0,3
Всього 0,696							
Напірний колектор							
поворот-трійник	2	1,19	0,58	0,278	2,15	0,293	0,698
Засувка	4	0,2	0,58	0,278	2,15	0,293	0,234
Трійник на прохід	1	0,1	0,58	0,278	2,15	0,293	0,029
Поворот	2	0,5	0,58	0,278	2,15	0,293	0,293
Всього 1,254							
Загальні втрати напору на насосній станції II підйому $\sum H_{НС} = 2,641$ м							

2.5.2 Побудова графіка сумісної роботи насосів із водогонами

Розрахунок і побудова характеристики трубопроводу. Аналіз роботи окремого насоса або насосів при паралельній подачі води на спільний водогін можливий лише за наявності характеристик насосів та характеристики трубопроводу (мережі). Для цього в координатах Q–H разом із характеристиками одного або кількох насосів будують у тому ж масштабі характеристику трубопроводу.

$$H = H_{\Gamma} + SQ^2, \quad (2.70)$$

де S – приведений гідравлічний опір трубопроводу, [с²/м⁵].

Значення приведенного опору трубопроводу приймається відповідно до розрахункової залежності:

$$S = \frac{H - H_{\Gamma}}{Q^2}, \quad (2.71)$$

$$S = \frac{H - H_{\Gamma}}{Q^2} = \frac{113,8 - 10}{609^2} = 0,00028 \text{ м/л}^2\text{с}^2.$$

Оскільки величина приведенного опору для заданої та конструктивно незмінної системи є сталою, побудову характеристики трубопроводу виконують на основі табличних розрахунків (див. табл. 2.17).

Таблиця 2.17 – Розрахунок характеристики трубопроводу

Q, л/с	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
$H = H_{\Gamma} + SQ^2$	10	10,7	12,8	16,3	21,2	27,5	35,2	44,3	54,8	66,7	80

Q, л/с	550	600	650	700	750	800
$H = H_{\Gamma} + SQ^2$	94,7	110,8	128,3	147,2	167,5	189,2

Режим роботи одного насоса або групи паралельно працюючих насосів визначається так званою «робочою точкою», яка є точкою перетину напірної характеристики насоса (або сумарної характеристики декількох насосів) з характеристикою трубопроводу. За координатами цієї точки встановлюють основні робочі параметри насосного агрегату.

При паралельній роботі насосів будують сумарну напірну характеристику, тоді як інші параметри (потужність, ККД та допустимий кавітаційний запас) вважаються незмінними.

У випадку однотипних насосів сумарна характеристика для трьох паралельно працюючих агрегатів отримується шляхом збільшення подачі одного насоса у три рази при однаковому напорі. Перетин цієї сумарної характеристики з характеристикою трубопроводу визначає робочу точку системи, що відповідає режиму спільної роботи трьох насосів.

Параметри кожного насоса при паралельній роботі визначаються графічним методом. Із робочої точки проводять горизонталь до перетину з індивідуальною напірною характеристикою одного насоса. Далі, для випадку трьох насосів, із цієї точки опускають перпендикуляр до осі абсцис. Точка

перетину з нею відповідає подачі одного насоса при сумісній роботі (Q_{1-1}). Інші параметри (H , η , N) визначаються аналогічно за допомогою відповідних проєкцій на графіках характеристик.

При паралельній роботі загальна подача системи зростає, однак подача кожного окремого насоса зменшується. Різниця визначається як $\Delta Q_1 = Q_1 - Q_{1-1}$. Величина зниження подачі зростає зі збільшенням кількості насосів, тому рекомендується обмежувати їх паралельну роботу, як правило, до чотирьох агрегатів.

Зменшення подачі також залежить від крутизни напірної характеристики насосів: більш ефективною є робота насосів із круто спадними характеристиками у поєднанні з більш пологою характеристикою трубопроводу.

Характеристика спільної роботи двох насосів та двох водоводів наведена на рисунку 2.2.

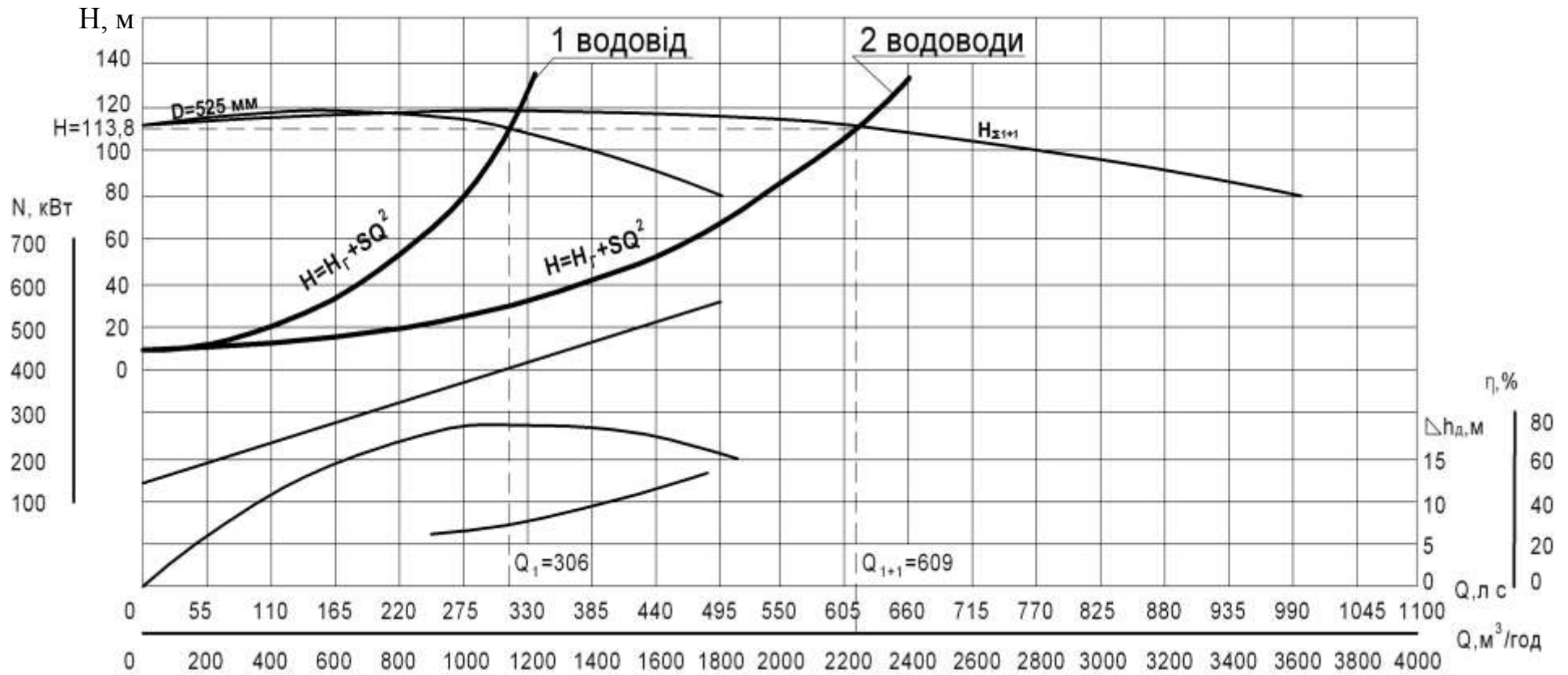


Рисунок 2.2 – Характеристика спільної роботи двох насосів та двох водоводів

3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Склад та характеристика джерела водопостачання

Дані джерела водопостачання:

запах – 3 бали;

присмак – 3 бали;

найбільша мутність води – 143 мг/л;

забарвленість – 57 градусів;

твердість загальна – 4,7 мг–екв/л.

Вода в річці мутна, середньої забарвленості. Для досягнення якості води регламентованого [1], згідно [2] обробляють воду із застосуванням коагулянтів і флокулянтів на горизонтальних відстійниках і швидких фільтрах.

Під тиском насосів I підйому вода подається в змішувач, де відбувається перемішування її з реагентами. Вода зі змішувача надходить у камеру пластівцеутворення, де забезпечуються оптимальні умови для формування пластівців. Для прискорення процесу осадження суспензії застосовують коагулювання. Потім вода переходить у відстійник, де пластівці осаджуються разом з адсорбованими на їхній поверхні домішками води. Процес фільтрування води здійснюється швидкими фільтрами з одношаровим завантаженням – дробленим керамзитом. Зі швидких фільтрів вода надходить у РЧВ, де роблять знезаражування води хлором. Насосами II-го підйому вода із РЧВ надходить споживачеві.

З метою раціонального використання води й охорони середовища на водоочистній станції застосовується повторне використання води після промивання фільтрів і обробки осаду.

Продуктивність ОС становить 2148 м³/год; 0,6 м³/с; 595 л/с.

3.2 Вимоги до якості питної води

Розроблення галузевих нормативних документів, виробничих регламентів та схем технологічного контролю роботи об'єктів

централізованих систем водопостачання, які встановлюють вимоги до засобів і систем контролю якості питної води, виконується виключно на основі гігієнічних нормативів, визначених у [1]. Даний документ регламентує вимоги до якості питної води, що подається системами господарсько-питного водопостачання для питних і побутових потреб.

Гігієнічні вимоги до питної води включають:

- епідеміологічну безпечність;
- нешкідливість хімічного складу;
- сприятливі органолептичні властивості;
- радіаційну безпеку.

Якість питної води визначається її складом і властивостями:

- у джерелі водопостачання;
- під час надходження до водопровідної мережі;
- у точках водорозбору.

Епідеміологічна безпечність питної води характеризується показниками, що з високим ступенем достовірності свідчать про відсутність у ній небезпечних для здоров'я бактерій, вірусів та інших біологічних агентів.

За мікробіологічними показниками вода повинна відповідати вимогам, наведеним у таблиці 3.1.

За паразитологічними показниками (наявність клітин, цист, криптоспоридій) питна вода повинна відповідати вимогам, наведеним у таблиці 3.2.

Нешкідливість хімічного складу питної води визначається показниками, що з високою ймовірністю характеризують відсутність у ній небезпечних для здоров'я речовин. Такі речовини можуть міститися у природних водах, потрапляти внаслідок забруднення джерел або утворюватися в процесі водопідготовки. Їх концентрації не повинні перевищувати гранично допустимих значень, встановлених за результатами токсикологічних досліджень.

