

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

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

**КАФЕДРА ВОДОПОСТАЧАННЯ,
ВОДОВІДВЕДЕННЯ І ОЧИЩЕННЯ ВОД**

**Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
першого (бакалаврського) рівня
на тему
«ПОСТАЧАННЯ ВОДИ ДЛЯ МІСТА ТА ХАРЧОВОГО ВИРОБНИЦТВА
У ЛУГАНСЬКІЙ ОБЛАСТІ»**

Виконала: здобувачка освіти 4 курсу
групи ХарЦІ 2022-13
спеціальності 192 – Будівництво та
цивільна інженерія
освітня програма «Цивільна інженерія»
Процик Ю. С.
Керівник Благодарна Г. І.
Рецензент Сироватський О. А.

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


Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 192 – Будівництва та цивільної інженерії

Освітня програма «Цивільна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ВВ і ОВ

 проф. Карагюр А. С.
«27» лютого 2026 року

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

Процик Юлії Сергіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Постачання води для міста та харчового виробництва у Луганській області

керівник роботи Благодарна Галина Іванівна, канд. техн. наук, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «27» лютого 2026 р. №187-03

2. Строк подання здобувачем роботи 15 червня 2026 року











3. Вихідні дані до роботи Забезпечити місто та харчове виробництво у Луганській області водою. Запроєктувати водозабірні споруди, зробити гідравлічний розрахунок водопровідних мереж і зробити її трасування, підібравши самі найвигідніший діаметри з потрібним напором, передбачити насосні станції 1 та 2 підйомів і відповідної якості. Запроєктувати очисні споруди для приготування питної води. Підібрати потрібне обладнання. Вихідні данні для розрахунків наведені у додатку до завдання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Загальні відомості. 2 Технологічна частина. 3 Організація експлуатації системи водопостачання. 4 Охорона праці.

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

1. Генплан міста . Монтажна схема. Деталювання. 2. Генплан водоприймального вузла. Береговий водоприймальний колодязь. 3. Висотно-технологічна схема водопровідної очисної станції. Балансова схема витрат води. 4. Генплан водопровідної очисної станції. 5. Блок основних споруд. 6. Освітлювач зі зваженим осадом.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загальні відомості	Благодарна Г.І., доцент кафедри ВВ і ОВ		
Технологічна частина	Благодарна Г.І., доцент кафедри ВВ і ОВ		
Організація експлуатації системи водопостачання	Благодарна Г.І., доцент кафедри ВВ і ОВ		
Охорона праці	Барбашин В.В., доцент кафедри БЖД		
Показник оригінальності кваліфікаційної роботи	Сорокіна К.Б., доцент кафедри ВВ і ОВ		
Допуск до захисту	Карагяур А.С., професор, зав. кафедри		

7. Дата видачі завдання 27.02.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості	02.03-14.03.2026	
2	Технологічна частина	16.03-18.04.2026	
3	Організація експлуатації системи водопостачання	20.04-16.05.2026	
4	Охорона праці	18.05-13.06.2026	
5	Оформлення пояснювальної записки	02.03-13.06.2026	
6	Підготовка графічного матеріалу	02.03-20.06.2026	
7	Перевірка на плагіат, допуск до захисту	15.06-18.06.2026	
8	Рецензування і захист	20.06-04.07.2026	

Здобувач освіти 

(підпис)

Процик Ю. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи 

(підпис)

Благодарна Г. І.

(прізвище та ініціали)

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра
здобувачці освіти 4-го курсу,
групи ХарЦІ 2022-1з Процик Ю. С.

Об'єкт водопостачання – промислове місто в Луганській області, що включає хлібний завод.

Місто поділено на дві адміністративні зони. Перша зона складається з триповерхових будівель, де щільність населення сягає 150 осіб на гектар. Ці будинки обладнані індивідуальною системою водопроводу та каналізації, мають ванни та локальні нагрівачі води. Друга зона представлена п'ятиповерховими будинками з щільністю населення 350 осіб на гектар, забезпеченими централізованим гарячим та холодним водопостачанням. Норма водоспоживання для першої зони становить 210 літрів на добу на людину, для другої – 250 літрів на добу на людину. На околиці міста функціонує хлібокомбінат. Робочий графік підприємства передбачає три зміни: перша зміна нараховує 250 працівників, друга та третя – по 200 працівників кожна.

Місто розташоване на правому березі річки, яка є джерелом водопостачання. Під час повені ширина річки сягає приблизно 450 метрів, амплітуда коливань рівня води 4,7 м. Течія річки прямує на південний схід. Русло річки вкрите галькою, а біля лівого берега – гравістим піском. Середня швидкість течії складає 0,3 м/с. Дана ділянка річки не використовується для судноплавства. Основним джерелом поповнення водних ресурсів є танення снігів та атмосферні опади.

Льодовий покрив формується в середньому наприкінці листопада і триває від 147 до 195 днів. Товщина льоду може досягати 0,8 метра. Шуги, водоростей, сторонніх запахів та присмаків у воді не спостерігається.

Середня каламутність води в річці становить 40 мг/дм³, максимальна – 400 мг/дм³. Кольоровість води – 70 градусів, окислюваність – 4,0 мгО₂/л, показник рН – 7,6. Вода в річці класифікується як помірно мутна. Хімічний склад води (мг/дм³) такий: кальцій – 105, магній – 30, гідрокарбонати – 220, хлориди – 200, сульфати – 270.

Клімат району є помірно-континентальним, з характерним спекотним літом, стабільно холодною зимою та незначною кількістю опадів. Зима холодна, розпочинається в листопаді і триває до березня. Температура повітря взимку може опускатися до -24°C. Найтепліший місяць – липень, коли температура повітря сягає +30°C. Річна кількість опадів становить 600 - 800 мм. Переважний напрямок вітру – північно-західний.

Тип ґрунтів у районі будівництва – пластична глина. Глибина промерзання ґрунтів становить 0,8 метра. Рівень ґрунтових вод знаходиться на глибині 2-3 метри, вода не виявляє агресивності до сталі та бетону.

Здобувач освіти

Процик Ю. С.

Керівник роботи

Благодарна Г. І.

ЗМІСТ

Позначення та скорочення.....	7
Вступ.....	8
1 Загальні відомості.....	9
1.1 Природно-кліматичні умови.....	9
1.2 Стан питання.....	9
1.3 Обґрунтування проєктних рішень.....	9
2 Технологічна частина.....	12
2.1 Розрахунок об'єму водокористування.....	12
2.1.1 Проєктування мережі водопостачання.....	19
2.1.2 Ув'язка кільцевої водопровідної мережі.....	22
2.2 Водозабірні споруди.....	31
2.2.1 Обрання різновиду приймача води.....	32
2.2.2 Гідравлічні прорахунки складових водоприймальної споруди.....	33
2.2.3 Підбір обладнання на водозаборі.....	36
2.2.4 Проєктування водоприймального колодязя.....	38
2.2.5 Розробка схем санітарно-захисних зон.....	41
2.3 Розрахунок споруд і обладнання для очищення води з поверхневого джерела.....	43
2.3.1 Визначення загальної пропускної здатності очисної станції..	43
2.3.2 Визначення змін у хімічному складі води під час її обробки.	44
2.3.3 Технологічні розрахунки споруд.....	46
2.3.4 Знезаражування води.....	65
2.3.5 Реагентне господарство.....	68
2.3.6 Допоміжні приміщення станції очищення води.....	71
3 Організація експлуатації системи водопостачання.....	72
3.1 Перевірочні заходи та введенні в експлуатацію об'єктів очищення у комплексних системах водозабезпечення.....	72
3.2 Експлуатація водопровідних очисних споруд.....	74

4 Охорона праці.....	83	6
4.1 Різноманітні небезпечні та шкідливі чинники на об'єкті водоочищення.....	83	
4.2 Виробнича вібрація.....	84	
4.3 Виробничий шум.....	85	
4.4 Виробничі отрути при роботі реагентного господарства.....	87	
4.5 Електробезпека.....	89	
4.6 Пожежна безпека.....	93	
Висновки.....	95	
Список джерел.....	96	

ПОЗНАЧЕННЯ І СКОРОЧЕННЯ

ДСанПіН – державні санітарні правила і норми;

НАССР – (Hazard Analysis and Critical Control Points), система контролю безпеки харчових продуктів;

СЗЗ – санітарно-захисні зони;

ВГ – взаємного годування;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ВОС – водопровідні очисні споруди

ВСТУП

Кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, 4 розділів, висновку, списку використаних джерел, а також графічного матеріалу. Повний обсяг роботи – 98 сторінок, з них 6 рисунків та 9 таблиць, 1 додатка. Графічний матеріал складається з 6 аркушів. Список використаних джерел містить 18 найменувань.

ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ, КІЛЬЦЕВА МЕРЕЖА, НАСОСНІ СТАНЦІЇ, ОСВІТЛЮВАЧІ ЗІ ЗВАЖЕНИМ ОСАДОМ, ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК.

Мета роботи – запроєктувати систему водопостачання міста та промислового підприємства харчової галузі в Луганській області.

У цій роботі з'ясовано сукупне водоспоживання міста, до якого входять потреби населення у воді для побутових і питних потреб, витрати на зрошення вулиць та зелених зон, а також потреби промислового підприємства (на пиття, пожежогасіння, на технологічні потреби). З огляду на рельєф місцевості, потужність водопровідної системи та віддаленість розташування очисної споруди від міста, обрано схему подачі води до міста без використання водонапірних веж. Виконано гідравлічні обчислення мережі: підбір діаметрів трубопроводів, ув'язування контурів, визначення робочих тисків та відміток рівня п'єзометра у вузлах мережі. Зроблено технологічний розрахунок споруд для забору води. Запроєктовано береговий водозабір розділеного типу, самопливні і напірні трубопроводи, а також насосні станції першого, другого та третього ступенів підйому. Здійснено добір необхідного насосного устаткування.

Враховуючи характеристики вихідної води, потужність споруд для водоочищення, вирішили застосовувати реагенти (а саме коагулянт та флокулянт) в рамках одноступеневого процесу, де основну роль відіграють освітлювачі зі зваженим осадом та швидкі фільтри.

Проаналізовано загальні аспекти безпеки праці на виробництві, а також окреслено послідовність дій для створення безпечних умов на робочому місці.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Природно-кліматичні умови

Об'єкт проектування розташований у Луганській області. Клімат району помірно-континентальний, що характеризується жарким літом та помірно холодною зимою. Гідрологічні умови визначаються наявністю річки, що протікає до півночі від міста та слугує основним джерелом водопостачання.

Джерело характеризується значними сезонними коливаннями рівнів води та каламутності. Фізико-хімічні особливості басейну водотоку вказують на високу мінералізацію та вміст сульфатів [1]. Згідно з вихідними даними, максимальна каламутність води становить 400 мг/дм³, а забарвленість досягає 70 градусів. Гідрологічний режим річки дозволяє забезпечити стабільний забір води для потреб міста (90 665 мешканців) та хлібокомбінату протягом усього року.

1.2 Стан питання

Актуальність даного проєкту зумовлена необхідністю модернізації систем водопостачання у східному регіоні України. Існуючі рішення часто базуються на застарілих методах очищення та зношених чавунних мережах, що призводить до вторинного забруднення води. Новим вирішенням питання, запропонованим у роботі, є впровадження освітлювачів зі зваженим осаду, які ефективніші за класичні відстійники, а також використання трубопроводів з полівінілхлориду, що виключають корозію та знижують гідравлічні втрати.

1.3 Обґрунтування проєктних рішень

На основі аналізу вихідних даних до кваліфікаційної роботи бакалавра, було прийнято наступні рішення.

Вибір джерела та місця розташування споруд. Джерелом обрано річку на півночі від міста. Визначено місце для берегового приймального водопостачання [2]. Очисна станція забезпечує I категорію надійності водопостачання [2]. Очисна станція

розташована на майданчику з відповідними геологічними умовами, що забезпечує самопливний рух води між спорудами.

Вибір схеми водопостачання. Прийнята безбаштова схема з кільцевою магістральною мережею. Трасування магістральної кільцевої мережі виконано згідно з рекомендаціями щодо забезпечення надійності подачі води споживачам [3]. Проектування системи водопостачання міста та промислового підприємства виконано відповідно до вимог [2], це гарантує безперебійну подачу води хлібокомбінату та населенню навіть при аваріях на окремих ділянках.

Обґрунтування технології очищення. Обираючи спосіб знезараження води, слід орієнтуватися на початкову якість води та стандарти якості питної води [4]. Для визначення оптимальної схеми очищення слід керуватися інформацією з таблиці 16 [2]. Схема, що вибирається, мусить відповідати критеріям рентабельності, бути не надмірно заплутаною, забезпечувати найбільше залучення оборотних вод та найменші потреби станції очищення у свіжій воді.

Відповідно показникам якості сирової води (каламутність – 400 мг/ дм³, забарвленість максимальна – 70 град), та продуктивністю станції – 20960 м³/добу, прийнята схема ВОС з освітлювачі з завислим осадом і швидкими фільтрами.

Для процесу водоочищення задіяні такі хімічні реагенти:

- хлор у початковій дозі, який використовується для окиснення стабілізуючих колоїдних частинок під час коагуляції, а також для підтримання необхідного гігієнічного рівня на водоочисних об'єктах
- коагулянт – оксихлорид алюмінію, призначена для усунення колоїдних та найдрібніших завислих домішок.
- флокулянт, що слугує для оптимізації формування пластівцевої маси – дає змогу отримати більші та стійкіші агрегати.
- подальша (вторинна) доза хлору вноситься з метою остаточної санітарної обробки води.

Технологічна послідовність обробки води на очисному вузлі відображена на схемі, що міститься на кресленнях.

Оцінка обсягів водокористування. Загальний обсяг визначено на основі питомих норм [2] для 90 665 осіб та технологічного регламенту хлібокомбінату. Розрахунок виконано для доби максимального водоспоживання.

Оцінка якості води. Проектовані споруди гарантують доведення якості води до вимог [1]. Для промислового сектору впроваджено елементи системи НАССР для контролю безпечності води як інгредієнта харчової продукції [5].

Обґрунтування конструкцій. Для магістральної мережі обрані труби з полівінілхлориду (ПВХ). Це рішення дозволяє значно знизити капітальні витрати на монтаж та експлуатаційні витрати на захист від корозії порівняно зі сталевими трубами.

Організація експлуатації систем водопостачання.

Охорона праці та безпека. Оскільки експлуатація системи пов'язана з фізичними (шум, вібрація, електричний струм) та хімічними (реагенти) факторами, розроблено систему заходів з охорони праці. Вона включає організацію робочих місць, використання засобів захисту та дотримання санітарно-гігієнічних норм у машинних залах.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок об'єму водокористування

Система водопостачання мусить забезпечити забір із водойм потрібних обсягів води, очищення та доведення якості води до вимог питної води, подачу та розподіл води між споживачами.

Господарсько-питні потреби населення

Через коефіцієнт добової нерівномірності $K_{\text{доб.мах}}$, питоме водоспоживання $q_{\text{ж}}$ та розрахункову кількість мешканців $N_{\text{ж}}$, можна розрахувати витрата води на господарсько-питні потреби населення в добу найбільш інтенсивного водоспоживання (влітку) [2]:

$$Q_{\text{доб.мах.}} = \frac{K_{\text{доб.мах.}}(q_{\text{ж}} \cdot N_{\text{ж}})}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.1)$$

А кількість мешканців у місті знаходимо через густину людності p , чол/га та площу забудови F у га за формулою:

$$N_{\text{ж}} = p \cdot F, \text{ меш.} \quad (2.2)$$

Розрахунки за формулами 2.1 та 2.2 зводимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Обсяги водоспоживання на господарсько-питні потреби населення, полив вулиць та доріг.

Номер району	Площа району, F , га	Густина населення, P , чол/га	Число мешканців $N_{\text{ж}}$, чол.	Норма водоспоживання $q_{\text{ж}}$, л/чел·добу	Середньодобова витрата води $Q_{\text{сер.доб.}}$, м ³ /добу	$K_{\text{доб.мах}}$	Максимальна добова витрата $Q_{\text{доб.мах.}}$, м ³ /добу	Норма витрати на полив $q_{\text{п}}$ л/(добу·чел)	Витрата води на полив м ³ /добу $Q_{\text{полив}}$
1	260	150	39000	210	8190	1,2	9828	50	1950
2	290	350	10150	250	2537	1,2	3044,4	50	507,5
	$\Sigma=550$		$\Sigma=49150$	$\Sigma=10$	$\Sigma=10727$		$\Sigma=12872,4$		$\Sigma=2457,5$

Поливання вулиць та зелених насаджень

Витрата води для зрошення вулиць та зелених насаджень визначаються відповідно нормі на 1 полив згідно категорії [5] за формулою [3]:

$$Q_{\text{полив}} = \frac{q_n \cdot N_{\text{ж}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{полив. 1}} = \frac{50 \cdot 39000}{1000} = 1950 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$Q_{\text{полив. 2}} = \frac{50 \cdot 10150}{1000} = 507,5 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Розрахунки заносимо у таблицю 2.1

Витрата води на підприємстві

Витрата води на промисловому підприємстві виходячи з витрати води на побутові (господарсько-питні) потреби робітників, на приймання душу (душові потреби) та технологічні потреби при випуску продукції.

Витрата води для господарсько-побутових потреб робітників $N_{\text{хол}}$ і $N_{\text{гар}}$ у холодному або гарячому цеху, враховуючи скільки літрів води можна споживати одному робітнику за зміну [5], обчислюється за формулою [2, 3]:

$$Q_{\text{поб.роб}} = \frac{q_{\text{хол}} \cdot N_{\text{хол}}}{1000} + \frac{q_{\text{гар}} \cdot N_{\text{гар}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{зміна}, \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{поб}}^{1 \text{ зм}} = \frac{25 \cdot 220}{1000} + \frac{45 \cdot 220}{1000} = 15,4 \frac{\text{м}^3}{\text{зміна}};$$

$$Q_{\text{поб}}^{2 \text{ зм}} = \frac{25 \cdot 70}{1000} + \frac{45 \cdot 70}{1000} = 4,9 \frac{\text{м}^3}{\text{зміна}};$$

$$Q_{\text{поб}}^{3 \text{ зм}} = \frac{25 \cdot 70}{1000} + \frac{45 \cdot 70}{1000} = 4,9 \text{ м}^3/\text{зміна}.$$

Витрата води на відвідування душових робітниками по завершенні зміни визначається залежно від кількості душових сіток $N_{\text{д.с.}}$ на підприємстві:

$$Q_{\text{душ}} = q_{\text{д.с.}} \cdot N_{\text{д.с.}} \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.5)$$

де $q_{\text{д.с.}}$ – потік води крізь душеву сітку за 45 хвилин прийняття душу, який за [5] становить 375 л;

$N_{\text{д.с.}}$ – кількість душових сіток розраховуємо за формулою [3, 5]:

$$N_{д.с.} = \frac{N_{кор.душ.}}{N_1}, \text{ шт.} \quad (2.6)$$

$N_{кор.душ.}$ – чисельність робітників, які користуються душовими, ос.;

N_1 – розрахункова чисельність робітників на одну зміну душову сітку, приймається за [5] залежно від ступеня забрудненості виробництвом одягу та рук.

$$N_{кор.душ} = N_{роб.} \cdot P_{кор.душ} \quad (2.7)$$

$N_{роб.}$ – чисельність робітників, що використовують душ, ос.;

$P_{кор.душ}$ – частка працівників, які користуються душем.

$$N_{роб.}^1 = 15,4 \cdot 25 = 385 \text{ ос.}$$

$$N_{роб.}^2 = 4,9 \cdot 25 = 122,5 \text{ ос.}$$

Розрахунок обсягів водоспоживання зводять у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Обсяги водоспоживання на підприємства.

Номер зміни	Кількість робочих в зміну, чол.	Витрата на господарсько-питні потреби працівників		Витрата на користування душовими					Витрата на технологічні потреби м ³ /зміну	Загальна витрата води, м ³
		Норма л/чол. ст.	Витрата, м, Q _{поб.роб.}	Кіл. роб. кор. душ, чол.	Кіл. роб. на 1 душ. сег. чел.	Кіл. душ. сіт.	Норма витрати	Витрата на душ, м ³		
1	220	25	15,4	385	10	38,5	375	14	16	45,4
2	70	25	4,9	122,5	10	12,25	375	4,5	16	25,4
3	70	25	4,9	122,5	10	12,25	375	4,5	16	25,4
			Σ=25,2					Σ=23	Σ=48	Σ=96,2

Загальне користування води містом у добу максимального водоспоживання дорівнює сумі змінних витрат:

$$Q_{макс.доб} = \sum Q_{макс.доб} + \sum Q_{полив} + \sum Q_{поб.роб} + \sum Q_{душ} + \sum Q_{техн.}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.8)$$

$$Q_{макс.доб} = 12872,4 + 2457,5 + 25,2 + 23 + 48 = 15426,1 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

При використанні на технологічні потреби та полив води непитної якості ці витрати виключаються із суми.

Розподіл води за годинами доби

Використання води впродовж дня відбувається нерівномірно. Кожна група споживачів має свої характерні часові закономірності водоспоживання. Система міського водопостачання має бути спроектована так, аби забезпечувати максимальний погодинний потік води для цілого міста. Щоб визначити цю максимальну витрату, будують графіки споживання води окремими групами споживачів за годинами доби. Потім погодинні показники витрати додають, отримуючи таким чином загальний графік водоспоживання містом за годинами доби. Складання графіка проводиться у формі таблиці 2.3.

Розклад споживання води населенням залежить від показника годинної нерівномірності, який у свою чергу залежить від показника α_{\max} , що враховує ступінь облаштування будівель та інші місцеві умови, згідно з [2] та показник β_{\max} , що відображає чисельність населення в районі [2]

$$K_{\text{год.мах.}} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max} \quad (2.9)$$

$$K_{\text{год.мах.}} = 1,3 \cdot 1,15 = 1,495;$$

$$K_{\text{год.мах.}} = 1,3 \cdot 1,3 = 1,69.$$

Отримана величина $K_{\text{год.мах.}}$ застосовується для вибору середньостатистичного відсоткового розподілу витрати води по годинах доби. Ці відомості заносяться до таблиці 2.3, стовпці 2 та 4.

Витрата води на зрошення розподіляється відносно випадково, єдина умова – у години найбільшого водоспоживання зрошення відбуватися не повинна. Полив вулиць зазвичай виконується з 10 до 15 годин, а зелені насадження радять зрошувати з 20 до 7 годин, загалом полив триває 16 годин.

Вода на підприємстві на різні періоди витрачається в різних режимах. На господарсько-побутові потреби робітників витрата води розподіляється в межах зміни за графіком. Витрата води на користування душовими концентрується на наступну годину після кожної зміни.

Розподіл витрати води на технологічні періоди здійснюється за відомчими нормами або задається технологічним підприємством. У цій роботі витрату води на технологічні періоди дозволяється вважати рівномірним протягом доби.

