

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

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

**КАФЕДРА ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ І ОЧИЩЕННЯ
ВОД**

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

на тему: **«РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ
МІСТА З КІЛЬКІСТЮ МЕШКАНЦІВ 45 700 ОСІБ»**

Виконав: здобувач освіти 4-го курсу
групи ГБтаВТ 2022-1
спеціальності
194 – Гідротехнічне будівництво, водна
інженерія та водні технології
освітня програма «Гідротехнічне
будівництво, водна інженерія та водні
технології»
Козінський Д.І.
Керівник доц. Шевченко Т.О.
Рецензент доц. Гайдучок О.Г.

Харків – 2026 року

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

Факультет Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою
та цивільної інженерії

Кафедра Водопостачання, водовідведення і очищення вод

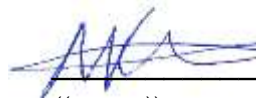
Освітній рівень перший (бакалаврський)

Спеціальність 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та
водні технології

Освітня програма «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та
водні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ВВ і ОВ

 **проф. Карагяур А.С.**
« » 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ОСВІТИ**

Козінському Даніїлу Ігоровичу

1. Тема роботи: «Розробка системи водопостачання міста з кількістю
 мешканців 45 700 осіб»

керівник роботи Шевченко Тамара Олександрівна, канд. техн. наук, доцент,
затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.05.2026 року № 441-03

2. Строк подання здобувачем роботи 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: місто з чисельністю мешканців – 45700 чол.,
джерела водопостачання – поверхневе джерело (річка) та підземні
свердловини (існуюче джерело); витрата з підземного джерела – 8000 м³/добу.
вихідні показники якості води поверхневого джерела: каламутність – 204 мг/л,
забарвленість – 45 град., рН – 6,7-8,2.

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

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 04.04.2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості	04.04–15.05.2026	
2	Технологічна частина	04.04–20.05.2026	
3	Експлуатація споруд	25.04–25.05.2026	
4	Охорона праці	10.05–30.05.2026	
5	Графічна частина	10.04–15.06.2026	
6	Оформлення та захист	01.06–24.06.2026	

Здобувач освіти  Козінський Д.І.Керівник роботи  Шевченко Т.О.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	7
1.1 Коротка характеристика місцевості.....	7
1.2 Водозабір поверхневих вод.....	10
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	13
2.1 Водозабірні споруди поверхневого джерела.....	13
2.2 Водозабір підземних вод.....	17
2.3 Очисні споруди.....	20
2.3.1 Визначення повної продуктивності водоочисних споруд.....	22
2.3.2 Реагентне господарство.....	24
2.3.3 Знезараження води.....	32
2.3.4 Вертикальні змішувачі.....	33
2.3.5 Відстійники та камери утворення пластівців.....	36
2.3.6 Швидкі фільтри.....	42
2.3.7 Резервуари чистої води.....	48
2.3.8 Споруди повторного використання води.....	50
2.4 Насосна станція II підйому.....	53
3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ СПОРУД.....	57
3.1 Загальні правила технічної експлуатації насосних станцій.....	57
3.2 Профілактичний і капітальний ремонт обладнання.....	58
3.3 Дослідження спільної роботи насосів і трубопроводів.....	61
3.4. Задачі експлуатації споруд та мереж водопостачання.....	64
3.5 Експлуатація водозаборів підземних вод.....	73
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	79
4.1 Завдання в області охорони праці.....	79
4.2 Оцінка експлуатаційних особливостей системи водопостачання, окремих технологічних процесів.....	80
4.3 Загальні положення з охорони праці.....	80

4.3.1 Охорона праці на складі реагентів.....	82
4.4. Аналіз умов праці та виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів при виконанні технологічних процесів.....	85
4.5 Розробка організаційних заходів з охорони праці.....	86
4.6 Колективні та індивідуальні засоби захисту працівників.....	89
4.6.1 Розрахунок системи штучного освітлення складу реагентів.....	91
4.6.2 Розрахунок системи вентиляції складу реагенту.....	92
4.7 Забезпечення пожежо- та вибухобезпеки станції очистки питної води.....	93
Висновок.....	96
ВИСНОВКИ.....	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	99

ВСТУП

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з чотирьох розділів, загальних висновків, списку джерел і графічної частини. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 100 сторінок, 9 таблиць, 1 рисунок, список використаних джерел містить 18 позицій.

ПОВЕРХНЕВІ ВОДОЗАБІРНІ СПОРУДИ, СВЕРДЛОВИНА, НАСОСНА СТАНЦІЯ, ОЧИСНІ СПОРУДИ, ВІДСТІЙНИК, ШВИДКИЙ ФІЛЬТР

Мета роботи – проєктування насосних станцій, водозабірних та водоочисних споруд системи водопостачання для міста з кількістю мешканців 45 700 осіб.

Завданням на проєктування передбачено розробку проєкту для господарсько-питного водопостачання міста з населенням 45 700 осіб, яке знаходиться у північно-східній частині Причорноморської западини на лівому березі річки Дніпро.

Вода подається для задоволення господарсько-питних потреб населення, поливу зелених насаджень, поливу та миття вулиць та для потреб промислових підприємств. Для задоволення потреб населених місць водою, забезпечення високих санітарних якостей питної води необхідний ретельний вибір джерела водопостачання, його захист від забруднень та належне очищення води на водопровідних спорудах.

Постійною водною артерією району є р. Дніпро. Поряд із проблемою покращення якості води дуже актуальне питання транспортування води споживачеві без втрат. Для цього мають бути вжиті заходи щодо профілактики аварій на водоводах та мережах водопостачання, у тому числі – захист трубопроводів від корозії.

Важливе значення має зменшення капіталовкладень та скорочення часу будівництва водопровідних споруд, що досягається за рахунок впровадження прогресивних методів організації будівництва.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Коротка характеристика місцевості

Водопровідна система, що проєктується, призначена для господарсько-питного водопостачання населення міста з кількістю жителів 45 700 осіб та промислових підприємств.

В даний час господарсько-питне водопостачання міста та прилеглих населених пунктів базується на використанні підземних вод відкладів верхньосарматського під'ярусу. Експлуатується водоносний горизонт за допомогою водозабірних свердловин, обладнаних на згаданому горизонті, а також шахтні колодязі.

Порівняно невелика глибина залягання (до 50 м), повсюдне поширення верхньосарматських водомістких порід, їх значна водорясність, відсутність забруднення підземних вод визначили вибір цього водоносного горизонту для централізованого водопостачання.

Централізоване питне водопостачання має низку водорозбірних свердловин, які розміщені по всій території міста в різних його районах та постачають водою житлові масиви та підприємства за місцем їх розташування. Як протягом року, так і протягом доби свердловини працюють нерівномірно. Максимальний водовідбір спостерігається влітку під час мінімального випадання атмосферних опадів.

Для повного задоволення необхідного водоспоживання цим проєктом передбачається буріння ще 6 свердловин на верхньосарматський водоносний горизонт (необхідна витрата з підземного джерела – 8000 м³/добу) та проєктування водозабірних та очисних споруд на поверхневому водозаборі (річка – необхідна витрата – 74 000 м³/добу).

Для складання проєкту буріння водозабірних свердловин виконано рекогносцирувальне гідрогеологічне, інженерно-геологічне та санітарне обстеження ділянок, використано літературні та фондові матеріали з геології та гідрогеології розглянутого району, а також дані щодо існуючих водозабірних свердловин.

Майданчики під проєктовані водозабірні свердловини розташовані у північно-східній частині міста.

У фізико-географічному відношенні район робіт знаходиться у північно-східній частині Причорноморської западини на лівому березі річки. Дніпро.

У гідрографічному відношенні територія району є відкритою степовою рівниною, розташованою по лівобережжю р. Дніпро.

Весь район відрізняється порівняно слабкою розчленованістю рельєфу. Максимальна густота та глибина ярово-балочної мережі характерні для північно-західної частини району. У центральній частині території балки зустрічаються рідко та їх схили пологі. Специфічною особливістю району є широкий розвиток подів, які є місцевими колекторами поверхневого стоку.

Постійною водною артерією району є р. Дніпро. Долина її глибоко прорізає осадову товщу порід до глин середнього сармату.

У результаті створення водосховища на річці рівень води у верхньому б'єфі греблі піднявся на 16,0 м. Водосховище, що утворилося, простягається з північного сходу на південний захід. Довжина його в межах району 40 км, ширина 4-5 км, місцями досягає 7-10 км. Відміна НПГ+16 м. Відмітка горизонту мертвого об'єму +12,7 м. Відмітка верхнього б'єфу при деформованому горизонті в період пропуску катастрофічної повені +18,4 м. 20 км³.

Оскільки р. Дніпро глибоко врізається в осадові породи, це віддає хорошу оголеність корінних порід у берегах річки, що створює сприятливі умови для фільтрації долини і поповнення запасів підземних вод.

За геологічною будовою описуваного району межах досліджених глибин беруть участь породи неогенової і четвертинної систем. Породи давнього неогену практичного значення для водопостачання немає і у процесі детальної розвідки ділянки не вивчалися.

Утворення неогенової системи даного району представлені породами тортонського, сарматського та меотичного ярусів.

Сучасні відкладення на ділянці представлені еоловими відкладами та алювіальними утвореннями р. Дніпро.

Відповідно до геологічної будови дослідженої території в межах вивчених глибин на ділянці робіт виділено такі водоносні горизонти, що мають широке поширення:

- а) водоносний горизонт відкладів верхнього сармату;
- б) водоносний горизонт середньосарматського под'ярусу і тортонського ярусу.

Водоносний горизонт відкладів верхнього сармату є основним на дослідженій території, має повсюдне поширення та залягає першим від поверхні на глибині від 2-4,0 м до 11-13,5 м.

На повну потужність горизонт розкритий розвідувальною свердловиною № 1 та розвідувально-експлуатаційними № 4, 5, 6. На південній околиці ділянки потужність досягає 45,5 м, на сході зменшується до 20,4 м.

Літологічно водовмісні породи представлені еолітовими вапняками світло-сірого, темно-сірого, жовтого та буро-жовтого кольору. У покрівлі розрізу вапняки тріщинуваті, зруйновані, кавернозні, донизу переходять у щільніші, перекристалізовані різниці. Порізами, що перекривають, для водоносного горизонту є еолові піски за винятком крайньої східної частини ділянки, де перекривають є лісоподібні суглинки. У підшві водоносного горизонту залягають піски середнього сармату.

Ділянка проєктованого водозабору розташована в межах розповсюдження нерозчленованих високих терас р. Дніпро. Тераси складені переважно дрібнозернистими, кварцовими, злегка глинистими, світло-жовтими, сіруватими пісками, рідше жовто-бурими супісками четвертинного віку. Потужність четвертинних відкладень досягає 10-12 м. Основою терас служать оелітові, детрито-раковинні, рідше мергелісті, щільні вапняки меотис-сарматського віку. Потужність їх мінлива і становить 40-60 м. Зрідка у вапняках зустрічаються прошарки і лінзи пісків потужністю 1-3 м. У своїй

верхній частині вапняки сильно вивітрілі і являють собою єдину зону дроблення потужністю 1,0-4,0 м. Вапнякову карбонатну товщу віку, потужність яких становить 5-10 та більше метрів.

Глини служать регіональним водоупором для водоносного горизонту, що набув поширення у вапняках неогену. Цей водоносний горизонт є поширенням у вапняках неогену. Цей водоносний горизонт є основним джерелом питного водопостачання цього регіону. Областю живлення йому служать води водосховища.

1.2 Водозабір поверхневих вод

За гідрологічними умовами у районі водозабору призначаємо тип водозабірної споруди – водозабір руслового типу, поєднаний із насосною станцією першого підйому.

Водозабірні споруди такого типу призначаються для будівництва на рівнинних річках України, за винятком районів вічної мерзлоти та районів сейсмічності понад 6 балів. Проектом не передбачається робота водозабірних споруд у важких гігрольодових умовах. У проєкті прийнято, що береги та дно річки у місці водозабору складені ґрунтами, які не потребують влаштування спеціальних конструкцій основи або проведення заходів щодо ущільнення та заміни ґрунтів.

Глибина підземної частини споруди визначається розрахунком та може бути прийнята від 10 до 20 м залежно від амплітуди коливання рівнів води.

Перевищення верху залізобетонної частини споруди над максимальним розрахунковим рівнем води в річці 1,5 м. Насосна станція запроектована для роботи в автоматичному режимі (без постійного обслуговуючого персоналу). Водночас у проєкті передбачено приміщення для перебування обслуговуючого персоналу на період налагодження та ремонтних робіт.

Режим роботи насосної станції I-го підйому – рівномірний, постійний.

Насосна станція першого підйому запроектована сполученою з водозабірною спорудою руслового типу.

Відбір води з річки провадиться за допомогою водозабірною оголовка; подача води від оголовка – самопливними лініями. При глибині підземної частини 14 м і більше у проєкті передбачена можливість влаштування другого ярусу самопливних ліній. Промивання самопливних ліній та оголовка проводиться по черзі зворотним струмом води. Вода для промивання подається від напірних трубопроводів, одночасно можуть працювати всі насоси.

У всмоктувальних камерах встановлені дві очисні сітки, що обертаються, ТМ-1500-69 із зовнішньолобовим підведенням води. Промивання сіток здійснюється автоматично залежно від перепаду рівнів води та після промивання сіток по черзі.

Подача води на промивання здійснюється від напірних трубопроводів. У разі потреби передбачається встановлення підкачувального насоса. Після промивання сіток вода відводиться в річку нижче за водозабірною спорудою.

У машинному залі насосної станції передбачено встановлення чотирьох насосних агрегатів із насосами двостороннього входу «Д». Пуск насосів працює на закриту засувку. Для потреб станції встановлюються насоси марки С-569 чи АР-100 залежно від глибини підземної частини.

При випорожненні водоприймальних камер проводиться попередній розмив осаду за допомогою брандспойтів із пожежними рукавами, що приєднуються до напірних трубопроводів.

У машинному залі станції монтаж та демонтаж обладнання провадиться за допомогою радіальної кран-балки з електросталлю вантажопідйомністю 10 т.

Для монтажу і демонтажу сіток, засувок і аварійних затворів, що обертаються, в приміщенні сіток встановлюється підвісний ручний кран вантажопідйомністю 2,5 т.

У кваліфікаційній роботі наведено перевірочні гідравлічні розрахунки насосної станції І-го підйому, виконано розрахунок водоочисних споруд.

За вихідними даними поверхнєве джерело водопостачання (річка) має наступні якісні характеристики:

- каламутність – 204 мг/л,
- забарвленість – 45 град.,
- рН – 6,7-8,2.

Катіонно-аніонний склад води:

Ca^{2+} – 176,0 мг/л;

Mg^{2+} – 39,1 мг/л;

Na^{+} – 28 мг/л;

HCO_3^{-} – 215,1 мг/л;

SO_4^{2-} – 311,7 мг/л;

Cl^{-} – 82,0 мг/л;

SiO_3^{2-} – 234,1 мг/л.

Корисна продуктивність очисних споруд складає 74 000 м³/добу.

За якісними параметрами джерела водопостачання та загальною необхідною продуктивністю за [1] призначаємо до проєктування очисні споруди, які включають основні споруди для очистки води: горизонтальні відстійники та швидкі фільтри. Також в роботі буде запроєктовано реагентне господарство, вертикальні змішувачі, хлораторне господарство та інші основні та допоміжні споруди.

Якість води після очистки на запроєктованих спорудах має відповідати вимогам [2].

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Водозабірні споруди поверхневого джерела

Визначення продуктивності насосної станції I підйому

Насосні станції першого підйому при прийнятій схемі роботи розраховуються на подачу середньої годинної витрати води у дні максимального водоспоживання, враховуючи витрати води на власні потреби насосної станції та очисних споруд.

Середня годинна подача НС $Q_{год}$, м³/год визначається за формулою

$$Q_{год} = \frac{a \cdot Q_{\text{макс.доб}}}{T}, \quad (2.1)$$

де: $Q_{\text{макс. доб.}}$ – максимальна добова витрата води, м³/добу;

a – коефіцієнт, що враховує витрату води на власні потреби насосної станції та очисних споруд. У разі продуктивності системи водопостачання понад 20 000 м³/добу приймають $a = 1,05$;

T – тривалість роботи станції, год., приймається $T = 24$ год.

$$Q_{год} = \frac{1,05 \cdot 66000}{24} = 2887,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Середня секундна подача насосної станції, л/с

$$Q_c = \frac{Q_{год} \cdot 1000}{3600} \quad (2.2)$$

$$Q_c = \frac{2887,5 \cdot 1000}{3600} = 802,1 \text{ л/с.}$$

Визначення повного напору станції

При визначенні повного тиску станції необхідно провести гідравлічний розрахунок всмоктувальних трубопроводів.

З метою забезпечення безперебійної роботи НС I передбачається, що розрахункову подачу станції в аварійних умовах зможе забезпечити насос, що має індивідуальний трубопровід.

Згідно з розрахунковою витратою 802,1 л/с, орієнтуючись на середню швидкість руху води в трубі в межах $V = 1,0-1,5$ м/с, вибираємо діаметр

всмоктувального трубопроводу $d_{\text{вс}} = 800$ мм. У цьому діаметрі середня швидкість $V = 1,44$ м/с; питомі втрати напору $1000 i = 2,94$.