Таблиця 3.1 – Мікробіологічні показники безпеки питної води

Найменування показників	Одиниці вимірів	Нормативи
Число бактерій в 1 см ³ води, яка досліджується (ЗМЧ)	Колонії утворившихся одиниць (мікроорганізми)/см ³ КОЕ/см ³	Не більше 100
Число бактерій групи кишкових палочок (коліформних мікроорганізмів) в 1 дм ³ води, яка досліджується	Колонії утворившихся одиниць (мікроорганізми)/см ³ КОЕ/см ³	Не більше 3
Число термостабільних кишкових палочок в 100 см ³ досліджуваної води	Колонії утворившихся одиниць (мікроорганізми)/100см ³	Відсутність
Число патогенних мікроорганізмів в 1 дм ³ води	Колонії утворившихся одиниць (мікроорганізми)/см ³	Відсутність

Таблиця 3.2 – Паразитологічні показники безпеки питної води

Найменування показників	Одиниці вимірів	Нормативи
Число патогенних кишкових простіших в 25 дм ³ досліджувальної води	(клітки, цисти)/ 25 дм ³	Відсутність
Число кишкових гельмінтів в 25 дм ³ досліджуваної води	(клітки, яйця, личінки)/ 25 дм ³	Відсутність

За токсикологічними показниками питна вода повинна відповідати вимогам, наведеним у таблиці 3.3.

Сприятливі органолептичні властивості питної води визначаються сукупністю показників, що регламентуються органолептичними та фізико-хімічними характеристиками якості води.

Органолептичні показники та гранично допустимі концентрації речовин, які нормуються за їх впливом на органолептичні властивості питної води, наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.3 – Токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу питної води

Найменування показників	Одиниці вимірів	Нормативи, не більше	Клас безпеки
1	2	3	4
Неорганічні компоненти			
Алюміній	мг/дм ³	0,2(0,5)	2
Барій	мг/дм ³	0,1	2
Миш'як	мг/дм ³	0,01	2
Селен	мг/дм ³	0,01	2
Свинець	мг/дм ³	0,01	2
Нікель	мг/дм ³	0,1	3
Нітрати	мг/дм ³	15,0	3
Фтор	мг/дм ³	1,5	3
Органічні компоненти			
Тригалометани	мг/дм ³	0,1	2
Хлороформ	мг/дм ³	0,06	2
Дибромхлорметан	мг/дм ³	0,01	2
Тетрахлорвуглець	мг/дм ³	0,002	2
Пестициди	мг/дм ³	0,0001	-
Інтегральні показники			
Окислювач (KMnO ₄)	мг/дм ³	4,0	-
Загальний органічний вуглець	мг/дм ³	3,0	-

Таблиця 3.4 – Органолептичні показники якості питної води

Найменування показників	Одиниці вимірів	Нормативи, не більше	Клас безпеки
Запах	бали	2	-
Мутність	мг/дм ³	0,5 (1,5)	-
Кольоровість	град.	20 (35)	-
Присмак	бали	2	-
pH	одиниці	6,5-8,5	-
Мінералізація	мг/дм ³	1000 (1500)	-
Твердість загальна	мг-екв/дм ³	7 (10)	-
Сульфати			
Хлориди	мг/дм ³	250 (500)	4
Мідь	мг/дм ³	250 (350)	4
Марганець	мг/дм ³	1,0	3
Залізо	мг/дм ³	0,1	3
Хлорфеноли	мг/дм ³	0,3	3
	мг/дм ³	0,0003	4

Питна вода не повинна містити інші речовини, здатні погіршувати її органолептичні властивості, зокрема цинк, поверхнево-активні речовини, нафтопродукти та феноли у концентраціях, що визначаються стандартними методами контролю якості води.

Радіаційна безпека питної води оцінюється за гранично допустимими значеннями сумарної об'ємної активності природних α - та β -випромінювачів, наведеними у таблиці 3.5. У разі перевищення встановлених рівнів необхідно провести додаткове дослідження радіонуклідного складу проб води для перевірки відповідності вимогам радіаційної безпеки.

Таблиця 3.5 – Показники радіаційної безпеки питної води

Найменування показників	Одиниці вимірів	Нормативи, не більше
Загальна об'ємна активність альфа-випромінювань	Бк/дм ³	0,1
Загальна об'ємна активність бета-випромінювань	Бк/дм ³	1,0

Показники фізіологічної повноцінності питної води характеризують відповідність її складу біологічним потребам організму людини. Вони ґрунтуються на необхідності встановлення для окремих біогенних елементів не лише гранично допустимих, але й мінімально необхідних концентрацій їх вмісту у воді.

Дослідження показників, що визначають фізіологічну повноцінність питної води, рекомендується виконувати в обсязі, наведеному в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води

Найменування показників	Одиниці вимірів	Рекомендовані значення
Мінералізація загальна	мг/дм ³	Не менше 100,0 Не більше 1000,0
Твердість загальна	мг-екв/дм ³	Не менше 1,5 Не більше 7,0
Лужність загальна	мг-екв/дм ³	Не менше 0,5 Не більше 6,5
Магній	мг/дм ³	Не менше 10,0 Не більше 80,0
Фтор	мг/дм ³	Не менше 0,7 Не більше 1,2

3.3 Призначення, проєктування та влаштування водопровідної мережі

Природна вода, яка відбирається з джерела за допомогою насосної станції 1-го підйому, подається на очисні споруди, звідти в резервуар чистої води. З РЧВ з допомогою насосної станції 2-го підйому вода з водогону надходить у водопровідну мережу міста.

Водопровідна мережа повинна забезпечувати подачу води до всіх точок її споживання з невеликим вільним напором, який вимірюється висотою стовпа рідини над поверхнею землі. Водопровідна мережа повинна забезпечувати безперебійну подачу води споживачеві в необхідному обсязі, при цьому вона повинна бути справна, працювати без аварій і незапланованих перебоїв подачі води [5-7].

Водопровідні мережі поділяються на кільцеві і тупикові. Тупикова водопровідна мережа прокладається в наступних випадках:

- при подачі води на виробничі потреби;
- при подачі води на господарсько-питні цілі;
- при подачі води на протипожежні та господарські потреби.

Як тупикові, так і кільцеві мережі поділяються на магістральні, супровідні та розподільчі лінії.

Магістральні – лінії, на яких транзитна витрата, що транспортується по цій лінії без роздачі по ходу руху води, перевищує шляхову витрату.

Розподільні – лінії, на яких шляхова витрата більше або дорівнює транзитній.

Супровідні – лінії, які прокладаються паралельно магістральним лініям.

Глибина закладання водопровідних ліній при їх підземному прокладанні влаштовується з урахуванням запобігання замерзання води в зимовий період і нагрівання її в літній період, а також виключення пошкодження труб транспортом або іншим навантаженням.

Безпосередньо проєктуванню водопровідної мережі передують визначення:

- складу водоспоживачів та їх вимоги до кількості води і напорам;
- розрахункових витрат;
- режиму водоспоживання;
- глибини закладання трубопроводу.

Процес проєктування поділяється на 3 етапи:

1. Підготовка мережі до гідравлічного розрахунку – вибір виду мереж. Виявлення зосереджених витрат, вибір швидкості руху води в трубах, визначення довжини і діаметрів ділянок.

2. Гідравлічний розрахунок мережі – визначення втрат напору на ділянках і вільних напорів у різних точках мережі, підбір насосів і розрахунок напірно-регулюючих пристроїв.

3. Конструювання і деталювання водоводів і мережі – вибір матеріалів і діаметрів труб.

Правила експлуатації пред'являють наступні основні вимоги до улаштування водопровідних мереж і споруд на них:

1. арматура повинна бути встановлена в колодязі;
2. приєднання до будинкових введів виконується під кутом 90° ;
3. для видалення повітря передбачаються вантузи;
4. у районах гірських виробок використовують компенсатори;
5. у районах вічномерзлих ґрунтів трубопроводи прокладають або на палях, або на кронштейнах з утепленням;
6. прокладка трубопроводу може здійснюватися під будівлею і над спорудою.

3.4 Контроль стабілізаційної обробки води

Для захисту водопровідних труб і устаткування від корозії і утворення відкладень слід передбачати стабілізаційну обробку води, необхідність проведення якої встановлюється оцінкою стабільності води [5–7]. Стабільність води є одним з основних показників її якості. Знебарвлену і прояснену воду не можна вважати задовільною за якістю, якщо, проходячи

по водопровідній мережі, вона набуває забарвлення або утворює осад. Згідно [2], стабільною вважається вода, яка не виділяє і не розчиняє осаду CaCO_3 .

Стабілізаційну обробку води необхідно проводити при індексі стабільності не менше 0,3 більше 3 місяців, при негативному індексі стабільності стабілізаційна обробка води полягає в підлужуванні, фільтруванні води через активні маси або видалення CO_2 аеруванням. При цьому передбачається також створення умов для утворення захисної карбонатної плівки на внутрішній поверхні труб.

При індексі стабільності від 0 до 1 воду стабілізують підкисленням сірчаної і соляної кислотою, обробкою гексаметафосфатом. При підкисленні знижується вміст у воді гідрокарбонатів і збільшується концентрація CO_2 , який, перебуваючи в рівноважному стані з гідрокарбонатами перешкоджає утворенню CaCO_3 і заростанню трубопроводів.

Для боротьби з корозією сталевих і чавунних труб в промисловому водопостачанні застосовують гексаметафосфат і триполіфосфат натрію. Їх дія проявляється в утворенні захисних плівок на катодних і анодних ділянках поверхні металу і гальмування корозійного процесу.

3.5 Контроль роботи реагентного господарства

3.5.1 Контроль роботи обладнання для приготування розчинів коагулянта

Природна вода в нашій роботі очищається з допомогою горизонтальних відстійників та швидких фільтрів. Для більш інтенсивної та якісної очистки використовуються коагулянти, флокулянти тощо.

Для безперебійної роботи технологічних споруд на станціях обробки води завжди повинен бути запас необхідних реагентів, в першу чергу коагулянтів. Коагулянти поміщають на склади, де вони зберігаються в сухому стані. Витрати коагулянту для очищення води на станціях водопідготовки досягають значних величин. Добова витрата цього реагенту на ряді водопроводів досягає 40-60 т. Переробити таку кількість коагулянту

порівняно складно без відповідної організації реагентного господарства [5–6].

За 1-им варіантом розчинні і витратні баки розміщують на верхніх поверхах очисних споруд, а реагенти подаються до них підйомником. Розчини реагентів через дозуючі пристрої самопливом поступають в оброблювану воду. За другим варіантом розчинні баки розміщують внизу, поблизу складів реагентів.

Швидке зачиннення коагулянту в баках залежить від температури води і способу перемішування. Широке поширення отримало перемішування розчину коагулянту за допомогою повітря.

Під час контролю роботи реагентного господарства коагулянт розчиняють зазвичай в неочищеній воді. Проте в період паводку, коли лужність вихідної води різко падає, а забарвленість зростає в розчинних баках з'являється рясне піноутворення. Щоб зменшити піноутворення в період паводку, зачиняти коагулянт слід очищеною водою. Тому комунікації трубопроводів повинні бути влаштовані так, щоб можна було перемикає воду в залежності від часу року.