Таблиця 2.3 – Зведена таблицка обліку споживання води протягом доби

Часи доби	Жителі					Зрошення		Підприємство				Загальна витрата води, м ³ /год	Загальна витрата води містом, м ³ /год
	1 район $K_{год}^{max} = 1,495$		2 район $K_{год}^{max} = 1,690$		Загальна витрата води населенням, м ³ /год	% від добової витрати	Витрата води, м ³ /год	Господарсько-питні потреби робітників		Користування душами, м ³ /год	Технологічні потреби, м ³ /год		
	% від добової витрати	Витрата води, м ³ /год	% від добової витрати	Витрата води, м ³ /год				% від змінної витрати	Витрата води, м ³ /год				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0-1	1,50	122,85	0,9	91,35	214,2	3,09	76,49	12,5	25,2	23	16	64,2	354,89
1-2	1,50	122,85	0,9	91,35	214,2	3,09	76,49	6,25	25,2	23	16	64,2	354,89
2-3	1,50	122,85	0,9	91,35	214,2	3,09	76,49	6,25	25,2	23	16	64,2	354,89
3-4	1,50	122,85	1,0	101,5	224,35	3,09	76,49	6,25	25,2	23	16	64,2	365,04
4-5	2,50	204,75	2,35	238,52	443,27	3,09	76,49	18,25	25,2	23	16	64,2	582,91
5-6	3,50	286,65	3,85	390,77	677,42	3,09	76,49	37,50	25,2	23	16	64,2	818,11
6-7	4,50	368,55	5,2	527,8	896,35	3,09	76,49	6,25	25,2	23	16	64,2	1057,04
7-8	5,50	450,45	6,2	629,3	1079,75	3,09	76,49	6,25	25,2	23	16	64,2	1220,39
8-9	6,25	5,11	5,5	558,25	1069,25	3,09	74,49	12,5	25,2	23	16	64,2	1203,94
9-10	6,25	5,11	4,85	492,27	1003,27	3,09	74,49	6,25	25,2	23	16	64,2	1143,96
10-11	6,25	5,11	5,0	507,2	1018,2	24,75	24,75	6,25	25,2	23	16	64,2	1106,95
11-12	6,25	5,11	6,5	659,75	1170,75	-24,75	24,75	6,25	25,2	23	16	64,2	1259,7
12-13	5,00	409,5	7,5	761,25	1170,75	24,75	24,75	18,75	25,2	23	16	64,2	1259,7
13-14	5,00	409,5	6,7	680,05	1089,65	-24,75	24,75	37,50	25,2	23	16	64,2	1178,6
14-15	5,50	450,45	5,35	543,02	993,47	-24,75	24,75	6,25	25,2	23	16	64,2	1022,42
15-16	6,00	491,4	4,65	471,97	963,37	-24,75	24,75	6,25	25,2	23	16	64,2	1052,62
16-17	6,00	491,4	5,5	558,25	1079,95	-24,75	24,75	12,5	25,2	23	16	64,2	1168,9
17-18	5,50	450,45	5,5	558,25	1008,7	-24,75	24,75	6,25	25,2	23	16	64,2	1097,65
18-19	5,00	409,5	6,3	639,45	1048,95	3,09	74,49	6,25	25,2	23	16	64,2	1137,9

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
19-20	4,50	368,55	5,35	543,02	911,57	3,09	74,49	6,25	25,2	23	16	64,2	1000,52
20-21	4,00	327,6	4,0	406,00	733,6	3,09	74,49	18,75	25,2	23	16	64,2	822,55
21-22	3,00	245,7	3,0	304,5	550,2	3,09	74,49	37,50	25,2	23	16	64,2	639,15
22-23	2,00	163,8	2,0	203,00	366,8	3,09	74,49	6,25	25,2	23	16	64,2	455,75
23-24	1,50	122,9	1,0	101,5	224,35	3,09	74,49	6,25	25,2	23	16	64,2	313,3
		$\Sigma=8168,5$		$\Sigma=10149,67$	$\Sigma=49,44$		$\Sigma=1421,84$						$\Sigma=20958,52$

Внаслідок підсумовування витрат води по годинах доби (по рядках) у колонці 14 виходить загальна витрата води містом. Максимальній цифрі в цій колонці відповідає час максимального водокористування. Рядок, що відповідає цій годині, підкреслений. В цю годину поливання не відбувається.

Обрання режимів роботи насосних станцій та визначення обсягів регулюючих ємностей

Компоненти системи водопостачання працюють за доволі різними графіками:

- насосна станція 1 підйому подає воду стабільно;
- насосна станція 2 підйому функціонує за ступінчастим режимом;
- населення споживає воду мінливо, згідно з коливаннями процесів їхньої діяльності, графік можливого водоспоживання наведено в таблиці 2.3, рядок 14.

Водночас обсяг води, що подається насосами 1 та 2 підйому, мусить дорівнювати водоспоживанню. Для збалансування графіків у системі водопостачання встановлюють регулюючі місткості:

- резервуари чистої води (РЧВ) для вирівнювання розбіжностей графіків роботи насосних станцій 1 та 2 підйому, сховища знаходяться на території очисних споруд перед НС-2;
- водонапірна вежа для компенсації невідповідності графіків роботи насосної станції 2 підйому та водоспоживання, вежа розташовується на найвищій відмітці міста.

Заздалегідь максимальний об'єм водонапірної башти можуть обрати рівним $5\%Q_{\text{доб}}$. Якщо величина виявиться більшою за 800 м^3 , тобто більшою за об'єм найбільш великої типової башти, то від влаштування водонапірної вежі слід утриматися (безбаштова система водопостачання).

Для підбору графіка роботи насосної станції 2 підйому будується графік водоспоживання за даними таблиці 2.3 (стовпець 14). Далі підбираємо графік подачі води насосами 2 підйому.

Для визначення об'єму резервуарів чистої води потрібно узгодити графіки роботи насосних станцій 1 та 2 підйому. За узгодженим графіком обчислюємо регулюючий об'єм РЧВ $W_{рчв}$. Максимальний залишок води в РЧВ і становить регулюючий об'єм $W_{рчв}$.

2.1.1 Проектування мережі водопостачання

Водопровідна мережа повинна забезпечувати безперебійне подавання води до всіх споживачів. Розрахунок регулюючого обсягу резервуару чистої води можна подивитися у додатку А.

Трасування мережі водогону

Головна кільцева мережа забезпечує розподіл води територією міста й повинна охоплювати її цілком.

Кільця і їх кількість визначається площею міста. Вузли водопровідної мережі нумеруються, починаючи від точок приєднання водоводів, що живлять (початку мережі).

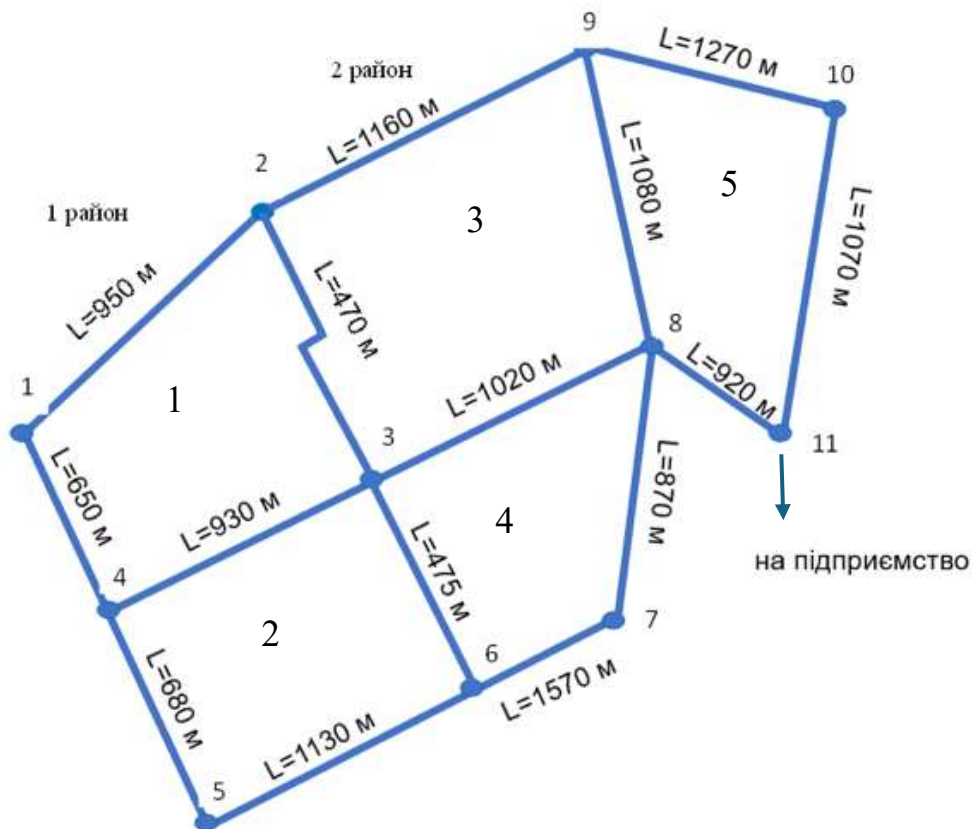


Рисунок 2.1 – Схема водопровідної мережі міста

Визначення проєктних витрат води у ділянках мережі

Мережу водопостачання розраховують для двох умов експлуатації:

- подача води у період найбільшого добового водоспоживання;
- подача води під час пожежі у період найбільшого добового водоспоживання.

Другу умову (пожежа) використовують для підтвердження спроможності мережі забезпечити необхідний пожежний потік.

Далі визначаються вузлові витрати, величина вузлових витрат дорівнює пів сумі шляхових витрат ділянок мережі, що прилягають до вузла (табл. 2.4).

Щоб визначити розрахункові витрати, спершу треба окреслити орієнтовний шлях руху води на відрізках кільцевої мережі. Вода від точок введення (місць приєднання водоводів від НС-2 до мережі водопостачання) має текти до найбільш віддаленої точки цієї мережі. Бажано, аби в кожному кільці число ділянок із рухом води за годинниковою стрілкою дорівнювало числу ділянок із рухом води супроти годинникової стрілки. Найвіддаленіша від введення точка мережі зветься точкою сходу потоків; таких точок може бути й дві. Розрахунок витрат слід розпочинати саме від цих точок сходу потоків. При цьому необхідно дотримуватися двох настанов:

1. Обсяг рідини, що надходить до вузла, має дорівнювати обсягу рідини, що виходить із вузла $\sum q = 0$;

2. Розрахункова витрата на ділянках ланцюга, якими вода подається у вузол, повинна дорівнювати сумі транзитної витрати та вузлової.

$$\sum q_{\text{вх}} = q_{\text{транс.}} + q_{\text{вузл.}} \quad (2.10)$$

Перехідним вважається розрахунковий витік на ділянках мережі, що виходять з вузла.

Розрахунок проєктних витрат розпочинається з вузла 11, куди має надходити водяний потік у обсязі 37,91 л/с. На етапі попередніх оцінок можна вважати, що розрахункові витрати води на відрізках 10-11 та 8-11 дорівнюють чверті від загальної витрати вузла. Прохідного стоку тут немає, оскільки з вузла не виходять жодні ділянки. При виконанні обчислень слід дотриматися вимоги,

щоб розрахункова витрата на кожній ділянці була не меншою за половину шляхової витрати на цій же ділянці.

Таблиця 2.4 – Відомість визначення шляхових витрат

Номер ділянки	1 район			2 район			Повна шляхова витрата на ділянці $q_{\text{шлях.і}} \text{ л/с}$
	Довжина ділянки, $L_i, \text{ м}$	Питома витрата $q_{\text{пит}} \text{ л/с}\cdot\text{м}$	Шляхова витрата $q_{\text{шлях.і}} \text{ л/с}$	Довжина ділянки, $L_i \text{ м}$	Питома витрата $q_{\text{пит}} \text{ л/с}\cdot\text{м}$	Шляхова витрата $q_{\text{шлях.і}} \text{ л/с}$	
1-2	950	0,0275	25,65				25,65
2-3	470	0,0275	12,69				21,69
3-4	930	0,0275	25,11				25,11
4-1	650	0,0275	17,55				17,55
3-6	475	0,0275	12,83				21,86
6-5	1130	0,0275	30,51				30,51
5-4	680	0,0275	18,36				18,36
2-9				1160	0,0188	22,04	22,04
9-8				1080	0,0188	20,52	20,52
8-3				1020	0,0188	19,38	19,38
3-2				470	0,0188	8,93	-
8-7				870	0,0188	16,53	16,53
7-6				1570	0,0188	29,83	29,83
6-3				475	0,0188	9,03	-
9-10				1270	0,0188	24,13	24,13
10-11				1070	0,0188	20,33	20,33
11-8				920	0,0188	17,48	17,48
	$\Sigma=5285$		$\Sigma=145,38$	$\Sigma=9905$		$\Sigma=186,73$	$\Sigma=332,11$

Водночас необхідно прагнути до збалансованого завантаження головних ліній 1-10, 4-11 та 5-7. Встановлюємо розрахунковий витрату q_p^{8-11} як 19,91 л/с (табл. 2.4), а q_p^{10-11} як 18,00 л/с. Звідси випливає, що q_p^{9-10} становитиме $18,00 + 22,23 = 40,23$ л/с; де 18.00 л/с – це транзитний потік, а 22,23 л/с – вузловий. Ситуація у вузлі 8 є більш запутаною. Сюди вода надходить по трьох гілках (7-8, 3-8, 9-8). Для досягнення однакового навантаження на магістралях, ми

підвищуємо витрати води на ділянках 3-8 та 7-8. Загальний же потік у всіх трьох відрізках мусить скласти $19,91 + 36,95 = 56,86$ л/с. Витрату у магістралі 3-8 призначаємо 13,90 л/с, а на відрізках 7-8 та 9-8 – 19,91 та 12,44 л/с відповідно. У підсумку, ми визначили витрати для кожної частини мережі, які нанесемо на план міста на кресленні.

Вибір матеріалу труб та визначення діаметрів трубопроводу на ділянках мережі

Досягнуті значення розрахункових витрат застосовують для визначення діаметрів труб у водопровідній мережі. Надаємо перевагу полівінілхлоридним (пластиковим) трубам. Діаметри труб підбираються за допомогою [6], перебуваючи в межах економічно оптимальних швидкостей. Затверджені діаметри труб нанесено на схему мережі разом із розрахунковими витратами.

2.1.2 Ув'язування кільцевої мережі водопостачання

Метою ув'язки є з'ясування справжнього розподілу потоку у кільцях [3]. Ув'язка мережі за методом Лобачева виконується у формі таблиці 2.5.

Параметри довжин ділянок, діаметрів труб та розрахункових витрат води було встановлено вище за текстом. Швидкість плинину води U (м/с) та величина $1000i$ визначаються за допомогою [6], виходячи з матеріалу, діаметра труб та відповідної розрахункової витрати.

Втрата напору h обчислюється як [3] $1000i \cdot L \cdot 10^3$ (у метрах). Значення S_q отримують шляхом ділення напору h (м) на розрахункову витрату q (л/с).

Величинам втрат напору, позначеним як h , надають певні знаки, що залежать від напрямку течії води на відповідній ділянці в межах даного контуру. Коли рух води на цій ділянці відбувається за годинниковою стрілкою, знаку втрат напору надається знак плюс, а якщо ж рух спрямований проти годинникової стрілки – знак мінус. Величина Δh являє собою нев'язку втрат тиску в контурі дорівнює алгебраїчній сумі втрат напору на ділянках мережі, що утворюють цей контур. Дане значення не має перевищувати $\pm 0,5$ м. Корируюча витрата у контурі обчислюється за формулою:

$$\Delta h = \frac{\pm \Delta h}{2 \sum S q}, \text{ л/с} \quad (2.11)$$

Коригуючий витік має знак, протилежний знаку невязки у втратах напорів Δh . На ділянках, що входять до суміжних кілець, виходять дві величини коригуючого витіку. Сумарний коригуючий витік дорівнює алгебраїчній сумі коригуючих витіків двох кілець. Якщо ділянка не суміжна, то сумарний коригуючий витік, дорівнює коригуючому.

Виправлений витік знаходять наступним чином: розрахунковому витіку q надають знак втрат напорів Δh та алгебраїчно сумують q й Δq_c . Далі за спрямованим витіком та діаметром труб за таблицями Шевельова знаходять $1000i$, потім втрати напорів h та Δh . Якщо величини Δh у кожному кільці виявляться меншими за 0,5 м, то узгодження можна припинити. Проте, треба перевірити невідповідність по контуру мережі Δh_k . Для цього контур мережі розглядають як одне велике кільце й Δh_k знаходять як для одного кільця. Величина невідповідності не повинна перевищувати 1 м. Якщо ця умова не виконується, то узгоджують втрати напорів по контуру, аналогічно узгодженню кілець мережі – визначають поправочні та виправлені витіки, знову втрати напорів h та Δh_k .

Після ув'язування загальне кільце (рис. 2.2) за гідравлічними розрахунками зведено у таблицю 2.6.

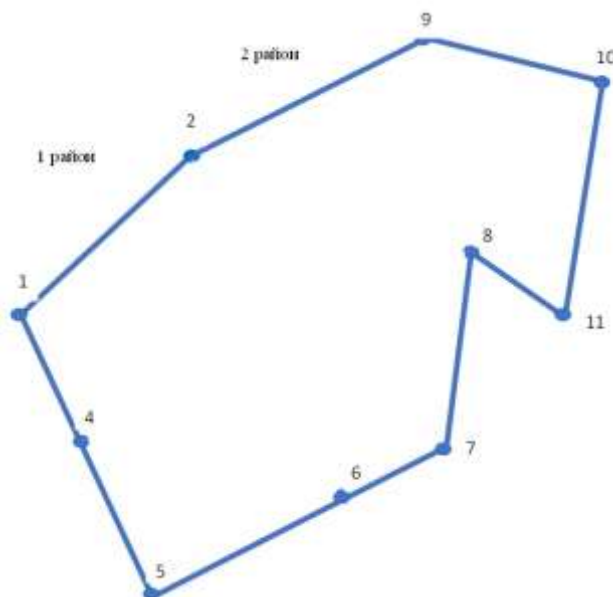


Рисунок 2.2 – Схема водопровідної мережі по загальному кільцю

Таблиця 2.5 – Гідравлічний розрахунок кільцевої мережі водопроводу за методом В. Г. Лобачова

№ кільця	№ ділянки	Довжина ділянки, L, м	Діаметр труб, d, мм	Вихідні дані					Поправна витрата, л/с	І виправлення			
				Розрахункова витрата, q, л/с	Швидкість руху води U, м/с	1000i	Втрати напору, h, м	Величина Sq		Виправлена витрата, л/с	U, м/с	1000i	h, м
1	2	950	400	132,99	1,162	2,7166	+2,58	0,019	+0,74	86,38	0,7774	1,3108	+1,52
1	2-3	470	160	12,32	0,6892	3,1621	+1,49	0,121	+0,74 +0,36	15,42	0,8470	4,6802	+1,05
	3-4	930	225	25,00	0,6954	2,1133	-1,97	0,079	-0,74 -0,33	13,21	0,3713	0,6840	-0,71
	4-1	650	160	14,71	0,7995	4,1490	-2,70	0,184	-0,74	11,22	0,6211	2,6539	-1,25
								Δh=0,6	ΣSq=0,403				
2	4-3	930	225	25,00	0,6954	2,1133	+1,97	0,079	+0,33 +0,74	26,07	0,7425	2,4221	+2,25
	3-6	475	225	30,58	0,8484	3,0452	-1,45	0,047	-0,33 -0,33	29,92	0,8568	3,1509	-1,51
	6-5	1130	400	124,58	1,0916	2,4187	-2,73	0,022	-0,33	124,25	1,1209	2,5813	-2,92
	5-4	680	225	30,80	0,8484	3,0452	+2,07	0,067	+0,33	31,13	0,8853	3,3470	+2,28
							Δh=0,14	ΣSq=0,215					Δh=0,1

Продовження таблиці 2.5

№ кілця	№ ділянки	Довжина ділянки, L, м	Діаметр труб, d, мм	Вихідні дані					Поправна витрата, л/с	І виправлення			
				Розрахункова витрата, q, л/с	Швидкість руху води U, м/с	1000i	Втрати напору, h, м	Величина Sq		Виправлена витрата, л/с	U, м/с	1000i	h, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	2-9	1160	400	86,02	0,7714	1,3108	+1,52	0,018	+0,36	86,38	0,7774	1,3108	+1,52
	9-8	1080	160	12,44	0,6892	3,16210,	+3,42	0,275	+0,36 +0,28	15,42	0,8470	4,6802	+1,05
	8-3	1020	225	13,90	0,7719	3,8907	-3,97	0,286	-0,36 -0,33	13,21	0,3713	0,6840	-0,71
	3-2	470	160	12,32	0,6892	3,1021	-1,47	0,119	-0,36 -0,74	11,22	0,6211	2,6539	-1,25
							$\Delta h = -0,5$	$\Sigma Sq = 0,698$					$\Delta h = -0,61$
4	3-8	1020	225	13,90	0,7719	3,8907	+3,97	0,286	+0,33 +0,36	14,56	0,4141	0,3338	+0,85
	8-7	870	225	29,82	0,8345	2,954	-2,57	0,036	-0,33	29,49	0,8425	3,0549	-2,66
	7-6	1570	315	53,00	0,7522	1,6207	-2,54	0,048	-0,33	52,67	0,7581	1,6713	-2,62
	6-3	475	225	30,58	0,8484	3,0452	+1,45	0,047	+0,33 +0,33	31,24	0,8859	3,3470	+1,59
							$\Delta h = -0,31$	$\Sigma Sq = 0,467$					$\Delta h = -2,84$

Продовження таблиці 2.5

№ кіляця	№ ділянки	Довжина ділянки, L, м	Діаметр труб, d, мм	Вихідні дані					Поправна витрата, л/с	І виправлення			
				Розрахункова витрата, q, л/с	Швидкість руху води U, м/с	1000i	Втрати напору, h, м	Величина Sq		Виправлена витрата, л/с	U, м/с	1000i	h, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	9-10	1270	315	40,23	0,5832	1,0318	+1,31	0,033	+0,28	40,52	0,5832	1,0318	+1,31
	10-11	1070	225	18	0,5007	1,159	+1,24	0,069	+0,28	18,28	0,5141	1,2358	+1,32
	11-8	920	225	19,91	0,5563	1,4047	-1,29	0,065	-0,28	19,63	0,5569	1,4302	-1,32
	8-9	1080	160	12,44	0,6892	3,1621	-1,42	0,114	-0,28 -0,36	11,8	0,6494	2,8781	-3,11
							$\Delta h=0,6$	$\Sigma Sq=0,281$					$\Delta h=1,8$