Економічно вигідну оптимальну швидкість перевіряємо за формулою

$$V_{\text{opt}} = 0,7 + 0,0011 \cdot d \quad (2.3)$$

$$V_{\text{opt}} = 0,7 + 0,0011 \cdot 800 = 1,58 \text{ м/с}.$$

Через те, що V_{opt} та V відрізняються не більше, ніж на 0,2 м/с, остаточно приймаємо діаметр всмоктувального трубопроводу $d = 800$ мм.

Втрати напору у всмоктувальному трубопроводі, м визначають як суму втрат напору на тертя і втрат напору на місцеві опори

$$\sum h_{\text{вс}} = h_{\text{тр}} + \sum h_{\text{м}}. \quad (2.4)$$

Втрати напору на тертя, м, визначаємо за формулою:

$$h_{\text{тр}} = i \cdot l_{\text{вс}} \quad (2.5)$$

$$h_{\text{тр}} = 0,00294 \cdot 5 = 0,0147 \text{ м.}$$

Втрати напору на місцеві опори, м:

$$\sum h_{\text{м}} = (\xi_{\text{в}} + \xi_{\text{п}} + \xi_{\text{з}}) \cdot \left(\frac{V^2}{2g} \right), \quad (2.6)$$

де: $\xi_{\text{в}}$ – коефіцієнт місцевого опору у воронці, 0,15;

$\xi_{\text{п}}$ – коефіцієнт місцевого опору на повороті, 0,55;

$\xi_{\text{з}}$ – коефіцієнт місцевого опору в засувці, 5.

$$\sum h_{\text{м}} = (0,15 + 0,55 + 5,00) \cdot \left(\frac{1,44^2}{2 \cdot 9,81} \right)$$

Загальні втрати напору у всмоктувальному трубопроводі

$$h_{\text{вс}} = 0,0147 + 0,6023 = 0,617 \text{ м.}$$

Гідравлічний розрахунок напірних трубопроводів

Для безперебійної подачі води на ОС приймають два напірні трубопроводи, що працюють паралельно. При паралельній роботі двох однакових напірних трубопроводів кожен із них розраховується на витрату, л/с, рівну:

$$Q_{\text{нап}} = 0,5 \cdot Q \quad (2.7)$$

$$Q_{\text{нап}} = 0,5 \cdot 802,1 = 401,1 \text{ л/с.}$$

За витрати води $Q = 401,1$ л/с обираємо діаметр 500 мм. При цьому діаметрі: середня швидкість $V = 1,74$ м/с; питомі втрати тиску $1000 i = 7,66$.

Економічно вигідну оптимальну швидкість перевіряють за такою формулою:

$$V_{\text{опт}} = 1,3 + 0,00035 \cdot d \quad (2.8)$$

$$V_{\text{опт}} = 1,3 + 0,00035 \cdot 500 = 1,475 \text{ м/с.}$$

Оскільки розходження між V і $V_{\text{опт}}$ не перевищує 0,2 м/с, остаточно приймають діаметр напірного трубопроводу $d = 500$ мм.

Втрати напору на тертя, м, в напірному трубопроводі визначають за виразом (2.5):

$$h_{\text{тр}} = 0,00766 \cdot 500 = 3,83 \text{ м.}$$

Втрати напору на місцеві опори в трубопроводах напірних приймають рівним 10% втрат на тертя.

Сумарні втрати напору, м у напірному трубопроводі визначають за формулою:

$$h_{\text{н}} = 1,1 \cdot 3,83 = 4,21 \text{ м.}$$

Повний напір насосної станції I підйому

Повний напір, що розвивається насосами насосної станції першого підйому, визначають відповідно до прийнятої схеми подачі води в змішувач ОС.

Необхідний напір, м

$$H_{mp} = H_z + \sum h + h_{nc} . \quad (2.9)$$

де H_r – геометрична висота підйому води, м, яка являє собою різницю позначок рівнів води у змішувачі та джерелі:

$$H_z = H_{zm} - H_{nzb} \quad (2.10)$$

$$H_z = 232 - 202 = 30 \text{ м.}$$

Σh – сумарні втрати напору у всмоктувальних та напірних трубопроводах:

$$\sum h = h_{ec} + h_n = 0,617 + 4,21 = 4,83 \text{ м.}$$

h_{nc} – втрати напору у внутрішніх комунікаціях станції, що приймаються рівними 2-2,5 м-коду.

У проєкті приймаємо $h = 2,17 \text{ м.}$

Необхідний розрахунковий напір насосів насосної станції першого підйому:

$$H = 30 + 4,83 + 2,17 = 37 \text{ м.}$$

Підбір насосів

Відповідно до наявних рекомендацій [1] у машинному залі насосної станції першого підйому встановлюють горизонтальні відцентрові насоси з двостороннім входом типу Д – два робочих і два резервні (однієї марки).

Підбір необхідної марки насоса проводять за розрахунковими параметрами: подачею 401,1 л/с та напором 37,00 м.

За зведеним графіком полів Q-H насосів типу Д підбирають насос марки Д 1600-90, $n = 960 \text{ об/хв}$, головна характеристика якого найбільш близька до розрахункових параметрів.

2.2 Водозабір підземних вод

Водозабір передбачає використання підземних вод. Необхідна витрата з підземного джерела – 8000 м³/добу. До складу водозабору входять свердловини, обладнані насосами ЕЦВ збірними резервуарами і станцією перекачування води на очисні споруди.

При виборі місця розташування водозабірних споруд для підземних джерел слід віддавати перевагу ділянкам, які розташовані поблизу місця споживання води, що виключає можливість забруднення експлуатаційного горизонту, як з поверхні, так і з інших (мінералізованих та газонасичених) водоносних горизонтів, з моря, а також побутовими та промисловими стічними водами.

Вибір типу водозабірних споруд залежить, як правило, від геологічних та гідрогеологічних умов району будівництва.

У комплексі водозабірних споруд входять: установки для забору води (свердловини, шахтні колодязі, каптажі тощо); насосні станції першого підйому; трубопроводи, що з'єднують окремі водозабори із насосною станцією або водоводами; водоводи від водозабору до об'єкта водопостачання або насосної станції наступного підйому.

Свердловини влаштовують для каптування води з горизонтів, що залягають на глибині більше 15 м від поверхні землі; при меншій глибині залягання водоносних горизонтів застосовують, як правило, шахтні колодязі. Каптаж застосовують при концентрованому виході підземних вод на поверхню; горизонтальні водозабори – в малопотужних пластах, що залягають на глибині до 7-8 м. Променеві водозабори застосовують зазвичай для забору підземних вод в алювіальних відкладеннях під руслом річок, а також при експлуатації водоносних пластів, що залягають від поверхні землі на глибині не більше 15-20 м при потужності водоносного пласта.

При проектуванні може виникнути завдання вибору майданчика для розміщення водозабору, який економічно та технічно доцільно освоїти насамперед під час будівництва, якщо воно здійснюється у кілька черг. При

цьому ділянки водозаборів, що вимагають при освоєнні великих витрат, вводяться в експлуатацію, як правило, в наступні черги.

Дані про трубопроводи на майданчику водозабірних споруд зведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Дані про трубопроводи на майданчику водозабірних споруд (підземних)

Розрахункові ділянки	Витрата л/с	Діаметр трубопроводу, мм	Довжина ділянки, м	1000i	Втрати напору на ділянці, м
1-2	9,45	150	100	3,01	0,31
2-3	18,9	200	100	2,61	0,28
3-4	28,3	250	100	1,78	0,19
4-5	37,8	250	100	3,25	0,34
5-12	47,25	300	120	1,9	0,23
11-10	9,45	150	100	3,01	0,31
10-9	18,9	200	100	2,61	0,28
9-8	28,3	250	100	1,78	0,19
8-7	37,8	250	100	3,25	0,34
7-12	47,25	300	80	1,9	0,15
12-13	2×47,25	2×300	2×300	1,9	0,11

Примітка: при розрахунках прийнято, що свердловина № 6 – резервна.

Напір артезіанських насосів

$$H = Z_{\text{макс}} - Z_{\text{дин}} + \Sigma h + h_{\text{ф}}, \quad (2.11)$$

де $Z_{\text{макс}}$ – позначка максимального рівня води в збірному резервуарі, м;

$Z_{\text{дин}}$ – позначка динамічного рівня води (визначається різницею статичного рівня води і пониження), м;

Σh – втрати напору від найвіддаленішої свердловини до збірного резервуару (сума втрат напору на ділянках), м;

$h_{\text{ф}}$ – втрати напору в водопровідних трубах в межах свердловини і в оголовку, м.

$$H = 165 - 140 + 1,46 + 6 = 32,46 \text{ м.}$$

За напором $H = 32,5$ м і витратою $334 \text{ м}^3/\text{год}$. підбираємо насос ЕЦВ 8-40-65. Діаметр експлуатаційної колони для насоса 200 мм. Приймаємо наземну насосну станцію на трубчастому колодязі відповідно до типового проєкту.

Вода надходить у два збірні резервуари по 100 м^3 . Резервуари залізобетонні, круглі у плані. Об'єм приймаємо рівним 2% добової продуктивності, оскільки режим роботи насосних станцій рівномірний.

Напір насосів станцій перекачування води на очисні споруди:

$$H = z_1 - z_2 + h_{\text{вод}} + h_H, \quad (2.12)$$

де z_1 – позначка максимального рівня води у вертикальному змішувачі;

z_2 – відмітка мінімального рівня води в резервуарі насосної станції перекачування (приймаємо на 1,5 м нижче за відмітку поверхні землі в місці розташування резервуара);

$h_{\text{вод}}$ – втрати напору у водоводі від насосної станції перекачування до резервуару насосної станції третього підйому, м;

h_H – втрати напору у комунікаціях насосної станції (приймаємо рівними 2 м).

З урахуванням топографічних умов обрано трасу напірних водоводів у дві нитки завдовжки 18,2 км кожна з чавунних труб.

Витрата води по одному водоводу.

$$Q_{\text{вод}} = \frac{8000}{2 \cdot 24} = 166 \text{ м}^3/\text{год} = 46,1 \text{ л/с}.$$

За цією витратою приймаємо діаметр водоводу рівним 300 мм.

Втрати напору у водоводі:

$$h_{\text{вод}} = 1,1 \cdot 2,3 \cdot 18,2 = 46 \text{ м}.$$

Напір насосів станції перекачування:

$$H = 186,5 - 161,5 + 46 + 2 = 73 \text{ м}.$$

Насосна станція перекачування за надійністю дії відноситься до другої категорії. До установки передбачаємо чотири насоси типу 4К-6, з них три

робочі та один резервний. Подача одного насоса дорівнює 113 м³/год (31,5 л/с).

Насосна станція перекачування розрахована на продуктивність 360 м³/год.

2.3 Очисні споруди

Під час проєктування очисних споруд велике значення має достовірний аналіз води, тому, приступаючи до вивчення аналізу води, необхідно, перш за все, переконатися в його правильності.

Вода електронейтральна, тому суми концентрації катіонів та аніонів, виражені в мг – екв/дм³, дорівнюють одна одній. Враховуючи іони, що переважають у природних водах, можна записати:

$$[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+] + [Fe^{2+}] = [HCO_3^-] + [SO_4^{2-}] + [Cl^-] + [SiO_3^{2-}] \quad (2.13)$$

Для перерахунку концентрацій іонів, виражених у мг-екв/дм³, концентрацію необхідно розділити на еквівалентну масу даної речовини:

$$\frac{Ca^2}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,06} + \frac{Na}{23} = \frac{HCO_3}{61,02} + \frac{SO_4^{2-}}{48,03} + \frac{Cl}{35,48} + \frac{SiO_3^{2-}}{38,03},$$

$$\frac{176}{20,04} + \frac{39,1}{12,06} + \frac{28}{23} = \frac{2151}{61,02} + \frac{311,7}{48,03} + \frac{82}{35,48} + \frac{234,1}{38,03},$$

$$8,78 + 3,24 + 1,22 = 3,52 + 6,49 + 2,31 + 0,9,$$

$$\sum K = \sum A,$$

$$13,24 \geq 13,22.$$

Основною перевіркою правильності аналізу є зіставлення сум (мг-екв/л) катіонів та аніонів, при цьому

$$\frac{\sum K - \sum A}{\sum K + \sum A} \cdot 100 \leq 5\%,$$

$$\frac{13,24 - 13,22}{13,24 + 13,22} \cdot 100 = 0,07 \leq 5\%.$$

Сумарна концентрація катіонів Ca^{2+} та Mg^{2+} визначає загальну твердість води:

$$T_o = \frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,06} = \frac{176}{20,04} + \frac{39,1}{12,06} = 8,78 + 3,24 = 12,02 \frac{мг-екв}{дм^3}.$$

Загальна лужність залежно від іонного складу води включає бікарбонатну, карбонатну та гідролізну складові..

$$\text{При } T_o \geq L_o[НCO_3] = T_k = 3,25 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$\text{Твердість некарбонатна } T_{нк} = T_o - T_k = 12,02 - 3,52 = 8,5 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

При визначенні сухого залишку відбувається термічний розпад бікарбонатів, замість кожних 122 мг бікарбонат-іонів у складі сухого залишку залишається 60 мг карбонат-іонів. Тоді сухий залишок можна визначити за рівнянням:

$$P = [HCO_3^-] \div 2 + [SO_4^{2-}] + [Cl^-] + [SiO_3^{2-}] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+] \quad (2.14)$$

$$P = 215/2 + 311,7 + 82 + 34,1 + 176 + 39,1 + 28 = 778,4 \text{ мг/дм}^3.$$

Відповідно до продуктивності водоочисних споруд основними показаннями якості вихідної води та даними до проєктування приймаємо двоступінчасту схему очищення, при якій природна вода, оброблена реагентами, послідовно піддається очищенню на горизонтальних відстійниках та швидких фільтрах. Для інтенсифікації процесу очищення вихідна вода піддається коагулювання та обробці флокулянтами. У період нестачі лужності у природній воді та для стабілізації очищеної води передбачається її підлужування.

У якості коагулянту беремо очищений сульфат алюмінію, що містить не менше 45,3% $Al_2(SO_4)_3$.

У якості флокулянту приймаємо поліакриламід (ПАА) у вигляді гелю, що містить 8% активної частини. У якості луку використовуємо калієве негашене вапно, що містить не менше 70% CaO в товарному продукті. З урахуванням можливості наявності зерен, що не погасилися, процентний вміст активного продукту приймаємо $P = 60\%$.

Змішування розчинів реагентів з вихідною водою проєктується у вихровому (вертикальному) змішувачі. Перед змішувачами у трубопровід вихідної води вводиться хлор для попереднього хлорування, коагулянт, а також вапно (за особливої необхідності підлужування).

На виході зі змішувачів у воду додають флокулянт (поліакриламід), потім подають оброблену воду в камери утворення пластівців з завислим осадом, вбудовані в горизонтальні відстійники.

Після прояснення на спорудах першого ступеня вода надходить на швидкі фільтри. Проєкт передбачає можливість введення флокулянту перед фільтрами. Відфільтрована вода знезаражується хлором. При необхідності стабілізації після фільтрів у воду вводять вапно.

Вода від промивання фільтрів надходить у резервуар – усереднювач, з якого поступово протягом доби перекачується в трубопровід перед змішувачем.

Для вилучення піску з промивної води перед резервуаром – усереднювачем влаштовують горизонтальний піскоуловлювач. Пісок з осадової частини піскоуловлювача періодично в міру його накопичення транспортується гідроелеватором на майданчики піскового господарства.

Оброблену чисту воду направляють до резервуарів чистої води, звідки насосною станцією другого підйому подають споживачам.

Складання висотної схеми починають із найбільш низько розташованої споруди – резервуара чистої води. Позначку найвищого рівня води в ньому зазвичай приймають з економічних та санітарних міркувань на 0,25-0,5 м вище за відмітку поверхні землі. Потім, задаючись втратами напору у спорудах та сполучних комунікаціях [1], знаходять позначки рівня води в окремих спорудах.

2.3.1 Визначення повної продуктивності водоочисних споруд

Повна продуктивність станції обробки господарсько-питної води визначається з урахуванням води на власні потреби станції (промивання

фільтрів, очищення відстійників, камер утворення пластівців, змішувачів, резервуарів чистої води тощо), додаткової витрати води на накопичення протипожежного запасу та приготування розчинів реагентів.