Витратних баків повинно бути не менше 2-х, днище їх влаштовують з ухилом 0,005 до скидного трубопроводу.

Для перемішування розчинів коагулянту використовують водокільцеві повітродувки типу ВК і РМК. Для транспортування досить агресивного розчину коагулянту в реагентному господарстві використовують пластмасові труби і гумовотканинні рукави.

3.5.2 Визначення витрати вапна для підлюговування води в процесі коагуляції та під час стабілізаційної обробки

Підлюговувати воду вапном під час коагуляції необхідно в тому випадку, якщо

$$L - \frac{D_k}{E} < 1, \quad (3.1)$$

де L – прогнозуєма лужність вихідної води, мг-екв/л;

D_k – доза очищеного товарного сірчаноокислого алюмінію, мг/л;

E – еквівалентна маса товарного продукту, який містить кристалізаційну воду.

Можливі наступні варіанти приготування вапнякового розчину [5-6]:

1) При централізованому постачанні вапняним молоком або тістом передбачають мокре зберігання реагенту, при якому повинні використовуватися пристрої для відбору тіста або цистерна для доставки молока, баки з гідравлічним перемішуванням для перемішування 30%-го вапняного молока, а також пристрій для його очищення.

2) При використанні комового вапна передбачають як сухе, так і вологе зберігання його; в першому випадку повинен бути обладнаний склад сухого зберігання, дробарки, вапногасилки; в другому – проміжний склад сухого зберігання, дробарки, резервуари-сховища.

3) При продуктивності станції до 3000 м³/добу вапняний розчин отримують за схемою «склад мокрого зберігання – пристрої для відбору тіста – сатуратор подвійного насичення – дозатор для розчинів».

4) При забезпеченні систематичної поставки порошкоподібного продукту доцільно застосовувати сухе дозування вапна з використанням схеми, що включає склад сухого зберігання реагенту, дозатор порошкоподібних речовин і змішувач.

Вапняне молоко до місць споживання подають звичайними сталевими трубами. Внутрішній діаметр всіх напірних водоводів транспортування вапняного молока приймають рівним не менше 25 мм для очищеного продукту та не менше 50 мм – для неочищеного.

В приготованому вапняному молоці міститься багато нерозчинних домішок, які є баластом в процесах підлужування і стабілізації води. Для доочищення вапняного молока від нерозчинних домішок успішно застосовуються гідроциклони. Підлужування води вапном дозволило в період паводків, коли лужність води падає, підтримувати значення рН очищеної води в межах, встановлених [1], знижуючи тим самим її агресивні

властивості. Залежно від якості вихідної води на підлугування щорічно витрачається 200-350 т будівельного вапна.

Транспортувати вапняне молоко слід у відкритих лотках прямокутного або трикутного перерізу, які легко очищаються від осадів скребками; в зимовий період часу лотки закривають і утеплюють. Вапняне молоко поступає через люки у перекриттях і потрапляє в жолоби. У відходах після гасіння вапна залишається від 10 до 25 % окису кальцію. Осади з розчинних баків скидали в ями – накопичувачі, де з плином часу окис кальцію відстоюється і гаситься, потім воду скидають у промислову каналізацію, а відходи використовують у будівництві.

3.5.3 Контроль процесу знезараження води хлором

Хлор є одним із основних реагентів, споживаних на станціях обробки води. Хлор на водопровідних станціях може застосовуватися не тільки для знезараження води, але і для поліпшення процесу коагуляції домішок [5-7].

Хлор за знебарвлюючою дією майже в 6-8 разів активніше коагулянту.

Заводи хімічної промисловості відпускають хлор тільки в балонах ємністю 30-70 кг або в залізничних цистернах місткістю 48 т. Хлор переливають обігрівом залізничних цистерн парою або гарячою водою і введенням в них осушеного стисненого повітря. При переливі хлору необхідно вести постійний контроль за наповненням тари, тому переповнення її більш ніж на 80 % нормальної ємності небезпечно. Склади хлору повинні відповідати вимогам санітарних правил і норм [8]. На водопровідних станціях встановлюють видаткові склади хлору, максимальна ємність яких не повинна перевищувати 60-денну потребу в хлорі і бути не менше 10-денного запасу. Витратні баки повинні бути ізольовані від інших складських приміщень і відповідати вимогам зберігання зріджених газів.

Наземні або підземні сховища хлору завжди одноповерхові зі стінами з бетону, бутобетону, покритими кислотостійким асфальтом з ухилом у бік випуску стоків.

Воду обробляють хлором за допомогою спеціальних апаратів – хлораторів, в яких контролюється витрата газоподібного хлору і готується хлорна вода, потім змішується з усією масою води, що надходить.

Хлоратори бувають різних видів: ЛК-10, МТ-11, ЛК-12, ЛОНП-100.

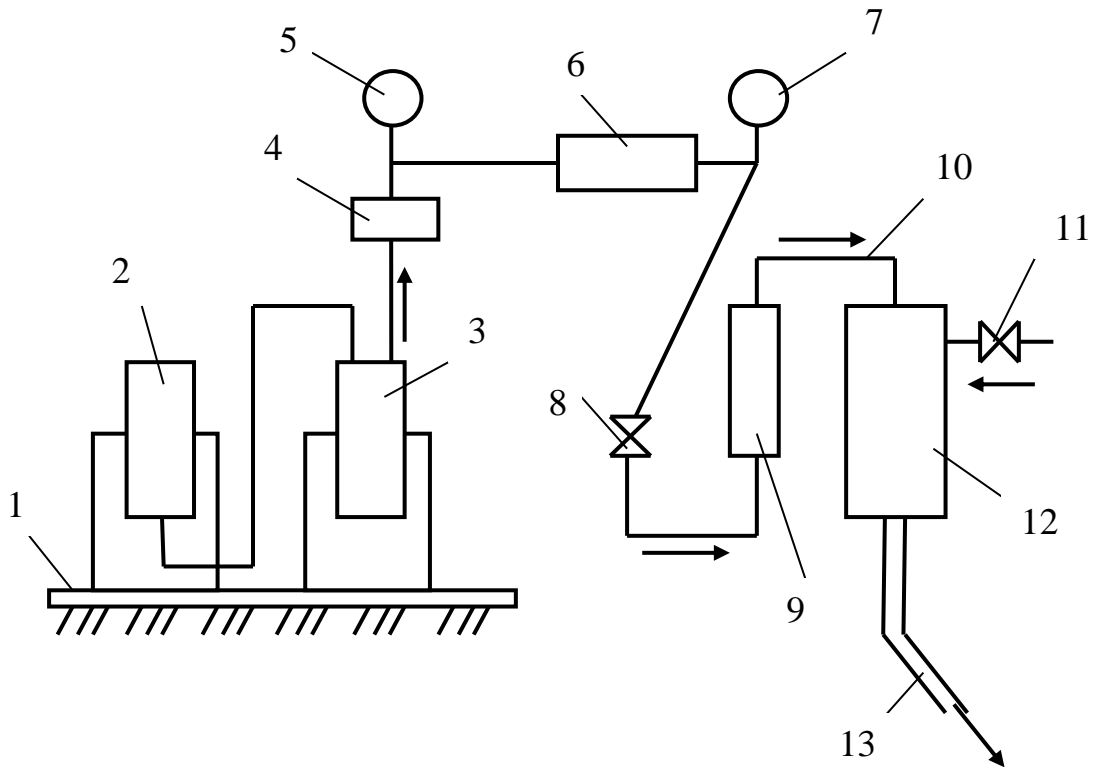
ЛК-10 і ЛК-12 мають ротаційні лічильники витрати хлору, ЛК-11 – маятникові витратоміри. Хлоратори виготовляються з бронзи і чавуну, в роботі вони прості та надійні.

У хлораторах ЛОНП-100 для визначення витрат застосовуються рідинні вимірювачі або ротаметри. Якщо кількість працюючих хлораторів не перевищує 2-х, то додатково передбачають один резервний хлоратор. До хлораторів підводять воду під тиском 3 атм. Приміщення, у яких розміщені хлоратори, повинні мати два виходи. Хлор перед надходженням у хлоратори необхідно очищати, для цього передбачають установку на газопроводі проміжного балона – брудозатримувача і фільтра зі скляною ватою.

Під час контролю роботи хлораторної апаратури слід дотримуватися всіх правил промислової санітарії. ГДК хлору в повітрі приміщень становить 1 мг/м³. Тому приміщення хлораторних повинні бути забезпечені вентиляцією з 12-кратним повітрообміном. В хлораторній слід підтримувати температуру в межах 15-25 °С. Витік хлору на стиках в апаратурі і трубопроводах перевіряють з допомогою ватного тампона (утворюється білий дим).

Хлор у балонах і бочках міститься в рідкому і газоподібному стані, причому газоподібний хлор займає простір над рідким.

У наведеній на рисунку 3.1 схемі газоподібний хлор по хлоропроводу надходить через проміжний балон і фільтр в редукційний клапан, який представляє собою пристрій для підтримки в хлораторі постійного тиску (0,01-0,02 МПа). З редукційного клапана хлор через регулюючий вентиль поступає в вимірювач витрати газу, а звідти по хлоропроводу в змішувач, де змішується з водою.



- 1 – ваги; 2 – балон з хлором; 3 – проміжний балон; 4 – фільтр;
 5 – манометр високого тиску; 6 – редукційний клапан; 7 – манометр низького тиску; 8 – регуляційний вентиль; 9 – вимірювач витрати газу;
 10 – газопровід; 11 – водопровід; 12 – змішувач хлора з водою;
 13 – трубопровід в резервуар

Рисунок 3.1 – Схема установки для хлорування води:

3.5.4 Послідовність введення реагентів

Реагенти вводять у воду таким чином, щоб процес її очищення завершувався в межах запроєктованого комплексу очисних споруд. З цієї причини їх зазвичай подають на початку технологічного циклу очищення з подальшим швидким та рівномірним перемішуванням у всьому об'ємі води.

Виняток становлять реагенти, призначені для запобігання вторинному бактеріальному забрудненню, захисту трубопроводів від корозії тощо. У таких випадках реагенти, що не містять завислих частинок і не утворюють осаду при взаємодії з сольовим складом води, можуть вводитися вже в очищену воду [6-7].

Коагулянти подають воду до її надходження на очисні споруди або додають в першій же споруді. При цьому їх змішують з усією масою води, що надходить на очищення, або (при невеликій кількості забруднень) з частиною оброблюваної води з наступним змішуванням обох потоків (концентрована коагуляція); застосовують також попередньо виділений гідроксид алюмінію або основні солі. При малій кількості забруднень у природній воді коагулянти можна вводити періодично.