Друге виправлення							
№ кільки	№ ділянки	Величина Sq	Поправна витрата, л/с	Виправлена витрата, л/с	U, м/с	1000i	h ,м
4	3-8	0,11	+0,57 -0,36	14,83	0,4141	0,8338	+0,85
	8-7	0,061	-0,57	29,25	0,8282	2,9603	-1,79
	7-6	0,041	-0,57	52,43	0,7581	1,6713	-1,62
	6-3	0,07	+0,57 -0,33	31,48	0,8996	3,4471	+2,64
		$\Sigma Sq=0,282$					$\Delta h=0,08$
5	9-10	0,033	+2,13	42,36	0,6123	1,1284	+1,49
	10-11	0,073	+2,13	20,13	0,5997	1,6376	+1,75
	11-8	0,066	-2,13	17,78	0,4998	1,1740	-1,08
	8-9	0,25	-2,13	9,95	0,559	2,1905	-2,37
		$\Sigma Sq=0,422$					$\Delta h=0,2$

Таблиця 2.6 – Гідравлічного розрахунку кільцевої водопровідної мережі по методу виправлених годинних витрат Лобачова

№ ділянки	Довжина ділянки, L, м	Діаметр труб, d, мм	Вихідні дані					Перше виправлення				
			Розрахункова витрата, q, л/с	Швидкість руху води U, м/с	1000i	Втрати напору, h, м	Величина Sq	Втрати напору, h, м	Виправлена витрата, л/с	U, м/с	1000i	h, м
1-2	950	400	132,99	1,1620	2,7166	+2,58	0,019	+2,55	135,54	1,2294	3,0647	+1,91
2-9	1160	400	86,62	0,7714	1,3108	+1,52	0,018	+2,55	88,57	0,7955	1,3677	+1,59
9-10	1270	315	40,23	0,5832	1,0318	+1,31	0,033	+2,55	42,78	0,6269	1,1783	+1,50
10-11	1070	225	18,00	0,5007	1,159	+1,24	0,069	+2,55	20,55	0,5855	1,5770	+1,69
11-8	920	225	19,91	0,5563	1,4047	-1,29	0,065	-2,55	17,36	0,4855	1,1136	-1,02
8-7	870	225	29,82	0,8345	2,954	-2,57	0,086	-2,55	27,27	0,7711	2,5959	-1,26
7-6	1570	315	53,00	0,7522	1,6207	-2,54	0,048	-2,55	50,45	0,7289	1,5548	-2,44
6-5	1130	400	124,68	1,0916	2,4187	-2,73	0,022	-2,55	122,13	1,1028	2,5045	-1,83
5-4	680	225	30,80	0,8484	3,0452	+2,07	0,067	+2,55	33,35	0,9424	3,7556	+2,55
4-1	650	160	14,71	0,7995	4,149	-2,70	0,184	-2,55	12,16	0,6776	3,1107	-2,02
						$\Delta h=3,11$	$\Sigma Sq=0,611$					$\Delta h=0,03$

Визначення вільних тисків у мережі

Спочатку треба визначити потрібні вільні напори в усіх вузлах водопровідної мережі за формулою [2]:

$$H_{\text{ВІЛ}}^{\text{необ}} = 10 + 4(n - 1), \text{ м} \quad (2.12)$$

де n – відповідає за кількість поверхів споруд житлового призначення, розташованих поблизу цього вузла.

$$H_{\text{ВІЛ}}^{\text{необ}} = 10 + 4(5 - 1) = 26 \text{ м.}$$

$$H_{\text{ВІЛ}}^{\text{необ}} = 10 + 4(2 - 1) = 14 \text{ м.}$$

Далі визначають точку мережі, що вважається «критичною», зазвичай це найвіддаленіша від вводу точка або така, що має найвищі позначки рельєфу. У цій самій «критичній» точці фактичний і потрібний вільний напір прирівнюють один до одного, а позначку п'єзометричної лінії в даній точці обчислюють за формулою:

$$Z_n = Z_3 + H_{\text{ВІЛ}}^{\text{необ}}, \text{ м} \quad (2.13)$$

де Z_n – висота п'єзометричної поверхні у «вузловій» точці, виражена у метрах;

Z_3 – позначка земної поверхні у цій самій ділянці, також у метрах (згідно з генеральним планом).

Тепер зосередимося на визначенні позначок п'єзометричної лінії та реальних вільних напорів у всіх інших ланках мережі. Для цього ми задіємо схему мережі, на яку вже нанесено напрямки руху води після узгодження, а також значення втрати напору на кожній ділянці. Розрахунок п'єзометричних позначок здійснюється за формулою:

$$Z_n^{i-1} = Z_n^i \pm h, \text{ м} \quad (2.14)$$

де (i) та $(i + 1)$ – це позначення вузлів мережі;

h – це втрати напору на ділянці мережі між (i) та $(i+1)$ після того, як було проведено узгодження, вимірюються у метрах.

Знак "плюс" перед втратами напору h застосовується тоді, коли рух води на ділянці відбувається від вузла $(i+1)$ до (i) ; у зворотному ж напрямку ставлять знак "мінус". Починаючи від "критичної" точки, ми обходимо всі вузли по периметру мережі, вирушаючи з кожного вузла Z_n^i повертаючись у ту саму точку. Різниця між

початковою п'єзометричною позначкою та розрахунковою у "критичній" точці має дорівнювати нерівності по контуру. Вільний напір у вузлах, що не належать до контуру мережі, може бути визначений, спираючись на будь-який вузол шляхом застосування вищеприписаного методу. Усі отримані розрахунки слід зафіксувати у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Визначення фактичних вільних напорів у годину найбільшого водоспоживання.

№ вузлів мережі	№ ділянок	Втрати напорів на ділянках, h , м.	Необхідний вільний напір, $H_{\text{віль.}}^{\text{необ.}}$, м.	Відмітки		Фактичний вільний напір, $H_{\text{віль.}}^{\text{необ.}}$, м.
				Поверхні землі, Z_3 , м.	П'єзометричні, $Z_{\text{п.}}$, м.	
9*	9-2	+1,52	26	66,0	92	26
2	2-1	+2,75	14	73,7	93,5	19,8
1	1-4	-2,68	14	78,5	96,5	18
4	4-5	+2,28	14	75,6	93,8	18,2
5	5-6	-2,92	14	70,0	96,1	26,1
6	6-7	-1,62	26	65,7	93,2	27,5
7	7-8	-1,79	26	62,5	91,6	29,1
8	8-11	-1,32	26	62,8	89,8	36
11	11-10	+1,32	26	56,7	88,5	31,8
10	10-9	+1,31	26	56,2	89,8	42,6

*- критична точка.

Розмір фактичного вільного тиску не повинен сягати 60 м.

Визначення діаметрів водоводів та необхідного напору насосів

Розміри діаметрів труб, що ведуть від насосної станції другого підйому до водопровідної мережі, слід визначати, ґрунтуючись на розрахунковій витраті води у годину пікового водоспоживання. Усі водогони мають бути ідентичними за кількістю. Якщо станеться аварія на одному з них, решта зобов'язані підтримувати подачу в обсязі не менше, ніж 70% від розрахункової витрати води.

Таблиця 2.8 – Характеристика водопровідних систем від насосної станції 2-го підйому

Назва водогону	Довжина L , м	Кількість ліній, n , шт.	Діаметр труб, d , мм	Витрата води по одній лінії, q л/с	U , м/с	1000і	Втрати напору, h , м	Відмітка землі на початку та вкінці водогону, Z_3 , м.
(НС-2)-мережі	3200	$n \geq 2$	500	170,0	0,9	1,2	4,95	55Н ₃ 60К ₃

Схема розбивки (монтажна схема) водопровідної мережі

Креслення схеми одного колодязя мережі виконується у масштабі від 1:500 до 1:5000. На цій мережевій схемі відображаємо діаметри труб, проміжки між ними, кути відхилення, порядкові номери вузлів, розташування пожежних гідрантів, а також оглядових та вентиляційних колодязів. Деталізацію конструкції самих колодязів креслять окремо, без використання масштабу. Цей окремий креслення має демонструвати фасонні складові, запірну арматуру, контрфорси та інші компоненти мережі, містити розміри усіх деталей та прив'язку осей труб до стінок колодязя, включно з його загальними габаритами. Даний колодязь змонтовано із попередньо виготовлених залізобетонних частин.

2.2 Водозабірні споруди

Водозабірні споруди становлять основу водопровідних мереж та мають ключове значення для стабільного постачання води до споживачів. Значні обсяги водокористувачів, як правило, беруть, а отже і відбирають воду з відкритих водойм. Архітектурне рішення та функціонування водозаборів напряду детерміновані умовами довкілля, при цьому вони самі чинять зворотний вплив на природну сферу. Лише фахове інженерне та екологічно обґрунтоване проектування водозабірних систем гарантує безаварійну експлуатацію водопроводу, максимально зберігаючи при цьому водні запаси.

Обрання локації для водозабірної споруди

Надійність функціонування водозабірної споруди значною мірою детермінована місцем її розташування. При визначенні місця розміщення водозабірника мусять бути дотримані такі імперативи [2, 3]:

- метод забору води має бути простим та фінансово вигідним;
- обов'язкове забезпечення безперебійного надходження потрібного обсягу води, зважаючи на клас надійності;
- наявність потенціалу для створення зон санітарного захисту;
- вода за якістю повинна бути максимально наближеною до вимог споживача;
- локація забору води має бути розташована в безпосередній близькості до точки споживання.

Категорично заборонено розміщувати водозабірники там, де спостерігається ерозія берегів, схильність до зсувів ґрунту, акумуляція алювію, нерестилища риб, у секторах судноплавства, зонах заторів криги та шуги, а також у верхній частині водосховища.

Обране місце для встановлення водозабірної споруди має відповідати положенням пунктів 9.2.3-9.2.5 [2].

Водозабірник інстальовано на випуклому березі, вище за течією від населеного пункту, на річці, вище за течією від забруднюючого притоку, та вище за течією від острова.

2.2.1 Обрання різновиду приймача води

Обираючи тип водозабірної споруди, слід керуватися положеннями пунктів 9.2.3-9.2.5 та таблицею 14 [2]. Першочерговою задачею є визначення рівня складності природних умов водозабору на основі даних, наведених у таблиці 13 [2]. У рамках цього курсового проєкту, природні умови забору води оцінені як середні: запиленість становить 500 мг/л, ложе водойми та водотоку є стабільним; спостерігається наявність внутрішньоводного льодоутворення, стійкий льодостав потужністю менше 1,2 м; товщина льоду не перевищує 0,8 м; відсутні в акваторії

такі організми як дрейссена, баянус, мідії, водорості, а також мінімальна кількість забруднень та стороннього сміття. Відповідно, категорія водозабірної споруди встановлена як -1.

У межах цього курсового завдання обрано прибережний водозабір. Берегові водозабірні споруди розробляються, коли місцевість має круті схили до водойми. Клас надійності водопостачання встановлено як -1, що зумовлено чисельністю населення – 90 665 осіб. З огляду на невисоку потужність водозабору – 65 900 м³/добу, типові природні обставини, значний розмах коливань рівня води 4,7 м (що перевищує 4 м), а також наявність глинистого (пластичного) ґрунту, проектується водозабір із окремим розташуванням його елементів. Така конфігурація визнана найбільш рентабельною для заданих проектних умов. Обрана схема найбільш слушна для цього курсового проекту, яку ми обрали. Щоб довести слушність обраного типу водозабірної споруди, необхідно побудувати поздовжній профіль водного об'єкта у межах створу водозабору.

2.2.2 Гідрравлічні прорахунки складових водозабірної споруди

Визначення проектних витрат води

Слід здійснити гідрравлічні обчислення водозабірних отворів та сміттєзатримуючих решіток. Ці розрахунки слід проводити як для штатного режиму функціонування елементів водозабірної споруди, так і для форсованих умов роботи.

Штатна робота водозабірника матиме місце, коли усі його секції задіяні одночасно. У форсованому ж режимі окремі компоненти водозабірної конструкції функціонуватимуть за умови виведення з роботи однієї секції. Зважаючи на те, що для цього курсового проекту встановлено перший рівень надійності, не можна допускати зменшення подачі води більш ніж на тридцять відсотків.

Розрахунковий дебіт для однієї секції у стандартних умовах, який позначимо як Q_n буде отримано шляхом ділення загальної пропускної здатності водозабірника Q на число секцій n_c :

$$Q = 21295 \text{ м}^3/\text{доб} = 883,3 \text{ м}^3/\text{год} = 0,245 \text{ м}^3/\text{с} = 245,4 \text{ л/с};$$

$$Q_n = Q/n_c, \quad \text{л/с}, \quad (2.15)$$

$$Q_n = 21295/2 = 10600 \text{ м}^3/\text{доб} = 441,7 \text{ дм}^3/\text{год} = 0,123 \text{ м}^3/\text{с} = 122,7 \text{ л/с}.$$

Проектна пропускна здатність у пришвидшеному режимі:

$$Q_\phi = 0,7Q/(n_c - 1), \text{ л/с}, \quad (2.16)$$

$$Q_\phi = 0,7 \cdot 21295/(2 - 1) = 14840 \text{ м}^3/\text{доб} = 618,3 \text{ м}^3/\text{год} = 0,1718 \text{ м}^3/\text{с} = \\ = 171,8 \text{ л/с}$$

Щоб гарантувати належну стійкість, слід обирати не менше ніж по дві секції.

Габарити приймальних елементів водозабору розраховують, виходячи з проектної (нормативної) витрати Q_n . Значення витрати Q_ϕ використовується для обчислення втрат тиску (напору) у складових частинах водоприймача, що необхідно для визначення найнижчого можливого рівня води у прибережному оглядовому колодязі.

Здійснення прорахунку віконних прорізів на вході

Розмір одного водоприймального вікна для води:

$$F_1 = \frac{1.25KQ_n}{V}, \text{ м}^2 \quad (2.17)$$

де V – це швидкість надходження води (значення береться відповідно до рекомендацій [3], з компенсацією впливу захисту від риби та криги), м/с;

K – коефіцієнт, який відображає ступінь засмічення отвору решітками (через пруту чи замулення галькою)

$$K = (a + c)/a \quad (2.18)$$

де $a = 100$ – це ширина просвіту між прутами решітки, у міліметрах;

$c = 20$ – це товщина цих прутів решітки, також у міліметрах.

$$K = \frac{50 + 6}{50} = 1,12 \text{ мм},$$

$$F_1 = 1,25 \cdot 1,12 \cdot \frac{0,123}{0,3} = 0,69, \text{ м}^2$$

Вхідні вікна ми приймаємо із розмірами 800 на 1000.

Окрім визначення розмірів цих вхідних вікон, потрібно ще з'ясувати, як саме вони будуть розміщені у межах основного поля джерела. Для встановлення вікон мінімальна товщина водної поверхні у джерелі повинна бути такою:

$$H_{\text{мін}} = H_{\text{вх}} + h + 0,8, \text{ м} \quad (2.19)$$

де H – то є висота вхідного вікна, вимірювана у метрах;

h – відповідає висоті половини хвилі (значення котрої становить 0,2).

$$H_{\text{мін}} = 1 + 0,2 + 0,8 = 2 \text{ м.}$$

Визначення параметрів огорожувальних конструкцій для затримання твердих побутових відходів

Ми використовуємо саме плоскі сітки, адже показники продуктивності водозабірної споруди не надто високі – 21295 м³/добу, а рівень каламутності становить 400 мг/дм³.

Далі ми розраховуємо необхідну площу для цих плоских сіток, позначивши її як F_c . При цьому коефіцієнт K розраховується згідно із такою формулою:

$$K = [(a + c/a)]^2 \quad (2.20)$$

де $a = 2$ – зазор між дротами сітки, міліметри;

$c = 1$ – товщина дроту сітки, міліметри.

$$K = [(2 + 1)/2]^2 = 2,25$$

$$F_c = \frac{1,25KQ_H}{V}, \text{ м}^2, \quad (2.21)$$

$$F_c = 1,25 \cdot 2,25 \cdot \frac{0,123}{0,5} = 0,7 \text{ м}^2.$$

Показник, що відбиває ступінь зменшення площі через каркаси та з'єднання, становить 1,3. Якщо ж використовувати поворотні сітки, які мають підведення води, як зсередини, так і ззовні, то значення F_c скорочується вдвічі.

$$F_c = 1,17 \cdot 1,3 = 1,5 \text{ м}^2.$$

Приймаємо розмір сітки 800×1000.

Визначення найнижчої позначку рівня води у колодязі

Мінімальний рівень води у криниці, котрий фіксується, коли водозабір працює у форсованому режимі визначається за формулою:

$$Z_k = Z_H - \sum h, \text{ м} \quad (2.22)$$

де Z_H – це найнижчий рівень води у витопці, що дорівнює меншому зі значень низького горизонту води або нижньої межени криги, виміряний у метрах;

h – це загальне зниження тиску (втрати напору) на траєкторії руху води від витоку до колодязя

Втрати напору приймаються, м:

в ґратах (h_r) – 0,05 ... 0,1;

в сітках (h_c) – 0,1 ... 0,2.

$$\sum h = h_r + h_c, \text{ м}, \quad (2.23)$$

$$\sum h = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ м},$$

$$Z_K = 41,3 - 0,2 = 41,1 \text{ м}.$$

2.2.3 Підбір обладнання на водозаборі

Раніше було визначено, які саме решітки та сітки для затримки сміття будуть використовуватися. Тепер потрібно також обрати запірні пристрої, обладнання для відведення осаду, насосне обладнання та механізми для підйому й транспортування.

Для закриття вхідних отворів водозабірних пристроїв на березі варто застосовувати щитові затвори; їхній вибір слід здійснювати згідно з таблицями, наведеними у джерелі [7].

Якщо йдеться про очищення берегових камер від наносів, то при спільному розміщенні елементів конструкції доцільно використовувати грязьові насоси (особливо якщо вода надходить із мутних джерел).

Аби піднімати та опускати решітки чи щитові засувки, ми встановлюємо талі. Для збирання та розбирання апаратури у насосному відсіку передбачено монтаж підвісного крана. Вибір транспортно-підйомних механізмів здійснюється, беручи до уваги конфігурацію приміщення та масу вантажів.

Вибір насосних агрегатів здійснюється на основі їхньої продуктивності та потрібного тиску, згідно з вимогами пункту 11.2 та таблиці 35 [2].

Потрібний напір насосів визначимо за формулою:

$$H = Z_{\Pi} - Z_K + h_H + 2, \text{ м} \quad (2.24)$$

де Z_{Π} – позначка, на якій насосна станція 1 подає воду;

z_k – позначка найнижчого рівня води у колодязі, коли водоприймач діє у форсованому режимі;

h_H – втрати тиску (напору) у напірних трубопроводах.

Трубопроводи напірного типу, виготовлені не з металу (пластикові). Розрахункові локальні втрати тиску у водоводах під напором встановлюються як 20% від втрат, що обумовлені довжиною ліній.

Втрати повного тиску у лініях напірного водопостачання:

$$h_H = 1,2 il = 1,2 \cdot 0,00627 \cdot 1800 = 13,5 \text{ м,}$$

$$H = (63,0 - 41,1) + 13,5 = 37,6 \text{ м.}$$

Потрібна потужність одного насосного агрегату:

$$Q = \frac{QK_{\Pi}}{N}, \text{ м}^3/\text{год,} \quad (2.25)$$

де Q – продуктивність водоприймачника;

K_{Π} – коефіцієнт паралельності роботи насосів;

N – кількість робочих насосів.

$$Q = 883,3 \cdot \frac{1,15}{2} = 500 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Обирається відцентровий насос типу Д 630-20, з частотою обертання 1450 об/хв та діаметром робочого колеса 525 мм. Комплект обладнання складається з двох робочих та двох резервних агрегатів. Для забезпечення необхідної продуктивності $Q_H = 500 \text{ м}^3/\text{год}$, розрахунковий напір насоса становить 37,6 м.

З урахуванням всмоктування, повний напір на вході $H_{\text{всac}}$ складає 5 метрів.

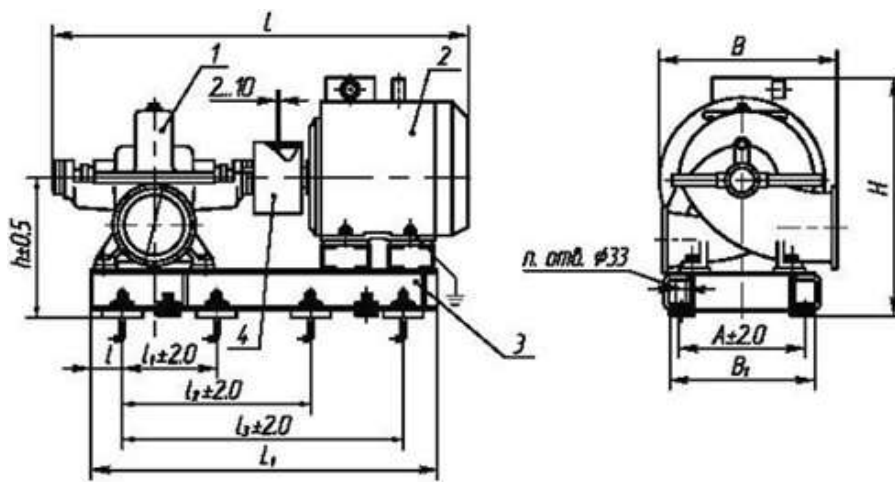


Рисунок 2.3 – Насос Д630-20

Як підйомно-транспортне обладнання в службовому павільйоні передбачаємо тельфер вантажопідйомністю 20 кН (2т).

Талевий механізм (тельфер) спроектований з метою забезпечення вертикального підйому, спуску та руху вантажів по рейковій моноколії, розміщеній під дахом або усередині будівель, у межах температурного діапазону від -20° до $+40^{\circ}$ С.

Особливості: Центральною перевагою ланцюгових підйомників є їхня стійкість, легкість у догляді та тривалий термін служби. Конструктивні варіанти цих пристроїв мають робоче навантаження у діапазоні від півтони до ста тон, а також здатні підіймати вантажі на висоту від шести до ста метрів. Подібне обладнання є незамінним у промислових комплексах з обмеженою площею складів, у ремонтних боксах та безпосередньо на об'єктах будівництва.

Таблиця 2.9 – Технічні параметри тельфера

Технічні характеристики	
Вантажопідйомність, т	0,5 – 16 т (0.5,1.0,2.0,3.2,5.0,8.0,10.0,12.5,16.0)
Висота підйому, м	6 - 36 м (6.0,9.0,12.0,18.0,24.0,30.0,36.0)
Режим роботи по ГОСТ 25835	1М-5М
Швидкість підйому, м-кодів/мін	4.0,6.0, 8.0, 12.0,16.0, 24.0,32.0
Швидкість мікро підйому, м-кодів/мін	0.7/4.0; 0.7/6.0; 1.4/8.0; 1.4/12.0; 2.0/16.0; 2.8/24.0; 4.0/32.0
Швидкість пересування, м/хв	8.0; 10.0; 12.0; 15.0; 20.0; 32.0; 12.0/4.0; 15.0/5.0; 20.0/6.0; 32.0/10.0
Кліматичного виконання: - стандартне - низькотемпературне - тропічне	от -25° С до $+40^{\circ}$ С от -43° С до $+40^{\circ}$ С от -25° С до $+50^{\circ}$ С

2.2.4 Проектування водоприймального колодязя

Спорудження водоприймальника виконується за технологією «стіна в ґрунті», причому в плані йому надається конфігурація прямокутника. Планувальне рішення камери здійснюється у масштабі 1:50. На кресленні планування

зазначаються загальні габарити камери, отворів для введення комунікацій, апаратури, а також проміжки від цих елементів до огорожувальних конструкцій та між ними. Габарити камери мають бути узгоджені з розмірами наземної споруди. При вертикальному плануванні камери рівень підлоги павільйону слід обирати на один метр вище за позначку найвищого можливого рівня води. Позначка основи (днища) визначається з урахуванням мінімальних рівнів води у вододжерелі.