Витрату води на власні потреби станції, прояснення при повторному використанні води після промивання фільтрів приймають рівною 3% від кількості води, що подається споживачам:

$$Q_{oc} = \frac{\alpha \cdot Q_{кор}}{24} + Q_{доо}. \quad (2.15)$$

Додаткову витрату води на поповнення протипожежного запасу визначають за формулою:

$$Q_{доо} = \frac{Q_{пож}}{T_{пож}} = \frac{3,6 \cdot t \left[n(q_{пож} + q_{пож}^{'}) + n'(q_{пож}^{''} + q_{пож}^{'''}) \cdot 0,5 \right]}{T_{пож}}, \quad (1.16)$$

де $Q_{пож}$ – витрата води для гасіння пожежі;

n та n' – число одночасних пожеж, відповідно в населеному пункті та на підприємстві;

$q_{пож}$ та $q_{пож}^{'}$ – норма витрати води на зовнішнє пожежогасіння відповідно для населеного пункту та підприємства;

$q_{пож}^{''}$ та $q_{пож}^{'''}$ – норма витрати води на внутрішнє пожежогасіння відповідно для населеного пункту та підприємства;

t – розрахункова тривалість пожежі, 3 год.;

$T_{пож}$ – час відновлення пожежного запасу, год.

$$Q_{доо} = \frac{3,6 \cdot 3 \left[3(80 + 5) + 1(30 + 5) \cdot 0,5 \right]}{24} = \frac{2943}{24} = 122,6 \text{ м}^3 / \text{год},$$

$$Q_{oc} = \frac{1,03 \cdot 74000}{24} + 122,6 = 3298 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

2.3.2 Реагентне господарство

Відділення коагуляції

Дозу коагулянту за забарвленістю води (3) визначаємо за формулою:

$$D = 4\sqrt{3}. \quad (2.17)$$

$$D = 4\sqrt{45} = 26,8 \text{ мг/дм}^3.$$

Дозу коагулянту за мутністю води визначають за таблицею [1], для каламутності води 204 мг/дм^3 дозу коагулянту приймають 50 мг/дм^3 . При одночасному вмісті у воді завислих речовин та забарвленості беруть більшу дозу коагулянту – 50 мг/дм^3 . За товарним продуктом з вмістом безводної солі $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – 45,3% – $92,4 \text{ мг/дм}^3$, а загальна добова витрата:

$$G = \frac{92,4 \cdot 79152}{10^6} = 7,31 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Добова витрата води на приготування 5%-вого розчину коагулянту:

$$Q_{\text{вк}} = \frac{7,31 \cdot 95}{5} = 138,89 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Розрахунок обладнання для приготування та зберігання коагулянту

На водопровідні очисні споруди коагулянт доставляють автосамоскидами і завантажують у розчинні бочки, де готують 17% розчин. Прийнято мокре зберігання коагулянту у баках-сховищах. З цих баків кислотостійким насосом перекачують коагулянт у видаткові баки. Беруть розчин з верхнього шару через шланг, прикріплений до поплавця. У видаткові баки подають воду для розведення розчину коагулянту до 5%-вої концентрації, розчин насосами-дозаторами накачують в трубопровід перед змішувачем, для поліпшення процесу перемішування подають повітря повітрорудовкою.

Об'єм розчинних баків запланований на прийом коагулянту від одного самоскида вантажопідйомністю 5 т із розрахунку $1,5 \cdot 5 = 7,5 \text{ м}^3$. Розміри бака приймаємо $2 \times 2 \times 1,9 \text{ м}$. До установки запроєктовано 4 баки. Тривалість розчинення за температури води 3°C (для зимових умов) приймаємо 4

години. Для інтенсифікації процесу розчинення в баки подають стиснене повітря.

Місткість баків-сховищ визначаємо з розрахунку 15-30 добової витрати 17%-ного розчину коагулянту за формулою:

$$W_{б.сх.} = \frac{D_k \cdot Q_{ос} \cdot T_{зб}}{10 \cdot \varphi_{б.сх.} \cdot \rho_{б.сх.}} \quad (2.18)$$

де D_k – доза коагулянту за безводним продуктом, мг/дм³;
 $Q_{ос}$ – повна продуктивність очисних споруд, м³/добу;
 $T_{зб}$ – розрахункова тривалість зберігання розчину коагулянту (15 діб);
 $\varphi_{б.сх.}$ – концентрація розчину в баках-сховищах (17%);
 $\rho_{б.сх.}$ – густина розчину коагулянту (1150 кг/м³).

$$W_{б.сх.} = \frac{92,4 \cdot 79152 \cdot 15}{10 \cdot 15 \cdot 1150} = 561,15 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до проєктування 4 баки розмірами 6×9×2,6 м. Робочий обсяг одного бака

$$6 \times 9 \times 2,6 = 140,4 \text{ м}^3.$$

Місткість витратних баків визначаємо за формулою:

$$W_{б.вит.} = \frac{D_k \cdot Q_{ос} \cdot T_{зб}}{10 \cdot \varphi_{б.вит.} \cdot \rho_{б.вит.}}, \quad (2.19)$$

де $Q_{ос}$ – повна продуктивність очисних споруд, м³/год.;
 $T_{зб}$ – час (год.) роботи станції, на який розраховується кількість розчину коагулянту у видаткових баках, приймаємо 6 год.;
 $\varphi_{б.вит.}$ – концентрація розчину в видаткових баках, рахуючи за безводним продуктом, 5%;
 $\rho_{б.вит.}$ – густина розчину коагулянту, 1050 кг/м³.

$$W_{б.вит.} = \frac{92,4 \cdot 3298 \cdot 6}{10 \cdot 5 \cdot 1050} = 34,83 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до проєктування 4 робочі баки з розмірами 3×3×1 м.

Для перекачування розчину коагулянту з баків-сховищ у витратні баки прийнятий насос марки 1,5-6Д-1-41 продуктивністю 8,64 м³/год, напором

17,8 м, агрегований з електродвигуном потужністю 4 кВт і частотою обертання 2880 об/хв.

Для дозування розчину коагулянту приймаємо плунжерні насоси-дозатори НД-2500/10 у кислотостійкому виконанні. Подача насоса від 600 до 2500 л/год, тиск нагнітання 1 МПа, потужність електродвигуна 3 кВт (3 агрегати робочі, 1 резервний).

Трубопроводи реагентного господарства прокладають із поліетиленових труб. Швидкість руху розчинів повинна бути не менше 0,8 м/с.

Розрахункова витрата стисненого повітря 4,6 м³/хв.

Для рівномірного перемішування коагулянту з водою потрібно прагнути максимальної розгалуженості повітророзподільної системи. Остання повинна бути укладена на всю площу розчинних та витратних баків.

Швидкість виходу повітря з отворів розподільної системи повітря 30 м/с. Діаметр труби рекомендується 40 мм, діаметр отвору 3 мм, крок отворів 150 мм. Повітря прямує вниз під кутом 45° до напрямної.

Відділення поліакриламід

Приймаємо поліакриламід (ПАА) технічної марки «А». Доза ПАА – 0,5 мг/дм³.

За товарним продуктом з вмістом корисної частини 8% доза ПАА – 0,25 мг/дм³. Добова потреба ПАА:

$$Q_{ПАА} = \frac{0,5 \cdot 79152}{0,08 \cdot 10^6} = 0,49 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Робочий об'єм 1%-вого розчину ПАА дорівнює 49 м³. Кількість води, необхідна для приготування 0,4%-ного ПАА:

$$Q_{\text{води.ПАА}} = \frac{0,49 \cdot 99}{0,4} = 122 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

А робочий об'єм 0,4%-вого розчину ПАА

$$Q_{4\%ПАА} = \frac{122 \cdot 100}{99,6} = 122,5 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

На фільтрувальну станцію поліакриламід надходить у вигляді 8% гелю в бочках (або металевих балонах). На складі бочки встановлюють в 2 яруси висотою 2,5 м. Вага однієї бочки 105 кг.

Кількість бочок на добу $490:105 = 4,67$. Приймаємо 5 бочок. При 15-добовому запасі склад має бути розрахований для зберігання 75 бочок.

Площа складу

$$F_{скл} = \frac{K \cdot n \cdot G}{\rho_{ПАА} \cdot 4 \cdot 1000}, \quad (2.20)$$

де K – коефіцієнт, який враховує проміжки між бочками, 1,5;

n – кількість бочок;

G – вага бочки, 105 кг;

$\rho_{ПАА}$ – густина 8%-вого геля ПАА, 1,04 г/мл;

H – висота встановлення тари, 2,5 м.

$$F_{скл} = \frac{1,5 \cdot 75 \cdot 105}{1,04 \cdot 2,5 \cdot 1000} = 4,5 \text{ м}^2.$$

ПАА завантажують в апарат з відкритою турбіною швидкохідною мішалкою, частотою обертання 129 об/хв і потужністю 10 кВт. На рамі установки змонтовано насос для перекачування та циркуляції розчину. Після закінчення циклу перемішування насосом розчин трубопроводом перекачують в бак для розведення до робочої концентрації (0,4%), зберігання та дозування. У цей же бак подають через дірчасті труби стиснене повітря з повітродувки для перемішування розчину. З бака розчин забирають поплавковим дозатором з шайбою і гнучким гумовим шлангом, відводять в змішувач через електромагнітний клапан. У змішувачі встановлені датчики рівня з'єднані з електромагнітним клапаном для регулювання розчину.

Відділення вапнування

Вапно на станціях обробки води для господарсько-питних цілей може застосовуватися як для поліпшення умов утворення пластівців, так і для стабілізаційної обробки води.

Спочатку визначимо дозу лугу для поліпшення умов утворення пластівців за формулою:

$$D_{\text{л}} = K \left(\frac{D_{\text{к}}}{e} - L + 1 \right), \text{ мг/л}, \quad (2.21)$$

де $D_{\text{к}}$ – максимальна в період підлугування доза безводного коагулянту, мг/дм³;

e – еквівалентна маса коагулянту (безводного), для $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – 57 мг-екв/л;

L – мінімальна лужність води, мг-екв/дм³;

K – коефіцієнт, який дорівнює для вапна (за CaO) 25.

$$D_{\text{л}} = 28 \left(\frac{50}{57} - 3,52 + 1 \right) = -50 \text{ мг/л}.$$

Оскільки доза лугу має негативне значення, то для поліпшення умов утворення пластівців у воду не потрібно додавати вапно.

За відсутності даних технологічних аналізів води, стабільність води допускається визначати за індексом насичення.

$$I = pH_0 - pH_s, \quad (2.22)$$

де: pH_0 – показник концентрації водневих іонів у воді до стабілізації;

pH_s – значення рН рівноважного насичення води карбонатом кальцію, яке розраховується за формулою:

$$pH_s = f(t) - f(\text{Ca}) - f(L) + f(p), \quad (2.23)$$

де $f(t)$, $f(\text{Ca})$, $f(L)$, $f(p)$ – величини, які залежать відповідно від температури води.

Через те, що вода піддається обробці сульфатом алюмінію, то при підрахунку індексу насичення слід враховувати зниження рН та лужності води внаслідок додавання до неї коагулянту.

Лужність води після коагуляції слід визначати за формулою:

$$L = L_o - \frac{D_{\text{к}}}{e} = 3,52 - \frac{50}{57} = 2,64 \text{ мг-екв/дм}^3. \quad (2.23)$$

де L_o – лужність вихідної води (до коагуляції), мг-екв/дм³;

Кількість вільної вуглекислоти у воді після коагуляції визначаємо за формулою:

$$(CO_2) = (CO_2)_o - 44 \frac{D_k}{e} \text{ мг/дм}^3, \quad (2.24)$$

де $(CO_2)_o$ – концентрація вуглекислоти у вихідній воді до коагуляції, мг/дм³.

$$(CO_2) = 45 + 44 \frac{50}{57} = 83,60 \text{ мг/дм}^3.$$

Величину рН води після обробки коагулянтном визначаємо за нанограмою в [1], виходячи із значень лужності води та вмісту в ній вуглекислоти після коагуляції та становить рН = 6,8.

$$\text{рН} = 2,26 - 1,98 - 1,42 + 8,81.$$

Тоді

$$I = 6,8 - 7,67 = -0,87.$$

Індекс насичення має негативне значення, отже потрібно передбачати стабілізаційну обробку води понад 8 місяців на рік.

Для стабілізаційної обробки у якості реагентів слід застосовувати вапно або соду. При виборі реагенту слід керуватися результатом обчислення дози лугу:

$$d_{\text{л}} = 0,7 \frac{CO_2}{22} + I = 0,7 \left(\frac{83,6}{22} + 2,64 \right) = 4,5 \text{ мг/дм}^3. \quad (2.25)$$

В якості реагенту для стабілізаційної обробки води застосовують вапно. Для перерахунку D масові одиниці технічного продукту (D , мг/дм³) слід користуватися:

$$D_{\text{л}} = D_{\text{л}} \cdot e_2 \cdot \frac{100}{C_{\text{л}}}, \text{ мг/дм}^3 \quad (2.26)$$

де e_2 – еквівалентна маса активної речовини лужного реагенту, мг-екв/дм³;

C – вміст активної речовини в технічному продукті, %.

$$D_{\text{л}} = 0,66 \cdot 28 \frac{100}{60} = 30,8 \text{ мг/дм}^3.$$

Вапно надходить на склад у контейнерах. Транспортують їх за площею складу та встановлюють на завантажувальному бункері вапногасилки за допомогою електричної кран-балки.

Перевезення та зберігання вапна у контейнерах виключає втрати його на території реагентного господарства, проте вимагає великої площі складу та витрати металу для контейнерів.

Вапно в контейнерах надходить у бункер і далі у гасилку вапна, де відбувається гасіння вапна. Приймаємо термомеханічну гасилку вапна марки С-703 Прилуцького заводу будівельних машин продуктивністю 1,5 т/год. Гасилка вапна працює періодично – 4,5 год. на добу.

З гасилки вапна 30%-ве вапняне молоко збирають у двох баках, звідки періодично перекачують в гідромішалки, де відбувається доведення його концентрації до 3%, але не 5%.

Добова масова витрата 30% вапняного молока.

$$m = 2,44 \cdot 100/30 = 8,13 \text{ т/добу, а } 3\text{-вого} - 81,3 \text{ т/добу.}$$

За густини 30%-вого вапняного молока $\rho = 1,2 \text{ т/м}^3$ його добова об'ємна витрата:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{8,13}{1,2} = 6,8 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

З урахуванням добової об'ємної витрати ємність кожного бака для зберігання 30% вапняного молока повинна бути $2 \times 2 \times 1,7 \text{ м}$.

Перед перекачуванням вапняного молока в гідромішалку і під час її роботи необхідне перемішування вапняного молока стисненим повітрям з інтенсивністю 8-10 л/м².

Витрата повітря, необхідного для перемішування вапняного молока в одному баку, $2 \times 2 \times 10 = 40 \text{ л/с} = 2,4 \text{ м}^3/\text{хв}$.

Для перекачування вапняного молока рекомендуються піскові насоси (типу П) або фекальні (типу Ф).

Для подачі 30%-ного вапняного молока в гідромішалки приймаємо два насоси (один з них резервний) типу ФГ 14,5/10-а продуктивністю

$Q = 12 \text{ м}^3/\text{год}$ і напором $H = 8 \text{ м вод.ст.}$ Цей насос перекачує вапняне молоко з одного бака протягом 1 години.

До установки прийнято дві гідравлічні циркулярні мішалки вапняного молока ємністю $V = 14 \text{ м}^3$, $D = 2600 \text{ мм}$, $H = 4600 \text{ мм}$, що працюють по черзі.

Оскільки вапняне молоко застосовується для стабілізаційної обробки, воно не повинно містити забруднень та шкідливих домішок. Для очищення вапняного молока слід застосовувати вертикальні відстійники або гідроциклони.

Визначимо площу складу, яку займають контейнери, в яких поставляється вапно, з урахуванням 15-добового запасу (постачальник знаходиться поблизу станції).

При добовій витраті вапна $2,44 \text{ т}$ запас повинен становити $2,44 \times 15 = 36,6 \text{ т}$, при насипній масі 1 т/м^3 вона займе об'єм 40 м^3 .

Оскільки контейнери марки КГС-5 мають об'єм $5,1 \text{ м}^3$, але на станції повинен бути запас з 8 контейнерів. При встановленні контейнерів у два ряди по вертикалі з урахуванням коефіцієнта запасу $1,5$ площа складу

$$F_{\text{скл}} = \frac{2100 \times 1325 \cdot 8}{2} = 19 \text{ м}^2.$$

Приймаємо склад розміром $3 \times 6 \text{ м}$.

Повітродувна станція

Максимально-годинна витрата повітря визначена з умови, що всі цехи не працюватимуть одночасно. Приймається наступна максимально можлива робота повітродувок:

- а) для перемішування коагулянту у розчинних баках (одночасно у двох);
- б) для перемішування робочого розчину коагулянту у витратних баках (одночасно у двох);
- в) для перемішування робочого розчину ПАА (одночасно у двох);
- г) для перемішування вапняного розчину (працює один бак).

Загальна кількість повітря

$$Q = (2 \cdot 2,4) + (2 \cdot 2,2) + (2 \cdot 2,2) + 2,4 = 16 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Необхідна продуктивність повітродувки 16 м³/хв. приймаємо повітродувку ВК-12. Дві повітродувки робочих, одна – резервна. Продуктивність 10,2 м³/хв та надлишковий тиск 10 м.

2.3.3 Знезараження води

Для знезараження передбачено хлораторну установку з вакуумними газодозаторами, розраховану на попереднє хлорування дозою $D = 5 \text{ мг/дм}^3$.