Лужні реагенти (вапняне молоко, крейдяна суспензія), що містять значну кількість зважених речовин, подають воду в тих же місцях, що і коагулянти, до і після їх додавання в залежності від прийнятої на основі досліджень технології очищення води. При недостатній для коагуляції лужності води вапно або соду слід вводити одночасно з коагулянтом. У високо кольорові води додають лужні реагенти після осадження з води основної маси гідроксидів коагулянту, тобто в кінці відстійників або контактних прояснювачів. Такі реагенти, як вапняна вода, розчини соди і гідроксиду натрію, що не містять зважених речовин, можуть подаватися в очищену воду в дозах, що не викликають її пом'якшення.

Хлоровмісні реагенти при попередньому хлоруванні води можна вводити в ківш, водоприймальний колодязь, всмоктувальну або напірну лінію насосної станції 1-го підйому або в змішувач, а при знезараженні води – в колектор або резервуар чистої води, а також у усмоктувальну лінію насосної станції 2-го підйому.

Рекомендована послідовність введення реагентів та інтервали часу між введенням окремих видів реагентів наведено в таблиці 3.7.

3.5.5 Дозування реагентів

Дозування реагентів на станціях водопідготовки господарсько-питної води є найбільш відповідальним етапом. Від його досконалості в значній мірі залежить якість очищення води і економічність технологічного процесу.

Таблиця 3.7 – Послідовність та інтервали введення реагентів в оброблювану воду

Характеристика води	Реагент	Послідовність введення реагентів
Запахи та присмаки відсутні	Хлор, коагулянт	Первинне хлорування, через 2-3 хв. коагулянт
Запахи та присмаки при хлоруванні не з'являються	- коагулянт, озон - хлор, перманганат калію, коагулянт - хлор, активоване вугілля, коагулянт	Коагулянт, озон перед фільтрами або після. Первинне хлорування, через 10-15 хв. активоване вугілля, через 10 хв. коагулянт.
Те ж саме, при хлоруванні з'являється хлорфенольний запах	- аміак, хлор, коагулянт - коагулянт, озон - перманганат калію, хлор, активоване вугілля, коагулянт - перманганат калію, хлор, активоване вугілля, коагулянт	Аміак, через 2-3 хв. первинне хлорування, через 2-3 хв. коагулянт. Коагулянт, озон перед фільтрами або після. Перманганат калію, через 10 хв. хлор, через 2-3 хв. коагулянт. Перманганат калію, через 10 хв., хлор, через 10-15 хв. активоване вугілля, через 10 хв. коагулянт.

При цьому слід враховувати, що значні надлишки деяких реагентів порушують встановлену рівновагу в природній воді, денатурують і її можуть зумовити повторне забруднення [6-7].

На водоочисних станціях використовують дозувальні пристрої для сухих реагентів, суспензій, розчинів і газів.

Дозатори сухих реагентів подають їх безпосередньо у відкритий потік або в спеціальний змішувач, де речовина швидко розчиняється. Дозувальні пристрої для суспензій, розчинів і газів можуть бути двох типів: призначені

для введення реагентів у відкритий потік або в напірний трубопровід. Напірні дозатори також здатні подавати реагенти у відкритий потік.

Дозатори пропорційної дії автоматично змінюють витрату реагенту відповідно до витрати води на очисних спорудах.

Дозатори, що працюють за принципом підтримання заданих параметрів якості води (рН, електропровідність тощо), регулюють подачу реагентів незалежно від витрати води.

У кваліфікаційній роботі прийнято автоматизований дозатор типу ДВМБА (дозатор вапняного молока бункерний автоматичний).

Подача вапняного молока в ньому здійснюється шляхом поділу вільно падаючого плоского струменя ножем-дільником, переміщення якого забезпечується електродвигуном.

3.6 Контроль роботи змішувачів

Змішування реагентів з усією масою оброблюваної води проводиться в змішувачах. В кваліфікаційній роботі застосовується гідравлічний змішувач вертикального типу, в якому турбулентний потік створюється звуженням або дирчастими перегородками. Застосовуються такі змішувачі на станціях великої і середньої продуктивності [5-7].

Під час контролю роботи змішувачів незалежно від їх типу і конструкції необхідно передбачати переливні труби, труби для спорожнення змішувача і випуску осаду.

Вода в змішувачах не повинна насичуватися бульбашками повітря. Тому на підвідних трубопроводах засувки, які дозволяють регулювати рівень води в змішувачах, виключають перепади.

Вертикальні змішувачі повинні мати не менше 2 камер з тривалістю перебування води в них не більше 2 хв., причому передбачається можливість знімання перегородок. Періодично камери змішувачів слід очищати від осаду, визначати рівномірність змішування реагентів з оброблюваною водою,

швидкість її потоку на окремих ділянках і тривалість перебування в камері змішувача.

Потрапляння піску та інших забруднень з змішувачів в розподільні системи фільтрів погіршує роботу останніх. Для попередження такого виносу забруднень змішувачі необхідно періодично очищати частковим спуском води з них у каналізацію. У нижній частині змішувачів для цього повинні бути передбачені трубопроводи з засувками.

Очищення змішувачів слід проводити за встановленим на кожній водопровідній станції планом на основі досвіду експлуатації, але не рідше одного разу на рік.

Збірні труби та вікна в прийомних жолобах вертикальних змішувачів повинні бути затоплені і знаходитися нижче рівня води на глибині, що не допускає підсосу повітря.

Робота змішувачів обов'язково повинна контролюватися у випадках, коли різко змінюється технологічний режим роботи водоочисної станції.

3.7 Біоперешкоди на очисних водопровідних спорудах

Проблема забезпечення населення якісною та безпечною водою є однією з найважливіших і має глобальне значення. Значна частина водних джерел (приблизно 2/3) за показниками якості не відповідає встановленим нормативам. Використання неякісної питної води призводить до суттєвого зростання рівня захворюваності населення (у 4–5 разів).

У даній кваліфікаційній роботі основним джерелом водопостачання є річка, розташована в Миколаївській області, яка визначає гідрологічні особливості району. Екологічний стан річки, зокрема з іхтіологічної точки зору, має тенденцію до погіршення. Основними причинами цього є відсутність ефективних рибозахисних споруд на більшості водозаборів підприємств різної форми власності, значне антропогенне навантаження, скидання забруднених вод і твердих відходів, недотримання природоохоронного законодавства, загальне погіршення стану довкілля, а

також розвиток біологічних обростань, що сприяють розмноженню мікроорганізмів і вірусів.

Інтенсивний розвиток фітопланктону створює значні експлуатаційні труднощі на очисних спорудах. При низькій та середній концентрації (до 5 тис. кл/мл) механічних ускладнень у роботі станції зазвичай не спостерігається. Проте при підвищенні концентрації на фільтрах утворюється щільна плівка, що знижує їх пропускну здатність, скорочує тривалість фільтроциклу, збільшує витрати на власні потреби та підвищує собівартість очищення води.

У період масового розвитку діатомових водоростей, зокрема *Stephanodiscus*, у воді після реагентної обробки може з'являтися «рибний» запах і присмак. Аналогічні явища спостерігаються і при розвитку *Asterionella*, яка навіть при меншій чисельності клітин може спричинити більш виражені органолептичні відхилення.

Для запобігання цим явищам застосовують підвищені дози коагулянтів та хлору, а також забезпечують максимальне осадження водоростей у відстійниках. Оптимальні дози реагентів визначаються лабораторними дослідженнями та уточнюються в умовах експлуатації [5–7]. За високої прозорості вихідної води (30 см і більше) для покращення осадження можливе застосування замутнювачів, зокрема глини, у дозі 10–15 мг/дм³.

На фільтрувальних станціях, що працюють на воді з поверхневих джерел, можуть виникати біоперешкоди іншого характеру. У період низьких температур (5–9 °С) та високої прозорості води (30 см і більше) водорості майже не осаджуються у відстійниках. Під дією первинного хлорування вони руйнуються, утворюючи разом із коагулянтом пухкі пластівчасті утворення, що накопичуються у фільтрах і знижують їх ефективність, скорочуючи фільтроцикл та збільшуючи непродуктивні витрати води.

Продукти розпаду водоростей можуть утворювати щільну плівку на фільтрувальному завантаженні, яка важко видаляється під час промивання. У

результаті піщинки злипаються, формуючи стійкі грудки, що потребують механічного видалення.

Для запобігання утворенню таких відкладень зменшують дозу первинного хлорування до мінімальних значень (0,4–0,6 мг/дм³) або повністю його припиняють. Одночасно коригують режим коагулювання, посилюють контроль вторинного хлорування, проводять інтенсивне промивання фільтрів із подальшою дезінфекцією підвищеними дозами хлору (50–70 мг/дм³).

3.7.1 Боротьба з біоперешкодами на очисних спорудах

Характер біологічних ускладнень на очисних спорудах визначається на основі видового та кількісного складу водоростей, що розвиваються у джерелі водопостачання та надходять на споруди, а також за змінами фізико-хімічних показників якості води на різних стадіях очищення і можливими відхиленнями від регламентованих параметрів технологічного процесу.

Відбір гідробіологічних проб води з джерела, на вході в очисні споруди та на окремих етапах очищення у періоди масового розвитку водоростей здійснюється відповідно до [9–11].

Визначення видового та кількісного складу водоростей, оцінка ефективності роботи очисних споруд, а також контроль санітарного стану та біологічних показників проводяться згідно з методиками, наведеними у [9–11].

Заходи щодо усунення та обмеження біологічних ускладнень застосовуються диференційовано, залежно від видового складу водоростей та характеру спричинених ними проблем.

Реалізація таких заходів повинна забезпечувати ефективну роботу очисних споруд, зокрема:

- ефективність вилучення фітопланктону у відстійниках має становити не менше 70 %;
- загалом у процесі очищення повинно видалятися не менше 99 % водоростей, що надходять із вихідною водою;

- залишкова біомаса водоростей у воді, що подається споживачам (визначена методом геометричної подібності), не повинна перевищувати 0,1 мг/дм³.

Контроль ефективності роботи очисних споруд здійснюється лабораторією водоканалу. На основі аналізу гідробіологічних проб, відібраних на вході та по стадіях очищення, лабораторія регулює дози реагентів і параметри технологічного процесу для забезпечення необхідної якості очищення.

Лабораторія також інформує підрозділ гідробіологічного контролю міської СЕС про початок масового розвитку водоростей у джерелі, ускладнення в роботі очисних споруд та заходи, що вживаються для їх усунення.

Результати гідробіологічного контролю, а також дані щодо якості води на різних етапах очищення, фіксуються у звітній документації та супроводжуються фізико-хімічними показниками і параметрами технологічного процесу.