Під час проектування колодязя дотримано таких умов:

- у зоні приймання облаштовується бетонна відмостка, яка формує прямокутник для насосів (нахил днища до прямокутника становить 0,07);
- кожна частина водоприймача забезпечена драбинами для спрощення обслуговування апаратури, а також для проведення ремонтів та монтажних операцій;
- вода для промивання фільтруючих елементів подається із напірних ліній.

Схема розташування елементів колодязя представлена на кресленні.

Проектування наземної споруди

У цьому крилі (павільйоні) змонтовано апаратуру, призначену для очищення сіток, включно з екранами, які уловлюють струмені промивної рідини та спрямовують її до системи каналізації.

Габарити будівлі підібрані так, щоб дати змогу укласти перекриття зі стандартних балок і плит, паралельно з тим, як стіни спираються на підземний колодязь, який виконує функцію фундаменту. Зведення стін здійснюється з використанням цегли. Для покриття даху павільйону застосували п'ять попередньо виготовлених залізобетонних плит розміром півтора метра кожна.

Приміщення обладнано вікнами, що гарантують належне денне світло, а також вхідними дверима та воротами.

Оцінка стійкості прибережного колодязя

На колодязь, що розташований під землею, чинить вплив як виштовхувальна потужність Архімеда, так і сили, які запобігають її впливанню на поверхню (до них належать власне вага конструкції та опір ґрунту, що виникає між боковими гранями стін і навколишнім ґрунтом). Для того, щоб кваліфікувати, наскільки

надійно вкорінений колодязь, розраховують коефіцієнт, що визначає цю тенденцію до спливання:

$$K_C = \frac{G_{\text{ст}} + G_{\text{дн}} + F_{\text{тр}}}{F_a} > 1,25 \quad (2.26)$$

де $G_{\text{ст}}$ – маса стін колодязя різної товщини, т.

$$G_{\text{ст}} = P_{\text{ст}} \cdot \delta_{\text{ст}} \cdot H_{\text{к}} \cdot \rho_3 \quad (2.27)$$

де $P_{\text{ст}}$ – периметр стіни однієї товщини, м;

$\delta_{\text{ст}}$ – товщина стін колодязя, м;

$H_{\text{к}}$ – глибина колодязя, м;

$\rho_3 = 2,5 \text{ т/м}^2$ – щільність залізобетону.

$$P_{\text{ст}} = 2 \cdot a + 2 \cdot b, \text{ м}, \quad (2.28)$$

$$P_{\text{ст}} = 2 \cdot 6,1 + 2 \cdot 8,9 = 30 \text{ м.}$$

$$G_{\text{ст}} = 27,2 \cdot 0,7 \cdot 9 \cdot 2,5 = 428,4 \text{ т.}$$

$G_{\text{дн}}$ – маса днища колодязя, т;

$$G_{\text{дн}} = F_{\text{дн}} \cdot \delta_{\text{дн}} \cdot \rho_3, \quad (2.29)$$

$F_{\text{дн}}$ – площа основи криниці за зовнішнім периметром, у метрах квадратних;

$\delta_{\text{дн}}$ – шар ґрунту, разом із товщиною покривної плити, у метрах.

$$F_{\text{дн}} = a_1 \cdot b_1 + c_1 \cdot b_1, \text{ м}^2, \quad (2.30)$$

$$F_{\text{дн}} = 7,1 \cdot 9,9 = 70,29 \text{ м}^2$$

$$G_{\text{дн}} = 70,29 \cdot 0,5 \cdot 2,5 = 87,8625 \text{ т.}$$

$F_{\text{тр}}$ – сила тертя, т.

$$F_{\text{тр}} = P_{\text{ст.н}} \cdot H_{\text{г}} \cdot K_{\text{тр}}, \quad (2.31)$$

$P_{\text{ст.н}}$ – довжина внутрішнього периметра огорожувальної конструкції криниці, виміряна у метрах;

$H_{\text{г}}$ – глибина, на яку в середньому занурено колодязь у ґрунт, виражена у метрах;

$K_{\text{тр}}$ – стандартне значення опору ґрунту, що діє на бічну поверхню колодязя, у тонах на квадратний метр.

$$P_{\text{ст.з}} = 2 \cdot a_1 + 2 \cdot b_1, \text{ м}, \quad (2.32)$$

$$P_{\text{ст.н}} = 2 \cdot 6,1 + 2 \cdot 8,9 = 30 \text{ м.}$$

$$F_{\text{тр}} = 30 \cdot 2,5 \cdot 3,3 = 247,5 \text{ т.}$$

F_a – сила Архімеда, т.

$$F_a = W_c \cdot \rho_B, \text{ т,} \quad (2.33)$$

W_c – це ємність криниці, виражена у кубічних метрах;

$\rho_B = 1$ – маса одиниці об'єму води, що дорівнює одній тонні на метр кубічний;

H_B – глибина, на яку опущено криницю нижче поверхні води (за умови, що рівень ґрунтових вод збігається з рівнем ВГВ), у метрах.

$$W_c = (6,1 \cdot 8,9) \cdot 8 \cdot 1 = 434,32 \text{ м}^3.$$

$$F_a = 434,32 \cdot 1 = 434,32 \text{ т.}$$

$$K_c = (428,4 + 87,8625 + 247,5) / 434,32 = 1,76 > 1,25$$

Рибозахисні заходи

Коли проєктують водозабірні споруди на джерелах, що є важливими для рибного господарства, необхідно забезпечити захист риби від потрапляння її у водоприймач.

У межах цього проєкту на вхідних отворах, з того боку, звідки надходить потік води, передбачається встановлення захисних козирків, виготовлених із дерев'яних елементів.

2.2.5 Розробка схем санітарно-захисних зон

Щоб гарантувати епідеміологічну безпеку та надійність систем господарсько-питного водопостачання, запровадження санітарно-захисних зон (СЗЗ) є імперативним. У межах цього проєкту передбачається запровадження трирівневої системи зон.

Зона першого поясу (зазвичай званий зоною суворого режиму) охоплює ділянку водойми, звідки здійснюється водозабір, а також місце розташування основних гідротехнічних споруд. Ця територія має бути захищена від несанкціонованого доступу глухими парканами, висота яких становить два з половиною метри, а також оточена захисними зеленими насадженнями. Встановлюють опорні стовпи кожні п'ятдесят метрів, обладнують периметр

охоронним освітленням та системою сигналізації. Необхідно проводити постійний моніторинг показників якості води.

У межах першого поясу охорони суворо забороняються такі дії:

- будь-які будівельні роботи;
- проживання людей;
- прокладання будь-яких додаткових (непрофільних) ліній комунікацій (трубопроводів);
- скидання (скидання) каналізаційних чи інших стоків;
- купання, напування та випасання тварин (худоби);
- купання людей та прання білизни;
- будь-який вилов риби;
- використання агрохімічних отрутохімікатів та мінеральних добрив.

Усі споруди, розташовані у межах цієї зони, мусять мати каналізаційне підключення. Стічні води необхідно спрямовувати до найближчої каналізаційної мережі або на локальні очисні споруди, розташовані поза межами зони. Якщо ж мережа водовідведення відсутня, обов'язковим є облаштування герметичних вигрібних ям.

Обмеження слід визначати наступним чином: униз за течією на відстані 100 метрів, угору за течією на відстані 200 метрів, уздовж берега вгору на 100 метрів, а також по прилеглий до водозабору береговій смузі на відстані не менше 100 метрів від рівня води.

Друга зона охоплює сам пункт водозабору та територію, що його живить, тобто усі суходільні та водні ділянки, здатні позначитися на чистоті води, яка слугує для забезпечення водопостачання. На цій ділянці необхідно запровадити низку санітарно-оздоровчих робіт та накласти певні обмеження на господарську активність, аби запобігти неприпустимому зниженню якості води у джерелі.

Обмеження слід визначати: у напрямку течії вгору, охоплюючи усі притоки, базуючись на віддалі, яку вода долає за час проходження від межі поясу до точки водозабору, за умови літньо-осінньої межени з 95-відсотковою забезпеченістю, і ця відстань має бути не менше 5 діб пробігу; у напрямку течії униз – мінімум 250

метрів; межі з боків встановлюються на дистанції 500 метрів від лінії води, вимірної під час літньо-осінньої межені.

Водна поверхня маркується за допомогою попереджувальних написів на суші та плавучих бонових загороджень. Як настає зима, акваторію огороджують тимчасовими щитовими конструкціями, що переносяться.

Лінія обмеження третього рівня повинна простягатися вздовж водного шляху (вгору та вниз за течією) або навколо всього водного простору так само, як було визначено для другого рівня. Бічні ж межі варто прокладати по вододільному хребту, однак ця відстань не повинна перевищувати 3–5 кілометрів від річки чи озера.

2.3 Розрахунок споруд і обладнання для очищення води з поверхневого джерела

2.3.1 Визначення загальної пропускної здатності очисної станції

Згідно з положенням 10.1.6 [2], робота здійснюється з огляду на коефіцієнт врахування власних потреб станції, що становить 1,02.

$$Q_{\text{повн}} = \alpha \cdot Q_{\text{кор}}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.34)$$

де $Q_{\text{кор}}$ – являє собою добову корисну продуктивність станції водоочищення (згідно із завданням).

$$Q_{\text{повн}} = 1,02 \cdot 20960 = 21380 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Також обчислимо повну продуктивність водопровідної очисної станції за годину та за секунду:

$$Q_{\text{год}} = \frac{Q_{\text{повн}}}{24}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.35)$$

$$Q_{\text{год}} = \frac{21380}{24} = 890,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$q = \frac{Q_{\text{год}}}{3600}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.36)$$

$$q = \frac{890,8}{3600} = 0,248 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$q = \frac{Q_{\text{год}}}{3,6}, \text{ л/с}, \quad (2.37)$$

$$q = \frac{890,8}{3,6} = 247,5 \text{ л/с.}$$

2.3.2 Визначення змін у хімічному складі води під час її обробки

Оцінка подібного роду дає змогу чітко простежити, як різні хімічні сполуки впливають на параметри та характеристики води, а також уникнути перевищення гранично допустимих норм, визначених державними санітарними нормами та правилами [4].

Загальну жорсткість знаходимо за формулою:

$$Ж_{\text{заг}} = \frac{Ca^{2+}}{20} + \frac{Mg^{2+}}{12,2}, \text{ мг - екв/дм}^3, \quad (2.38)$$

$$Ж_{\text{заг}} = \frac{105}{20} + \frac{30}{12,2} = 7,8 \text{ мг - екв/дм}^3.$$

Лужність знаходимо за таким виразом:

$$Л = \frac{HCO_3^-}{61}, \text{ мг - екв/дм}^3, \quad (2.39)$$

$$Л = \frac{220}{61} = 3,6 \text{ мг - екв/дм}^3.$$

Некарбонатна жорсткість обчислюється за формулою:

$$Ж_{\text{нж}} = Ж_{\text{заг}} - Л, \text{ мг - екв/дм}^3, \quad (2.40)$$

$$Ж_{\text{нж}} = 7,8 - 3,6 = 4,2 \text{ мг - екв/дм}^3.$$

Розраховуємо кількість $Na^+ + Ka^+$:

$$Na^+ + Ka^+ = 25 \cdot \left(\frac{HCO_3^-}{61,02} + \frac{SO_4^{2-}}{48,03} + \frac{Cl^-}{35,48} - Ж_{\text{заг}} \right), \text{ мг - екв/дм}^3. \quad (2.41)$$

$$Na^+ + Ka^+ = 25 \cdot (3,6 + 5,42 + 4,51 - 7,8) = 143,25 \text{ мг - екв/дм}^3.$$

Знаходимо загальний солевміст:

$$P = Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+ + HCO_3^- + SO_4^{2-} + Cl^-, \text{ г/м}^3, \quad (2.42)$$

$$P = 105 + 30 + 143,25 + 220 + 260 + 160 = 918,25 \text{ г/м}^3.$$

Кількість CO_2 у воді, що надходить, знаходимо за номограмою рисунку Г.2 додаток Г [2], яка складає 55 мг/дм^3 .

Кількість коагулянту, що потребується, визначено згідно з п. 10.4.2 [2] наступним чином:

– для вод з високою каламутністю (враховуючи, що показник каламутності вихідної води становить 400 мг/дм^3) – 45, згідно з таблицею 17 [2];

– для забарвлених вод – розраховується за формулою, наведеною в [2].

$$D_k = 4\sqrt{70} = 4 \cdot 8,37 = 33,48 \text{ мг/дм}^3.$$

Під час підготовки води, для одночасного видалення зважених домішок та забарвленості, слід використовувати вищу з запропонованих доз коагулянту [2], що у нашому випадку становить 45 мг/дм^3 .

Лужність води після додавання коагулянту обчислюємо за формулою [3]:

$$L_1 = L - \frac{D_k}{E_k}, \text{ мг - екв/дм}^3, \quad (2.43)$$

$$L_1 = 3,6 - \frac{45}{57} = 2,81 \text{ мг - екв/дм}^3.$$

Концентрацію сульфатів, яка залишається у воді після застосування коагулянту, можна визначити за допомогою наступного рівняння:

$$(SO_4^{2-}) = \frac{SO_4^{2-}}{48} + \frac{D_k}{E_k}, \text{ мг/дм}^3, \quad (2.44)$$

$$(SO_4^{2-}) = \frac{260}{48} + \frac{45}{57} = 6,2 \text{ мг/дм}^3.$$

Визначаємо кількість CO_2 , яка залишається у воді після додавання коагулянту [2]:

$$(CO_2)_1 = \frac{CO_2}{44} + \frac{D_k}{e_k} - D_L, \text{ мг/дм}^3, \quad (2.45)$$

$$(CO_2)_1 = 1,2 + 0,8 = 2 \text{ мг/дм}^3$$

Після обробки коагулянтом та вапном, за допомогою номограми, представленої на рисунку Г.2 додатка Г [2], показник рН води досягає 6,6.

Доза флокулянту D_f за п. 10.4.3 [2] приймаємо $D_f = 1,0 \text{ г/м}^3$.

Для видалення з води, що надходить на очищення, деяких органічних складових і покращення процесу коагуляції, як окисник пропонуємо застосувати хлор. Доза якого за п.10.4.4 [2] для первинної обробки беремо $D_{x1} = 5 \text{ г/м}^3$ та за п. 10.18.8 [2] для знезараження води і вторинного застосування хлору приймаємо $D_{x2} = 3 \text{ г/м}^3$.

Загальна маса зважених частинок, які потрапляють до очисних споруд знаходиться за формулою [2, 3, 8]:

$$C = K + 1,2D_k + 0,25Ц, \text{ г/м}^3 \quad (2.46)$$

$$C_{\text{в.м.}} = 400 + 1,2 \cdot 45 + 0,25 \cdot 70 = 471,5 \text{ г/м}^3.$$

$$C_{\text{в.с.}} = 40 + 1,2 \cdot 25 + 0,25 \cdot 70 = 87,5 \text{ г/м}^3.$$

2.3.3 Технологічні розрахунки споруд

Опрацювання відбувається згідно з обраною конфігурацією очисної споруди. Далі наведено послідовність обчислень для найбільш поширених елементів. Порядок розрахунків у пояснювальній записці відображає шлях руху води через очисну установку.

Змішувальний вузол

Добір, прорахунок та проектування змішувачів здійснюється згідно з пунктом 10.5 [2].

Для ефективного поєднання води із коагулянтном найчастіше використовують вертикальні змішувачі, куди флокулянт додається на завершальному етапі. Початковий хлор, змішаний із водою в шайбовому змішувачі, подається до контактної камери з перегородками, а після введення коагулянту – спрямовується у вертикальний змішувач.

При знаходженні витрати води на один змішувач за [2] кількість змішувачів - N має бути не менше двох, так і приймаємо.

$$q_1 = \frac{0,248}{2} = 0,124 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Розмір труби, якою подається вода, знаходимо згідно [6] $d_1 = 0,35 \text{ м}$, $v_1 = 1,2 - 1,5$.

Тоді площу верхньої зони, коли $v_2 = 0,02 - 0,03$ знаходимо:

$$f_B = \frac{0,124}{0,02} = 6,2 \text{ м}^2.$$

Форма змішувача в горизонтальному перерізі приймається квадратною.

Довжину сторони або діаметр верхньої ділянки пластини визначаємо за допомогою формули [3, 8]:

$$B_B = \sqrt{f_B}, \text{ м} \quad (2.47)$$

$$B_B = \sqrt{6,2} = 2,5 \text{ м.}$$

Діаметр або габарит вхідного отвору (де δ позначає товщину стінки труби, що подає воду):

$$B_{BX} = d_{BX} = d_1 + 2\delta, \text{ м} \quad (2.48)$$

$$B_{BX} = d_{BX} = d_1 + 2\delta = 0,35 + 2 \cdot 0,01 = 0,352 \text{ м.}$$

Площу, призначену для входу у змішувач:

$$S_{BX} = B_{BX}^2 = 0,352^2 = 0,124, \text{ м}^2 \quad (2.49)$$

Тоді знаходимо висоту нижньої частини змішувача за п 10.5.6 [2]:

$$h_H = 0,5(B_B - B_{BX}) \text{ctg} \frac{\alpha}{2}, \text{ м,} \quad (2.50)$$

$$h_H = 0,5 \cdot (2,5 - 0,352) \cdot \frac{\text{ctg}45}{2} = 2,58 \text{ м.}$$

Обсяг нижньої частини змішувача розраховуємо відповідно зробленим прорахункам:

$$W_H = \frac{h_H(f_B + f_{BX} + \sqrt{f_B \cdot f_{BX}})}{3}, \text{ м}^3, \quad (2.51)$$

$$W_H = 0,322 \cdot \frac{6,2 + 0,124 + \sqrt{6,2 \cdot 0,124}}{3} = 0,77 \text{ м}^3.$$

Час, необхідний для перебування у змішувачі, згідно з пунктом 10.5.6 [2], становить 2 хвилини.

Загальна місткість змішувача становитиме:

$$W = 60q_1 \cdot t, \text{ м}^3, \quad (2.52)$$

$$W = 60 \cdot 0,124 \cdot 2 = 14,88 \text{ м}^3.$$

Знаходимо об'єм верхньої зони:

$$W_B = W - W_H, \text{ м}^3, \quad (2.53)$$

$$W_B = 14,88 - 0,78 = 14,11 \text{ м}^3.$$

Знаходимо висоту верхньої частини:

$$h_B = \frac{W_B}{f_B}, \text{ м}^3, \quad (2.52)$$

$$h_B = \frac{14,1}{6,2} = 2,27 \text{ м}^3.$$

Загальна висота змішувача визначається наступною формулою:

$$h = h_B + h_H, \text{ м}, \quad (2.53)$$

$$h = 2,27 + 2,58 = 4,9 \text{ м}.$$

Заснована система водовідведення – перфоровані труби.

Використовується дві перфоровані дренажні труби; $m=2/5$.

Витрати води для кожного дренажного жолоба чи труби:

Прийнята система збору води – дірчасті труби.

$$q_{c.1} = \frac{0,124}{2} = 0,062 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Площа поперечного перерізу перфорованої труби, як встановлено в пункті 10.5.6 нормативного документа [2]:

$$f_c = \frac{q_{c.1}}{v_H}, \text{ м}, \quad (2.54)$$

$$f_c = \frac{0,062}{0,6} = 0,1 \text{ м}.$$

Діаметр труб з отворами становить 0,36 метра.

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_c}{\pi}}, \text{ м}, \quad (2.55)$$

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{4 \cdot \frac{0,1}{3,14}} = 0,20 \text{ м}.$$

Сумарну площу отворів в перфорованих трубах знаходимо за формулою:

$$f_o = \frac{q_1}{v_3}, \text{ м}^2, \quad (2.56)$$

при $v_3 = 1 \text{ м/с}$,

$$f_o = \frac{0,124}{1} = 0,124 \text{ м}^2.$$

Діаметр патрубка в збірних трубах становить $d_o = 70/100 \text{ мм}$ (використовується для змішувачів).

Число отворів у колекторних трубах становить $N_0 = 4$:

$$n_0 = \frac{f_0}{\pi d_0^2}, \text{ шт.}, \quad (2.57)$$

$$n_0 = 4 \cdot \frac{0,124}{3,14 \cdot 0,07^2} = 33 \text{ шт.}$$

Загальна протяжність трубопроводів, що складаються з окремих елементів, розраховується за таким рівнянням:

$$L = B_B \cdot m, \text{ м}, \quad (2.58)$$

$$L = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ м.}$$

Визначаємо відстань між отворами:

$$e = \frac{L}{n_0}, \text{ м}, \quad (2.59)$$

$$e = \frac{5}{33} = 0,15 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр відповідного трубопроводу $d_5 = 0,4$ м. Звідси, площа поперечного перерізу збирного каналу буде:

$$1,3 \cdot d_5 \cdot 2 \cdot d_5, \text{ м}^2, \quad (2.60)$$

$$1,3 \cdot 0,42 \cdot 0,4 = 0,8 \cdot 0,52 \text{ м}^2.$$

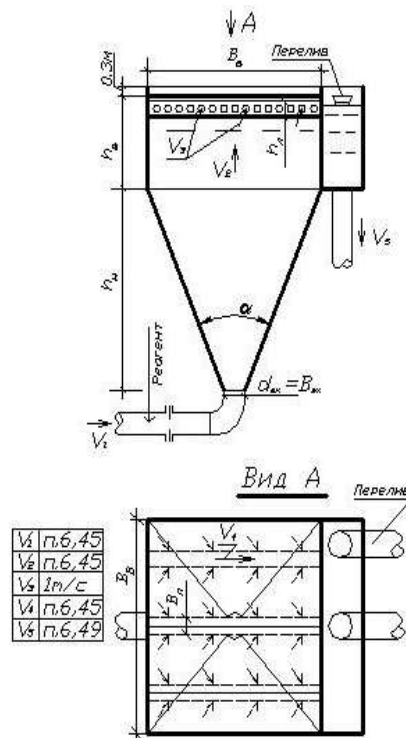


Рисунок 2.4 – Схема розрахунку для вертикального змішувача

Розрахункова методика для вузла патрубків введення реагенту

Прийнятий обсяг надходження води від насосної станції першого підйому (далі НС-1) до водоочисних споруд $n \geq 2$.