Необхідна годинна витрата хлору визначається з виразу:

$$M = M_1 + M_2 = D \cdot Q (1000 + D \cdot O) / 1000 \quad (2.27)$$

$$M = 5 \cdot 3,298 + 3 \cdot 3,298 = 16,49 + 9,89 = 26,38 \text{ м}^3/\text{год або } 633,12 \text{ кг/доб.}$$

Відповідно місячна потреба у рідкому хлорі – 18994 кг.

Хлор на станцію доставляють у контейнерах (бочках) ємністю 1000 л та зберігають на складі. Оскільки маса рідкого хлору в бочках становить 1250 кг, то на складі повинні зберігатися $18994:1250 = 16$ бочок.

Перетворюють на рідкий хлор – хлор-газ проходить через балон-брудник до хлораторів, якими дозують хлор. З хлоратів виходить хлорна вода і подається у воду, що обробляється.

Витрата води, необхідна для роботи хлораторів первинного хлорування, може бути визначена за формулою:

$$Q_{1x} = \frac{D_{1x} \cdot Q_{oc} \cdot K_x}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.28)$$

де K – розрахункова витрата води для роботи хлораторів, згідно [1] $K = 0,6 \text{ м}^3$ на 1 кг хлора.

$$Q_{1x} = \frac{5 \cdot 79152 \cdot 0,6}{1000} = 237 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Витрату води, необхідну для роботи хлораторів вторинного хлорування, визначають за формулою:

$$Q_{2x} = \frac{D_{2x} (Q_{кор} + Q_{вк} + Q_{до} + Q_{вПАА} + Q_{1x}) K_x}{1000} \quad (2.29)$$

$$Q_{2x} = \frac{3 \cdot (74000 + 139 + 79 + 122 + 237) \cdot 0,6}{1000} = 134 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Для первинного хлорування прийнято три вакуумні хлоратори ЛОНП-100 (один з них резервний) продуктивністю 10 кг/год кожен.

Для вторинного хлорування прийнято два хлоратори такої ж марки продуктивністю 11 кг/год (один з них резервний).

Продуктивність хлораторів ЛОНП-100 змінюється від 1 до 12 кг/год, залежно від матеріалу поплавця у ротаметрі.

Подають хлорну воду в оброблювану воду напірними гумовими рукавами внутрішнього діаметра $d = 25$ мм, які під землею прокладаються у футлярах з бетонних труб.

2.3.4 Вертикальні змішувачі

Змішування реагентів з оброблюваною водою відбувається у вертикальних змішувачах вихрового типу. Розрахункова витрата 78162 м³/добу або 904,7 л/с. Змішувач, квадратний у плані, складається з прямокутної верхньої та пірамідальної нижньої частин.

Площа горизонтального перерізу у верхній частині змішувача

$$fb = \frac{Q_{\text{кор}}}{v_b \cdot n} \text{ м}^2, \quad (2.30)$$

де v – швидкість руху води на рівні водозбірної лотка, 25 мм/с;

n – кількість змішувачів, прийнято 4 змішувача.

$$fb = \frac{3257}{3,6 \cdot 25 \cdot 4} = 9,05 \text{ м}^2,$$

Ширина верхньої частини змішувача

$$B = \sqrt{fb} = \sqrt{9,05} = 3,01 \text{ м}.$$

Трубопровід, що подає оброблювану воду в нижню частину змішувача, має внутрішній діаметр 500 мм. При витраті води q вхідна швидкість 1 м/с. Зовнішній діаметр трубопроводу, що підводить при застосуванні сталевих труб [3] дорівнює 530 мм. Розмір у плані нижньої частини змішувача в місці

примикання цього трубопроводу буде $0,53 \times 0,53$ м, а площа нижньої частини зрізаної піраміди становить $f_{nir} = 0,281$ м².

Приймаємо величину центрального кута = 40°.

Тоді висота нижньої (пірамідальної) частини змішувача

$$h_H = \frac{(13,01 - 0,53) : 2}{\operatorname{tg} 20^\circ} = 3,44 \text{ м.}$$

Об'єм пірамідальної частини змішувача

$$W_{nir} = \frac{1}{3} h (f_b + f_{nir} + \sqrt{f_b \cdot f_{nir}}), \text{ м}^3 \quad (2.31)$$

$$W_{nir} = \frac{1}{3} \cdot 3,44 \cdot (9,05 + 0,281 + \sqrt{9,05 \cdot 0,281}) = 12,53 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм змішувача

$$W = \frac{Q_{кор} \cdot t}{60} = \frac{3257 \cdot 2}{60 \cdot 4} = 27,14 \text{ м}^3, \quad (2.32)$$

де t – тривалість змішування реагенту з масою води, хв.

Об'єм верхньої частини змішувача

$$W_{верх} = W - W_{nir} = 27,14 - 12,53 = 14,61 \text{ м}^3.$$

Висота верхньої частини змішувача

$$h = h + h = 3,44 + 1,61 = 5,05 \text{ м.}$$

Збір води виконується у верхній частині змішувача трьома затопленими дірчастими трубами, що відводять воду до збірної бокової кишені.

Відстань між трубами по осях 1 м до стін 0,565 м. Швидкість руху води в трубі $V = 0,6$ м/с.

Вода, що протікає трубами у напрямку бокової кишені, поділяється на 3 паралельні потоки. Тому розрахункова витрата кожного потоку $Q = 756,6 : 3 = 252,2$ м³/год.

Площа живого перерізу труби.

$$W_{mp} = \frac{q}{3600} = \frac{252,2}{0,6 \cdot 3600} = 0,117 \text{ м}^2.$$

Діаметр труби 416 мм. Обираємо найближчий типорозмір труби: D = 400 мм. Труба прокладена з ухилом в бік збірної кишені, $i = 0,02$.

Приймаємо діаметр отворів на збірних трубах 30 мм ($f_{отв} = 0,00071 \text{ м}^2$).

Сумарна площа отворів визначається за формулою:

$$\sum f = K \cdot w, \quad (2.33)$$

де K – коефіцієнт перфорації – відношення сумарної площі отворів до площі перерізу труби, $K = 0,67$;

w – площа перерізу труби, м^2 .

$$\sum f = 0,67 \cdot 0,117 = 0,078 \text{ м}^2.$$

Кількість отворів:

$$n = \frac{0,078}{0,00071} = 109,8.$$

Приймаємо 110 отворів. Отвори розташовуються у два ряди з бокових утворюючих, тобто 55 отворів з кожного боку труби. При довжині труби 3,01 м крок осі отворів $3,01:55 = 0,055 \text{ м}$.

Відстань від дна труби до дна збірної кишені:

$$H_{киш} = 1,73 \sqrt{\frac{q_{киш}^2}{gA^2}} + 0,2, \quad (2.34)$$

де $q_{киш}$ – витрата води по кишені, $\text{м}^3/\text{с}$; (розрахункова витрата одного змішувача);

A – ширина кишені, м, приймаємо $A = 0,7 \text{ м}$.

$$H_{киш} = 1,73 \sqrt{\frac{0,226^2}{9,81 \cdot 0,7}} + 0,2 = 0,509 \text{ м}.$$

Витрата води, що протікає по трубі, яка відводить, для подачі в камеру утворення пластвців 226 л/с. Швидкість у цьому трубопроводі має бути 0,8-1 м/с, а час перебування не менше 3 хв. Прийнятий сталевий трубопровід діаметром 600 мм.

2.3.5 Відстійники та камери утворення пластівців

У проєкті застосовані горизонтальні відстійники із вбудованою камерою утворення пластівців.

Витрата води, що надходить у відстійники та камери утворення пластівців – 78284 м³/добу або 3261,8 м³/год.

Приймаємо до проєктування горизонтальні відстійники із роззосередженим збиранням води.

Площа горизонтальних відстійників

$$F = \alpha \frac{q}{3,6 \cdot u_0}, \quad (2.35)$$

де α – коефіцієнт, який враховує вплив потоку до зависання часток, для відстійників з роззосередженим збором води, $\alpha = 1$;

u_0 – гідравлічна крупність зависі, 0,6 мм/с.

$$F = \frac{3261,8}{3,6 \cdot 0,6} = 1510 \text{ м}^2.$$

Ширина відстійника

$$B_{\text{відст}} = \frac{q}{3,6 \cdot V_{\text{сер}} \cdot H \cdot N}, \quad (2.36)$$

де $V_{\text{сер}}$ – середня горизонтальна швидкість руху води у відстійнику, мм/с,

H – середня висота зони осадження, м, приймаємо 2,5 м;

N – розрахункова кількість відстійників, 10 шт.

$$B_{\text{відст}} = \frac{3261,8}{3,6 \cdot 7 \cdot 2,5 \cdot 10} = 5,18 \text{ м}.$$

Приймаємо $B_{\text{відст}} = 6 \text{ м}$.

Довжина відстійника

$$L = \frac{q}{B \cdot N} = \frac{1510}{6 \cdot 10} = 25,2 \text{ м}. \quad (2.37)$$

Приймаємо $L = 30 \text{ м}$.

Висота зони накопичення осаду:

$$H_{3.ос} = \frac{q}{10 \cdot 30} = 0,23 \text{ м.}$$

Приймаємо $H_{3.ос} = 1 \text{ м.}$

Загальна висота відстійника $2,5 + 1 = 3,5 \text{ м.}$

Видалення осаду з відстійників передбачається гідравлічним способом за допомогою дірчастих труб. У кожному відділенні дном розташовується дві труби на відстані 3 метри одна від одної.

Розрахунок системи видалення осаду

Видалення осаду приймаємо без припинення дії відстійника. Кількість осаду, що скидається відстійником:

$$P_{ос} = \frac{Q_{ос} \cdot T(c - m)}{N \cdot 1000 \cdot 1000} = \frac{78284 \cdot 1(266 - 8)}{10 \cdot 1000 \cdot 1000} = 2,02 \text{ м}^3/\text{добу.} \quad (2.38)$$

Витрата води, що скидається з осадом дірчастою трубою

$$q_{ос} = K_p \cdot \frac{P_{ос}}{n} \cdot \frac{100}{p_T} \cdot \frac{1}{t}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (2.39)$$

де K_p – коефіцієнт розбавлення осаду, 1,5;

n – кількість коридорів у відстійнику;

p_T – вміст твердої фази в осаді, %;

t – тривалість збору осаду, приймається 20-40 хв.;

$$q_{ос} = 1,5 \cdot \frac{2,02}{1} \cdot \frac{100}{3} \cdot \frac{1}{20} = 5,05 \text{ м}^3/\text{хв.} = 842 \text{ л/с.}$$

Витрата осаду, який скидається однією трубою, $84,2:2 = 42,1 \text{ л/с.}$

Розрахунок труби виконуємо з умови, що швидкість руху осаду наприкінці труби має бути не менше 1 м/с, поздовжній ухил дна відстійника не менше 0,005. Цим умовам відповідає діаметр труби 250 мм, $i = 0,0067$, $V = 1,03 \text{ м/с.}$

Діаметр отворів приймаємо $d = 25 \text{ мм}$ ($f_{отв} = 0,00049 \text{ м}^2$).

Загальна площа отворів

$$\sum f = h \cdot f_{отв}, \quad (2.40)$$

де h – коефіцієнт перфорації, який дорівнює 0,6;

f – площа поперечного перерізу труби.

$$\sum f_o = 0,6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} = 0,0294 \text{ м}^2.$$

$$\text{Кількість отворів } n_o = \frac{\sum f_o}{f_o} = \frac{0,0294}{0,00049} = 60 \text{ шт.}$$

Крок осі отворів, які розміщуються у два ряди в шахматному порядку,
 $e = L : n = 30 : 60 = 0,5 \text{ м}$. Цей крок відповідає нормативному – 300-500 мм.

Втрати напору в дирчастій трубі визначаємо за формулою:

$$h = \xi \frac{V^2}{2g}, \quad (2.41)$$

де

$$\xi = \frac{3,3}{w \cdot 1,8}, \quad (2.42)$$

w – відношення суми площ усіх отворів у трубі до площі поперечного перерізу труби;

V – швидкість руху води у кінці збірної труби, м/с.

$$h = \frac{3,3}{0,3975} \cdot \frac{1,03^2}{2 \cdot 9,81} = 0,45 \text{ м.}$$

Швидкість руху осаду у випускній трубі збірної системи визначаємо за формулою:

$$V = \sqrt{\frac{2gH}{(\xi_T + \sum \xi_m) \left(\frac{w}{N \cdot w_k} \right)^2}} + \sum \xi \beta, \quad (2.43)$$

де H – різниця між відмітками горизонту води у споруді за висотною схемою та осі випуску, м;

$\xi_T, \sum \xi_m$ – коефіцієнти гідравлічного опору, відповідно перфорованого збірника, місцевих опорів та на випускній ділянці системи;

N – кількість продольних збірників в системі;

w_k – площа поперечного перерізу відповідно випускної труби і перфорованого збірника, m^2 .

Розрахунок пристрою для збору проясненої води

Збір проясненої води розсосереджений, здійснюється горизонтальними підвісними жолобами із затопленими отворами діаметром $d = 30$ мм. Жолоби встановлюються на ділянці $2/3$ довжини відстійника, рахуючи від торцевої стінки. Приймаємо до проектування 2 жолоби завдовжки

$$l = 2/3 L = 2/3 \times 30 = 20 \text{ м.}$$

Витрату води, що збирається додатковим жолобом, можна орієнтовно прийняти рівною $1/5$ витрати відстійника, тобто $0,0182 \text{ м}^3/\text{с}$. Витрата води, що збирається основними двома жолобами:

$$0,091 - 0,0182 = 0,0728 \text{ м}^3/\text{с},$$

а одним жолобом

$$0,0728 : 2 = 0,0364 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Швидкість руху води наприкінці жолобу приймаємо $0,6\text{-}0,8 \text{ м/с}$.

Жолоб приймаємо прямокутного перерізу. Перевищення рівня води у відстійнику над горизонтальним дном жолоба визначаємо за формулою:

$$H = 0,23 \cdot \xi \cdot \sqrt{q}, \quad (2.44)$$

де ξ – коефіцієнт гідравлічного опору жолоба, дорівнює $6,0$.

$$H = 0,23 \cdot 6 \cdot \sqrt{0,0364} = 0,141 \text{ м.}$$

Різницю відміток води у відстійнику та жолобі визначаємо з умови швидкості руху води через отвір 1 м/с .

$$\Delta H = \frac{V^2}{2\phi \cdot \varphi^2} = \frac{1}{0,97^2 \cdot 2 \cdot 9,8} = 0,054 \text{ м.} \quad (2.45)$$

Глибина води у жолобі $H - \Delta H = 0,141 - 0,054 = 0,087 \text{ м}$.

Ширина жолобу за швидкості руху води в ньому $0,8 \text{ м/с}$:

$$B_{ж1} = \frac{Q_{ж1}}{H_{ж1} \cdot V_{ж1}} = \frac{0,0364}{0,087 \cdot 0,8} = 0,523 \text{ м.} \quad (2.46)$$

Приймаємо $B_{ж} = 0,6 \text{ м}$, тоді швидкість руху води в жолобі:

$$V_{ж1} = \frac{Q_{ж1}}{H_{ж1} \cdot B_{ж1}} = \frac{0,0364}{0,087 \cdot 0,6} = 0,7 \text{ м}, \quad (2.47)$$

що відповідає нормальній швидкості.

Приймаємо 66 отворів. Крок отворів, що розташовуються в шаховому порядку, $e = 4 n = 20: 66 = 0,3 \text{ м}$.

Різниця відміток води у відстійнику та жолобі дорівнює також 0,054 м, через те, що швидкість руху води в отворі жолоба однакова для всіх витрат.

Глибина води у жолобі $H = 0,089 - 0,054 = 0,035 \text{ м}$.

У жолобі з напівкруглим дном отвори розташовуємо по твірній. Оскільки отвори повинні бути затоплені, приймаємо перевищення рівня води над твірною рівним $H - d / 2$.

Діаметр отвору $d = 30 \text{ мм}$ або $0,03 \text{ м}$.

Площа живого перерізу жолобу $0,02275 \text{ м}^2$. Ширина жолоба дорівнює діаметру його геометричного перерізу $d = 0,045 \text{ м}$.

Загальна площа отворів $f = 0,011 \text{ м}^2$.

Кількість отворів $n_{отв} = \frac{0,011}{0,00071} = 15,5 \text{ шт.}$

Приймаємо 16 шт. Крок отворів $l = 10 : 16 = 0,625 \text{ м}$. Приймаємо $0,6 \text{ м}$.

Розрахунок камери утворення пластівців

Прийнята до проєктування камера утворення пластівців з шаром завислого осаду з розподілом води по площі камери за допомогою перфорованих каналів.

Витрата води, що припадає на 1 камеру, $3261,8:10 \approx 326 \text{ м}^3/\text{год}$. Виходячи з якості води (середньої каламутності), швидкість висхідного потоку приймаємо $1,6 \text{ мм/с}$.

Площа всіх камер утворення пластівців:

$$\sum F_k = \frac{Q_4}{3600 \cdot V}, \quad (2.48)$$

де V – швидкість висхідного потоку води у верхньому перерізі, мм/с .

Число камер приймаємо за кількістю горизонтальних відстійників 10.