3.8 Джерела забруднення водойми

Речовини, що погіршують якість води, відносяться до забруднюючих. Окрім фізичних і хімічних забруднювачів, також спостерігається теплове та мікробіологічне забруднення водних об'єктів.

Стічні води котелень містять пом'якшувачі та продукти корозії. Наявність на поверхні води нафтопродуктів і масел погіршує газообмін, знижує вміст розчиненого кисню та може призводити до загибелі гідробіонтів (1 л нафти здатен забруднити до 12 м² водної поверхні). При концентрації нафтопродуктів понад 200 мг/м³ порушується екологічна рівновага водних екосистем. Синтетичні поверхнево-активні речовини негативно впливають на розвиток фітопланктону.

Токсичні метали, такі як свинець, ртуть, кадмій, нікель, цинк і марганець, потрапляючи у воду, роблять її небезпечною для живих

організмів і людини, викликаючи загибель зоопланктону та погіршення здоров'я населення. Пестициди, що надходять у водойми під час обробки сільськогосподарських угідь, також чинять негативний вплив на водні екосистеми та людей, які споживають таку воду. Значну шкоду водним об'єктам завдає також будівництво гідротехнічних споруд, зокрема мостів.

Господарсько-побутові стоки спричиняють біологічне забруднення води, що може призводити до поширення інфекційних захворювань.

3.8.1 Боротьба з забрудненням поверхневих вод

1. Необхідно встановлювати спеціальні зони санітарної охорони водних об'єктів.

2. Для підтримання сприятливого гідрологічного режиму річок, запобігання ерозії ґрунтів, замуленню водойм і стабілізації стоку передбачають створення водоохоронних лісових зон, а також виконання лісомеліоративних, протиерозійних і гідротехнічних заходів.

3. Важливим є раціональне управління та експлуатація водогосподарських систем і споруд.

4. Водне законодавство зобов'язує підприємства здійснювати заходи щодо запобігання повеням, затопленням, руйнуванню берегів, дамб, заболочуванню та засоленню ґрунтів.

5. Для зменшення негативного впливу водної ерозії застосовують захисні лісонасадження, укріплення берегів, протизсувні та протиселеві заходи.

6. Очищення стічних вод здійснюється на спеціальних очисних спорудах.

7. Скидання стічних вод дозволяється лише за умови дотримання встановлених нормативів якості води у водному об'єкті.

3.8.2 Зони санітарної охорони

Санітарна охорона вододжерел передбачає встановлення трьох поясів: I – суворого режиму, II та III – обмеженого режиму [2, 5–7].

Межі I поясу встановлюються на відстанях:

- вгору за течією – не менше 200 м;
- вниз за течією – не менше 100 м;
- уздовж прилеглого берега – не менше 100 м від урізу води в

літньо-осінній період.

Межі II поясу визначаються з урахуванням гідравлічних умов:

- вгору за течією (з урахуванням приток) – за часом проходження води не менше 3 діб при 95% забезпеченості;
- вниз за течією – не менше 250 м;
- бокові межі – 500 м від урізу води в літньо-осінній період.

Межі III поясу приймаються аналогічно до II поясу у верхньому та нижньому напрямках течії, а також по акваторії водойми. Бокові межі по вододілу можуть сягати до 5 км від русла.

Територія I поясу повністю ізолюється та огорожується. На ній забороняється будь-яке будівництво, скид стічних вод, купання, риболовля, використання пестицидів і добрив. Вертикальне планування виконується з відведенням поверхневого стоку за межі зони.

У межах II поясу здійснюється озеленення територій та обмеження господарської діяльності для запобігання погіршенню якості води.

Насосна станція I підйому, суміщена з водоприймальним колодязем руслового водозабору, належить до об'єктів першої категорії надійності.

3.9 Відходи на водоочисному комплексі, їх збір, складування та транспортування

Промислові відходи, що утворюються в процесі експлуатації підприємства, збираються, сортуються за класами небезпеки та тимчасово

зберігаються у спеціально відведених місцях до подальшої утилізації або видалення. Змішування різних типів відходів не допускається [9–10].

На водоочисному комплексі утворюються такі види відходів: відпрацьовані акумулятори, люмінесцентні лампи з вмістом ртуті, відпрацьовані масла, промаслені матеріали, пісок, фільтри, тара з-під фарб, пилоподібні відходи, шлами після промивання споруд, побутові та будівельні відходи, склобій, електроди, металобрухт тощо.

Неналежне поводження з такими відходами може призвести до значного негативного впливу на довкілля та здоров'я персоналу.

Перевезення відходів до місць утилізації здійснюється транспортом підприємства або спеціалізованих організацій. Транспортування повинно виключати можливість забруднення довкілля під час навантаження, перевезення та розвантаження. Відходи транспортуються у справній тарі, що запобігає їх розсипанню або витіканню. Під час перевезення допускається присутність лише водія та супроводжуючого персоналу підприємства. Також на підприємстві ведеться облік утворення та переміщення відходів по підрозділах.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Завдання в галузі охорони праці

Закон України «Про охорону праці» встановлює основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на безпечні та здорові умови праці. Він регулює відносини між роботодавцем (власником підприємства або уповноваженим ним органом) і працівниками у сфері безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, а також визначає єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Відповідно до статті 4 Закону України «Про охорону праці» [12] основними принципами державної політики у цій сфері є:

- пріоритет життя і здоров'я працівників над результатами виробничої діяльності;
- повна відповідальність роботодавця за створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- обов'язковий соціальний захист працівників та повне відшкодування шкоди у разі виробничих травм або професійних захворювань;
- застосування економічних механізмів управління охороною праці, зокрема податкових стимулів для покращення умов праці;
- комплексний підхід до вирішення питань охорони праці з урахуванням державних програм, науково-технічного прогресу та екологічних вимог;
- встановлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств незалежно від форми власності;
- організація навчання, професійної підготовки та підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- співпраця між роботодавцями та профспілками (представниками трудових колективів) під час прийняття рішень у сфері безпеки праці;
- розвиток міжнародного співробітництва та впровадження світового досвіду для підвищення рівня безпеки та покращення умов праці.

4.2 Оцінка експлуатаційних особливостей систем ВКГ, окремих технологічних процесів

Виробничі приміщення мають бути забезпечені системами виробничого, протипожежного та господарсько-питного водопостачання, а також господарсько-побутовою і виробничою каналізацією. Виняток становлять невеликі підприємства (до 25 працівників у зміну), розташовані в районах без централізованих систем водопроводу та каналізації [13].

Під час проєктування систем водопостачання і водовідведення необхідно застосовувати сучасні технологічні рішення та обладнання для підготовки і подачі води, а також для збору, відведення й очищення стічних вод. При цьому слід забезпечувати мінімальне забруднення стоків, можливість повторного використання води та утилізації відходів виробництва.

Нормативна витрата води на питні та побутові потреби становить 45 л на одну людину за зміну для цехів із підвищеним тепловиділенням і 25 л – для інших виробничих підрозділів.

У проходах між цехами, вестибюлях та приміщеннях відпочинку необхідно встановлювати питні фонтанчики або установки з газованою водою. У гарячих цехах також передбачають місця площею 2–3 м² для розміщення установок з охолодженою підсоленою газованою водою (з вмістом солі 5 г/л).

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до джерел питного водопостачання не повинна перевищувати 75 м. При цьому забороняється поєднання мереж господарсько-питного водопроводу з мережами виробничого або протипожежного призначення, які транспортують непитну воду.

Однією з основних причин травматизму під час земляних робіт є обвалення ґрунту при розробці траншей та виконанні робіт нульового циклу. Це може бути спричинено перевищенням допустимої глибини виїмок без

кріплення, недостатньою міцністю кріплень, порушенням вимог безпеки, неправильним формуванням укосів, додатковими навантаженнями від будівельних матеріалів і техніки, недотриманням технології виконання робіт, а також відсутністю або неправильно організованим водовідведенням з урахуванням інженерно-геологічних умов будівельного майданчика.

Під час виконання земляних робіт травми та аварійні ситуації можуть виникати через відсутність або неправильне встановлення захисних огорожень у небезпечних зонах, недотримання правил робіт поблизу підземних комунікацій, недостатній рівень кваліфікації працівників, що керують будівельною технікою, а також через неконтрольоване переміщення землерийних машин або втрату ними стійкості.

Найчастіше аварії пов'язані з обваленням лесових ґрунтів, які в сухому стані характеризуються високою міцністю, однак при зволоженні різко втрачають зв'язність між частинками, що призводить до зсуву незакріплених стінок траншей і укосів. Під час розробки мерзлих ґрунтів обвалення може також виникати внаслідок температурних коливань і відлиг.

Вимоги щодо безпечного виконання земляних робіт у дипломному проєкті повинні враховуватися при розробленні проєкту виконання робіт та його складової частини – технологічної карти на земляні роботи відповідно до [14].

За наявності діючих підземних комунікацій (електрокабелів, газопроводів тощо) у зоні виконання робіт необхідно отримати дозвіл від організації, яка їх експлуатує. До дозволу додається схема з позначенням розташування та глибини закладання комунікацій, складена на основі виконавчої документації.

Перед початком робіт на будівельному майданчику встановлюють попереджувальні знаки безпеки. У зонах проходження підземних комунікацій земляні роботи виконуються під наглядом виконроба або майстра, а безпосередньо поблизу мереж – також у присутності представника організації-експлуатанта.

Механізована розробка ґрунту в таких умовах дозволяється на відстані не менше 2 м від бокової стінки та не менше 1 м над верхом труби, кабелю або споруди. Решту ґрунту розробляють вручну, щоб уникнути пошкодження комунікацій.

При виконанні траншей у місцях руху людей і транспорту будівельну зону необхідно огороджувати суцільним захисним бар'єром висотою не менше 1,2 м із обов'язковим освітленням у темний час доби.

У межах призми обвалення ґрунту під час влаштування траншей без кріплення забороняється складування матеріалів і обладнання, розміщення та рух будівельної техніки, прокладання рейкових колій, встановлення лебідок, а також монтаж опор ліній електропередачі та зв'язку.

У місцях переходу працівників через траншеї глибиною понад 1 м передбачаються перехідні містки шириною не менше 0,6 м, обладнані огороженнями висотою 1,1 м.

Для спуску в траншеї використовують драбини шириною не менше 0,6 м або приставні сходи. Вийнятий ґрунт необхідно розміщувати на відстані не менше 0,5 м від краю виїмки.

У зонах дії вібраційного обладнання слід вживати заходів щодо запобігання обваленню укосів траншей і котлованів.

Механізована розробка ґрунту допускається за умови безпечної експлуатації машин і механізмів. Екскаватори та інша техніка, що працює на траншеях, повинні бути оснащені звуковою сигналізацією, сигнали якої мають бути відомі всім працівникам на ділянці.