Витрати води по одному водоводу:

$$q_1 = \frac{q}{N}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.61)$$

$$q_1 = \frac{0,248}{2} = 0,124 \text{ м}^3/\text{с}.$$

За витратою води з [6] приймаємо діаметр водоводу, при $d = 0,35$ м, то швидкість руху води $V_1 = 1,29$ м/с.

За [2] приймаємо $h_H = 0,2 - 0,3$ м, як нормативний розмір втрат напору в шайбі.

Швидкість руху шайби:

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2gh_H}, \text{ м/с}, \quad (2.62)$$

$$v_2 = 1,29^2 + 2 \cdot 10 \cdot 0,3 = 2,77 \text{ м/с}.$$

Знаходимо діаметр отвору у шайбі за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4q_1}{\pi v_2}}, \text{ м}, \quad (2.63)$$

$$d = 4 \cdot \frac{0,124}{3,14} \cdot 2,77 = 0,05 \text{ м}.$$

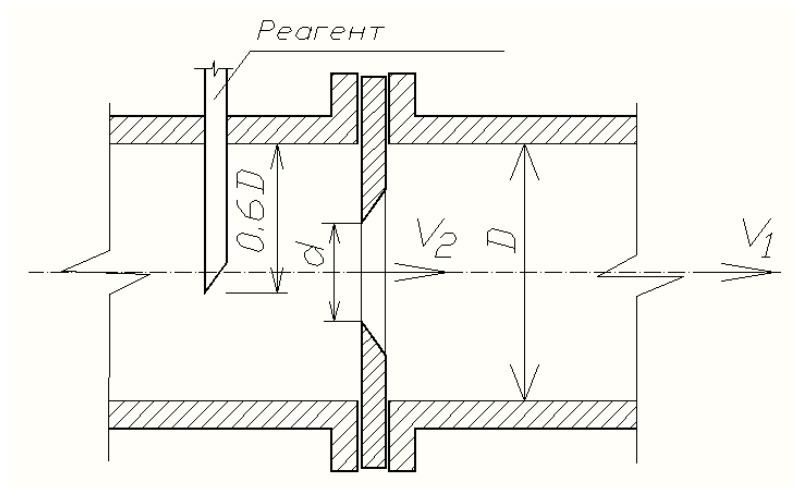


Рисунок 2.5 – Шайбовий вузол змішування

Виконання обчислення камер розділення на основі контактної взаємодії

Прийнята кількість камер ($N \geq 2$) $N = 2$ шт.

Кількість води на камеру визначається за формулою:

$$q_1 = \frac{q}{N}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.64)$$

$$q_1 = \frac{0,248}{2} = 0,124 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Період знаходження води в камері, згідно пункту 10.19.6 та таблиці 6 [2], становить $\tau = 3$ хвилини.

Знаходимо об'єм камери за формулою [2, 3, 8]:

$$W = 60 \cdot q_1 \cdot \tau, \text{ м}^3 \quad (2.65)$$

$$W = 60 \cdot 0,124 \cdot 3 = 22,3 \text{ м}^3.$$

Кількість коридорів приймаємо $n_k = 1, 3, 5, \dots n_k = 3$ шт.

Ширина коридору повинна бути: $b_k \geq 0,7$. То приймаємо $b_k = 0,7$ м.

Ширину камери знаходимо за формулою [2, 3, 8]:

$$B = n_k \cdot b_k, \text{ м}, \quad (2.66)$$

$$B = 3 \cdot 0,7 = 2,1 \text{ м}.$$

Глибина камери повинна становити від 1 м до 5 м, то приймаємо $h_k = 2,5$ м.

Знаходимо довжину камери за формулою:

$$L = \frac{W}{B \cdot h}, \text{ м}, \quad (2.67)$$

$$L = \frac{22,3}{2,1} \cdot 2,5 = 4,3 \text{ м}.$$

Обчислення освітлювачів з завислим осадом

У цьому проєкті застосовуються освітлювачі, що мають тонкошарові елементи. Обчислення проводяться згідно з пунктом 10.10 [2].

Усі представлені розрахунки стосуються освітлювача коридорного типу, який оснащений вертикальним ущільнювачем осаду.

Кількість зважених твердих речовин у воді протягом зимового та літнього періодів обчислюється за допомогою наступного рівняння (10) [2]:

$$C = K + K_K \cdot D_K + 0,25 \cdot Z_{\text{заб}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (2.68)$$

$$C_{\text{вз}} = 87,5 \text{ мг/дм}^3 \quad C_{\text{вл}} = 475,5 \text{ мг/дм}^3$$

Ухвалена швидкість висхідного потоку за п 10.10.1 та таблицею 20 [2]:

$$\text{взимку} - V_{\text{вз}} = 0,5 \quad V_{\text{вз}} = 0,8$$

$$\text{влітку} - V_{\text{вл}} = 0,7 \quad V_{\text{вл}} = 1$$

Для визначення коефіцієнта розподілу потоків звертаємося до таблиці 18, представленої у виданні [2], $K_p = 0,7$.

Сумарний об'єм води становить $q_{\text{год}} = 890,8 \text{ м}^3/\text{год} = 0,248 \text{ м}^3/\text{с}$.

Площу зони освітлення визначаємо за формулою [2]:

$$F_{\text{осв}} = \frac{q_{\text{год}} \cdot K_p}{3,6 \cdot v_{\text{осв}}}, \text{ м}^2, \quad (2.69)$$

$$F_{\text{осв.вл}} = \frac{890,8 \cdot 0,7}{3,6 \cdot 1} = 216,51 \text{ м}^2.$$

$$F_{\text{осв.з}} = \frac{890,8 \cdot 0,7}{3,6 \cdot 0,8} = 346,4 \text{ м}^2.$$

За отриманими розрахунками приймаємо площу зони освітлення $F_{\text{осв}} = 346,4 \text{ м}^2$.

Площу ділянки осадження знаходимо за формулою [2]:

$$F_{\text{від}} = \frac{(1 - K_p) \cdot q_{\text{год}}}{3,6 \cdot v_{\text{осв}}}, \text{ м}^2, \quad (2.70)$$

$$F_{\text{від}} = \frac{(1 - 0,7) \cdot 890,8}{3,6 \cdot 1} = 165,5 \text{ м}^2.$$

Загальну площу освітлювачів знаходимо за формулою [2]:

$$F = F_{\text{осв}} + F_{\text{отд}}, \text{ м}^2, \quad (2.71)$$

$$F = 346,4 + 165,5 = 511,9 \text{ м}^2.$$

Прийняті розміри освітлювача і його площа, а саме ширина коридору, довжина L і ширині ущільнювача осаду, узгоджуються згідно зі стандартизованими параметрами, враховуючи водночас розміри фільтрів: A становить 6 метрів, B – 9 метрів.

Згідно з додатком 3 [2] прийняті розміри освітлювача і його площа:

$$F_1 = A \cdot B, \text{ м}^2, \quad (2.72)$$

$$F_1 = 6 \cdot 9 = 54 \text{ м}^2.$$

Прийнята кількість освітлювачів становить:

$$N = \frac{F}{2F_k + F_y}, \text{ шт.}, \quad (2.73)$$

де F_y – площа одного ущільнювача осаду,

$$F_y = b_y \cdot L, \text{ м}^2, \quad (2.74)$$

де b_y – ширина ущільнювача осаду, $b_y = 2$ м,

L – довжина коридору, $L = 9$ м,

$$F_y = 2 \cdot 9 = 18 \text{ м}^2.$$

F_k – площа кожного коридору, м

$$F_k = b_k \cdot L, \text{ м}^2 \quad (2.75)$$

де b_k – ширина коридору, приймаємо $b_k = 2$ м;

$$F_k = 2 \cdot 9 = 18 \text{ м}^2$$

Якщо показник менше шести, слід вдатися до запасного варіанту:

$$N = \frac{511,5}{2 \cdot 18 + 18} = 9,5 \text{ шт.}$$

Отже, приймаємо 10 штук.

Згідно з пунктом 10.10.3 джерела [2], встановлено висоту зони освітлення води, яка становить 2,0 м. Відстань від нижнього краю вікон, куди потрапляють осади, до місця, де вертикальні стіни переходять у похилу поверхню, згідно з п. 10.10.3 [2] – встановлено $h_{ок.} = 1,0$ м.

З огляду на межі за якими можна призначити ширину коридора по низу $a = 0,3 \div 0,5$ [2], приймаємо $a = 0,3$ м.

Обраний кут між похилими стінками, згідно з пунктом 10.10.3 [2], $\alpha = 70^\circ$.

Відстань від нижньої частини коридору до шару зважених відкладень приймається $h_{з.р.} = 0,5 \div 1,0$, тому приймаємо $h_{з.р.} = 1,0$ м.

Висоту призматичної частини освітлювача розраховуємо за формулою:

$$H_{пир} = \frac{b_{см} - a}{2tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)}, \text{ м}, \quad (2.76)$$

$$H_{пир} = \frac{2 - 0,3}{2tg35^\circ} = 2,5 \text{ м.}$$

Частина коридору освітлювача, що має пірамідальну форму, включає два рівні:

а) нижній – визначений як зона реакції, де прийнята висота становить $h_{з.р.} = 1,0$ м;

б) верхній – являє собою шар зважених осадів, висота якого відповідає цій ділянці:

$$H_0 = H_n - h_{з.р.}, \text{ м}, \quad (2.77)$$

$$H_0 = 2,5 - 1,0 = 1,5 \text{ м.}$$

Визначаємо загальну висоту шару суспензійних відкладень:

$$H_{вз.сл} = H_0 - h_{ок.}, \text{ м}, \quad (2.78)$$

$$H_{вз.сл} = 1 + 1,5 = 2,5 \text{ м.}$$

Максимально допустима висота захисної зони згідно з пунктом 10.10.3 джерела [2] $H_{з.о.} = 3$ м.

Визначаємо загальну висоту освітлювача:

$$H_{осв} = h_{з.р} + H_{вз.сл} + h_{ок.} + h_{з.о} + h_{стр}, \text{ м}, \quad (2.79)$$

де $h_{стр}$ – будівельна висота, приймаємо $h_{стр} = 0,3$ м;

$$H_{осв} = 1 + 2,5 + 1 + 2 + 0,3 = 6,3 \text{ м.}$$

Обчислюємо об'єм осаду ущільнювача за допомогою такої формули:

$$W_{oy} = l_k \left(b_{oy} H_0 + \frac{0.5 H_n}{b_{oy}} \right), \text{ м}^3, \quad (2.80)$$

$$W_{oy} = 9 \cdot \left(2 \cdot 1.5 + 0.5 \cdot \frac{2.5}{2} \right) = 34,875 \text{ м}^3.$$

Виділяємо час для седиментації мулу згідно пункту 10.10.4, зазначеного в джерелі [2], $\tau = 6$ годин.

Середнє значення вмісту зважених речовин в ущільненому осаді, згідно з даними таблиці 19 з джерела [2] $\delta = 35000$ г/м³.

Визначаємо витрати води для двох коридорів-освітлювачів за формулою [2]:

$$q_{lo} = q_1 \cdot K_p, \text{ л/с}, \quad (2.81)$$

$$q_{lo} = 247,5 \cdot 0,7 = 173,25 \text{ л/с.}$$

Знаходимо витрати води у коридорах-ущільнювачах за формулою [2]:

$$q_{ly} = q_1(1 \cdot K_p), \text{ л/с}, \quad (2.82)$$

$$q_{ly} = 247,5(1 \cdot 0,7) = 74,25 \text{ л/с}.$$

$$W_{з.н.} = \frac{q(C - m) \cdot t}{N \cdot \delta_{ср}}, \text{ м}^3, \quad (2.83)$$

де C – концентрація суспензій у воді, що подається на освітлювач,
 $C = 471 \text{ мг/дм}^3$;

m – каламутність на виході з освітлювача, приймаємо $m = 15 \text{ мг/дм}^3$;

$$W_{з.н.} = \frac{890,8 \cdot (471 - 15) \cdot 6}{10 \cdot 35000} = 334,24 \text{ м}^3.$$

Обчислення швидких фільтри

Розрахунок виконується відповідно п. 10.12 [2].

При визначенні розташування фільтрів слід зважити на те, що колектори та головні прохідні канали мусять мати вихід до галереї трубопроводів (отже, якщо план не має квадратної форми, прилеглі фільтри необхідно з'єднувати вузькими гранями).

Знаходження основних параметрів фільтрів

Тип фільтра приймали відповідно – таблиці 19 [2].

Обрані матеріали для завантаження фільтра та властивості фільтрувального шару, що ґрунтуються на положенні 10.12.2 [2] та таблиці 19 [2], визначаються з огляду на робочу потужність (продуктивність):

– фільтрувальні субстанції – кварцовий пісок;

– об'ємна густина сипучого матеріалу (зокрема, піску) складає

$$\rho_3 = 2,5 \text{ т/м}^3;$$

– мінімальний діаметр зерен приймаємо $d_{\text{мін}} = 0,5 \text{ мм}$;

– максимальний діаметр зерен приймаємо $d_{\text{мак}} = 1,2 \text{ мм}$;

– зерновий еквівалентний діаметр, котрий становить $d_e = 1,0 \text{ мм}$;

– коефіцієнт неоднорідності $K_n = 1,8$;

– величина глибини шару, що фільтрує, становить $L_\phi = 0,7 \text{ м}$;

– нормальна швидкість відповідних фільтраційних процесів становить

$$V_n = 5 \text{ м/год};$$

– допустимий темп фільтрування під час форсованого режиму становить

$$V_{\phi} = 6 \text{ м/год.}$$

Добова кількість промивань, згідно з пунктом 10.12.3 [2], встановлена як

$$n_{\text{пр}} = 3 \text{ рази.}$$

Затверджена швидкість промивання, згідно з пунктом 10.12.15 [2], складає

$$\omega = 12 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2.$$

Відносний ступінь розширення завантаження через фільтрацію становить

$$e = 45\%$$

Час, відведений на промивку згідно з пунктом 10.12.15 [2], становить

$$t_{\text{пр}} = 60 \text{ хв.}$$

Об'єм води, що потрібен для одного промивання фільтра визначається за формулою:

$$q_{\text{пр}} = 0,06 \cdot t_{\text{пр}} \cdot \omega, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.84)$$

$$q_{\text{пр}} = 0,06 \cdot 6 \cdot 12 = 4,32 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Період, протягом якого фільтр не працював через процес промивання, згідно з пунктом 10.12.4 [2], та що становить $t_{\text{п}} = 20$ хвилин, еквівалентний 0,33 години.

Сукупний розмір усіх фільтрів:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\text{пол}}}{T \cdot V_{\text{н}} - n_{\text{пр}} \cdot q_{\text{пр}} - n_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} \cdot V_{\text{н}}}, \text{ м}^2, \quad (2.85)$$

$$F_{\phi} = \frac{20960}{24 \cdot 5 - 3 \cdot 4,32 - 3 \cdot 0,33 \cdot 5} = 174,4 \text{ м}^2.$$

Оцінюємо приблизну кількість фільтрів:

$$N_{\text{оф}} = 0,5 \cdot \sqrt{F_{\phi}}, \text{ шт} \quad (2.86)$$

$$N_{\text{оф}} = 0,5 \cdot \sqrt{174,4} = 7 \text{ шт}$$

Визначаємо площу одного фільтра:

$$F_{\phi}^1 = \frac{F_{\phi}}{N_{\text{оф}}}, \text{ м}^2, \quad (2.87)$$

$$F_{\phi}^1 = \frac{174,7}{7} = 25 \text{ м}^2.$$

Обрані габарити фільтру та його фільтрувальна площа складають, згідно зі стандартними типорозмірами [2] $a \times b = 6 \times 6$ м.

$$F_{\text{ст}} = 27,8 \text{ м}^2.$$

Обрану кількість фільтрів знаходимо за формулою:

$$N = \frac{F}{F_{\text{ст}}}, \text{ шт.}, \quad (2.88)$$

$$N = \frac{174,7}{27,8} = 7 \text{ шт.}$$

Якщо N перевищує 4, розміри та кількість фільтрів мають бути узгоджені з вимогами до споруд першого ступеня, а також з положеннями пункту 10.12.5 посилання [2].

Відповідно п. 10.12.5 [2], кількість фільтрів, що повинно бути у ремонті становить $N_p = 1$ шт.

Практична швидкість процесу фільтрації, яка досягається за умов форсування, розраховується згідно з формулою 23 [2]:

$$V_{\Phi} = \frac{V_H \cdot N}{N - N_1}, \text{ м/год}, \quad (2.89)$$

де N – число фільтрів, що знайшли за формулою 2.88, $N = 7$ шт. ;

N_1 – число фільтрів, що дозволено [2] вимикати на ремонті $N_1 = 1$

$$V_{\Phi} = \frac{5 \cdot 7}{6} = 5,8 \text{ м/год.}$$

Параметри (склад та товщина) опорних прошарків згідно таблиці 22 [2] (необхідно вказати зернистість та пошарову товщину): $L_{\text{п}} = 0,5$ мм.

Фільтрувальна система розподілу

Обраний різновид дренажно-розподільної системи –перфоровані труби. Обсяг води, необхідний для промивання одного фільтра:

$$q_{\text{пр}} = F_{\text{ст}} \cdot \omega \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.90)$$

$$q_{\text{пр}} = 27,8 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0,334 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Згідно з пунктом 10.12.12 [2], встановлено швидкість потоку води у колекторі чи головному каналі на рівні $V_k = 1,2$ м/с.

Діаметр магістралі, що подає воду, або площа поперечного перерізу основного каналу:

$$d_k = \frac{4 \cdot F_k}{\pi}, \text{ м}, \quad (2.91)$$

$$d_k = \frac{4 \cdot 0,278}{3,14} = \left(\frac{\sqrt{1,112}}{3,14} \right) = \sqrt{0,36} = 0,6 \text{ м.}$$

$$F_k = \frac{q_{\text{пр}}}{V_k}, \text{ м}^2, \quad (2.92)$$

$$F_k = \frac{0,334}{1,2} = 0,278 \text{ м}^2.$$

Ширина каналу V_k повинна бути більшою або дорівнювати 0,7 м, що більше або дорівнює $d_{\text{пр}} - 0,7$ м.

Узгоджена відстань між розгалуженнями, згідно з пунктом 10.12.11 [2], становить $S = \text{м}$.

Число розгалужень знаходимо за формулою:

$$n_{\text{бв}} = 2 \left(\frac{b}{S} - 1 \right), \text{ шт.}, \quad (2.93)$$

$$n_{\text{бв}} = 2 \left(\frac{6}{0,25} - 1 \right) = 46 \text{ шт.}$$

Промивання одного розгалуження вимагає певних витрат води:

$$q_{\text{бв}} = \frac{q_{\text{пр1}}}{n_{\text{бв}}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.94)$$

$$q_{\text{бв}} = \frac{0,334}{46} = 0,0073 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Згідно з пунктом 10.12.12 посилання [2], швидкість потоку води, що надходить до розгалуження, визначена як $V_{\text{бв}} = 1,6$ м/с.

Визначаємо діаметр відгалуження через площу за формулою:

$$F_{\text{бв}} = \frac{q_{\text{бв}}}{V}, \text{ м}, \quad (2.95)$$

$$F_{\text{бв}} = \frac{0,0073}{1,6} = 0,0046 \text{ м.}$$

$$D_{\text{бв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{бв}}}{\pi}}, \text{ м}, \quad (2.96)$$

$$D_{\text{бв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0046}{3,14}} = \sqrt{0,0059} = 0,075 \text{ м.}$$

Обраний діаметр отворів, їхнє розміщення та загальна площа згідно з пунктом 10.12.11 [2] становлять: $d_0 = 10 \text{ мм}$, $b_{\text{щ}} = 10 \text{ мм}$.

$$f_1 = \frac{\pi \cdot d_0}{4}, \text{ мм,} \quad (2.97)$$

$$f_1 = \frac{3,14 \cdot 10}{4} = 78,5 \text{ мм.}$$

Загальна площа усіх отворів приймається як 0,25 від робочої площі фільтру, відповідно до пункту 10.12.11 [2].

$$\sum f_0 = 0,0025 \cdot 27,8 = 0,0695 \text{ м}^2 = 69500 \text{ мм}^2.$$

Сукупна кількість отворів чи щілин:

$$m_0 = \frac{\sum f_0}{f}, \text{ шт.,} \quad (2.98)$$

$$m_0 = \frac{69500}{78,5} = 885 \text{ шт.}$$

Число отворів або щілин на одному розгалуженні знаходимо за формулою:

$$m_1 = \frac{m_0}{n_{\text{бв}}}, \text{ шт} \quad (2.99)$$

$$m_1 = \frac{885}{46} = 17 \text{ шт.}$$

Крок отворів чи щілин слід зіставляти з вимогами, викладеними у пункті 10.12.11 [2]:

$$e = \frac{a - d_{\text{к}}}{2} \cdot (m_1 + 1), \text{ м,} \quad (2.100)$$

$$e = \frac{6 - 0,6}{2} \cdot (17 + 1) = 0,15 \text{ м.}$$

Запроваджений механізм для витиснення повітря із системи розподілу, згідно з пунктом 10.12.14 [2] із діаметром отвору 10 мм.

Обладнання, призначене для накопичення та транспортування відпрацьованої рідини

Міжцентрова відстань лотків по пункту 10.12.16 [2] становить з розрахунковим значенням $C_{\text{ж}} = 2,0 \text{ м}$.

Обрана кількість та конфігурація лотків для дренажу виробничих стоків:

$$n_{\text{ж}} = \frac{a}{C_{\text{ж}}}, \text{ шт.}, \quad (2.101)$$

$$n_{\text{ж}} = \frac{6}{2} = 3 \text{ шт.}$$

Витрата води, що проходить крізь один жолоб під час промивання:

$$q_{\text{ж}} = \frac{F_{\text{ст}} \cdot \omega}{n_{\text{ж}} \cdot 10^3}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.102)$$

$$q_{\text{ж}} = \frac{0,334}{3} = 0,111 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Ширина жолоба визначається за формулою (26) [2]:

$$B_{\text{жол}} = K_{\text{жо}} \cdot \sqrt[5]{g_{\text{жол}} / (1,57 + a_{\text{жол}})^3}, \text{ м}, \quad (2.103)$$

$$B_{\text{жол}} = 2,1 \cdot \sqrt[5]{0,111 / (1,57 + 1)^3} = 0,64 \text{ м}.$$

Висоту жолоба визначаємо за формулою:

$$h_{\text{ж}} = \frac{B_{\text{ж}}}{2}, \text{ м}, \quad (2.104)$$

$$h_{\text{ж}} = \frac{0,64}{2} = 0,32 \text{ м}.$$

Знаходимо висоту борту жолоба над шаром фільтруючого матеріалу, відповідно до формули (28) [2]:

$$H_{\text{к}} = 1,76 \cdot \sqrt[5]{\frac{g_{\text{пр}}}{g_{\text{вк}}^2}} + 0,2, \text{ м}, \quad (2.105)$$

$$H_{\text{к}} = 1,76 \cdot \frac{0,334^2}{10} \cdot 0,7 + 0,2 = 0,63 \text{ м}.$$

Ширина бокового лотка, зазначеного вище, становить 0,7 м.