Площа однієї камери

$$F_{к.плат.} = \frac{326}{3,6 \cdot 1,6} = 56,6 \text{ м}^2.$$

Конструктивно розміри однієї камери приймаємо такі: ширина 6 м (по ширині відстійника), довжина $56,6:6 = 9,43$ м, висота камери дорівнює висоті відстійника біля віджимного щита 3,6 м (перепад на водозливні вимірюється десятими частками міліметра, його не враховуємо).

Час перебування води в камерах утворення пластівців:

$$t = \frac{W}{q} = \frac{6 \cdot 9,43 \cdot 3,6}{326} = 0,625 \text{ год. або } 37,5 \text{ хв.},$$

що задовольняє правилу $t \geq 20$ хв.

Шар тимчасового осаду приймається 3 м.

Розподіл води площею камери утворення пластівців передбачено з допомогою перфорованих розподільних труб з отворами, спрямованими горизонтально. У кожній камері розміщують дві труби на відстані по осях 3 м і до стін 1,5 м. Витрата води по кожній трубі $q = 326:2 = 163 \text{ м}^3/\text{год}$ або $45,3 \text{ л/с}$.

Приймається труба умовним проходом 331 мм, швидкість руху води $0,57 \text{ м/с}$ (нормальна швидкість руху води $V = 0,5-0,6 \text{ м/с}$). Втрати тиску $1,65$ на 1000 м .

Площа отворів діаметром 25 мм у стінці перфорованої розподільної труби становить 30-40% площі поперечного перерізу. Приймаємо коефіцієнт перфорації $K=0,34$, тоді загальна площа отворів $\sum f = 0,34 \cdot 0,086 = 0,0292 \text{ м}^2$.

Необхідна кількість отворів на трубі за площі одного отвору, яка дорівнює $0,00049$, складає

$$n = \sum f \div f = 0,0292 \div 0,00049 = 59,68 \text{ шт.}$$

Приймаємо 60 отворів. Отвори розташовуються в 2 ряди з кроком $9,43:60 = 0,16 \text{ м}$.

З камери в горизонтальний відстійник воду відводять над затопленим водозливом. Верх стінки водозливу розташовують нижче рівня води у відстійнику на величину

$$h_b = \frac{q_k}{3600 \cdot V \cdot 6}, \text{ м} \quad (2.49)$$

де V – швидкість руху води через водозлив 0,05 м/с.

$$h_b = \frac{326}{3600 \cdot 0,05 \cdot 6} = 0,3 \text{ м.}$$

За стінкою водозливу встановлюють підвісну перегородку, занурену на $\frac{1}{4}$ висоти відстійника, щоб відхиляти потік води до низу. Швидкість між стінкою водозливу і перегородкою має бути не більше 0,03 м/с.

$$e = \frac{Q}{3600 \cdot v \cdot Bk} = \frac{326}{3600 \cdot 0,03 \cdot 6} = 0,5 \text{ м.} \quad (2.50)$$

2.3.6 Швидкі фільтри

До проектування прийняті одношарові швидкі фільтри із завантаженням різної крупності. Висота фільтруючого шару з кварцового піску $H = 1800$ мм з мінімальним діаметром зерен 0,8 мм та максимальним 2 мм. Еквівалентний діаметр зерен $d = 1,2$ мм, а коефіцієнт неоднорідності 1,7.

Підтримуючі шари мають загальну висоту 500 мм, крупність зерен 5-40 мм.

Площа фільтрів визначається за формулою:

$$F = \frac{Q_{кор} + Q_{вк} + Q_{ВПАА} + Q_{1л} + Q_{1х}}{m \cdot V_p - 3,6 \cdot n \cdot w \cdot t_1 - n \cdot t_2 \cdot V_p \cdot H}, \quad (2.51)$$

де m – тривалість роботи станції протягом доби, год;

V_p – розрахункова швидкість фільтрування на добу при нормальному режимі експлуатації;

w – інтенсивність промивки, л/с м²;

t_1 – тривалість промивки, год;

t_2 – час простою фільтра через промивання, год.

$$F = \frac{74000 + 139 + 122 + 0 + 237}{24 \cdot 8 - 3,6 \cdot 2 \cdot 16 \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,33 \cdot 8} = \frac{74498}{175,2} = 425 \text{ м}^2.$$

Кількість фільтрів визначаємо за формулою:

$$N = \frac{1}{2} \sqrt{F} = \frac{1}{2} \sqrt{425} = \frac{1}{2} \cdot 20,62 = 10,3. \quad (2.52)$$

Ця формула є орієнтовною і для кращого компонування станції можна приймати як меншу, так і більшу кількість фільтрів. З огляду на те, що ширина горизонтального відстійника дорівнює 6 м, кожен фільтр може мати розміри 6×8 м.

Приймаємо 10 фільтрів із площею щонайменше 42,5 м² кожен, з розмірами 6×8 м. При прийнятих розмірах площа фільтрів становитиме 48 м².

Швидкість фільтрування води за форсованого режиму:

$$V_{p.ф.} = V_{p.н.} \cdot \frac{N}{N - N_1} = 8 \cdot \frac{10}{10 - 1} = 9 \text{ м / год} \leq 10 \text{ м / год}, \quad (2.53)$$

де N_1 – кількість фільтрів, що знаходяться в ремонті.

Розрахунок розподільчої системи фільтра

$$q_{пр} = F \cdot W = 48 \cdot 16 = 768 \text{ л/с або } 2764,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Діаметр трубопроводу, що подає води до кожного фільтру, визначаємо за рекомендованою швидкістю, яку слід приймати не більше 2 м/с. При заданій витраті 768 л/с приймаємо діаметр 700 мм, $V = 1,5$ м/с.

Для рівномірного розподілу води для промивання в нижній частині збірного каналу фільтра влаштовується глухий розподільний канал прямокутного перерізу з розмірами 0,8×0,8 м, до якого підводиться трубопровід з промивною водою діаметром 700 мм.

Швидкість на початку розподільчого каналу $V = 0,768:064 = 1,2$ м/с, що відповідає швидкості, що рекомендується, 1-1,2 м/с.

Площа для фільтра, що припадає на кожне відгалуження розподільчої системи, при відстанях між ними $m = 0,3$ м і ширині розподільчого каналу 0,9 м $f = (6-0,9) \times 0,3 \approx 1,53 \text{ м}^2$, а витрата промивної води, що надходить через отвір,

$$q = f \cdot W = 1,53 \cdot 16 = 24,5 \text{ л/с.}$$

Діаметр труб відгалужень приймаємо $d = 125 \text{ мм}$ [4], тоді швидкість входу води у відгалуження буде $V = 1,85 \text{ м/с}$ (що входить у рекомендовані швидкості 1,8-2 м/с).

У нижній частині відгалужень під кутом 45° до вертикалі передбачають отвори діаметром 12 мм.

Відношення площі всіх отворів у відгалуженнях розподільчої системи $\sum f$ до площі фільтра F приймають рівним 0,25 – 0,39.

При площі одного фільтра 48 м^2 сумарна площа отворів:

$$\sum f_o = \frac{0,25 \cdot 48}{100} = 0,12 \text{ м}^2 \text{ або } 1200 \text{ см}^2.$$

При діаметрі отворів $d = 12 \text{ мм}$ площа отвору $f = 1,13 \text{ см}^2$. Отже, загальна кількість отворів у розподільчій системі фільтру

$$n = \sum f \div f = 1200 \div 1,13 = 1062 \text{ шт.}$$

Загальна кількість відгалужень на кожному фільтрі на відстані між осями відгалужень $m = 0,3 \text{ м}$ складе $9:0,3 = 30$.

Кількість отворів, що припадають на кожне відгалуження, $1062:30 = 36$ шт. Так як отвори розташовуються у два ряди у шаховому порядку під кутом 45° до вертикальної осі труби, то при довжині кожного відгалуження $l = 6 - 0,9 = 5,1 \text{ м}$, відстань між осями, отворів по одній утворюючій $l = 2 \times l = 2 \times 5,1 / 36 = 283 \text{ мм}$ (рекомендується $l = 200\text{-}300 \text{ мм}$).

Для видалення повітря з трубопроводу, що подає воду на промивання фільтра, у підвищених місцях розподільчої системи передбачаємо встановлення стояків-повітряників діаметром 10 мм з автоматичним пристроєм для випуску повітря. На колекторі фільтра встановлюють також 2 шт. стояків-повітряників діаметром до 80 мм.

Збір і відведення забрудненої води при промиванні фільтрів здійснюється за допомогою жолобів, що розміщуються над поверхнею фільтруючого завантаження.

Враховуючи розміри фільтра, приймаємо до проектування 4 жолоби з напівкруглою основою. Відстань між осями жолобів має бути не більше 2,2 м.

При витраті промивної води на один фільтр $q = 768$ л/с, витрата промивної води, що припадає на один жолоб:

$$q = 768/4 = 192 \text{ л/с} = 0,192 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Ширину жолоба визначаємо за формулою:

$$B = K \sqrt[5]{\frac{q_{\text{ж}}^2}{(1,57 + a^3)}}, \text{ м} \quad (2.54)$$

де q – витрати води по жолобу, $\text{м}^3/\text{с}$;

a – відношення висоти прямокутної частини жолоба до половини його ширини, що приймається в межах від 1 до 1,5;

K – коефіцієнт, який приймаємо рівним для жолобів з напівкруглим лотком – 2.

$$B = 2 \cdot \sqrt[5]{\frac{0,192^2}{(1,57 + 1,5)^3}} = 0,84 \text{ м}.$$

Висота прямокутної частини жолоба $p = 0,75$, $B = 0,75 \cdot 0,84 = 0,64$ м.

Корисна висота жолоба $h = 1,2 \times B = 1,25 \times 0,84 = 1,05$ м. Конструктивна висота жолоба (з врахуванням товщини стінки):

$$h = h + 0,08 = 1,05 + 0,08 = 1,13 \text{ м}.$$

Краї всіх жолобів на одному рівні строго горизонтальні. Лотки жолобів мають ухил 0,01 до збірного каналу.

Відстань від поверхні фільтруючого завантаження до краю жолобів h визначаємо за формулою:

$$h_{\text{ш}} = \frac{H \cdot e}{100} + 0,3, \text{ м} \quad (2.55)$$

де H – висота фільтрувального шару, м;

e – відносне розширення фільтрувального завантаження (в %), оскільки конструктивна висота жолобу $h = 1,13$ м, тобто більше ніж 0,75 м, потрібно

прийняти $h = 1,19$ м, щоб відстань від низу жолобу до верху завантаження фільтра була 0,06 м.

$$h_{ш} = \frac{1,8 \cdot 25}{100} + 0,3 = 0,75 \text{ м.}$$

Витрата води на промивку всіх фільтрів дорівнює 2765 м³/добу (276,5 м³ на промивку одного фільтру). За продуктивності фільтрів $Q = 77263$ м³/добу або 0,894 м³/с.

Відстань від дна жолобу до дна збірного каналу визначаємо за формулою:

$$H_{кан} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{кан}^2}{g \cdot A^2}} + 0,2, \quad (2.56)$$

де $q_{кан}$ – витрата води по каналу, м³/с;

A – ширина каналу, м;

g – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с.

$$H_{кан} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,768^2}{0,81 \cdot 0,9^2}} + 0,2 = 0,73 \text{ м.}$$

Швидкість руху промивної води наприкінці збірного каналу завдовжки 0,9 м визначаємо за формулою:

$$V_{кан} = \frac{q_{кан}}{(H_{кан} - 0,2) \cdot A} = \frac{0,768}{(0,73 - 0,2) \cdot 0,9} = 1,61 \text{ м/с.} \quad (2.57)$$

Визначення втрат напору при промиванні фільтру

Втрати напору складаються з наступних величин:

а) втрати напору в отворах труб розподільної системи фільтра:

$$h = \left(\frac{2,2}{W^2} + 1 \right) \frac{V_k^2}{2g} + \frac{V_{бо}^2}{2g}, \text{ м} \quad (2.58)$$

де V – швидкість руху води на початку розподільного каналу;

V – швидкість води в боковому відгалуженні;

W – співвідношення суми площ усіх отворів розподільчої системи до площі поперечного перерізу каналу:

$$W = 0,12 : 0,81 = 0,148,$$

$$h = \left(\frac{2,2}{0,148^2} + 1 \right) \cdot \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{1,85^2}{2 \cdot 9,81} = 7,61 \text{ м.}$$

b) втрати напору в фільтрувальному шарі – 1,65 м,

c) втрати напору в гравійних підтримуючих шарах – 0,176 м.

d) втрати напору в трубопроводі, який подає промивну воду, – 0,41 м.

Для визначення втрат напору на місцеві опори необхідно визначити за планами та розрізами водоочисних споруд. Якість та різновиди місцевих опорів на всмоктувальній та напірній трубах промивного трубопроводу, від резервуара чистої води до найбільш віддаленого фільтра. У нашому випадку, умовно, приймемо, що встановлені три коліна ($\xi = 0,185$), два трійники ($\xi = 0,22$), чотири засувки (відкриті на 90%, $\xi = 0,3$), дванадцять зварних стиків ($\xi = 0,0135$).

$$h_{\text{м}} = \sum \xi \frac{V_1^2}{2g} = (3 \cdot 0,185 + 2 \cdot 0,22 + 4 \cdot 0,3 + 12 \cdot 0,0135) \cdot \frac{1,6^2}{2 \cdot 9,81} = 0,31 \text{ м.}$$

Тоді величина втрат напору при промивці швидкого фільтру

$$\sum h = 7,61 + 1,65 + 0,176 + 0,41 + 0,31 = 10,16 \text{ м.}$$

Геометрична висота підйому води під час промивання H є різницею відміток нижнього рівня води в резервуарі чистої води і верхньої кромки жолобів фільтра. Приймаємо попередньо $H = 6,5$ м. Напір, який повинен розвивати насос під час промивання фільтра

$$H = H + \sum h = 6,5 + 10,16 = 17 \text{ м.}$$

Підбір подачі насосів під час промивання фільтра

Для подачі промивної води в кількості 768 л/с або 2765 м³/год прийнятий насос марки Д 3200-33 Сумського насосного заводу з продуктивністю 3240 м³/год і напором 32 м з потужністю електродвигуна 315 кВт і частотою обертання 985 об./хв.

Визначення діаметрів трубопроводів для подачі та відведення води на фільтри

Діаметри трубопроводів визначаємо за таблицями для гідравлічного розрахунку сталевих труб за заданою витратою та рекомендованою швидкістю руху води. Результати розрахунку зведені у таблицю 2.2.

Розміри трубопроводів або каналів фільтрів слід приймати за умови форсованого режиму роботи (тобто при вимиканні одного фільтра на промивання). Таким чином, розрахункова витрата вводу, що припадає на один фільтр, буде $894: (10-1) = 99$ л/с.

Таблиця 2.2 – Результати гідравлічного розрахунку трубопроводів подачі та відведення води з фільтрів

Призначення трубопроводів	Витрата води, л/с	Розрахункова швидкість, м/с	Діаметр труби, мм	Рекоменд. швидкість, м/с
1. Для подачі проясненої води на усі фільтри	894	0,85	1100	0,8-1,2
2. Те саме, на один фільтр	99	0,81	300	0,8-1,2
3. Для відведення фільтрату з одного фільтра	99	1,04	250	1,0-1,5
4. Для відведення фільтрату з усіх фільтрів	894	1,23	900	-
5. Для подачі промивної води	768	1,5	700	1,5-2,0
6. Для відведення промивної води	768	1,5	700	1,5-2,0

2.3.7 Резервуари чистої води

Загальний обсяг РЧВ повинен включати регулюючий $W_{\text{рег}}$, недоторканий протипожежний об'єм води $W_{\text{пож}}$ і об'єм води на промивання фільтрів або компактних прояснювачів $W_{\text{пром}}$, крім того, слід передбачати об'єм води, необхідної для контакту її з хлором тривалістю не менше 1 години:

$$W = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож}} + W_{\text{пром}} \quad (2.59)$$

Регулюючий обсяг РЧВ можна визначити за суміщеними графіками роботи насосів I та II підйому.

Регулююча ємність РЧВ у відсотках від повної витрати очисних споруд дорівнюватиме площі ЕФК або рівній їй сумі площ АВСД і КЛРМ:

$$W_{\text{рег}} = (4,55 - 4,17) \cdot 17 = (4,17 - 3,24) \cdot 7 = 6,5\%.$$

За корисної витрати $Q = 74000 \text{ м}^3/\text{добу}$ регулююча ємність:

$$W_{\text{pee}} = \frac{74000 \cdot 6,5}{100} = 4810 \text{ м}^3.$$

Недоторканий протипожежний об'єм води при тривалості пожежі 3 години визначаємо за формулою:

$$W_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}} + \sum Q_{\text{макс}} - Q_{\text{нс}}, \quad (2.60)$$

де $Q_{\text{пож}}$ – витрата води для гасіння пожежі;

$\sum Q_{\text{макс}}$ – сумарна витрата за 3 години найбільшого водоспоживання (приймається за графіком);

$Q_{\text{нс}}$ – сумарна витрата води за 3 години, яка надходить від насосної станції I підйому в РЧВ.