Перед початком роботи екскаватор 3-625Б встановлюють на вирівняному майданчику з допустимим ухилом згідно з паспортними даними. Для запобігання самовільному переміщенню під ходову частину встановлюють інвентарні упори. Використання випадкових предметів (дошок, цегли, каміння тощо) не допускається. На слабких ґрунтах виконують їх підсилення настилами з дошок, брусів або шпал.

Відстань між поворотною платформою екскаватора та будь-якими перешкодами (будівлями, штабелями матеріалів, стінками виїмки) має становити не менше 1 м у будь-якому положенні машини.

Під час роботи екскаватора забороняється перебування людей у зоні дії стріли (радіус дії плюс 5 м), виконання сторонніх робіт у вибої, а також виконання операцій зі стрілою при навантаженому ковші. Не допускається також підтягування вантажів стрілою, регулювання гальм при піднятому ковші та робота з несправними канатами або витокami гідросистеми.

Переміщення екскаватора в межах будівельного майданчика здійснюється за заздалегідь визначеним маршрутом з дотриманням допустимих ухилів. Стріла при цьому встановлюється вздовж напрямку руху, а ківш піднімається на висоту 0,5–0,7 м від поверхні ґрунту та має бути порожнім.

Транспортні засоби, що здійснюють навантаження ґрунту, повинні перебувати поза небезпечною зоною роботи екскаватора. Під'їзд і від'їзд здійснюється лише за сигналом машиніста.

Екскаватори з прямою лопатою ефективно застосовуються у вибоях висотою, що відповідає максимальній висоті підйому ковша. Однак при роботі в траншеях така схема може призводити до утворення нависаючих козирків ґрунту, які є небезпечними через можливе обвалення, тому їх необхідно своєчасно усувати.

У даному випадку застосовується екскаватор 3-625Б зі зворотною лопатою, який працює в межах максимальної глибини копання згідно технічних характеристик. Кут нахилу стріли понад 45° не допускається, оскільки це знижує ефективність підйомних канатів. Стійкість укосів виїмок обов'язково перевіряється, оскільки їх обвалення може становити небезпеку через масу екскаватора.

4.3 Аналіз умов праці з виявленням небезпечних й шкідливих виробничих факторів при виконанні даного технологічного процесу

Формування та розвиток взаємозв'язків між людиною і технічними засобами, а також між працівниками в процесі виробничої діяльності відбувається за об'єктивними закономірностями, недотримання яких призводить до помилок, додаткових витрат і виникнення небезпечних та шкідливих умов праці.

Аналіз виробничої діяльності людини, що охоплює різні форми трудової активності, дозволяє зробити висновок про потенційну небезпеку будь-якої діяльності. Потенційна небезпека полягає у прихованому характері прояву небезпечного виробничого фактора за певних, часто складно передбачуваних умов.

Відповідно до [15] небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Фізичні небезпечні та шкідливі фактори у будівництві та на підприємствах будівельної індустрії включають:

- рухомі та обертові механізми і частини обладнання (насоси, силові установки, механічні мішалки);
- підвищений рівень запиленості та загазованості (зокрема сполуки хлору, негашене вапно);
- підвищений шум, вібрацію, ультразвукові та інфразвукові коливання (насосні станції, машинні зали, бактерицидні установки);
- відхилення параметрів мікроклімату від нормативних значень (температура, вологість, швидкість повітря, теплове випромінювання, барометричний тиск);
- підвищені рівні електростатичних, електромагнітних та іонізуючих випромінювань;
- недостатнє або надмірне освітлення, підвищена яскравість (в колодязях, камерах);
- підвищену напруженість електромагнітних і магнітних полів;

- наявність гострих кромek, задирок на інструментах, стропях та обладнанні;
- розташування робочих місць на значній висоті відносно поверхні землі або підлоги.

Хімічні небезпеки та шкідливості класифікуються за характером впливу на організм людини (токсичні, подразнювальні, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, такі, що впливають на репродуктивну функцію), а також за шляхами проникнення (через органи дихання, травну систему, шкірні покриви та слизові оболонки).

Біологічні небезпеки охоплюють патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби) та продукти їх життєдіяльності, а також макроорганізми — рослини і тварини.

Психофізіологічні шкідливі фактори за характером впливу поділяються на фізичні та нервово-психічні перевантаження.

4.4 Забезпечення пожежо- й вибухобезпеки об'єкту проєктування

Одним із базових принципів системи запобігання пожеж є положення про те, що виникнення горіння можливе лише за наявності певних умов. До таких умов належать три основні складові: горюча речовина, окислювач і джерело запалювання. Додатково необхідно, щоб горючий матеріал був нагрітий до відповідної температури, перебував у певному співвідношенні з окислювачем, а джерело займання мало достатню енергію для ініціювання процесу горіння. Наприклад, сірник не здатний підпалити дерев'яну колоду, тоді як аркуш паперу легко займається.

До окислювачів належать хлор, фтор, оксиди азоту та інші речовини, однак у практичних умовах найчастіше горіння відбувається за участю кисню повітря. Зниження його вмісту уповільнює процес горіння, а при концентрації нижче 14% більшість речовин не здатна підтримувати горіння. Разом із горючою речовиною окислювач формує так зване горюче середовище.

Система попередження пожеж відповідно до [16] передбачає два основні напрями: недопущення утворення горючого середовища та запобігання появі в ньому джерел займання або їх внесенню. Формування горючого середовища попереджають шляхом герметизації обладнання, заміни горючих матеріалів на негорючі, обмеження кількості пожежонебезпечних речовин, ізоляції небезпечних зон, контролю складу повітря, застосування вентиляції, відведення горючих середовищ у безпечні місця, а також використання інгібуючих і флегматизуючих добавок.

Запобігання виникненню джерел займання забезпечується застосуванням безпечного обладнання, використанням електроустаткування відповідно до категорій пожежо- і вибухонебезпеки, дотриманням вимог до сумісного зберігання речовин, використанням іскробезпечного інструменту, організацією блискавкозахисту та заземлення, контролем параметрів середовища, а також усуненням умов самозаймання матеріалів.

Важливим елементом протипожежного захисту є вибір ефективних засобів гасіння пожеж відповідно до [17]. При цьому припинення горіння можливе шляхом охолодження горючих матеріалів до температури нижче займання, зниження концентрації кисню в зоні горіння або припинення надходження горючих парів і газів.

Для ліквідації пожеж застосовують різні вогнегасні засоби: воду (струменеву та розпилену), інертні гази (зокрема вуглекислий газ), хімічні піни, порошкові суміші, а також пожежні покривала з негорючих матеріалів. Вибір конкретного засобу залежить від характеру пожежі, стадії її розвитку та властивостей горючих матеріалів.

Вода є найпоширенішим і найдоступнішим засобом пожежогасіння. Вона ефективно використовується для гасіння більшості твердих матеріалів завдяки високій теплоємності. Однак її не застосовують для гасіння легкозаймистих рідин, металів, що реагують з водою, та електрообладнання під напругою.

Промислові будівлі обладнуються зовнішнім і внутрішнім протипожежним водопроводом відповідно до нормативних вимог [2, 18]. Зовнішні гідранти розміщують уздовж проїздів і будівель, а внутрішні пожежні крани встановлюють у приміщеннях біля виходів та на сходових клітках. Для підвищення ефективності гасіння застосовуються автоматичні системи пожежогасіння – спринклерні та дренчерні установки.

Серед первинних засобів пожежогасіння широко використовуються вуглекислотні та пінні вогнегасники. Вуглекислотні вогнегасники придатні для гасіння електроустановок і рідин, тоді як пінні застосовують для твердих матеріалів і легкозаймистих рідин, але не допускають використання на електрообладнанні через електропровідність піни.

Розміщення засобів пожежогасіння здійснюється відповідно до нормативних вимог, з урахуванням забезпечення швидкого доступу до них у разі виникнення пожежі.

4.5 Розробка організаційних і технічних заходів для створення безпечних та нешкідливих умов праці на конкретних об'єктах

Завдання 1

Потрібно визначити гранично допустиму концентрацію (ГДК) шкідливої речовини в повітрі виробничого приміщення, а також розрахувати обсяг повітря, необхідний для подачі в робочу зону з метою зниження концентрації забруднюючої речовини до нормативного рівня. Додатково слід визначити кратність повітрообміну, необхідну для забезпечення нормативних умов повітряного середовища.

Підприємство розташоване в центральній частині України (коефіцієнт атмосферних умов $A = 120$) та здійснює викид запиленого повітря через вентиляційну шахту висотою 25 м і діаметром 0,8 м. Об'єм витяжного повітря становить 20000 м³/год (5,55 м³/с). Гранично допустима концентрація пилу в атмосферному повітрі дорівнює 0,5 мг/м³. Ефективність очищення

повітря в пиловловлюючих пристроях становить 75% ($F = 3$), фонове забруднення повітря в районі підприємства відсутнє.

Необхідно визначити швидкість виходу повітря з гирла вентиляційної шахти:

$$\omega_0 = \frac{4V}{\pi D^2} = 4 \cdot 5,55 / (3,14 \cdot 0,82) = 11,1 \text{ м/с.} \quad (4.1)$$

Розраховуємо параметр

$$V_M = 1,3 \cdot 11,1 \cdot 0,8 / 25 = 0,46 \text{ м/с.}$$

Визначаємо параметр n при $V_M = 0,46 > 0,3$, м/с:

$$n = 3 - \sqrt{(0,46 - 0,3) \cdot (4,36 - 0,46)} = 2,2.$$

Визначаємо ГДК

$$\text{ГДК} = \frac{8 \cdot 0,5 \cdot 25 \cdot \sqrt[3]{25 \cdot 5,5}}{120 \cdot 3 \cdot 2,2 \cdot 0,8} = 2,55 \text{ мг/м}^3.$$

Завдання 2

Потрібно виконати розрахунок індексу ізоляції повітряного шуму для перегородки у виробничому приміщенні.

Необхідно визначити звукоізоляційні характеристики перегородки товщиною 14 см, виготовленої з керамзитобетону марки М150 з об'ємною густиною 1600 кг/м^3 .