Швидкість, з якою промислова вода рухається в завершенні відповідного збірного каналу:

$$V_{\text{к}} = \frac{q_{\text{пр}}}{(H_{\text{к}} - 0,2) \cdot B_{\text{к}}}, \text{ м/с}, \quad (2.106)$$

$$V_{\text{к}} = \frac{0,334}{(0,69 - 0,2) \cdot 0,7} = 0,9 \text{ м/с}.$$

Втрати тиску при промиванні

Система, що застосовується для очищення фільтрів, розпочинається з насосного обладнання.

Зниження тиску у впускних (розподільних) трубах $h_p = 3$ м.

Тиск, що втрачається крізь шар фільтрації під час зворотного промивання:

$$h_\phi = \left(\frac{\rho_3}{\rho_0} - 1 \right), \text{ м}, \quad (2.107)$$

де ρ_0 – щільність водм, т/м³.

$$h_\phi = \left(\frac{2,5}{1} - 1 \right) \cdot 0,7 = 1,05 \text{ м.}$$

Втрати тиску у гравійних опорних шарах знаходимо за формулою:

$$h_n = 0,022 \cdot L_n \cdot \omega, \text{ м}, \quad (2.108)$$

$$h_n = 0,022 \cdot 0,5 = 0,13 \text{ м.}$$

Обсяг втрати тиску у засипці:

$$h_3 = h_n + h_\phi, \text{ м}, \quad (2.109)$$

$$h_3 = 1,05 + 0,13 = 1,18 \text{ м.}$$

Проведення розрахунку для трубопровідної системи, яка доставлятиме технічну воду для промивання:

– довжина l - розрахунок за генеральним планом $l = 100$ м;

– діаметр – за допомогою [6] $D_{\Pi} = 450$ мм;

– гідравлічний ухил – $i = 0,011$, за таблицями Шевелєва;

– втрати напору $h_{nm} = \frac{2}{i} \cdot l = \frac{2}{0,011} \cdot 100 = 2,2$ м.

Загальна величина втрати тиску під час промивання фільтраційного обладнання:

$$\sum h_{np} = h_p + h_3 + h_{nm}, \text{ м}^3, \quad (2.110)$$

$$\sum h_{np} = 3,0 + 1,18 + 2,2 = 6,4 \text{ м}^3.$$

Підбір промивних насосів

Тиск насоса, який необхідний:

$$H_{\Pi} = z_{\text{ж}} - z_{\text{д}} + \sum h_{np} + 1,5, \text{ м}, \quad (2.111)$$

Продуктивність насоса, яка необхідна знаходимо за формулою:

$$Q_n = 3,6 \cdot F_{ст} \cdot \omega, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.112)$$

$$Q_n = 3,6 \cdot 27,8 \cdot 12 = 1200,96 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Відібрана модель насоса – Д2000-21, котра має продуктивність 1700 м³/год та розрахована на робочий напір у 17 метрів.

Розміри трубопроводів на фільтрувальній станції

Стосовно кожного трубопроводу необхідно вказати витрату, швидкість та діаметр $d_{пр}$ спираючись на пункти 10.12.12 та 10.12.27 із [2], при цьому всі ці параметри мають бути визначені за програмою [6]:

– щоб подати освітлену воду на всі фільтри: $q = 247,5 \text{ л/с}$; $V = 1,2 \text{ м/с}$;

$d = 600 \text{ мм}$;

– щоб подати освітлену воду до одного фільтра: $q = 35,4 \text{ л/с}$; $V = 1,03 \text{ м/с}$;

$d = 200 \text{ мм}$;

– щоб відвести фільтрат в РЧВ від усіх фільтрів: $q = 245,5 \text{ л/с}$; $V = 1,2 \text{ м/с}$;

$d = 600 \text{ мм}$;

– щоб подати промивну воду в розподільчу систему: $q = 334 \text{ л/с}$; $V = 1,5 \text{ м/с}$;

$d = 450 \text{ мм}$;

– щоб злити промивну воду: $q = 334 \text{ л/с}$; $V = 1,5 \text{ м/с}$; $d = 450 \text{ мм}$.

Відомості для балансової схеми

Добовий об'єм води для промивання:

$$W_{пр,доб} = 0,06 \cdot F_{ст} \cdot \omega \cdot t_{пр} \cdot N \cdot n_{пр}, \text{ м}^3, \quad (2.113)$$

$$W_{пр,доб} = 0,06 \cdot 27,8 \cdot 12 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 3 = 2522 \text{ м}^3.$$

Споруди для повторного використання промивної води

Ці споруди проєктуються відповідно до Додатку Д [2].

Система для повторного використання води, яка використовується для промивання фільтрів, складається з пісколовлювачів та резервуарів для промивних вод.

Піскоуловлювачі

Витрата промивної води:

$$q_{\text{пр}} = F_{\text{ст}} \cdot \omega, \text{ л/с}, \quad (2.114)$$

$$q_{\text{пр}} = 27,8 \cdot 12 = 334 \text{ л/с}.$$

Застосовуємо горизонтальний тип піскоуловлювача. Прийнята робоча глибина піскоуловлювача (будівельна) згідно з додатком 3 становить $H_6 = 1,8$ м.

Глибина бункера визначається за формулою:

$$h_6 = H_6 - h_3, \text{ м}, \quad (2.115)$$

$$h_6 = 1,8 - 0,9 = 0,9 \text{ м}.$$

Згідно з пунктом 15.23 [2] (подається нижче), висота насипу піскоуловлювачів становить $H_{\text{заг}} = 0,9$ м.

Сумарна глибина, яка повністю заповнюється піском, згідно з пунктом 15.23 [2] (наведено нижче).

Пропускна здатність піскоуловлювача по ширині становить $B_n = 2,4$ м.

Загальна кількість секцій піскоуловлювача дорівнює $n_n = 2$ шт.

Загальна довжина піскоуловлювача сягає $L_n = 9$ метрів.

Для вилучення з піскоуловлювача осілого мулу застосовуються гідроелеватори.

Резервуари промивних вод

Передбачаємо встановлення двох резервуарів.

Показник щодобового обсягу води для промивання, складає 2522 м^3 .

Обсяг однієї ємності знаходимо за формулою:

$$W_{\text{рпв}} = 0,06 \cdot F_{\text{ст}} \cdot \omega \cdot t_{\text{пр}}, \text{ м}^3, \quad (2.116)$$

$$W_{\text{рпв}} = 0,06 \cdot 27,8 \cdot 12 \cdot 6 = 120 \text{ м}^3.$$

Резервуари прийняли за такими габаритами $a \times b \times h - 9 \times 9 \times 1,8$ м.

Висота резервуару згідно з типовим будівельним кресленням:

$$H_{\text{заг}} = h + 0,3, \text{ м}, \quad (2.117)$$

$$H_{\text{заг}} = 1,8 + 0,3 = 2,1 \text{ м}.$$

Для унеможливлення накопичення твердих часток на дні резервуару, застосовують механізми для збовтування осаду, як-от використання насоса.

Продуктивність насоса, що рівномірно відкачує промивну воду у змішувач знаходимо за формуло:

$$Q_H = \frac{W_{\text{пр.доб}}}{24}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.118)$$

$$Q_H = \frac{2522}{24} = 105 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Обрана модель насоса відповідно до каталогу – це 6К-12а, здатна забезпечити продуктивність 108 м³/год та напір у 18 метрів.

Споруди для зневоднювання осаду

У цьому проєкті, аби акумулювати та зневоднювати осад, обрано мулонакопичувач (шламосховище), що відповідає вимогам [2].

Оцінка ємностей для мулу

Середньорічний рівень зважених часток у воді сягає $C_v = 87,5 \text{ г/дм}^3$.

Час, протягом якого відбувається збирання осаду, позначається як T , і його визначення відбувається згідно з пунктами Д.17–Д.18 Додатку Д [2]
 $T = 5$ років.

Середній рівень вологості осадів протягом років (рисунок Д.1 [2]):

$$P_1 = 74\%; P_2 = 69\%; P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 68\%.$$

Річна усереднена щільність осадів (див. рисунок Д.1 [2])

$$\rho_1 = 1,09 \text{ г/м}^3; \rho_2 = 1,22 \text{ г/м}^3; \rho_3 = 1,23 \text{ г/м}^3; \rho_4 = \rho_5 = \rho_6 = 1,24 \text{ г/м}^3.$$

Величина ємності накопичувача визначається за формулою, наведеною у Додатку 2 [2] і становить $W_H = 424098 \text{ м}^3$.

Глибина сховища, визначається згідно з пунктом Д.17 Додатку Д [2] $H_H = 2 \text{ м}$.

Кількість секцій накопичувача визначається згідно пункту Д.19 додатку Д [2] $N_H = 2$ шт.

Визначаємо загальну площу однієї секції:

$$F_{H1} = \frac{W_H}{N_H \cdot H_H}, \text{ м}^2, \quad (2.119)$$

$$F_{H1} = \frac{424098}{2 \cdot 2} = 106025 \text{ м}^2.$$

Тоді розміри секції становитимуть $A \times B = 300 \times 350 \text{ м}$.

Обсяг води, відокремленої від осаду при ущільненні за добу знаходимо за формулою:

$$W_{Bo} = \frac{W_{oc} - W_H}{365 \cdot T}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.120)$$

$$W_{Bo} = \frac{334 - 424098}{365 \cdot 6} = 140,64 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

2.3.4 Знезаражування води

Рішення щодо вибору способу дезінфекції ухвалюється згідно з положеннями пункту 10.18.1 [2].

Схематичне зображення системи хлорного господарства, згідно з пунктами 10.27.10 та 10.27.11 [2], можна знайти на рисунку 2.10. Варто звернути увагу, що у випадку надходження газоподібного хлору безпосередньо з бочок, випарні пристрої у цій схемі не передбачені.

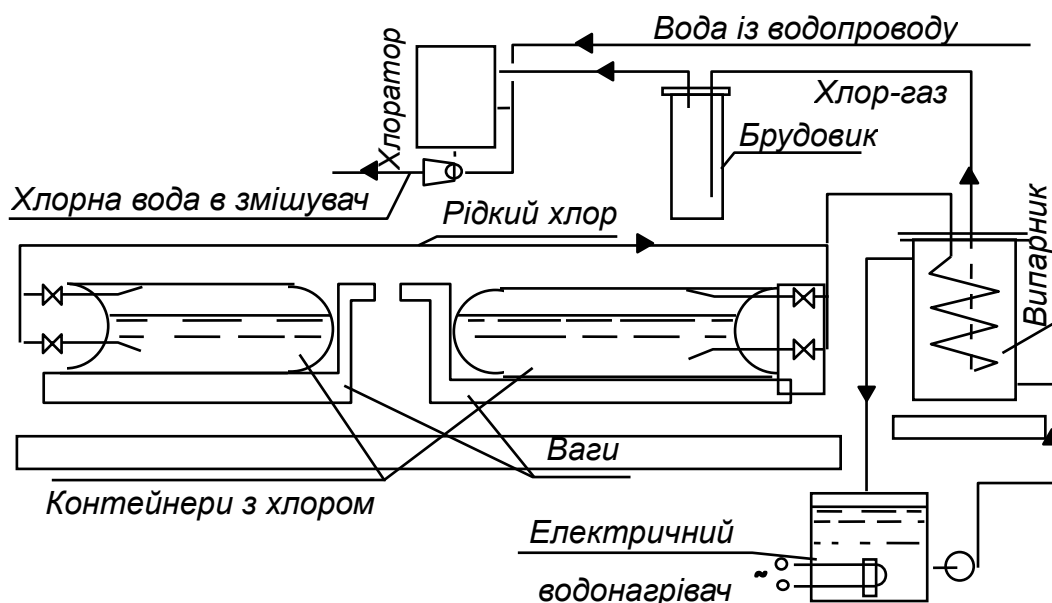


Рисунок 2.6 – Схема хлораторної установки з випарником

Обчислення системи хлорування

Кількість хлору, необхідна для первинного хлорування по п. 10.4.4 [2] та п. 10.18.8 $g_1 = 5 \text{ мг/м}^3$.

Витрати хлору для первинного хлорування знаходимо за формулою:

$$G_1 = Q_{\text{ч}} \cdot g_1 \cdot 10^{-3}, \text{ кг/год}, \quad (2.121)$$

$$G_1 = 890,8 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 4,5 \text{ кг/год}.$$

Обрані зразки хлораторів, призначені для початкового хлорування, разом із їхньою потужністю та числом: ЛК 11 – дві одиниці, потужність коливається від 0,5 до 5,0 кілограмів за годину. Один агрегат є робочим, а інший – запасним.

Кількість хлору для вторинного хлорування:

$$G_{\text{год}} = G_1 + G_2, \text{ кг/год}, \quad (2.122)$$

$$G_{\text{год}} = 4,5 + 2,7 = 7,2 \text{ кг/год}.$$

$$G_{\text{доб}} = 24 \cdot G_{\text{год}}, \text{ кг/добу}, \quad (2.123)$$

$$G_{\text{доб}} = 24 \cdot 7,2 = 172,8 \text{ кг/добу}.$$

Застосовуємо тип тари для хлору згідно з [3, 8], де продуктивність $G_{\text{год}}$ становить не менше 50 кг/добу – бочки:

- місткість однієї бочки складає 500 літрів;
- довжина бочки, що позначається літерою L , дорівнює 1,6 метра;
- діаметр бочки, D , має величину 0,725 метра;
- площа її бічної поверхні:

$$F_6 = \pi \cdot D \cdot L, \text{ м}^2, \quad (2.124)$$

$$F_6 = 3,14 \cdot 1,6 \cdot 0,725 = 3,64 \text{ м}^2.$$

— вага рідкого хлору $m_x = 625 \text{ кг}$.

Обраний метод випуску хлору – без додаткового нагрівання.

Відбір хлору з одного балона або з одного квадратного метра поверхні цистерни досягає показника до 3 кілограмів за годину з кожного квадратного метра поверхні цистерни без нагрівання (при використанні підігріву така межа не встановлюється, складаючи 3 кг/год).

Відбір хлору з однієї ємності:

$$G_6 = g_{\text{пит}} \cdot F_6, \text{ кг/год}, \quad (2.125)$$

$$G_6 = 3 \cdot 3,64 = 10,9 \text{ кг/год}.$$

Потрібна кількість діжок, що функціонують паралельно:

$$N_6 = \frac{G_{\text{год}}}{G_6}, \text{ шт.}, \quad (2.126)$$

$$N_6 = \frac{7,2}{10,9} = 0,7 = 1 \text{ шт.}$$

Споживання води, яка подається до ежекторів для первинного хлорування вакуумних хлораторів:

$$q_{e.1} = 0,6 \cdot G_1, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.127)$$

$$q_{e.1} = 0,6 \cdot 4,5 = 2,7 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Споживання води, яка подається до ежекторів для вторинного хлорування вакуумних хлораторів:

$$q_{e.2} = 0,6 \cdot G_2, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.128)$$

$$q_{e.2} = 0,6 \cdot 2,7 = 1,62 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Запасне обладнання у хлораторній підбираємо за [8] і воно складе 2.

Площа, призначена для хлорування, у плані:

– хлору первинного

$$F_1 = 3 \cdot N_{\text{хл}}, \text{ м}^2, \quad (2.129)$$

$$F_1 = 3 \cdot 5 = 15 \text{ м}^2.$$

– хлору вторинного

$$F_2 = 3 \cdot N_{\text{хл}}, \text{ м}^2, \quad (2.130)$$

$$F_2 = 3 \cdot 3 = 9 \text{ м}^2.$$

Термін, за який накопичується хлору, відповідно до пункту 10.27.1 [2] складає $T = 30$ діб.

Хлор у витратному резерві:

$$G_3 = G_{\text{доб}} \cdot T, \text{ кг}, \quad (2.131)$$

$$G_3 = 172,8 \cdot 30 = 5184 \text{ кг}.$$

Число посудин (балонів) із хлором на складі витратних матеріалів:

$$N_3 = \frac{G_3}{m_x}, \text{ шт.}, \quad (2.132)$$

$$N_3 = \frac{5184}{625} = 8,3 \text{ шт.}$$

Приймаємо 9 балонів у видатковому складі хлору.

2.3.5 Реагентне господарство

До системи хімічної обробки належить зберігання, приготування розчинів, їхнє подальше розведення та точне дозування потрібних хімічних речовин. Зважаючи на невелику потужність цього об'єкту, було вирішено використовувати метод зберігання реагентів у сухому вигляді. Йдеться про коагулянти (такі як сульфат алюмінію чи алюмінію оксихлорид) та гранульований реагент ППА (першого гатунку).

Обчислення потреб хімічних реагентів

Зберігання реагенту – коагулянт.

Обсяг реагенту добираємо за [4] $D_k = \frac{5}{45} \text{ мг/дм}^3$ $D_{\text{ППА}} = 1 \text{ г/м}^3$

Склад активної речовини у реагенті $C_k = 33\%$ $C_{\text{ППА}} = 70\%$

Денна витрата:

технічного реактиву:

$$G_m = \frac{D \cdot Q_{\text{доб}}}{10 \cdot C}, \text{ кг/добу}, \quad (2.133)$$

$$G_{mk} = \frac{45 \cdot 21380}{10 \cdot 33} = 2915 \text{ кг/добу.}$$

$$G_{m\text{ППА}} = \frac{1 \cdot 21380}{10 \cdot 70} = 30,5 \text{ кг/добу.}$$

активного продукту:

$$G_a = D \cdot Q_{\text{доб}} \cdot 10^{-5}, \text{ т/добу}, \quad (2.134)$$

$$G_{ak} = 45 \cdot 21380 \cdot 10^{-5} = 0,96 \text{ т/добу.}$$

$$G_{a\text{ППА}} = 1 \cdot 21380 \cdot 10^{-5} = 0,02 \text{ т/добу.}$$

Спосіб збереження ухвалено сухий.

Об'ємна маса при сухому збереженні з $\gamma_{1к} = 1,1 \text{ т/м}^3$ $\gamma_{1ППА} = 1 \text{ т/м}^3$.

Термін, на який робиться запас реагенту по п. 10.27.1 [2] $T_k = 30$ діб,
 $T_{ППА} = 30$ діб.

Висота шару реагенту при сухому збереженні п. 10.27.3 [2] $H_k = 2$ м, $H_{ППА} = 1$ м.

Площа сховищ для сухого зберігання:

$$F = \frac{1,2 \cdot G_m \cdot T}{\gamma_1 \cdot H \cdot 10^3}, \text{ м}^2, \quad (2.135)$$

$$F_k = \frac{1,2 \cdot 2915 \cdot 30}{1,1 \cdot 10^3} = 9,54 \text{ м}^2.$$

$$F_{ППА} = \frac{1,2 \cdot 30,5 \cdot 30}{1 \cdot 10^3} = 0,1089 \text{ м}^2.$$

Ухвалені габарити складу згідно з генпланом 2×5 .

Розчинні баки

Міцність розчину згідно з підпунктами 10.4.8, 10.4.17, 10.4.21 10.19.7 [2]
 $C_{2к} = 12\%$ і $C_{2ф} = 0,5\%$.

Густина розчину згідно з додатком 2 [2] $\gamma_{2к} = 1,13 \text{ т/м}^3$, $\gamma_{2ф} = 1 \text{ т/м}^3$.

Термін, на який готується розчин $t_{2к} = 12$ год., $t_{2ф} = 24$ год.

Щоб визначити обсяг ємності треба у формулу підставити дозу реагенту, годинну втрату

$$W_r = \frac{D \cdot Q_{\text{год}} \cdot t_2}{C_2 \cdot \gamma_2 \cdot 10^4}, \text{ м}^3, \quad (2.136)$$

$$W_{рк} = \frac{45 \cdot 890,8 \cdot 12}{12 \cdot 1,13 \cdot 10^4} = 3,55 \text{ м}^3.$$

$$W_{рф} = \frac{1 \cdot 890,8 \cdot 24}{0,5 \cdot 1 \cdot 10^4} = 4,28 \text{ м}^3.$$

Схвалена кількість баків та їхні габарити: 2 баки для коагулянту кубічної форми розмірами $a_2 \times b_2 \times h_2$. Щодо коагулянту, передбачено ємності з плановими габаритами 1,5 на 1,5 метра та висотою 2,0 м, а для флокулянта – резервуари, що мають у плані розміри 0,7 на 0,7 метра при глибині 1 метр.

Насоси для перекачування розчину з розчинного бака у витратний. Беремо до уваги два насоси типу СД16/10, що створюють тиск у 10 метрів водяного стовпа, необхідні для транспортування речовини, що коагулює, та ще два такі самі насоси СД16/10, також із 10-метровим напором, призначені для подачі флокулянту.

Витратні баки

Концентрація розчину $C_{зк} = 5\%$ $C_{зф} = 0,2\%$.

Густина розчину згідно з додатком 2 $\gamma_{зк} = 1,13 \text{ т/м}^3$, $\gamma_{зф} = 1 \text{ т/м}^3$.

Розрахунок періоду, для якого готується розчин, t_3 , здійснюється з урахуванням кратності тривалості зміни (8 або 12 годин) $t_{зк} = 12 \text{ год.}$, $t_{зф} = 24 \text{ год.}$

Визначаємо об'єм витратних баків за формулою [2, 8]:

$$W_3 = \frac{D \cdot Q_{\text{ч}} \cdot t_3}{C_3 \cdot \gamma_3 \cdot 10^4}, \text{ м}^3, \quad (2.137)$$

$$W_{зк} = \frac{45 \cdot 890,8 \cdot 12}{5 \cdot 1,05 \cdot 10^4} = 9,16 \text{ м}^3.$$

$$W_{зф} = \frac{1 \cdot 890,8 \cdot 48}{0,2 \cdot 1 \cdot 10^4} = 0,48 \text{ м}^3.$$

Затверджена кількість резервуарів та їхні габарити – це 2 циліндричні ємності з параметрами на кресленні $a_3 \times b_3 \times h_3$ метрів.

Щодо коагулянту, його обсяг становитиме з габаритами 1,5 на 1,5 на 2,0, тоді як для флокулянту це буде проєкцією на площині 0,7 на 0,7 на 1 метр.

Апарати для дозування

Знаходимо обсяг рідини реагенту, що подається:

$$Q_p = \frac{W_3}{t_3}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.138)$$

$$Q_{рк} = \frac{9,16}{12} = 0,76 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$Q_{рф} = \frac{0,48}{48} = 0,01 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Наданий тип дозаторів, їхня кількість та ключові параметри приймаються згідно з [8] ПДщ.