Витрата води для гасіння пожежі була визначено та складає $Q_{\text{пож}} = 2943 \text{ м}^3$.

$$\sum Q_{\text{макс}} = \frac{74000 \cdot 5,05 + 74000 \cdot 5,40 + 74000 \cdot 4,85}{100} = \frac{74000 \cdot 15,3}{100} = 11322 \text{ м}^3,$$

$$Q_{\text{нс}} = \frac{74000 \cdot 4,17 \cdot 3}{100} = 9257 \text{ м}^3,$$

$$W_{\text{пож}} = 2943 + 11322 - 9257 = 5008 \text{ м}^3.$$

Запас води на промивання фільтрів слід передбачати з урахуванням двох промивань одного фільтра. З розрахунку фільтрів приймаємо витрату води для промивання одного фільтра 768 л/с та визначаємо об'єм води, необхідний для двох промивок.

$$W_{\text{пром}} = 768 \cdot 3,6 \cdot 0,1 \cdot 2 = 553 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм РВЧ

$$W = 4810 + 5008 + 553 = 1037 \text{ м}^3.$$

Приймаємо два резервуари чистої води об'ємом 6000 м^3 кожен (ширина 3,6 м; довжина 36 м, висота (будівельна) 4,8 м).

2.3.8 Споруди повторного використання води

З метою охорони природних джерел водопостачання та скорочення витрати води на власні потреби водоочисних споруд застосовується повторне використання води після промивання фільтрів.

Запропоновано наступну технологічну схему повторного використання промивної води: скид від промивання фільтрів надходить у резервуар-усереднювач, з якого вода рівномірно протягом доби перекачується в головний вузол очисних споруд (перед змішувачем). Відстоювання води в резервуарі-усереднювачі не передбачається.

Для вилучення піску з промивної води перед резервуаром-усереднювачем встановлюється горизонтальний піскоуловлювач. Пісок з осадової частини піскоуловлювача періодично, у міру його накопичення, транспортується за допомогою ежектора на майданчики для зберігання піску.

Скид з відстійників прямує на споруди для зневоднення осаду, розрахунок та проектування яких не розглядається.

Розрахунок піскоуловлювача

Розрахункова витрата промивної води, що надходить в піскоуловлювач, $q = 768 \text{ л/с} = 0,768 \text{ м}^3/\text{с}$.

Приймаємо два відділення піскоуловлювача. Площу живого перерізу кожного відділення визначаємо за формулою:

$$W = q/(V \cdot n), \text{ м}^2 \quad (2.61)$$

де V – середня швидкість руху води, приймаємо $0,3 \text{ м/с}$;

n – кількість відділень піскоуловлювача.

$$W = 0,768/(0,3 \cdot 2) = 1,28 \text{ м}^2.$$

Глибину проточної частини приймаємо $h = 0,8 \text{ м}$.

Ширина відділення $B = W/h = 1,28/0,8 = 1,6 \text{ м}$.

Глибина осадової частини $h = 0,5h = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4 \text{ м}$.

Запас висоти над рівнем води в піскоуловлювачі приймаємо $0,2 \text{ м}$.
Приймаючи тривалість перебування промивної води в піскоуловлювачі $t = 30 \text{ с}$, довжину робочої частини піскоуловлювача – $9,0 \text{ м}$.

Кут нахилу стін камер для піску до горизонту $\alpha = 60^\circ$. Піскоуловлювач обладнується скребковим механізмом з самохідним візком, що подає пісок до приймача стаціонарного гідроелеватора, за допомогою якого пісок трубопроводами транспортується в резервуар, що знаходиться на пісковому майданчику і обладнаний дренажною системою, яка складається з труб із щілинними ковпачками.

Відфільтрована вода з резервуару самотливом прямує в піскоуловлювач. Пісок з піскового резервуару тельфером з перекидною бадією подається на пісковий майданчик.

Обсяг робочої частини піскового резервуара прийнятий рівним двом обсягам осадової частини обох відділень піскоуловлювача:

$$W = 2 \cdot 2 \cdot e (b - h \cdot \operatorname{etg} \alpha) h = 2 \cdot 2 \cdot 9 (1,6 - 0,4 \cdot \operatorname{etg} 60) \cdot 0,4 = 21,2 \text{ м}^3. \quad (2.62)$$

До установки прийнятий залізобетонний резервуар розміром у плані 3×3 м, робочою висотою 2,5 м.

Розрахунок резервуара-усереднювача

Резервуар-усереднювач для збору промивної води предствляє собою залізобетонний резервуар, який складається з двох секцій.

Обсяг резервуару визначаємо за таблицею 2.3, згідно якої регулююча ємність резервуару-усереднювача $W = 806,5 \text{ м}^3$.

Таблиця 2.3 – Визначення ємності резервуара-усереднювача

Години доби	Подача промивної води, м^3	Відкачування насосами, м^3	Надходження в резервуар, м^3	Витрата з резервуару, м^3	Залишок в резервуарі, м^3
0-1	276,5	115,2	161,3	-	161,3
1-2	276,5	115,2	161,3	-	322,6
2-3	276,5	115,2	161,3	-	483,9
3-4	276,5	115,2	161,3	-	645,2
4-5	276,5	115,2	161,3	-	806,5
5-6	-	115,2	-	-	691,3
6-7	-	115,2	-	-	576,1
7-8	-	115,2	-	115,2	460,9
8-9	-	115,2	-	115,2	345,7
9-10	-	115,2	-	115,2	230,5
10-11	-	115,2	-	115,2	115,2

Години доби	Подача промивної води, м ³	Відкачування насосами, м ³	Надходження в резервуар, м ³	Витрата з резервуару, м ³	Залишок в резервуарі, м ³
11-12	-	115,2	-	115,2	0
12-13	276,5	115,2	161,3	-	161,3
13-14	276,5	115,2	161,3	-	322,6
14-15	276,5	115,2	161,3	-	483,9
15-16	276,5	115,2	161,3	-	645,2
16-17	276,5	115,2	161,3	-	806,5
17-18	-	115,2	-	-	691,3
18-19	-	115,2	-	-	576,1
19-20	-	115,2	-	115,2	460,9
20-21	-	115,2	-	115,2	345,7
21-22	-	115,2	-	115,2	230,5
22-23	-	115,2	-	115,2	115,2
23-24	-	115,2	-	115,2	0
итого	2765	2765	1613	1613	

Приймаємо стандартний резервуар-усереднювач (зі збірного бетону) завширшки 12 м, завдовжки 18 м, висотою 4,8 м, розділений перегородкою на дві секції завширшки по 6 м.

Продуктивність насоса, що перекачує, згідно з таблиці 2.3:

$$Q = 2765/24 = 115,2 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Повний напір насоса визначається величиною різниці відміток отворів труб, що всмоктують, в резервуарі (орієнтовно приймаємо 4,0 м), горизонту води в системі (приймаємо рівним + 7,5 м) і втратами напору (орієнтовно приймаємо рівним 3 м)

$$H = 4,0 + 7,5 + 3,0 = 14,5 \text{ м.вод.ст.}$$

До установки прийнято два насоси марки 6К-12 з подачею 120 м³/год і напором 16 м. (1 робочий, другий – резервний). Щоб уникнути осідання шлаку від промивних вод, передбачена циркуляція води в резервуарі. З цією метою встановлюється ще один насос марки 6К-12а, що забирає воду з приймача резервуара-усереднювача і подає воду у протилежний кінець резервуара. Розподіл води проводять дірчастою трубою, укладеною на дні резервуара вздовж короткої стіни.

2.4 Насосна станція II підйому

Визначення подачі води при пожежегасінні

Приймаємо розрахункову кількість пожеж $n = 3$, витрати на одну пожежу $q = 40$ л/с [1], витрати води на пожежегасіння Q , л/с:

$$Q = 3 \cdot 40 = 120 \text{ л/с.}$$

Сумарні витрати води:

$$Q = 1020 + 120 = 1140 \text{ л/с.}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунків витрат для НС II підйому

Режим водоспоживання	Витрата, Q л/с
1 ступінь	500
2 ступінь	1020
максимальне водоспоживання	1140
господарсько-побутові + витрата на пожежу	4104

Гідравлічний розрахунок всмоктувальних та напірних трубопроводів

Розрахунок всмоктувальних трубопроводів

Дві нитки трубопроводів.

Розрахункова витрата трубопроводів під час роботи насосів 1 ступеня:

$$Q = 500/2 = 250 \text{ л/с.}$$

Розрахункова витрата трубопроводів на 2 ступені: $Q = 1020/2 = 510$ л/с.

При пожежі передбачається 2 всмоктувальні труби з розрахунковою витратою $Q = 1140$ л/с.

Для визначення діаметрів труб, що всмоктують, передбачається швидкість потоку в межах 1-1,5 м/с.

Гідравлічний розрахунок всмоктувальних трубопроводів проводиться за максимальною витратою 2 ступеня: $Q = 510$ л/с.

Втрати напору на місцеві опори:

$$\Sigma h = (\xi_1 + \xi_2) \cdot \frac{V^2}{2g}, \quad (2.63)$$

$$\xi_1 = 0,15, \xi_2 = 5,00.$$

$$\Sigma h = (0,15 + 5_1) \cdot \frac{1,03^2}{2 \cdot 9,81} = 0,27 \text{ м.}$$

Визначаємо діаметр пожежного всмоктувального трубопроводу за $Q = 1140 \text{ л/с.}$

$$d = 900 \text{ мм,}$$

$$V = 1,79 \text{ м/с,}$$

$$1000i = 3,94.$$

Втрати напору у всмоктувальному трубопроводі:

$$h = 0,087 + 0,715 = 0,802 \text{ м.}$$

Втрати напору на тертя, м (довжина всмоктувальних руб 26,0 м)

$$h = i \cdot L$$

$$h = 0,00394 \cdot 26,0 = 0,10 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору на всмоктувальних трубопроводах:

$$h = 0,1 + 0,27 = 0,37 \text{ м.}$$

Розрахунок напірних трубопроводів

Відповідно до схеми насосної станції число напірних трубопроводів господарсько-питних насосів приймаємо рівним 2. Довжина напірних трубопроводів 1500 м.

$$Q = Q/2.$$

Розрахункові витрати під час роботи насосів 1 ступеня: $Q = 250 \text{ л/с.}$

Розрахункові витрати під час роботи насосів 2 ступеня: $Q = 510 \text{ л/с.}$

За максимального водоспоживання проєктується напірний трубопровід: $Q = 1140 \text{ л/с.}$

Гідравлічний розрахунок напірних трубопроводів проводиться на максимальну подачу насосної станції.

$$d = 700 \text{ мм;}$$

$$V = 1,35 \text{ м/с,}$$

$$1000i = 3,11.$$

В умовах пожежі $Q = 1140 \text{ л/с:}$

$$d = 800 \text{ мм,}$$

$$V = 2,27 \text{ м/с,}$$

$$1000i = 6,95.$$

Втрати напору на тертя, м:

$$h = i \cdot L$$

$$2 \text{ ступінь: } h = 3,11/1000 \cdot 1500 = 4,66 \text{ м.}$$

$$\text{при пожежі: } h = 6,95/1000 \cdot 1500 = 10,43 \text{ м.}$$

Сумарні втрати напору, м:

$$h = 1,10 \cdot h,$$

$$2 \text{ ступінь: } h = 1,10 \cdot 4,66 = 5,12 \text{ м,}$$

$$\text{при пожежі: } h = 1,10 \cdot 10,43 \approx 11,5 \text{ м.}$$

Визначення повного напору насосної станції

Основні розрахункові параметри всмоктувальних і напірних трубопроводів наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Основні розрахункові параметри всмоктувальних і напірних трубопроводів

Трубопровід	Кіл-ть	d, мм	Q, л/с	V, м/с	1000i	h, м
Всмоктувальні						
-госп-питний	2	800	510	1,03	1,56	0,74
-пожежний	2	900	1140	1,79	3,94	0,802
Напірні						
-госп-питний	2	700	510	1,35	3,11	5,12
-пожежний	2	800	1140	2,02	6,958	11,5

Необхідний напір насосної станції II підйому під час роботи насосів 2 ступеня:

Необхідний напір:

$$H = 28,0 + 5,86 + 2,14 = 36 \text{ м.}$$

Геометричний напір:

$$H = (160,0 + 20,0 + 5,0) - 157,0 = 28,0 \text{ м.}$$

Втрати напору:

$$\sum h = 0,74 + 5,12 = 5,86 \text{ м.}$$

Сумарні втрати напору 2-ого ступеня: $\sum \Delta h = 5,86 \text{ м.}$

Необхідний напір (Н) при роботі пожежних насосів:

$$H = 28,0 + 0,802 + 11,5 = 40,302 \text{ м.}$$

Геометричний напір:

$$H = (160,0 + 38,0 + 5,0) - 157,0 = 46,0 \text{ м.}$$

Втрати напору: $\sum h = 0,802 + 11,5 = 12,3 \text{ м.}$

$$H = 46,0 + 12,3 + 12,0 = 60,0 \text{ м.}$$

В таблиці 2.6 наведено дані щодо вибору насосів для кожного ступеня та на момент виникнення пожежі.

Таблиця 2.6 – Підбір насосів

Ступінь (група насосів)	Кількість робочих насосів	Розрахункова подача одного насоса Q, л/с	Напір H_p , м	Марка насосу
- госп-питний 1	1	500	33	Д 3200-75
- госп-питний 2	2	510	36	Д 3200-75
- макс. водо спожив (2 ступінь і пожежа)	2	570	60	Д 4000-95

1 ступінь – насос Д 3200-75, $n = 980$ об/хв – 1 робочий;

2 ступінь – насос Д 3200-75, $n = 980$ об/хв – 2 робочих (2 резервних);

максимальне водоспоживання при виникненні пожежі – насос Д4000-95, $n = 980$ об/хв – 2 робочих.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ СПОРУД

3.1 Загальні правила технічної експлуатації насосних станцій

Насосні станції для нормальної експлуатації повинні мати необхідне робоче та резервне обладнання, трубопроводи, регулювальні пристрої (засувки, клапани, вимірювальні прилади), електрообладнання, засоби захисту та автоматизації [5-8].

Новозбудовані насосні станції здаються у постійну експлуатацію лише після приймання їх спеціальними комісіями, які перевіряють якість виконаних робіт та відповідність усіх елементів станції затвердженому проєкту.

У процесі експлуатації забороняється вносити до конструкції насосної станції будь-які зміни без дозволу проєктних організацій та належних органів, що затвердили проєкт. Персонал допускається до обслуговування насосних станцій лише після складання технічного іспиту за фахом, зі знанням правил технічної експлуатації, технологічної інструкції з цієї станції, а також правил та інструкцій з охорони праці при обслуговуванні електричних установок.

Приміщення машинних залів, камери, колодязі, розподільні пристрої, підсобні та службові приміщення, сходові переходи – повинні утримуватись постійно в чистоті та порядку. Мастильні та обтиральні матеріали повинні зберігатися в спеціальних коморах або металевих ящиках або шафах.

Колодязі та камери, розташовані на території станції, повинні бути захищені від попадання атмосферних опадів, стічних вод і утримуватися в чистоті.

Приміщення насосних станцій повинні відповідати вимогам [1], будівельного проектування промислових будівель для насосних станцій з великим заглибленням, де може бути допущене постійно електричне освітлення.

Опалення та вентиляція приміщень насосних станцій повинні бути влаштовані відповідно до [1] та правил промсанітарії; при цьому влітку у

приміщеннях повинні підтримуватись чисте повітря з температурою не більше 35 °С, взимку не нижче + 10 °С.

У приміщеннях насосних станцій питного призначення повинні дотримуватись також правил санітарного режиму, встановлених проєктом санітарної зони.

Встановлена всередині станції та на її території арматура (засувки, клапани) повинна бути завжди у справному та робочому стані та забезпечувати можливість швидкого відключення та включення окремих ділянок трубопроводів та насосних агрегатів; обслуговування їх з підлоги насосної станції має бути легко доступним та безпечним.

3.2 Профілактичний і капітальний ремонт обладнання

Планово-профілактичний та капітальний ремонт обладнання насосних станцій проводиться відповідно до положення про проведення ремонтів, а також відповідно [7].

Спостереження за станом насосного та електричного обладнання, арматурою, апаратурою та електродвигунами проводиться обслуговуючим персоналом. Черговий персонал та керівники експлуатаційних бригад зобов'язані записувати всі помічені недоліки у змінні журнали.

Поточний ремонт проводять для запобігання обладнання насосних станцій від передчасного зносу та від аварій; полягає це в усуненні дрібних пошкоджень та несправностей. Всі роботи з поточного ремонту поділяють на дві групи: профілактичний ремонт, заздалегідь запланований за обсягом та часом його виконання; непередбачений ремонт, що виконується у терміновому порядку.

Поточний ремонт здійснюється силами експлуатаційного персоналу насосної станції або ремонтними бригадами під керівництвом головного інженера або начальника насосної станції.

Відповідно до [7] огляд технічного стану насосів, електродвигунів, контрольно-вимірювальної апаратури повинен проводитись щомісяця.

Перелік робіт, що належать до поточного ремонту, наведено у [8]. На підставі цього документа на насосній станції складають календарний план профілактичного огляду обладнання, який затверджує головний інженер управління водопроводу чи каналізації.