У межах розрахунку слід спочатку визначити поверхневу масу (масу 1 м^2 конструкції), після чого оцінити індекс ізоляції повітряного шуму перегородки.

$$m = \rho h = 1600 \cdot 0,14 = 224 \text{ кг/м}^2. \quad (4.2)$$

Для керамзитобетону марки М150 при об'ємній густині $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$ приймається коефіцієнт $K = 1,4$. На основі цього визначається ефективна поверхнева маса конструкції:

$$m_{\text{еф}} = km = 1,4 \cdot 225 = 315 \text{ кг/м}^2. \quad (4.3)$$

Індекс ізоляції становить при $m_{\text{еф}} 200 \text{ кг/м}^2$

$$I_B = 23 \cdot \lg m_{\text{еф}} - 10 = 23 \cdot \lg 315 - 10 = 23 \cdot 2,49 - 10 = 47 \text{ дБ.} \quad (4.4)$$

Висновок

Охорона праці відповідно до Закону України «Про охорону праці» – це система правових, організаційних, соціально-економічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності. Її мета полягає у створенні безпечних умов праці, зниженні виробничого травматизму та професійних захворювань, а також забезпеченні надійної експлуатації обладнання.

Закон також передбачає економічні механізми стимулювання роботодавців до покращення умов праці. Для запобігання надзвичайним ситуаціям необхідно дотримуватися правил безпечної експлуатації обладнання, забезпечувати пожежну безпеку, контролювати стан інженерних систем і підтримувати готовність аварійно-рятувальних служб.

ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі бакалавра розраховано та запроєктовано такі складові системи водопостачання для міста: водопровідна мережа міста, водозабірні споруди, водоочисні споруди, насосні станції I-го та II –го підйому.

2. Загальна витрата води містом за добу найбільшого водоспоживання складає 45139 м³/добу.

3. З урахуванням експлуатаційної надійності та зручності монтажу, а також дозволу на використання поліетиленових труб у межах населених пунктів, для магістральної водопровідної мережі приймаємо поліетиленові труби.

4. Для досягнення якості води, регламентованої [1], згідно [2] в проєкті передбачена обробка води із застосуванням коагулянтів і флокулянтів, з подальшим відстоюванням на горизонтальних відстійниках та фільтруванням через швидкі фільтри.

5. З метою раціонального використання води й охорони середовища на водоочисній станції застосовується повторне використання води після промивання фільтрів і обробки осаду.

6. Згідно зі ступеневим графіком водоподачі, витрата для I ступеня становить 1109 м³/год (306 л/с), а для II ступеня – 2196 м³/год (609 л/с). Насосна станція II підйому оснащується трьома однаковими робочими насосами та одним резервним. На I ступені працює один насос, на II ступені – одночасно три насоси.

7. Охорона праці відповідно до Закону України «Про охорону праці» – це система правових, організаційних, соціально-економічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності. Її мета полягає у створенні безпечних умов праці, зниженні виробничого травматизму та професійних захворювань, а також забезпеченні надійної експлуатації обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. – Затверджено МОЗ України 12.05.2010. – Київ, 2010. – 25 с.
2. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3307711387089765865?doc_type=2, доступ вільний.
3. ДСТУ Б В.2.7. – 143 : 2007 Труби зі структурованого поліетилену для мереж холодного, гарячого водопостачання та опалення.
4. Промислові насоси для води типу Д. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrnasos.com.ua/pumps/nasosi-v-dcentrov-dvostoronnoho-vhodu-tipu-d-1d/promislov-nasosi-dlya-vodi-tipu-d>, доступ вільний.
5. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник. – Київ, 2005. – 671 с.
6. Кравченко В. С. Водопостачання та каналізація : підруч. для вищ. навч. закл. – Київ, 2007. – 286 с.
7. Кравченко В. С., Гіроль М. М., Мацнева Т. С. Водопостачання і водовідведення : підручник / Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. – Рівне, 2007. – 432 с.
8. НПАОП 0.00-1.46-70 Правила безпеки при зберіганні, перевезенні та застосуванні сильнодіючих отруйних речовин (НАОП 2.2.00-1.06-70). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://docs.dbn.co.ua/8579_1583178495926.html, доступ вільний.
9. Зеркалов Д.В. Екологічна безпека та охорона довкілля. Монографія. – К.: Основа, 2012. – 514 с.
10. Хилько М.І. Екологічна безпека України: Навчальний посібник. – К., 2017. – 268 с.
11. ДСТУ 3041-95 «Гідросфера. Використання і охорона вод. Терміни і визначення». – К.: Видавництво стандартів, 1995. – 52 с. [Електронний

ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=74302, доступ вільний.

12. Закон України «Про охорону праці». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>, доступ вільний.

13. Серіков Я.О. Основи охорони праці : Навч посібник. – Харків, ХНАМГ, 2007 р. – 237 с.

14. ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54094, доступ вільний.

15. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=40230, доступ вільний.

16. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318619, доступ вільний.

17. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. Зі Зміною №1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59526, доступ вільний.

18. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/10/DBN-V.2.5-64-2012-Vnutrishniy-vodoprovid-ta-kanali.pdf>, доступ вільний.

ДОДАТОК 1

Вихідні дані для гідравлічного розрахунку

N кільця		Зв'язки в кільцях					
1	13	38	-3				
2	37	-4	-38	14	15		
3	16	36	-6	-5	-37		
4	17	35	-7	-36			
5	34	-11	-8	-35	18		
6	33	-9	11				
7	31	-12	-34	19			
8	32	-10	-33	12			
9	-18	-17	-16	-15	20	21	30
10	29	-21	23				
11	27	-24	25	26			
12	28	-22	-29	24			

28	кількість вузлів NY	(від 1 до 255)
40	кількість ділянок NL	(від 1 до 1000)
12	кількість кілець NK	(від 1 до 100)
21	число ділянок зовнішнього контура ІК	(від 1 до 100)
1	кількість водоживильників NB	(від 1 до 10)
80.0	позначка базисного вузла Z(1)	(від -500.00 до 500.00)
1.0	коефіцієнт місцевих втрат РМ	(від 1 до 1.1)
0.03	точність ув'язки ТУ	(від 0.01 до 1)

цикломатичне число $k=n-p$

№	Тип	Вузол	Стан	Кіль-	Параметри насоса		
	водо	водо	розпо-	кість	a0	a1	a2
	жив.	жив.	лож.	насос.			

1	НС	1	1	0	0	0	0
---	----	---	---	---	---	---	---

Ном. вузла, ділян.	Век-тор	Дов-жина (м)	Діа-метр (мм)	Код мат.	Нефікс. відбір (л/с)	Фіксов. відбір (л/с)	Познач. землі (м)	Вільний напір (м)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	1	1000	492.6	3	0.0	0.0	80.5	0.0
3	2	3500	493.6	3	9.0	92.0	85.0	18.0
4	3	460	414.4	3	16.0	0.0	84.0	18.0
5	4	430	396.6	3	14.0	0.0	83.0	18.0
6	5	630	396.6	3	26.0	0.0	81.0	18.0
7	6	760	312.8	3	21.0	0.0	81.5	18.0
8	7	290	277.6	3	22.0	0.0	82.5	18.0
9	8	980	277.6	3	26.0	85.0	84.2	14.0
10	9	650	176.2	3	14.0	0.0	85.0	14.0
11	8	480	277.6	3	31.0	0.0	83.0	26.0
12	11	680	176.2	3	26.0	0.0	82.5	26.0
13	2	3500	493.6	3	9.0	0.0	85.0	18.0
14	13	450	414.4	3	24.0	0.0	82.8	26.0
15	14	450	414.4	3	18.0	0.0	83.0	26.0
16	15	660	396.6	3	28.0	0.0	81.0	26.0
17	16	890	312.8	3	23.0	0.0	81.0	26.0
18	17	280	277.6	3	39.0	0.0	81.8	26.0
19	18	870	176.2	3	18.0	0.0	81.0	26.0
20	14	1000	396.6	3	36.0	0.0	84.0	26.0
21	20	990	312.8	3	51.0	0.0	83.0	26.0
22	21	990	220.4	3	24.0	0.0	81.5	26.0
23	20	800	312.8	3	37.0	0.0	85.0	26.0
24	23	920	220.4	3	31.0	0.0	84.2	26.0
25	23	460	277.6	3	12.0	0.0	86.8	26.0
26	25	930	220.4	3	14.0	0.0	86.0	26.0
27	25	60	277.6	3	0.0	0.0	87.0	0.0
28	27	30	277.6	3	0.0	-137.0	0.0	0.0
29	0	590	176.2	3	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0	890	176.2	3	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0	670	277.6	3	0.0	0.0	0.0	0.0
32	0	1300	277.6	3	0.0	0.0	0.0	0.0
33	0	570	176.2	3	0.0	0.0	0.0	0.0
34	0	790	276.2	3	0.0	0.0	0.0	0.0
35	0	710	277.6	3	0.0	0.0	0.0	0.0
36	0	570	276.6	3	0.0	0.0	0.0	0.0
37	0	610	276.6	3	0.0	0.0	0.0	0.0
38	0	660	312.8	3	0.0	0.0	0.0	0.0
39	0	320	414.4	3	0.0	0.0	0.0	0.0
40	0	450	414.4	3	0.0	0.0	0.0	0.0