Витрату води, що потрібна для приготування реагенту визначаємо за формулою:

$$Q_v = \frac{G_a(100 - C_3)}{C_3}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.139)$$

$$Q_{\text{вк}} = \frac{0,096(100 - 5)}{5} = 1,82 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

$$Q_{\text{вф}} = \frac{0,002(100 - 0,2)}{0,2} = 9,98 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Резервуари чистої води

Знаходимо розмір сховища для свіжої води за формулою:

$$W_{\text{рчв}} = 0,15 \cdot Q_{\text{кор}}, \text{ м}^3, \quad (2.140)$$

$$W_{\text{рчв}} = 0,15 \cdot 20960 = 3144 \text{ м}^3.$$

Маємо на увазі прийняття двох резервуарів для чистої води, кожен місткістю 2000 кубічних метрів, з габаритами 24 на 18 на 4,8 метрів.

2.3.6 Допоміжні приміщення станції очищення води

У будівлі станції очищення води планується розмістити наступні службові приміщення: хімічна лабораторія – 40 м²; вагова – 6 м²; бактеріологічна лабораторія автоклава – 20 м²; середоварочна та мийна – 10 м²; кімната для гідробіологічних досліджень (при джерелах води, багатих мікрофлорою) – 8 м²; приміщення для зберігання посуду і реактивів – 10 м²; кабінет завідувача лабораторією – 8 м²; кімната для чергового персоналу – 15 м²; кабінет начальника станції – 15 м²; майстерня для поточного ремонту дрібного обладнання та приладів – 15 м²; гардеробна – 6 м²; душова – 8 м²; санітарно-технічний вузол – 3 м².

3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Пріоритетними цілями роботи водопровідних господарств є [9, 10]:

- безперебійне постачання розрахункових обсягів води, що відповідає встановленим стандартам якості;
- гарантування стабільної та безвідмовної функціонування всіх елементів інфраструктури;
- максимально швидке виправлення наслідків аварій та їх запобігання в майбутньому;
- акуратне та своєчасне виконання планових та позапланових ремонтних робіт;
- протидія втратам води, витокам та нераціональним витратам;
- досягнення високої ефективності діяльності, що передбачає зниження витрат на виробництво 1 м³ води та послуг водовідведення;
- впровадження передових методів організації праці, сучасних технологічних рішень, а також механізація та автоматизація всіх виробничих операцій.

3.1 Перевірочні заходи та введенні в експлуатацію об'єктів очищення у комплексних системах водозабезпечення

Прийняття в експлуатацію завершених будівельних робіт (реконструкції, розширення) об'єктів, таких як підприємства, їх черги, пускові комплекси, будівлі та споруди, відбувається згідно з чинним законодавством та затвердженими міністерством правилами приймання готових об'єктів [10]. Ці правила вимагають, щоб об'єкти, завершені відповідно до затвердженої проектної документації та готові до використання, були представлені замовникам та державним приймальним комісіям.

Прийом у роботу об'єктів, які мають дефекти, що перешкоджають їх належній експлуатації, погіршують санітарно-гігієнічні умови та безпеку праці, а також без проведення випробувань та перевірок функціонування споруд і обладнання, рішуче забороняється.

Перед тим, як презентувати об'єкти державним приймальним комісіям, формуються робочі комісії [9, 10]. Ці комісії призначаються замовником і відповідають за проведення гідравлічних та технологічних випробувань. Робочі комісії також здійснюють перевірку об'єктів та змонтованого обладнання на відповідність проєктній документації, аналізують результати випробувань та комплексних перевірок обладнання. Крім того, вони оцінюють готовність об'єктів до штатної експлуатації, що охоплює виконання заходів з охорони праці та довкілля, а також перевіряють якість будівельно-монтажних робіт. За результатами цих дій робочі комісії приймають об'єкти в експлуатацію.

За підсумками роботи, проведеної комісією, складаються акти, що засвідчують готовність завершених об'єктів будівництва для передачі державній приймальній комісії [9].

Обов'язки державних приймальних комісій включають [10]:

а) встановлення факту усунення зауважень, зафіксованих робочими комісіями, та оцінка готовності об'єкта до введення в експлуатацію;

б) надання експертної оцінки якості виконаних будівельно-монтажних робіт, а також аналіз новаторських технічних та архітектурно-будівельних рішень, застосованих при зведенні об'єкта в цілому;

в) здійснення перевірки відповідності фактично досягнутих показників потужності та вартості об'єкта, що вводиться в дію, запланованим у проєкті потужності та кошторисній вартості будівництва, а також, у разі виявлення розбіжностей, аналіз причин, що до них призвели. Висновки такого аналізу, разом із відповідними рекомендаціями, представляються органам, що сформували комісію.

Введення в експлуатацію завершених будівельних робіт, що відповідають проєктній документації, здійснюється через державні приймальні комісії. Цей процес фіксується у відповідних актах [9, 10]. Затвердження цих актів відбувається протягом одного місяця за рішенням органів, відповідальних за формування комісій. Після затвердження актів, повноваження приймальної комісії автоматично припиняються.

Під час етапу введення в експлуатацію та проведення випробувань, технічний персонал станції спільно з фахівцями пусконаладжувальної організації розробляють настанови з технічної експлуатації обладнання та експлуатаційні інструкції для кожного робочого місця. Також ними визначаються оптимальні режими функціонування станції.

Перед початком дослідної експлуатації потрібно вжити таких організаційно-технічних заходів [9, 10]:

а) здійснити підбір кваліфікованого персоналу для споруд, організувати його навчання та пройти практику на вже діючих аналогічних очисних спорудах;

б) створити необхідний резерв та забезпечити належні умови зберігання для реагентів, реактивів та фільтрувальних матеріалів, а також врегулювати питання їх подальшого постачання;

в) підтвердити готовність лабораторних приміщень для проведення лабораторно-виробничого та технологічного контролю.

г) обладнати всі технологічні майданчики та підрозділи відповідними положеннями, посадовими інструкціями, експлуатаційними регламентами, а також журналами для документального обліку показників функціонування очисних споруд;

д) позначити відповідним маркуванням (червоною фарбою) на обладнанні та спорудах;

е) узгодити з уповноваженими місцевими органами, які відповідають за регулювання водних ресурсів та їх охорону, органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду, а також службами, що займаються збереженням рибних ресурсів, порядок та умови скидання очищених стічних вод у водні об'єкти, місця і періодичність відбору проб, а також застосовувані методики аналізу стічних вод.

3.2 Експлуатація водопровідних очисних споруд

Підготовчі роботи перед пуском споруд

Для перевірки водонепроникності басейнів із залізобетону, таких як резервуари питної води, баки, відстійники та інші конструкції, проводять

гідравлічні випробування [9, 10]. У процесі випробувань резервуар, що перевіряється, наповнюють водою до встановленого проєктом максимального рівня. Всі запірні пристрої, включаючи засувки та шибери, закриваються, а потім опломбовуються. Після витримки протягом встановленого часу (не менше 72 годин) визначається добовий рівень втрати води в резервуарі. Дозволений об'єм зниження води за добу не повинен перевищувати 3 літрів на кожен квадратний метр площі внутрішніх стінок та днища, що контактують з водою.

Усі виявлені під час огляду та перевірок дефекти у будівельно-монтажних роботах, а також недоліки, фіксуються в акті. У документі також обов'язково вказується термін, до якого ці недоліки мають бути усунені.

Пробні випробування очисних споруд здійснюються за умови, що вони працюють у режимі, передбаченому проєктом, з огляду на заплановані обсяги та методи очищення води. Під час цих випробувань проводиться перевірка функціональності всіх елементів очисних споруд, їхніх складових частин, трубопроводів, а також запірно-регулювальної та контрольної-вимірювальної апаратури. Тривалість дослідної експлуатації очисних споруд для водопостачання встановлюється залежно від того, коли досягається належна якість очищеної води, що відповідає державним санітарним нормам і правилам. Постачання води кінцевим споживачам протягом цього періоду дослідної експлуатації не дозволяється.

Аби ввести в дію очисні споруди систем водопостачання та водовідведення, а також почати подавати воду споживачам чи скидати очищені стічні води у водойму, спочатку необхідно провести їх пробну експлуатацію.

До моменту початку пробної експлуатації, водопровідні очисні установки та мережі мають пройти процес промивання, а також бути оброблені дезінфекційними засобами, зокрема хлорованою водою.

Пробні випробування очисних споруд здійснюються за умови, що вони працюють у режимі, передбаченому проєктом, з огляду на заплановані обсяги та методи очищення води [9, 10]. Під час цих випробувань проводиться перевірка функціональності всіх елементів очисних споруд, їхніх складових частин,

трубопроводів, а також запірно-регулювальної та контрольної-вимірної апаратури. Тривалість дослідної експлуатації очисних споруд для водопостачання встановлюється залежно від того, коли досягається належна якість очищеної води, що відповідає державним санітарним нормам і правилам. Постачання води кінцевим споживачам протягом цього періоду дослідної експлуатації не дозволяється.

Пусконаладжувальні роботи (технологічні налаштування очисних споруд), які можуть виконуватися спеціалізованим пусконаладжувальним підприємством чи експлуатаційним персоналом станції, обов'язково проводяться за участі організації-розробника проєкту. Нормативно встановлені терміни, протягом яких здійснюється технологічне налагодження, зумовлені продуктивністю станції.

Технологічне налагодження очисних споруд охоплює введення очисних споруд у дослідно-промислову експлуатацію (дослідний пуск), визначення технологічних параметрів функціонування окремих споруд та оптимізацію режимів їхньої роботи. Під час виконання пусконаладжувальних робіт слід здійснити встановлення та порівняння з проєктними показниками наступних [9-11]:

1. Усі габарити та позначки установок очищення.
2. Технологічні показники функціонування установок очищення.
3. Режими роботи керуючого та вимірної обладнання, дозуючих пристроїв, витратомірів, рівнемірів, регуляторів витрат та швидкості тощо.
4. Кількість реагентів, порядок їх додавання і подібне.

Після завершення монтажних та налагоджувальних робіт, а також тестового запуску станції, який триватиме щонайменше 2-3 дні, якщо вода відповідатиме необхідним стандартам якості, станція буде представлена Державній приймальній комісії [9].

Порядок функціонування очисних споруд

Штатний розпис визначає кількість, склад та рівень кваліфікації персоналу, який обслуговує водопровідно-каналізаційне господарство [9, 10]. Цей показник залежить від потужності водопровідних або очисних споруд, а також від довжини протяжності мереж. Для безперебійної роботи та ефективного управління

системами водопостачання, необхідно забезпечити систематичне ведення технічної документації, реєстр паспортів об'єктів та інвентаризаційних даних.

Під час експлуатації систем водопостачання часто виникають непередбачувані обставини, зокрема, відхилення від встановлених робочих режимів, аварійні ситуації тощо. Персонал, що займається експлуатацією, особливо інженерно-технічні працівники, повинні володіти глибокими знаннями та швидко реагувати в критичних умовах. Це дозволить оперативно визначати місце виникнення аварії, її причину та в найкоротші терміни усунути наслідки. При цьому ключовим завданням є не лише зменшення втрат води, погіршення її якості або брак подачі споживачам, а й запобігання значним матеріальним збиткам поза межами самого водопровідного господарства. Сфера діяльності цього персоналу охоплює: технічне обслуговування змішувачів, реакційних камер, відстійників, освітлювачів, а також фільтрів. Загальний штатний склад персоналу, що забезпечує експлуатацію, затверджується виробничими об'єднаннями водопровідного господарства.

Стабільну та ефективну роботу очисних споруд гарантує належний догляд, безперервний кваліфікований нагляд з боку персоналу за технологічними процесами та якістю очищення води. В ході експлуатації слід прагнути до того, щоб очисні споруди функціонували стабільно протягом кожного сезону, обробляючи приблизно однакову кількість води.

Реагентне господарство

Робота реагентних цехів має гарантувати оперативне та належне приготування розчинів реагентів, а також стабільне дозування їх у воду, що обробляється, згідно з встановленими параметрами.

Під час експлуатації реагентних цехів персонал, який їх обслуговує, повинен [9, 10]:

- а) вчасно готувати встановлену кількість розчинів реагентів потрібної концентрації;
- б) вводити реагенти у воду, що підлягає обробці, дотримуючись визначених норм, черговості та часових проміжків між уведеннями;

в) постійно стежити за справністю обладнання для приготування та дозування реагентів, а також контрольно-вимірювальних приладів;

г) завчасно подавати запити на отримання необхідних реагентів;

д) вести постійний облік та контроль витрати і якості реагентів, що надходять.

Вибір методів проведення реагентної обробки води протягом року, а також типів реагентів, що застосовуються, здійснюється на підставі результатів фізико-хімічних, санітарно-бактеріологічних та технологічних досліджень, а також врахування практичного досвіду водоочищення. Усі ці рішення повинні бути схвалені адміністрацією водопровідної станції.

Кількість реагентів, що використовуються, встановлюється згідно з даними, отриманими під час технологічних аналізів води. Під час експлуатації ці дози можуть коригуватися. Таке коригування здійснюється на основі оцінки ефективності дії реагентів на воду, беручи до уваги будь-які зміни в її якості, що надходить із джерел.

Пристрої для змішування

Під час експлуатації даного обладнання, персонал повинен [9, 10]:

а) Здійснювати безперервний моніторинг та контроль за процесом змішування реагентів з водою, що підлягає обробці;

б) Забезпечувати регулярне очищення змішувачів від утвореного осаду;

в) Перевіряти справність механізмів, що входять до складу змішувального обладнання;

г) Відслідковувати тривалість перебування води всередині змішувача.

Система, призначена для подачі води та реагентів до змішувача, повинна гарантувати рівномірне розподілення та змішування води з реагентами по всій вертикалі змішувача протягом розрахункового періоду часу. Крім того, при взаємодії води з реагентами, суттєве значення має коректний вибір місць введення реагентів, а також дотримання необхідної відстані між точками введення різних реагентів, що може варіюватися залежно від сезону.

Камери для коагуляції (флокуляції)

Під час їх експлуатації працівники повинні [9, 10]:

а) Неухильно стежити за функціонуванням камер, швидкістю потоку води, перебігом хімічних процесів, ефективністю формування пластівців, а також за рівнем зважених частинок у камерах конструкції "вбудованого" типу. При цьому, товщина шару зваженого осаду має знаходитися в межах 2,5-3 метрів.

б) Своєчасно виконувати очищення камер.

в) Протягом різних періодів року здійснювати контроль фактичної швидкості руху води та часу її перебування в камерах.

г) Вживати заходів для підвищення ефективності роботи камер. Це може включати визначення шляхом експериментів оптимальних швидкостей витoku води з отворів розподільних систем, сопел, а також модифікацію конструкції за допомогою встановлення направляючих щитів у камерах для водопроводу, зміни положення елементів тощо.

Відстійники й освітлювачі із зваженим осадом

Під час експлуатації зазначених пристроїв, обслуговуючий персонал повинен [9, 10]:

а) підтримувати належний рівень води, що надходить до відстійників та освітлювачів;

б) відстежувати процес накопичення осаду (його товщину) та його вплив на функціонування споруд;

в) своєчасно здійснювати видалення утвореного осаду;

г) забезпечувати рівномірне розподілення водного потоку всередині споруд;

д) контролювати швидкість руху води, а також оперативно виправляти будь-які деформації країв лотків, засувок тощо.

Після завершення процесу видалення осаду, внутрішні поверхні стінок та дно відстійників промивають струменем води з брандспойта. Після завершення робіт з очищення, відстійники піддають дезінфекції за допомогою хлорованої води, забезпечуючи концентрацію 25 мг/л.

Під час експлуатації освітлювачів, де присутній завислий осад (товщина якого повинна підтримуватися на рівні 2–2,5 м), слід проводити ретельний моніторинг рівномірності розподілу води по всій поверхні зони зваженого осаду.

Крім того, необхідно уважно стежити за роботою обладнання, призначеного для відведення освітленої води та осаду, а також за станом відповідних трубопроводів і лотків.

Швидкі фільтри

Під час експлуатації фільтрувальних споруд персонал повинен [9, 10]:

- а) забезпечувати рівномірний розподіл води як між окремими фільтрами, так і в межах кожного фільтра;
- б) дотримуватися встановлених швидкостей фільтрації, контролювати збільшення втрат тиску та якість очищеної води (фільтрату);
- в) підтримувати максимальний рівень води на швидкодіючих фільтрах;
- г) своєчасно виводити споруди на промивання, спостерігаючи за якістю промивної води;
- г) вчасно наповнювати водою баки для промивання;
- д) слідкувати за справністю засувок, гідравлічних та електричних приводів, автоматичних приладів, промислових насосів та іншого обладнання;
- е) регулярно документувати роботу фільтрувальних споруд, роблячи відповідні записи у журналі;
- є) підтримувати належний санітарний стан у приміщенні фільтрувальних споруд;
- ж) перевіряти рівномірність розташування фільтруючих шарів та стан фільтруючого матеріалу.

Вибір оптимальної швидкості фільтрації залежить від специфічних місцевих умов та базується на аналізі техніко-економічних параметрів функціонування фільтрувальних установок. До таких параметрів належать: обсяг та якість вхідної та очищеної води, тривалість робочого циклу, витрати води на промивання та частота його проведення, а також потреба у застосуванні реагентів перед етапом фільтрації.

Під час експлуатації повільних фільтрів слід [9, 10]:

- ретельно контролювати стан біологічної плівки та верхнього шару піску;
- здійснювати своєчасне видалення забрудненого верхнього шару;

- завчасно готувати та досипати пісок, замінюючи видалений;
- проводити хіміко-бактеріологічний контроль якості очищеної води;
- слідкувати за рівномірним розподілом води, що подається на фільтр.

Повільні фільтри надзвичайно чутливі до наявності планктону в освітленій воді. Тому, коли кількість клітин досягає 1000–1500 одиниць на 1 мл, воду слід пропускати через мікрофільтри або інші відповідні пристрої перед надходженням на фільтри.

Під час роботи пристроїв освітлення наступного покоління, важливо приділяти увагу моніторингу рівня рідини в накопичувальних резервуарах. Одночасно з цим, необхідно забезпечити надійне закріплення вантажів, що транспортуються, та підтримувати стабільну швидкість проходження через фільтраційні системи. Цей показник, а саме швидкість, повинен залишатися незмінним і знаходитися в діапазоні від 4 до 6 метрів на годину протягом усього періоду функціонування системи.

Робота з гідротехнічними спорудами, призначеними для накопичення води та регулювання її рівня

Під час експлуатації резервуарів чистої води (РЧВ) та водонапірних башт (ВБ) працівники зобов'язані:

- здійснювати моніторинг якості води, яка надходить, та її хлорування;
- визначати залишок хлору через годину після надходження; слідкувати за рівнями води;
- перевіряти справність трубопровідної арматури, люків, вентиляційних труб;
- проводити перевірку на герметичність; спостерігати за станом РЧВ і ВБ, що знаходяться поза межами санітарно-захисної зони.

Робота з хлором

Під час експлуатації установок, що працюють з хлором, персонал мусить [9, 10]:

- а) регулярно вести облік надходження та витрат хлору у спеціальному журналі;
- б) гарантувати безаварійну роботу обладнання та механізмів;

в) ретельно контролювати та дотримуватися встановленої норми дозування дезінфікуючого засобу;

г) проводити огляд хлораторів і запірної арматури кожні три місяці, а грязьовиків – щонайменше один раз на рік;

д) вчасно, згідно з планом-графіком, здійснювати планово-предуварійні ремонти обладнання.

До роботи в приміщеннях, де використовується хлор, допускаються лише ті співробітники, котрі пройшли відповідне навчання за затвердженою програмою та успішно склали іспити, підтвердивши своє знання "Правил експлуатації та техніки безпеки під час обслуговування хлорного устаткування".

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

На водопровідно-каналізаційних об'єктах першочерговим питанням є гарантування безпечних умов праці під час проєктування та подальшої експлуатації інженерних мереж. Зважаючи на особливості функціонування таких споруд (водозабірних вузлів, пунктів водоочищення та насосних станцій другого ступеня), неминуче постає питання численних виробничих чинників, які можуть бути як небезпечними, так і шкідливими.

Даний розділ має на меті дослідити виробничу атмосферу, виявити потенційні небезпеки та окреслити набір організаційно-технічних кроків для убезпечення від нещасних випадків на виробництві, професійних недуг та аварій. Усі обчислення та проєктні пропозиції здійснено згідно з нормами Закону України «Про охорону праці», чинними Державними будівельними нормами та відповідними галузевими стандартами [2, 11, 12].

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності.

4.1 Різноманітні небезпечні та шкідливі чинники на об'єкті водоочищення

Під час роботи станції з очищення води працівники піддаються впливу низки факторів, які, відповідно до стандартів (ДСТУ), поділяються на такі категорії [12]:

1. Впливи хімічні: отруйна дія парів хлору на дихальну систему та слизові поверхні; хімічні опіки шкіри, якщо відбудеться контакт із розведеними реагентами.

2. Фізичні фактори: ймовірність електричного удару, звукове навантаження та вібрації, загроза внаслідок падіння з висоти,

3. Біологічні чинники: присутність у воді мікроорганізмів, що викликають хвороби, бактерій та вірусів, які можуть потрапити до організму співробітників, якщо не дотримуватися правил гігієни.

4. Психофізіологічні чинники: фізичні та нервово-психологічні перенавантаження.

4.2 Виробнича вібрація

Вібрація як явище полягає в коливальному русі механічного типу, що виникає в системах з елементами пружності. Цей рух відчувається безпосередньо людиною, як цілісно, так і окремими частинами тіла, і негативно впливає на його фізіологічний стан. Вібрація є невід'ємною частиною роботи як рухомого, так і стаціонарного обладнання, чий принцип дії ґрунтується на принципах обертового або зворотно-поступального руху [11, 14].

Залежно від шляху потрапляння в організм людини, вібрацію класифікують як загальну (що діє на робочих місцях) та локальну. Загальна вібрація надходить до тіла через поверхні, з якими воно контактує (стопи, сідниці), і розповсюджується по всій його системі. Долоні найчастіше є провідником для локальної вібрації.

Часто вібраційний вплив супроводжується звуковим шумом.

Вібрація негативно позначається на:

- центральній нервовій системі;
- органах травлення;
- вестибулярному апарату;
- призводить до запаморочень, втрати чутливості в кінцівках;
- спричиняє захворювання суглобів.

Оцінка загальної вібрації з точки зору гігієни здійснюється в межах частот від 0,8 до 80 ГГц. Натомість, локальна вібрація аналізується в діапазоні від 8 до 1000 ГГц.

Виходячи зі спектру частот, вібрацію класифікують наступним чином:

- низькочастотна: 8–16 ГГц,
- середньочастотна: 31,5–63 ГГц,
- високочастотна: 125, 250, 500 та 1000 ГГц (стосується локальних вібрацій).

Для вібрацій на робочих місцях відповідні діапазони частот виглядають так: 0,8–6, ГГц; 8–25 ГГц; 31,5–80 ГГц.