При проведенні профілактичного огляду та ремонту обладнання складають докладну дефектну відомість помічених несправностей та журнал огляду та ремонту обладнання.

Виведення насосного агрегату на профілактичний огляд та ремонт попередньо узгоджується з диспетчером. Після відключення агрегату знімають оперативний струм та проводять усі необхідні заходи, передбачені правилами технічної експлуатації та правилами охорони праці обслуговування електроустановок промислових підприємств, відповідно до плану проведення робіт.

При профілактичному щомісячному огляді необхідно звертати особливу увагу на обертові гвинтові (гайки сполучних фланців валу тощо), а також на болтові з'єднання по роз'єму корпусу насоса, фланцеві з'єднання всмоктувальних ліній, букси сальника та інші деталі насоса.

Під час огляду електродвигуна необхідно стежити, щоб двигун був чистим і в нього не потрапляли вода та мастило. Продувати машину сухим стисненим повітрям не рідше одного разу на місяць. Особливо ретельно потрібно стежити за чистотою підшипників, обмоток масляних ванн, контактних кілець, колектора, щіток, струмопідводів та вентиляційних каналів.

Чистоту мастила перевіряють при профілактичному огляді не рідше одного разу на місяць, показником для його заміни є потемніння, накопичення води та бруду або підвищення нагрівання підшипників. Замінювати мастило слід не рідше одного разу на півроку у електродвигунів і не рідше одного разу на квартал у насосів. Поточний ремонт проводиться за рахунок експлуатаційних витрат та включається до річних витрат насосної станції.

План капітального ремонту обладнання складають на основі даних профілактичного огляду та контролю енергетичних характеристик насосного агрегату та затверджують в організації, яка вище за рангом.

У процесі капітального ремонту замінюють зношені конструкції, вузли та деталі. З економічних міркувань іноді доцільно замість капітального ремонту встановити нові насосні агрегати, що мають вищий ККД. За рахунок коштів капітального ремонту можна проводити налагоджувальні роботи з автоматизації керування насосними агрегатами, а також роботи з інтенсифікації та встановлення оптимального режиму роботи насосної станції.

При зупиненому насосі перевіряють і при необхідності замінюють:

1. робоче колесо;
2. підшипники (у великих вертикальних насосів перевіряють з'єднання підшипника та зазору між вкладишем підшипника та шийкою валу);
3. торцеве гумове ущільнення;
4. вкладиш гумового підшипника;
5. шийку валу, покриту нержавіючою сталлю (у великих вертикальних насосів).

Захисна плівка валу (в зоні підшипника та торцевого ущільнення) з нержавіючої сталі дуже швидко виходить з ладу. Під час капітального ремонту насоса захисну плівку знову наносять методом електрозварювання під шаром вуглекислого газу з подальшою проточкою на токарному верстаті і шліфуванням.

Якщо під час експлуатації насосного агрегату помічено попадання води в мастильні ванни, то при проведенні капітального ремонту необхідно провести випробування охолоджувача на відсутність течі.

Масилоохолоджувачі спочатку випробовують до встановлення в хрестовини двигуна. Вдруге їх випробовують після установки (разом із зібраним у межах двигуна водопроводом) гідравлічним тиском 0,3 МПа протягом 5 хвилин.

Пуск агрегату після ремонту провадиться в наступному порядку:

1. Хлорують і промивають корпус насоса та ділянки всмоктувальних та напірних ліній до засувок відключення.
2. При отриманні висновку хімічної лабораторії щодо допуску агрегату до експлуатації черговий у присутності виробника робіт ретельно оглядає обладнання агрегату, оформляє акт на закінчення робіт та закриває вбрання.
3. Відновлює гідравлічну схему агрегату.
4. Збирає електричну схему.

Після виконання зазначених робіт та отримання дозволу приступають до випробування агрегату на холостому ході за затвердженою програмою. Після закінчення попередніх випробувань за погодженням з диспетчером насосний агрегат включають під навантаження. Через 72 години агрегат зупиняють, і робітник спільно з начальником насосної станції або начальником підйому вдруге оглядають насосний агрегат і за відсутності дефектів складають акт про введення агрегату в експлуатацію.

Асигнування на капітальний ремонт виділяються за рахунок амортизаційних відрахувань із основних фондів.

3.3 Дослідження спільної роботи насосів і трубопроводів

Аналіз фактичних робочих характеристик насосів та водопровідної системи дозволяє встановити причини перебоїв у роботі системи та розподілу води насосами у мережу. Як показує досвід натурних досліджень міських водопроводів, основними причинами таких перебоїв є:

1. Штучне зменшення подачі насосів, щоб уникнути перегріву електродвигунів внаслідок зміни енергетичних характеристик насосів у бік збільшення споживаної потужності та наявності у електродвигунів обмеженої потужності.
2. Збільшення гідравлічного опору водопровідної системи внаслідок утворення у трубах корозійних відкладень.

3. Зміна напірної характеристики насосів у бік зменшення напорів, що призводить до зниження подачі насосів.

4. Штучне гасіння напору у системі прикриттям засувки на водоводах з метою зменшення напорів у системі, отже, зниження ймовірності можливих розривів водопровідних ліній.

Наявність таких явищ призводить до зменшення подачі води споживачам та перевитрати електроенергії, що витрачається на водопідйом. Для забезпечення зростаючих потреб усіх водоспоживачів у потрібній кількості води під необхідним напором вивчають роботу всіх споруд системи подачі та розподілу води, з'ясовують можливість або доцільність використання насосів, що експлуатуються, і вибирають оптимальний режим їх роботи. При цьому може бути одне або кілька можливих рішень: використання насосів з установкою більш потужних електродвигунів; обточування робочого колеса насоса; паралельна робота кількох насосів; заміна насосного обладнання; зниження гідравлічних опорів водопровідної системи.

Спільна робота насосів та трубопроводів

Систему «насос-трубопровід» розглядають як єдину. Спільна робота трубопроводів характеризується режимною точкою системи, що у практиці гідравлічних розрахунків насосних станцій визначається графоаналітичним методом. Робота насоса визначається його основною характеристикою Q-H; трубопровід також має свою характеристику H-Q.

Розрахунок характеристики трубопроводу

Характеристика трубопроводу є функціональним зв'язком між напором і витратою води в системі $H = f(Q)$, підпорядковується рівнянню:

$$H_{mp} = H_{\Gamma} + \sum \Delta h = H_{\Gamma} + S \cdot Q^2, \quad (3.1)$$

де $\sum \Delta h$ – сумарні втрати у всмоктувальних, нагнітальних трубах у внутрішньостанційних комунікаціях, м;

S – опір трубопроводу, залежить від діаметра та матеріалу труб.

$$S = \frac{\sum \Delta h}{Q_p^2} . \quad (3.2)$$

Приймаючи довільно значення витрат води Q , м³/с, обчислюють відповідні значення втрат напору у трубопроводі $\sum \Delta h$, м за формулою:

$$\sum \Delta h = S \cdot Q^2 . \quad (3.3)$$

Визначення значень Q та H для 1, 2 ступеней і при максимальному водорозборі (плюс пожежа) наведені в таблиці 3.1.

1 ступінь: $Q = 171$ л/с, $\sum \Delta h = 3,0$ м, $S = 3,0/0,171 = 17,54$.

$$\sum \Delta h = 17,54 \cdot Q, H = 44 \text{ м.}$$

Таблиця 3.1 – Характеристика трубопроводу при роботі насосів 1-го ступеня

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,028	0,055	0,083	0,111	0,139	0,167	0,104	0,22
$\sum \Delta h, \text{ м}$	0,01	0,038	0,089	0,16	0,249	0,36	0,48	0,63
$H_{\text{тр}} = H_{\text{г}} + \sum \Delta h, \text{ м}$	44,01	44,038	44,089	44,16	44,249	44,36	44,48	44,6

2 ступінь $Q = 233$ л/с, $\sum \Delta h = 3,0$ м, $S = 3,0/0,233 = 12,87$,

$$\sum \Delta h = 12,87 \cdot Q, H_{\text{г}} = 51 \text{ м.}$$

Розрахунки наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристика трубопроводу при роботі насосів 2-го ступеня

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,028	0,055	0,083	0,111	0,139	0,167	0,104	0,22
$\sum \Delta h, \text{ м}$	0,01	0,038	0,089	0,16	0,249	0,36	0,48	0,63
$H_{\text{тр}} = H_{\text{г}} + \sum \Delta h, \text{ м}$	44,01	44,038	44,089	44,16	44,249	44,36	44,48	44,6

Максимальний водорозбір + пожежа

$Q = 587$ л/с, $\sum \Delta h = 3,0$ м, $S = 3,0/0,587 = 5,11$.

$$\sum \Delta h = 5,11 \cdot Q \quad H_{\text{г}} = 51 \text{ м}$$

Розрахунки наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристика трубопроводу при роботі насосів на максимальний водорозбір + пожежа

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,11	0,222	0,333	0,555	0,666	0,777	0,888	1,00
$\sum \Delta h, \text{ м}$	0,063	0,252	0,566	1,574	2,266	3,085	4,029	5,11
$H_{\text{тр}}=H_{\text{г}}+\sum \Delta h, \text{ м}$	51,06	51,252	51,566	52,57	53,266	54,08	55,02	56,1

3.4 Задачі експлуатації споруд та мереж водопостачання

Завдання експлуатації споруд та мереж водопостачання полягають у обслуговуванні і ремонті трубопроводів та інших елементів системи, а й у управлінні взаємодією всього комплексу споруд. Від ефективності такої взаємодії залежить забезпечення нормального водопостачання споживачів за найменших економічних витрат [7-8].

З метою інтенсифікації роботи існуючих споруд системи водопостачання слід організувати регулярні вимірювання основних робочих параметрів (тиску, швидкості, подачі насосів тощо) з подальшим аналізом. Служба експлуатації забезпечує безперебійне подання води споживачеві за умови безвідмовної роботи всіх споруд системи.

Планово-попереджувальні ремонти

Планово-попереджувальний ремонт споруд та обладнання мережі та водоводів здійснюють за заздалегідь складеним планом з метою забезпечення нормальної роботи мереж та водоводів, санітарного режиму їх експлуатації, попередження передчасного зносу та запобігання аваріям. Цей план повинен включати роботи з огляду трас, мереж і водоводів, їх поточного і капітального ремонту.

Санітарний ремонт експлуатації водопровідних мереж регламентується чинними нормативними документами [1-2, 7-8].

При визначенні лабораторіями якості води у розподільчій мережі проводять аналізи: на залишковий хлор, прозорість, забарвленість, запах та присмак води, вміст кишкових паличок та загальної кількості бактерій.

Кількість відібраних проб на місяць має становити 200.

Для дотримання санітарного режиму експлуатації водопровідних мереж необхідно дезінфікувати мережі та запірно-регулюючі резервуари. Обов'язково дезінфікувати мережі та промивати під час введення в експлуатацію та після проведення ремонтних робіт, пов'язаних з демонтажем трубопроводу, арматури або фасонних частин.

Дотримуватись необхідної дози активного хлору при дезінфекції: при тривалості контролю 24 год. – 40-50 мг/л, 64 год. – 75-100 мг/л. Резервуари великої місткості рекомендується дезінфікувати шляхом зрошення. Розчин хлорного вапна з концентрацією 200-250 мг/л активного хлору готують із розрахунку 0,3-0,5л на 1 м² внутрішньої поверхні резервуара.

Огляд трас водопровідних ліній дає можливість виявити причини, що загрожують порушенню міцності споруд мережі та ускладнюють користування колодязями, а також виявити зовнішні ознаки порушення нормального стану деяких споруд.

Поточний ремонт мереж і водоводів полягає в систематично проведених роботах із запобігання споруд та обладнання від передчасного зносу та аварій шляхом усунення дрібних пошкоджень та нерівностей. Огляд та дрібний ремонт колодязів та устаткування, що знаходиться в них, водопровідних колонок, водомірних вузлів, дюкерів та переходів під залізницями та шосейними дорогами та установок електрозахисту; підготовка арматури та обладнання до зими та перевірка їх роботи у зимових умовах, вимикання та пуск літніх водопроводів; зняття показань з водомірів та колодязів; профілактичне промивання мереж; чищення колодязів, ремонт риштування і сходів та інші роботи.

Обробку всіх колодязів мережі та водоводів необхідно проводити не рідше ніж через 2-3 роки.

Вимоги щодо забезпечення санітарного режиму експлуатації

Санітарні процедури експлуатації регулюються чинними нормативними документами [1-2, 7-8]. Міський водопостачальний відділ призначає особу, відповідальну за підтримання санітарного стану

експлуатації водопостачальних споруд. У періоди шлунково-кишкових захворювань керівний персонал міського водопостачального відділу чергує цілодобово за графіком.

Міський водопостачальний відділ повинен повідомляти про всі аварії та відключення магістральних мереж, водопроводів та споруд правоохоронні органи та вищі регіональні органи влади.

Моніторинг якості води

За поганого стану водопроводів, водозабірних отворів та водорозподільних пристроїв можливе вторинне забруднення води в мережі, що становить значну епідеміологічну небезпеку.

У зв'язку з цим слід проводити ефективний лабораторний та виробничий моніторинг якості води в розподільчій мережі з вибором відповідних точок відбору проб. При визначенні якості води в розподільчій мережі проводяться такі аналізи:

- залишковий хлор (при знезараженні води хлором або хлорним вапном);
- прозорість (мутність);
- забарвленість;
- запах;
- смак;
- кількість коліформних та загальних бактерій.

Проби води відбирають з вуличних водорозбірних пристроїв, мережевих артезіанських свердловин і кранів внутрішніх водопроводів у найбільш характерних точках мережі: у найближчих до насосної станції і найбільш віддалених від неї, у найбільш піднесених, у глухих кутах, у водонапірних баках житлових будівель і в точках, які викликають особливе занепокоєння.

Кількість та графік відбору проб у зазначених місцях встановлюються за погодженням з місцевими санітарно-епідеміологічними органами залежно від чисельності населення та повинні відповідати:

- при населенні до 10 тис. осіб – 2 проби на місяць;
- за населення до 20 тис. людей – 10 проб на місяць;
- при населенні до 50 тис. осіб – 30 проб на місяць;
- за населення до 100 тис. людей – 100 проб на місяць;
- за населення понад 100 тис. людей – понад 100 проб на місяць.

При бактеріальному забрудненні понад допустимі норми проводять повторне дослідження; забруднені ділянки мережі мають бути відремонтовані, промиті та продезінфіковані. У разі несприятливого бактеріологічного аналізу води в колонці, останню слід розібрати, відремонтувати, промити розчином хлорного вапна та прохлорувати колодязь. При повторному виявленні кишкової палички необхідно промити та прохлорувати всю ділянку мережі в районі розташування колонки.

Усі працівники, які обслуговують водопровідні мережі та споруди, мають проходити періодичні медичні обстеження відповідно до інструкції Міністерства Охорони Здоров'я України. Відповідальність за допуск до роботи осіб, які не пройшли медичне обстеження, доручається адміністрації міськводопроводу.

Огляд трас водоводів і мереж

Огляд трас водопровідних ліній дає можливість виявити причини, що загрожують порушенню міцності мережі та ускладнюють зовнішні ознаки порушення нормального стану трас та споруд.

Обхід водопровідних споруд провадиться однією людиною без відкривання кришок колодязів. За необхідності перевірки цілісності обладнання, встановленого в колодязях, обхід траси виконують з відкриванням кришок колодязів, але без опускання в них.

Огляди проводять періодично, не менше 6 разів на рік за календарним планом, затвердженим головним інженером. У районах інтенсивної забудови та будівництва комунікацій поблизу водопроводу слід проводити огляди 1-2 рази на місяць.

Огляди трас також проводять сезонно: під час паводку та після нього, у передзимовий та зимовий період.

У процесі огляду слюсар-обхідник робить опис всіх помічених дефектів у дефектній відомості і за необхідності вживає необхідних заходів на місці. Після повернення з обходу слюсар-обхідник зобов'язаний доповісти своєму керівництву про всі помічені порушення по трасі та про вжиті на місці заходи.

Склад і оснащення бригади

Більшість робіт поточного ремонту пов'язано з виконанням робіт у колодязях, тому відповідно до правил охорони праці бригада повинна складатися не менше ніж з трьох осіб [7-8].

Для виконання поточного ремонту в колодязях бригада оснащується такими механізмами та обладнанням:

- автомашина з необхідним обладнанням;
- сумка із слюсарним інструментом;
- лом, дві лопати, два гачки для відкривання люків, два відра з мотузками;
- стендер (пожежна головка);
- діафрагмовий насос, ежектор та вентилятор;
- ящик з пристроями з безпеки життєдіяльності з лампою АБВК з дзеркалом відбивачем, ізолюючим протигазом, аптечкою;
- ключі для засувки, вентилів, пробкових кранів та болтів;
- ящик для цементного розчину, мішок з цементом (10-15 кг), ящик з піском та цегла (50-70 шт.);
- запасна кришка та люк, запасні частини;
- термос з гарячою водою в холодну пору року;
- загороджувальні щити, стрічки та ліхтарі;
- технічна документація та наряд для ведення робіт.