Результати для максимального водорозбору

Таблиця результатів виконання завдання												
№ вузла, ділян.	Дов-жина (м)	Діа-метр труб. (мм)	Код матер.	Ви-тра-та (л/с)	Втра-та напір. (м)	Швид-кість (м/с)	Вільн. напір		Висо-та п'єз. (м)	Нефікс. відбір		Фікс. відбір (л/с)
							норм. (м)	факт. (м)		норм. (м)	факт. (м)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	1000	492.6	3	609.00	12.81	3.20	0.0	62.94	143.44	0.00	0.00	0.0
3	3500	493.6	3	306.58	13.14	1.60	18.0	45.30	130.30	9.00	9.00	92.0
4	460	414.4	3	233.68	2.46	1.73	18.0	43.84	127.84	16.00	16.00	0.0
5	430	396.6	3	172.40	1.65	1.40	18.0	43.19	126.19	14.00	14.00	0.0
6	630	396.6	3	158.40	2.08	1.28	18.0	43.11	124.11	26.00	26.00	0.0
7	760	312.8	3	142.75	6.49	1.86	18.0	36.12	117.62	21.00	21.00	0.0
8	290	277.6	3	134.05	3.92	2.21	18.0	31.20	113.70	22.00	22.00	0.0
9	980	277.6	3	81.31	5.45	1.34	14.0	24.05	108.25	26.00	26.00	85.0
10	650	176.2	3	1.17	0.02	0.05	14.0	23.23	108.23	14.00	14.00	0.0
11	480	277.6	3	30.74	0.48	0.51	26.0	30.23	113.23	31.00	31.00	0.0
12	680	176.2	3	27.12	4.73	1.11	26.0	26.00	108.50	26.00	26.00	0.0
13	3500	493.6	3	302.42	12.83	1.58	18.0	45.62	130.62	9.00	9.00	0.0
14	450	414.4	3	265.32	3.01	1.97	26.0	44.80	127.60	24.00	24.00	0.0
15	450	414.4	3	141.02	0.98	1.05	26.0	43.62	126.62	18.00	18.00	0.0
16	660	396.6	3	168.30	2.43	1.36	26.0	43.19	124.19	28.00	28.00	0.0
17	890	312.8	3	129.95	6.43	1.69	26.0	36.76	117.76	23.00	23.00	0.0
18	280	277.6	3	94.65	2.04	1.56	26.0	33.92	115.72	39.00	39.00	0.0
19	870	176.2	3	29.70	7.10	1.22	26.0	27.62	108.62	18.00	18.00	0.0
20	1000	396.6	3	100.30	1.47	0.81	26.0	42.13	126.13	36.00	36.00	0.0
21	990	312.8	3	62.94	1.98	0.82	26.0	41.16	124.16	51.00	51.00	0.0
22	990	220.4	3	-2.46	0.03	0.06	26.0	42.69	124.19	24.00	24.00	0.0
23	800	312.8	3	1.37	0.00	0.02	26.0	41.13	126.13	37.00	37.00	0.0
24	920	220.4	3	27.26	2.22	0.71	26.0	39.72	123.92	31.00	31.00	0.0
25	460	277.6	3	-80.80	2.53	1.34	26.0	41.86	128.66	12.00	12.00	0.0
26	930	220.4	3	44.20	5.28	1.16	26.0	37.38	123.38	14.00	14.00	0.0
27	60	277.6	3	-106.80	0.54	1.76	0.0	42.20	129.20	0.00	0.00	0.0
28	30	277.6	3	-110.54	0.29	1.83	0.0	129.49	129.49	0.00	0.00	-137.0
29	590	176.2	3	17.91	1.96	0.73						
30	890	176.2	3	32.30	8.43	1.32						
31	670	277.6	3	11.70	0.12	0.19						
32	1300	277.6	3	12.83	0.27	0.21						
33	570	176.2	3	30.86	4.98	1.27						
34	790	276.2	3	58.25	2.49	0.97						
35	710	277.6	3	12.30	0.14	0.20						
36	570	276.6	3	10.35	0.08	0.17						
37	610	276.6	3	-45.28	1.22	0.75						
38	660	312.8	3	28.09	0.32	0.37						
39	320	414.4	3	0.00	0.00	0.00						
40	450	414.4	3	0.00	0.00	0.00						

Результати для транзиту води в башту

Таблиця результатів виконання завдання

№ вузла, ділян.	Довжина ділян. (м)	Діаметр труб. (мм)	код матер.	Ви-тра-та (л/с)	Втра-та напор. (м)	Швид-кість (м/с)	Вільн. напор		Висо-та п'єз. (м)	Нефікс. відбір		фікс. відбір (л/с)
							норм. (м)	факт. (м)		норм. (м)	факт. (м)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	1000	492.6	3	866.00	23.92	4.54	0.0	79.88	160.38	0.00	0.00	0.0
3	3500	493.6	3	432.98	24.24	2.26	18.0	51.13	136.13	9.00	9.00	92.0
4	460	414.4	3	329.61	4.53	2.44	18.0	47.61	131.61	16.00	16.00	0.0
5	430	396.6	3	233.45	2.83	1.89	18.0	45.78	128.78	14.00	14.00	0.0
6	630	396.6	3	219.45	3.71	1.78	18.0	44.06	125.06	26.00	26.00	0.0
7	760	312.8	3	189.83	10.76	2.47	18.0	32.80	114.30	21.00	21.00	0.0
8	290	277.6	3	183.39	6.83	3.03	18.0	24.97	107.47	22.00	22.00	0.0
9	980	277.6	3	120.10	10.89	1.98	14.0	12.38	96.58	26.00	26.00	125.0
10	650	176.2	3	15.03	1.58	0.62	14.0	10.00	95.00	14.00	14.00	40.0
11	480	277.6	3	41.29	0.80	0.68	26.0	23.67	106.67	31.00	31.00	0.0
12	680	176.2	3	40.69	9.70	1.67	26.0	14.47	96.97	26.00	26.00	0.0
13	3500	493.6	3	433.02	24.25	2.26	18.0	51.13	136.13	9.00	9.00	0.0
14	450	414.4	3	426.39	6.99	3.16	26.0	46.34	129.14	24.00	24.00	0.0
15	450	414.4	3	134.04	0.90	0.99	26.0	45.24	128.24	18.00	18.00	0.0
16	660	396.6	3	196.20	3.19	1.59	26.0	44.05	125.05	28.00	28.00	0.0
17	890	312.8	3	171.83	10.56	2.24	26.0	33.49	114.49	23.00	23.00	0.0
18	280	277.6	3	134.26	3.79	2.22	26.0	28.90	110.70	39.00	39.00	0.0
19	870	176.2	3	42.28	13.29	1.73	26.0	16.41	97.41	18.00	18.00	0.0
20	1000	396.6	3	268.35	8.43	2.17	26.0	36.71	120.71	36.00	36.00	0.0
21	990	312.8	3	109.41	5.27	1.42	26.0	32.44	115.44	51.00	51.00	0.0
22	990	220.4	3	36.87	4.07	0.97	26.0	29.87	111.37	24.00	24.00	0.0
23	800	312.8	3	122.94	5.24	1.60	26.0	30.47	115.47	37.00	37.00	0.0
24	920	220.4	3	38.63	4.11	1.01	26.0	27.16	111.36	31.00	31.00	0.0
25	460	277.6	3	45.50	0.91	0.75	26.0	27.76	114.56	12.00	12.00	0.0
26	930	220.4	3	33.50	3.23	0.88	26.0	25.33	111.33	14.00	14.00	40.0
27	60	277.6	3	-20.50	0.03	0.34	0.0	27.59	114.59	0.00	0.00	0.0
28	30	277.6	3	-12.87	0.01	0.21	0.0	114.60	114.60	0.00	0.00	0.0
29	590	176.2	3	1.80	0.03	0.07						
30	890	176.2	3	23.35	4.74	0.96						
31	670	277.6	3	24.28	0.44	0.40						
32	1300	277.6	3	38.97	1.96	0.64						
33	570	176.2	3	45.93	10.08	1.88						
34	790	276.2	3	76.33	4.02	1.27						
35	710	277.6	3	14.56	0.19	0.24						
36	570	276.6	3	-3.63	0.01	0.06						
37	610	276.6	3	-80.16	3.37	1.33						
38	660	312.8	3	-2.37	0.00	0.03						
39	320	414.4	3	0.00	0.00	0.00						
40	450	414.4	3	0.00	0.00	0.00						

Результати для максимального водо розбору + пожежа

Таблиця результатів виконання завдання

№ вузла, ділян.	Довжина ділян. (м)	Діаметр труб. (мм)	код матер.	Ви-тра-та (л/с)	Втра-та напор. (м)	Швид-кість (м/с)	Вільн. напор		Висо-та п'єз. (м)	Нефікс. відбір		фікс. відбір (л/с)
							норм. (м)	факт. (м)		норм. (м)	факт. (м)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	1000	492.6	3	608.00	12.77	3.19	0.0	100.55	181.05	0.00	0.00	0.0
3	3500	493.6	3	299.61	12.62	1.57	18.0	83.43	168.43	6.55	6.55	4.0
4	460	414.4	3	246.29	2.70	1.83	18.0	81.73	165.73	11.64	11.64	0.0
5	430	396.6	3	161.75	1.48	1.31	18.0	81.26	164.26	10.19	10.19	0.0
6	630	396.6	3	151.57	1.93	1.23	18.0	81.33	162.33	18.92	18.92	0.0
7	760	312.8	3	110.17	4.10	1.43	18.0	76.73	158.23	15.28	15.28	0.0
8	290	277.6	3	85.19	1.75	1.41	18.0	73.98	156.48	16.01	16.01	0.0
9	980	277.6	3	37.04	1.35	0.61	14.0	70.93	155.13	18.92	18.92	18.0
10	650	176.2	3	11.42	0.97	0.47	14.0	69.16	154.16	10.19	10.19	0.0
11	480	277.6	3	32.14	0.51	0.53	26.0	72.97	155.97	22.56	22.56	0.0
12	680	176.2	3	15.81	1.81	0.65	26.0	71.65	154.15	18.92	18.92	0.0
13	3500	493.6	3	308.39	13.28	1.61	18.0	82.77	167.77	6.55	6.55	0.0
14	450	414.4	3	344.61	4.79	2.56	26.0	80.18	162.98	17.46	17.46	0.0
15	450	414.4	3	35.52	0.09	0.26	26.0	79.89	162.89	13.10	13.10	0.0
16	660	396.6	3	95.32	0.89	0.77	26.0	81.01	162.01	20.37	20.37	0.0
17	890	312.8	3	97.42	3.86	1.27	26.0	77.15	158.15	16.73	16.73	0.0
18	280	277.6	3	90.39	1.88	1.49	26.0	74.47	156.27	28.38	28.38	0.0
19	870	176.2	3	14.97	2.11	0.61	26.0	73.16	154.16	13.10	13.10	0.0
20	1000	396.6	3	291.63	9.77	2.36	26.0	69.21	153.21	26.19	26.19	0.0
21	990	312.8	3	95.31	4.13	1.24	26.0	66.08	149.08	37.11	37.11	0.0
22	990	220.4	3	56.70	8.74	1.49	26.0	58.84	140.34	17.46	17.46	0.0
23	800	312.8	3	170.13	9.33	2.21	26.0	58.89	143.89	26.92	26.92	0.0
24	920	220.4	3	33.16	3.14	0.87	26.0	56.55	140.75	22.56	22.56	0.0
25	460	277.6	3	141.07	6.80	2.33	26.0	50.29	137.09	8.73	8.73	0.0
26	930	220.4	3	-39.66	4.36	1.04	26.0	55.44	141.44	10.19	10.19	0.0
27	60	277.6	3	122.15	0.69	2.02	0.0	49.40	136.40	0.00	0.00	0.0
28	30	277.6	3	132.76	0.40	2.19	46.0	46.00	136.00	0.00	0.00	172.0
29	590	176.2	3	-31.03	5.21	1.27						
30	890	176.2	3	-29.52	7.19	1.21						
31	670	277.6	3	1.87	0.00	0.03						
32	1300	277.6	3	-1.23	0.00	0.02						
33	570	176.2	3	11.29	0.84	0.46						
34	790	276.2	3	17.52	0.30	0.29						
35	710	277.6	3	-9.71	0.09	0.16						
36	570	276.6	3	-22.47	0.33	0.37						
37	610	276.6	3	-72.90	2.84	1.21						
38	660	312.8	3	-42.77	0.66	0.56						
39	320	414.4	3	0.00	0.00	0.00						
40	450	414.4	3	0.00	0.00	0.00						