При тривалому впливі вібрації на організм, особливо в поєднанні з несприятливим мікрокліматом, шумом, у працюючих може розвинутися фахове захворювання - вібраційна хвороба, що проявляється порушенням периферійного кровообігу, болем у верхніх кінцівках, розладами вібраційної, больової та температурної чутливості, дисфункцією травних залоз (при дії загальної вібрації).

Існують нормативні документи, що встановлюють допустимі межі шуму та вібрації на виробничих об'єктах. До них належать: ДСТУ 2300-93 «Вібрація. Терміни та визначення»; ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» [13].

Для мінімізації впливу шумів та вібрацій на людину застосовуються наступні підходи:

- зменшення рівня шуму та вібрації безпосередньо в місцях їх виникнення;
- ізоляція джерел шуму та вібрації за допомогою спеціальних звуко- та віброізоляційних матеріалів і конструкцій;
- використання звуко- та вібропоглинаючих матеріалів;
- застосування архітектурно-планувальних методів, що забезпечують оптимальне розташування обладнання, машин та механізмів.
- проведення акустичної обробки приміщень;
- використання індивідуальних засобів захисту.

4.3 Виробничий шум

Шум – це будь-які звуки, небажані для сприйняття, які складаються з різних частот та інтенсивностей. Ці звуки можуть хаотично поєднуватися, справляючи негативний вплив на людський організм, заважаючи праці та відпочинку. До джерел шуму на підприємствах водопостачання зазвичай належать насосні агрегати, компресорне обладнання, системи вентиляції та різноманітні інші механізми [11].

Нормативні документи: ДСТУ 2325-93 «Шум. Терміни та визначення»; ДСН № 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [13, 14].

Згідно з часовими ознаками, шуми класифікують наступним чином:

- постійні шуми: їх рівень протягом повного робочого дня (8 годин) при функціонуванні технологічного обладнання змінюється не більш ніж на 5 дБА;
- непостійні шуми: їх рівень за повний робочий день при роботі технологічного обладнання зазнає змін, що перевищують 5 дБА;

Непостійні шуми, у свою чергу, поділяються на:

- мінливі шуми: рівень яких зазнає безперервних змін у часі;
- переривчасті шуми: рівень яких змінюється стрибкоподібно на 5 дБА або більше. При цьому тривалість періодів, протягом яких рівень шуму залишається сталим, становить 1 секунду або більше.
- Імпульсні шуми: це звукові сигнали, що складаються з одного або кількох імпульсів. Кожен імпульс триває менше 1 секунди, а відмінність між рівнями послідовних імпульсів становить щонайменше 7 дБ.

За джерелом виникнення шум класифікують як механічний, аеродинамічний, гідромеханічний та електромагнітний.

Шум, будучи загально біологічним подразником, впливає на всі органи і системи У цьому проявляється його неспецифічна дія. Специфічна дія спричинює зміни в органі слуху. Під впливом шуму знижується розбірливість мови, швидко розвивається стомлення, порушується сон, знижується працездатність і можуть виникнути патологічні зміни.

Зміни в центральній нервовій системі настають значно раніше, ніж порушення в слуховому аналізаторі. При цьому шум, впливаючи як стрес-фактор, спричиняю зміну реактивності центральної нервової системи, наслідком чого є розлади регулювання функцій органів і систем організму.

Інтенсивний щоденний шум повільно і незворотною дією впливає на незахищений орган слуху і призводить до розвитку приглухуватості [11].

Нормованими параметрами шуму на робочих місцях є: для постійного шуму – рівні звукового тиску L (у децибелах) в октавний смугах частот зі середньо геометричними частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 ГГц;

- ударний (штампування, кування);
- механічний (тертя, биття);

- аеродинамічний (в апаратах і трубопроводах при великих швидкостях руху повітря).

Основними фізичними характеристиками звуку є: частота/(Гц), звуковий тиск P (Па), інтенсивність або сила звуку I (Вт/м²), звукова потужність (Вт). Швидкість поширення звукових хвиль в атмосфері при 20 °С становить 344 м/с. Органи слуху людини сприймають звукові коливання в інтервалі частот від 16 до 20 000 ГГц. Коливання з частотою нижче 16 ГГц (інфразвук) і з частотою вище 20 000 ГГц (ультразвук) не сприймаються органами слуху людини.

Методи боротьби з шумом. Завданнями акустичного розрахунку є:

- визначення рівня звукового тиску в розрахунковій точці, коли відоме джерело шуму та його шумові характеристики;

- визначення величини зменшення шуму.

- розробка заходів із зменшення шуму до допустимої величини.

Для зменшення шуму можуть бути застосовані наступні методи:

- зменшення шуму в джерелі;

- зміна спрямованості випромінювання;

- раціональне планування підприємств та цеху, акустична обробка приміщень;

- зменшення шуму на шляху його поширення;

- засоби індивідуального захисту від шуму: навушники, що забезпечують зниження рівня шуму до 95 дБА і нижче; шолом-гарнітура, ефективність якої сягає понад 120 дБА; беруші, які спроможні послабити звуковий тиск на величину від 10 до 15 дБа [13, 14].

4.4 Виробничі отрути при роботі реагентного господарства

Виробничі, або професійні, отрути – це шкідливі хімічні речовини, що діють на робітників у процесі трудової діяльності. До виробничої отрути належать хімічні сполуки, що трапляються в процесі трудової діяльності людини як сировинні, побічні або готові продукти у вигляді газів, пари, рідини, пилу, диму або туману, та шкідливо впливають на людину у разі потрапляння в організм.

Щодо кожної окремої речовини, нормативно-правовий акт ДСТУ 12.1.005-88 ССБТ «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони»; визначає максимально дозвалені концентрації (гранично допустимі концентрації – ГДК) [11, 14].

У великій мірі інтенсивність токсичної дії промислової отрути залежить від шляхів їх надходження в організм працюючих. Хімічні речовини можуть надходити в організм через дихальні шляхи, травний тракт, шкіру, а в окремих випадках через слизову оболонку очей.

Через органи травлення можуть проникати токсичні речовини, що знаходяться в повітрі робочої зони. Механізм проникнення таких речовин зумовлений їхнім розчиненням у слині та всмоктуванням вже в ротовій порожнині або в шлунку і кишечнику.

Через неушкоджену шкіру (епідерміс, волосяні фолікули, сальні та потові залози) проникають отрути, що добре розчиняються в жирах, наприклад, бензол, хлоровані та металоорганічні речовини.

У разі потрапляння в організм працюючих виробничі отрути можуть спричинити гострі або хронічні професійні захворювання (отруєння). Можливі віддалені наслідки (через декілька років або в наступних поколіннях) впливу хімічних речовин на організм.

Джерелом шкідливих речовин на водопровідно-каналізаційних об'єкті є хлор. Хлор, як речовина, класифікується як такий, що становить небезпеку 2-го класу.

Вміст токсичних речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимі концентрації (ГДК). ГДК – це концентрація, що при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 годин або при іншій тривалості, але не більше ніж 41 година на тиждень, протягом робочого стажу не спричиняє захворювань або інших відхилень у здоров'ї, що визначаються сучасними методами досліджень, у процесі роботи або у віддалений термін життя у теперішнього та у наступних поколінь.

Зміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони підлягає систематичному контролю для попередження можливості перевищення гранично допустимих

концентрацій – максимально разових робочий зони (ГДК_{мр. рз}) і середньо змінних робочої зони (ГДК_{сз. рз}).

При одночасному вмісті в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин односпрямованої дії (по висновку органів державного санітарного нагляду) сума відносин фактичних концентрацій кожного з них ($K^1, K_2 \dots K_n$) у повітрі до їх ГДК (ГДК_{1}, ГДК_{2} \dots ГДК_{n}}) не повинна перевищувати одиниці}}

Періодичність контролю залежно від класу небезпеки становить: для речовин 1 класу – 1 раз на 10 днів, 2 класу – 1 раз на місяць, 3 і 4 класів – 1 раз на квартал. Для контролю середньо змінної ГДК (ГДК сз. рз) проби відбирають не менше ніж впродовж тривалості 75 % зміни протягом 3 змін.

Задача. Визначити обсяг повітря, що видаляється витяжним ковпаком, який має один відкритий бік та встановлений над обладнанням, що під час роботи виділяє шкідливі гази та пари [11]. Розмір зонти $a \times b = 2,0 \times 1,2 \text{ м}^2$.

Розрахунок. Обсяг повітря, котрий видаляється витяжним куполом, розраховується згідно з формулою:

$$L = a \cdot b \cdot v \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.1)$$

де v – середня швидкість потоку повітря в момент надходження до приймального отвору парасольки, м/с.

Середня швидкість потоку повітря, що проходить через отвір приймача зонда, повинна становити:

$v = 1,05 - 1,25 \text{ м/с}$ – парасолька розкрита на чотири боки;

$v = 0,90 - 1,05 \text{ м/с}$ – парасолька розкрита з трьох боків;

$v = 0,75 - 0,90 \text{ м/с}$ – парасолька відчинена з двох боків;

$v = 0,50 - 0,75 \text{ м/с}$ – парасолька розкрита з одного боку.

$$L = 2,0 \cdot 1,2 \cdot 0,67 \cdot 3600 = 5789 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.2)$$

4.5 Електробезпека

Ураження людини електричним струмом можливе тоді, коли вона стане елементом замкнутого електричного ланцюга, в якому через її тіло буде протікати струм небезпечної величини. Причини ураження людини електричним струмом

різноманітні. В електроустановках (ЕУ) напругою до 1000 В до них відносяться: випадковий дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою; попадання під напругу через помилкове вмикання; дотик до неструмоведучих частин ЕУ, що виявилися під напругою внаслідок ушкодження ізоляції; попадання під крокову напругу та напругу дотику.

Електричний струм, проходячи через тіло людини, робить термічний вплив, що приводить до набряків (від почервоніння, до обвуглювання), електролітичне (хімічне), механічне, котре може привести до розриву тканин і м'язів; тому всі електричні травми поділяються місцеві; загальні (електричні удари).

Місцеві електричні травми [11-13]

- електричні опіки (під дією електричного струму);
- електричні знаки (плями блідо-жовтого кольору);
- металізація поверхні шкіри (улучення розплавлених часток металу електричної дуги на шкіру);
- електро офтальмія (опік слизуватої оболонки ока).

Загальні електричні травми:

- 1 ступінь: без утрати свідомості
- 2 ступінь: із утратою
- 3 ступінь: без поразки роботи серця
- 4 ступінь: з поразкою роботи серця й органів подиху

Крайній випадок стан клінічної смерті (зупинка роботи серця і порушення постачання киснем кліток мозку. У стані клінічної смерті знаходяться до 6-8 мін.).

Причини ураження електричним струмом (напруга дотику і крокова напруга):

- 1) дотик до струмоведучих частин, що знаходиться під напругою;
- 2) дотик до відключених частин, на яких напруга може мати місце:
 - 2.1) у випадку залишкового заряду;
 - 2.2) у випадку помилкового включення чи електроустановки неузгоджених дій обслуговуючого персоналу;
 - 2.3) у випадку розряду блискавки в чи електроустановку поблизу;

2.4) дотик до металевих не струмоведучих чи частин зв'язаного з ними електроустаткування (корпус, кожухи, огороження) після переходу напруги на них зі струмоведучих частин (виникнення аварійної ситуації – пробій на корпусі).

3) ураження напругою кроку чи перебування людини в поле розтікання електричного струму, у випадку замикання на землю.

4) ураження через електричну дугу при напрузі електричної установки вище 1 кВ, при наближенні на неприпустиму малу відстань.

5) дія атмосферної електрики при газових розрядах.

6) звільнення людини, що знаходиться під напругою.

Фактори, що впливають на результат ураження електрострумом:

1. Рід струму (постійна чи перемінний, частота 50 ГГц найбільш небезпечна)
2. Величина сили струму і напруги.
3. Час проходження струму через організм людини.
4. Шлях чи петля проходження струму.
5. Стан організму людини.
6. Умови зовнішнього середовища.

Класифікація приміщень по небезпеці поразки електрострумом (ПУЕ-85).

Приміщення I класу. Особливо небезпечні приміщення.

- 1) 100 % вологість;
- 2) наявність активного середовища.

Приміщення II класу. Приміщення підвищеної небезпеки ураження електрострумом:

- 1) підвищена температура повітря ($t = + 35 \text{ }^\circ\text{C}$);
- 2) підвищена вологість ($> 75 \%$);
- 3) наявність струмопровідного пилу;
- 4) наявність струмопровідних підлог;
- 5) наявність електричних установок (заземлених) – можливості дотику одночасно і до електроустановки і до чи заземлення до двох електроустановок одночасно.

Приміщення III класу. Мало небезпечні приміщення. Відсутні ознаки, характерні для двох попередніх класів.

Засоби електробезпеки:

- 1) загально технічні;
- 2) спеціальні;
- 3) засоби індивідуального захисту.

Загально технічні засоби захисту:

- 1) Робоча ізоляція;
- 2) Для оцінки ізоляції використовують наступні критерії:
 - опір фаз електропроводки без підключеного навантаження $R_1 > 0,05$;
 - опір фаз електричної проводки з підключеним навантаженням $R_2 > 0,08$ МО

м.

- 3) Подвійна ізоляція;
- 4) Неприступність струмоведучих частин (використовуються кожух, корпус, електрична шафа, використання блокових схем і т. д.);
- 5) Блокування безпеки (механічні, електричні);
- 6) Мала напруга;
- 7) Для локальних світильників (36 В), для особливо небезпечних приміщень і поза приміщеннями.
- 8) 12 В використовується у вибухонебезпечних приміщеннях.
- 9) Міри орієнтації (використання маркірувань окремих частин електроустаткування, написи, попереджувальні знаки, різнобарвна ізоляція, світлова сигналізація).

Спеціальні засоби захисту [11]:

1. Заземлення;
2. Занулення;
3. Упровадження попереджувальних знаків та сигнальних систем;
4. Захисне відключення;
5. Залучення індивідуальних захисних пристроїв та приладів – головні (через їх високий опір дозволяється торкатися струмопровідних елементів апаратури).

4.6 Пожежна безпека

Пожежна небезпека – це потенційна можливість настання та (або) прогресування вогню, що притаманна будь-якому стану, процесу чи матеріалу.

Пожежна безпека, своєю чергою, означає такий стан об'єкта, за якого гарантованою ймовірністю виключається ризик появи та поширення вогню, а також мінімізується вплив вражаючих факторів пожежі на людей. Крім того, це забезпечує збереження матеріальних ресурсів. Забезпечення пожежної безпеки об'єктів здійснюється відповідно до державних стандартів (ДСТУ), державних будівельних норм (ДБН), правил протипожежного режиму [17, 18], а також специфічних інструкцій, що стосуються заходів пожежної безпеки на конкретних об'єктах.

Ступінь пожежної та вибухової небезпеки приміщення визначається набором обставин, що створюють можливість виникнення та поширення вогню чи вибуху [17, 18]. Ключовими чинниками для оцінки цієї ймовірності є фізико-хімічні характеристики речовин, що утворюються чи використовуються у виробничих циклах: наприклад, температура спалаху для рідин, межі займання для газів та пилу, горючість твердих матеріалів, темп їхнього горіння, тощо. На основі цієї сукупності властивостей матеріалів, що задіяні чи генеруються у технологічних процесах, їх класифікують на п'ять категорій стосовно ризику вибуху, пожежо вибухонебезпечності та пожежної небезпеки.

При класифікації виробництв бралася до уваги не типова ситуація, що настає при повно справності усього обладнання та апаратів у ході технологічного циклу, а скоріше аварійний сценарій. Цей сценарій передбачав серйозних збоїв у виробничому процесі та пошкодження апаратури, що створювало ризик вивільнення горючих речовин у робочий простір.

Можливість виникнення займання або вибуху, а також динаміка розповсюдження вогню та його масштаб значною мірою зумовлюються технологічним процесом. Натомість, межі поширення пожежі та її наслідки багато в чому визначаються вибором конструктивних та планувальних рішень.

На об'єктах, де розташовані споруди водопровідного господарства, має бути передбачена система для гасіння пожеж, що виникають. Пожежні гідранти слід

розташовувати вздовж проїздів на відстані, що не перевищує ста метрів між ними. Усі приміщення, що підлягають опаленню, а також виробничі зони, необхідно оснастити внутрішніми пожежними кранами.

У будь-якому приміщенні, де існує ризик займання та виникнення пожежі, обов'язково мусить бути наявний набір портативного протипожежного оснащення: це включає лопати, ломи, гаки, багри, ємність із піском, діжки з водою, відра, а також вогнегасники, які необхідно пере заправляти відповідно до встановленого регламенту. Розташування цього протипожежного приладдя та вогнегасників має бути таким, щоб їх можна було швидко дістати. Окрім того, на випадок пожежної ситуації необхідно мати складений та затверджений маршрут евакуації для всього персоналу. Цей план евакуації слід розмістити так, аби він був добре помітний для огляду.

Висновки за 4 розділом

1. Здійснивши комплексний аналіз умов, в яких відбувається виробничий процес, ми ідентифікували специфічні небезпечні та шкідливі чинники, що безпосередньо впливають на співробітників, задіяних у роботі водоочисної станції.

2. З метою формування оптимальних умов праці на зазначеному об'єкті, було проведено ретельне дослідження мікрокліматичних показників. Це включало в себе оцінку таких аспектів, як рівень виробничого шуму, інтенсивність вібрації, потенційний вплив шкідливих хімічних речовин у зоні роботи з реагентами, а також ризики ураження електричним струмом і дії працівників при пожежній небезпеці. Для кожного із зазначених факторів було сформульовано відповідні рекомендації, яких працівники повинні дотримуватися задля збереження свого здоров'я та запобігання захворюванням, розраховаа витяжна вентиляції,.

ВИСНОВКИ

1. Визначено об'єми водоспоживання для міста та харчового виробництва у Луганській області, розраховано годинні та добові витрати води на господарсько-питні, промислові й поливальні потреби, а також враховано нормативні витрати на пожежогасіння.

2. Прийнято технологічну схему очищення води на основі аналізу вихідної якості води у джерелі водопостачання, що гарантує її доведення до вимог стандарту на питну воду.

3. Виконано гідравлічний розрахунок водопровідної мережі, визначено оптимальні діаметри трубопроводів та втрати напору, що забезпечує стабільний режим подачі води споживачам під час максимального водорозбору.

4. Розраховано параметри споруд очисної станції із застосуванням освітлювачів з тонкошаровими елементами, що дозволило підвищити брудоемність споруд та збільшити їхню пропускну здатність.

5. Розглянуто заходи з технічної експлуатації запропонованих споруд із метою забезпечення їх безперебійної, надійної та енергоефективної роботи.

6. Розроблено комплексні заходи з охорони праці, промислової санітарії, пожежної безпеки та захисту персоналу від небезпечних виробничих факторів на об'єктах водопостачання.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Камаєв, В. С. Водозабезпечення Донбасу. Проблеми та шляхи вирішення / Камаєв В. С., Гомеля М. Д. // Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 14-15 листопада 2019 р., м. Київ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 107-110.
2. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5-74:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.– Київ, 2013. – 287 с.
3. Тугай А. М. Водопостачання : підручник / А М. Тугай, В. О. Орлов. – К. : «Знання», 2009. – 735 с.
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsanpin_2_2_4_171_10/25-1-0-1180.
5. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. ДБН В.2.5-64:2012 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.– Київ, 2013. – 113 с.
6. Інструмент вільного інжинірингу «Діаметр труби з калькулятора витрати» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://vibromera.eu/uk/calculators/pipe-diameter-flow-rate/?mode=diameter&flow=60&vel=4&units=metric>, вільний (дата звернення 10.06.2026). – Назва з екрана.
7. Колотило М.І. Труби, фасонні деталі, арматура та обладнання систем зовнішнього водопостачання і каналізації : Довідковий посібник / М. І. Колотило, І. В. Корінько, І. Л. Копелевич, О. Г. Друшляк, А. М. Колотило, Ю. В. Ярошенко; Під ред. М. І. Колотило. – Харків : ХТУБА, 2004. – 476 с.
8. Хоружий П. Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П. Д. Хоружий, Т. П. Хомутецька, В. П. Хоружий. – К. : Аграрна наука, 2008. – 534 с.
9. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Експлуатація очисних споруд водопровідно-каналізаційних систем» (для студентів 4-5 усіх форм навчання, спеціальності 192 – Будівництво та цивільна

інженерія, спеціалізація «Водопостачання та водовідведення» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-да ім. О. М. Бекетова; уклад. Г. І. Благодарна, Т. С. Айрапетян. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 38 с.

10. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України, Державний комітет України по житловокомунальному господарству Наказ від 05.07.1995 №30 [Електронний ресурс] Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-95#Text>

11. Гіроль М. М. Охорона праці у водопровідно-каналізаційному господарстві : навч. посібник / М. М. Гіроль, М. В. Бернацький, В. Є. Хомко ; за ред. М. М. Гіроля. – Рівне : НУВГП, 2011. – 351 с.

12. Закон України «Про охорону праці». – Верховна Рада України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

13. ДСТУ Б А.3.2-14:2011. Система стандартів безпеки праці. Експлуатація водопровідних і каналізаційних споруд і мереж. Загальні вимоги безпеки. (ГОСТ 12.3.006-75, MOD). – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 16 с.

14. Санітарні норми допустимого шуму в приміщеннях жилих і громадських будівель та на території житлової забудови. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v7_84400-84#Text

15. Зеркалов Д. В. Охорона праці в галузі: навч. посібник. – К. : «Основа», 2011. – 551 с.

16. Ярошевська В. М. Охорона праці в галузі: навч. посібник / В. М. Ярошевська, В. Й. Чабан. – К.: ВД "Професіонал", 2004. – 288 с.

17. Закон України «Про пожежну безпеку» – Верховна Рада України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3745-12>.

18. ДСТУ ISO 6309:2007. Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір (ISO 6309:1987, IDT). – Київ : Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.

ДОДАТОК А

Розрахунок регулюючого обсягу РЧВ

Подача НС-1 м ³ /год	873,27			
	313,3	559,97		1262,38
	455,75	417,52		702,36
	639,85	234,12		284,84
	822,55	50,72		50,72
	1000,5		0	-153,6
	1137,9		264,63	-280,85
	1097,7		224,38	-16,22
	1168,9		295,63	208,16
	1052,3		179,05	503,79
	1022,4		149,15	682,84
	1178,6		305,33	813,99
	1259,7		386,43	1137,32
	1259,7		386,43	1523,75
	1107		233,68	1910,18
	1143		270,69	2143,86
	1209,9		336,67	2414,55
	1220,4		347,17	2754,22
	1057		183,77	3098,39
	818,11	55,16		3282,16
	582,91	290,36		3227
	365,04	503,23		2936,64
	354,89	518,38		2428,41
	354,89	518,38		1910,03
354,89	518,38		1391,65	
Подача НС-2 м ³ /год				
Надходження води в РЧВ, м ³				
Забір води з РЧВ, м				
Залишок води в РЧВ, м ³				