Капітальний ремонт водопровідної мережі

Капітальний ремонт здійснюється за рахунок амортизаційних відрахувань; попередньо склавши та затвердивши титульний список та кошторис (або розцінені описи робіт). Відбір об'єктів для капітального ремонту здійснює головний інженер міської мережі на основі результату огляду та записів у дефектній відомості, «картах» колодязів та в журналі диспетчерського пункту з урахуванням рекомендацій налагоджувальних організацій. Для виконання робіт виділяє спеціальні бригади, що складаються з кількох ланок по три особи у ланці, підпорядкованих технічному керівнику міської мережі (дільниці). Оснащення бригад таке саме, як і бригад поточного ремонту.

До складу капітального ремонту включають спорудження нових або реконструкцію старих колодязів та камер, часткове або повне перекладання окремих ділянок трубопроводів, заміна засувки та інші роботи.

Вимкнення лінії слід проводити після погодження з місцевими санітарно-епідеміологічними органами. Після закриття засувки необхідно відкрити найближчий гідрант на вимкненій ділянці мережі, якщо роботи виконуються на розподільчій мережі; чи повітряний кран, якщо на магістралі. Перевірити чи не вимкнена лінія під тиском. Таке можливе за умови, коли перекриті не всі засувки або одна пропускає воду. Якщо лінія перебуває під тиском, не можна розпочинати ремонтно-монтажні роботи. Забороняється виконувати роботи на трубопроводах під вакуумом. Перед видаленням пошкоджених труб або вирізанням отворів у сталевих трубопроводах спочатку необхідно прорізати контрольний отвір $d = 5$ мм та переконатися у відсутності вакууму у трубі. За наявності вакууму в трубі роботи припинити до його повної розрядки.

Аварійний ремонт мережі

До аварійних ремонтів відносять роботи з ліквідації пошкодженої мережі та інші роботи із забезпечення нормального водопостачання.

Для забезпечення локалізації пошкоджень та виконання аварійних ремонтів при службі мережі створюються ремонтно-аварійні бригади з цілодобовим чергуванням (включаючи святкові дні). Аварійні бригади перебувають у підпорядкуванні чергового диспетчера ремонтно-експлуатаційної ділянки (РЕД) чи місті (центрального аварійного пункту – ЦАП) та діють за його вказівкою. Вони негайно виїжджають за заявкою про порушення водопроводу, локалізують пошкодження та відновлюють водопостачання, проводячи земляні розкопки, монтажні та слюсарні роботи (робота ведеться позмінно).

До ліквідації особливо великих аварій із проведенням трудомістких відновлювальних робіт необхідно залучати бригади профілактичного ремонту та будівельні організації.

Для оперативності ліквідації пошкоджень мережі створюють «аварійний фонд», що постійно поповнюється, матеріалів, арматури та виробів за спеціальним списком.

У складі аварійного фонду: дві труби різного діаметра та з різного матеріалу з заздалегідь нарізаними кільцями та шматками труб, що потрібні для заводки нових ланок ремонтіваних трубопроводів; муфти всіх діаметрів; засувки із запасом шпindelів; фланці; болти та шпильки; люки; кришки тощо.

Розслідування аварій і браку

Аварією на водопровідних підприємствах вважається повне або часткове припинення водопостачання населеного пункту та окремого району, спричинене пошкодженням водопровідних споруд, трубопроводів чи водопідйомних агрегатів. Брак у роботі водопровідних підприємств – це погіршення якості очищення води (проти стандарту), а також різке зниження напорів у мережі порівняно з розрахунковими значеннями. Кожен випадок аварії чи браку у роботі підлягає реєстрації та аналізу.

Під час розслідування аварії чи браку з'ясовуються:

- причини виникнення цих випадків;

- конкретні винуватці виникнення аварії чи браку;
- дія персоналу з ліквідації;
- причини неправильної роботи автоматичних, захисних, регулюючих приводів та пристроїв;
- конкретні дефекти споруд та обладнання, а також неправильна їх експлуатація;
- заходи щодо відновлення, запобігання подібним явищам у подальшій роботі, пошкоджених споруд та обладнання.

Розслідування великих аварій та браку проводиться негайно після отримання повідомлення від чергового персоналу та закінчується у строк не більше трьох днів.

Розслідування великих аварій проводиться комісією у складі начальника управління водопровідно-каналізаційного господарства або директора міськводопроводу, головного інженера та начальника цеху (дільниці), на якому сталася аварія.

Облік розслідуваних аварій та браку в роботі оформляється у журналі «Облік аварій та браку».

Спостереження за напорами в мережі

При експлуатації міськводопроводу систематично спостерігаються та вивчаються величини вільних напорів. Вільні напори в мережі перебувають у складній залежності від ряду факторів: режиму водоспоживання, стану мережі та характеру розподілу витрати води дільницею. Вивчати стан напорів на ділянках треба для:

- контролю над розподілом потоків води та підтримки розрахункових напорів;
- виявлення причин зниження напорів;
- коригування меж зон живлення та ін.

Зміна напорів дозволяє своєчасно виявити несправності в роботі арматури та обладнання (закриті та прикриті засувки, засмічення, пропуск засувки тощо).

Вимірювання напорів виробляють за допомогою:

- пожежних гідрантів;
- водомірних вузлів на вводах та інших елементах, що дозволяють розміщувати манометри.

За даними вимірювань щокварталу складається карта вільних напорів, для чого на схемі мережі наносяться точки вимірювань та відповідні величини вільних напорів. Крапки з однаковими напорами (інтервал 6 м) з'єднують лініями, які утворюють карту напорів. Карти напорів використовують при вирішенні питань експлуатації мережі.

Гідравлічні випробування мереж і водоводів

Для гідравлічного випробування мережі необхідно:

- визначити довжину ділянки, що підлягає випробуванню;
- величину випробувального тиску та виконати ряд підготовчих робіт.

Для ділянки встановлюється, виходячи з матеріалу труб та профілю водоводу, за [1] залежно від матеріалу труб, встановлюється така довжина ділянки:

- для чавунних та залізобетонних труб – не більше 1 км;
- для сталевих – понад 1 км, за умови, що випробування на міцність витоків не виходять за межі допустимих;
- для поліетиленових – не більше 0,5 км.

Рекомендується довжину сталевих трубопроводів на ділянці випробування не встановлювати більше 2-3 км.

Випробувальний тиск встановлюється диференційовано для кожної ділянки трубопроводу в найнижчій його точці, керуючись величиною робочого тиску.

Величина робочого та випробувального тиску визначаються за умов несприятливого режиму роботи трубопроводу з урахуванням його профілю. При цьому вивчаються лінії п'єзометрів при можливих режимах роботи трубопроводу і встановлюються точки максимальних тисків, одночасно на профіль водоводу накладають креслення з встановленою арматурою для

перевірки міцнісних характеристик і вибору меж ділянок випробування трубопроводу.

Прокладання трубопроводу слід починати з того боку, звідки можна отримати воду для гідравлічного випробування та промивання.

Заходи щодо раціонального використання та зниження втрат води

Для зниження втрат води та забезпечення раціонального її використання споживачами слід:

- дотримуватись графіків профілактичних оглядів санітарно-технічної арматури;
- економити воду та боротися з витокami;
- розробляти пропозиції щодо впровадження нової форми експлуатації внутрішніх водопроводів та каналізації спеціалізованими підприємствами;
- готувати пропозиції щодо створення у великих містах України технічних інспекцій з контролю за витратою води у промисловості та у комунальному господарстві з правом встановлення лімітів та застосування санкцій за перевитрату води;
- встановлювати регулятори тиску на введеннях у будівлю та поверхових регуляторів тиску.

3.5 Експлуатація водозаборів підземних вод

Дебіт підземних джерел у процесі експлуатації може піддаватися більш менш сильним коливанням протягом багатьох років або одного року. Величина коливання залежить від геологічної будови області живлення, кількості атмосферних опадів та значною мірою від способу та режиму забору води із джерела [9-10].

Незалежно від гідрогеологічних умов дебіт колодязів та свердловин може зменшуватись з наступних причин:

- засмічення зернистих порід внаслідок їх цементації сполуками заліза, алюмінію, окису кальцію та кремнію, що випадають із підземної води в осад;
- засмічення фільтра свердловини піском, відкладеннями та осадами;

- опливання порід та зміщення верхніх і дрібнозернистих пісків вниз у зону гравелистих пісків;
- зменшення перерізів свердловини внаслідок відкладення осаду заліза, кальцію та інших сполук на стінках обсадних труб;
- засмічення свердловин деталями водозабірних і водопідйомних пристроїв, що обірвалися.

Дебіт колодязів і свердловин може збільшуватися в результаті виносу дрібних частинок із зернистих порід водоносного шару (порода промивається та зменшується опір у водоносному шарі); прориву сітки та фільтра; зносу сальника в кільцевому зазорі між фільтровою та обсадною трубою; руйнування корозією обсадних труб і прориву води з вищих горизонтів.

У більшості випадків одночасно зі зміною дебіту підземного джерела змінюється якість води у ньому. Безпосередньо на ділянці забору води склад підземних вод може змінюватися поступово (в артезіанських водах), в інших випадках спостерігаються різкі, стрибкоподібні коливання складу підземних вод.

Найбільш стійкий склад підземних вод при експлуатації спостерігається у водоносних горизонтах, які пролягають у зернистих породах, а також взагалі у глибоких водоносних горизонтах.

Склад підземних вод змінюється під час експлуатації внаслідок:

- зміни природних умов живлення поверхневими водами;
- фізико-хімічних процесів, що відбуваються у водоносних горизонтах;
- забруднення водоносного горизонту з поверхні землі та через невикористовувані свердловини та колодязі;
- перелив води з інших водоносних горизонтів;
- підсмоктування води іншого складу з інших ділянок того ж водоносного горизонту або інших водоносних горизонтів;
- незадовільний технічний стан свердловин.

Загальні умови експлуатації водозаборів підземних вод такі:

- по всіх водозаборах необхідно щодня враховувати кількість води, що добирається;
- не рідше одного разу на місяць у кожному водозаборі необхідно заміряти температуру та відбирати проби води на скорочений аналіз та не менше одного разу на рік на повний аналіз;
- у свердловинах та шахтних колодязях не рідше одного разу на місяць заміряти динамічний рівень та не рідше одного разу на квартал статичний рівень води;
- у свердловинах та колодязях не рідше одного разу на рік слід визначати питомий дебіт.

Штучне збільшення запасів підземних вод. Живлення підземних вод піщаних і тріщинуватих порід відбувається значною мірою в результаті просочування атмосферних опадів, що випадають безпосередньо на водозбірну площу або проникають у ці породи з відкритих джерел. Ці природні властивості використовують у практиці водопостачання, щоб збільшити дебіт водозаборів підземних вод, застосовуючи підземне та поверхове збагачення підземних вод річковою водою. При підземному збагаченні річкову воду подають у закритий дренаж із керамічних труб, укладених у піщаний ґрунт на глибину 2 м від поверхні.

При поверхневому збагаченні річкову воду подають у широку траншею, викопану у шарі, що фільтрує, або на відкриті майданчики з насипним фільтруючим шаром з піску. За такої схеми інфільтраційний водозабір працює як повільний фільтр зі швидкістю фільтрування 0,2-0,3 м/год. Кількість води, що надходить до водозабірних споруд при поверхневому обводненні, слід приймати: у галереї – до 80%; у шахтні колодязі та свердловини – 60-70% від кількості води, що подається на поверхнєве обводнення. Загальний дебіт водозабору таким чином можна збільшити в 2,6-1,8 рази.

Мутність річкової води, поданої на поверхнєве обводнення має бути надмірною, тобто трохи більше 100-200 мг/л. У зимовий період переривати

роботу поверхневого обводнення не рекомендується, щоб уникнути заморожування шарів, що фільтрують.

Підвищення продуктивності діючих водозабірних свердловин

У процесі експлуатації питомий дебіт водозабірних свердловин, що каптують залізовмісні підземні води гідрокарбонатно-кальцієвого типу, поступово зменшується, рівні води у свердловинах знижуються. Це відбувається внаслідок колюматації фільтрів та прифільтрових зон свердловин осадами, до складу яких можуть входити CaCO_3 , $\text{FeO}_n \times \text{OH}$, $\text{Mn}(\text{OH})_2$ та ін. У більшості випадків осади є багатокомпонентними з переважним вмістом заліза (до 90% загальної маси осаду), але можуть містити також кальцій, магній, марганець та креснекислоту. Глибина заколюматованих зон залежить від конструкції фільтра та умов його роботи, а також від хімічного складу та режиму руху підземних вод і може коливатися від 5 мм до 2 м.

Для відновлення продуктивності свердловин здійснюють їхню регенерацію. Ефективний і надійний реагент вибирають після аналізу складу осадів, що відкладаються на водопровідних трубах, насосах заглибних і внутрішній поверхні обсадних труб. Найбільш поширеним реагентом є соляна кислота, в яку для надання їй антикорозійних властивостей часто вводять інгібітори: ПБ-5, сіль миш'яку тощо.

Оптимальна концентрація соляної кислоти для розчинення залізистих осадів у межах 20-25%. Для підвищення ефективності обробки свердловини у розчин концентрованої соляної кислоти рекомендується вводити добавки поліфосфатів в кількості 1-1,5%. При обробці свердловини необхідно враховувати об'єм води, що знаходиться в її стволі, розведення в якому зменшує концентрацію вихідного розчину. Отже об'єм (м^3) розчину соляної кислоти, що заливається в свердловину, з концентрацією для розведення до оптимальної концентрації визначається за формулою:

$$W_{pee} = \frac{C_{ont} \cdot W_v}{C_{vix} - C_{ont}}, \text{ м}^3 \quad (3.4)$$

де W_v – об'єм води у стволі свердловини, м³.

Загальна кількість кислоти, що заливається в свердловину, залежить від кількості заліза G , т, яку необхідно видалити зі свердловини:

$$W = 5,1 \cdot G. \quad (3.5)$$

Вельми ефективним методом обробки свердловини соляною кислотою є циклічне задавлювання кислоти за контур фільтра та прифільтрової зони з використанням стиснутого повітря.

Для регенерації свердловини даним методом необхідне наступне обладнання: компресор з подачею 3-6 м³/хв, рухома ємність для доставки розчину кислоти до свердловини, заливальні труби, оголовки для закриття герметичного гирла свердловини, сполучні гофровані гумові шланги, манометр тощо.

Після монтажу обладнання зібрану систему випробовують на герметичність під тиском не менше 0,1 МПа, потім у свердловину заливають розчин самопливом з ємності або закачують кислототривким відцентровим насосом.

У кожен цикл обробки входять такі операції:

- заливають необхідну кількість розчину кислоти;
- закачують повітря для віджимання рівня води до розрахункової позначки з метою витіснення розчину кислоти в прифільтрову зону;
- дають витримку під тиском протягом 3-5 хвилин для розчинення заліза;
- видаляють продукти реакції зі свердловини та відновлюють рівень води, для чого відкривають вентиль на збірній трубі та витримують протягом 5-10 хвилин.

Після цього цикл повторюється. Кількість циклів під час обробки зазвичай становить 8-10, а час обробки – близько 2-х годин.

Після реагентної обробки заливальні труби використовуються як водопідйомні при ерліфтному прокачуванні свердловини для видалення зі

стовбура прифільтрової зони шламу, розчинених кольматованих сполук і залишків кислоти, що не прореагувала.

У свердловинах господарсько-питного призначення наприкінці відкачування відбирають проби на хімічний та бактеріологічний аналіз води. Підключення свердловин у водопровідну мережу після регенерації дозволяється лише після укладання акту органів санітарного нагляду щодо відповідності якості води санітарним нормам.

Ефективність регенерації свердловини оцінюють шляхом порівняння її питомих дебітів до та після обробки.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Завдання в області охорони праці

Охорона праці є соціально-технічною наукою, яка виявляє та вивчає виробничі небезпеки і професійні шкідливості та розробляє методи їх запобігання чи ослаблення для того, щоб забезпечити робітникам та іншим категоріям працівників безпечні та гігієнічні умови праці, захистити життя та здоров'я людей від впливу шкідливих виробничих факторів та усунення.

Відповідно до закону України «Про охорону праці» [11], підприємства повинні забезпечити для своїх працівників безпечні та нешкідливі умови праці та нести відповідальність у встановленому законодавчому порядку за шкоду, завдану їх здоров'ю та працездатності. Тому охорона праці є обмежувальним елементом у процесі виробництва та має як організаційно-технічні, так й соціальні аспекти.

Правильне вирішення завдань з охорони праці дозволить звести до мінімуму ймовірність травмування або захворювання працюючих з одночасним забезпеченням комфортних умов за максимальної продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Тому увагу необхідно приділити забезпеченню вимог виробничих факторів, санітарії, охорони праці під час виконання робіт та електро-пожежобезпеки. Вирішення цих завдань має бути передбачено на стадії розробки проєкту виробничих робіт. У процесі проєктування складу реагентів необхідно дотримуватись впровадженої системи стандартів безпеки праці.

Завдяки цьому досягається відповідність техніки та технології сучасним вимогам безпеки та виробничої санітарії, що в остаточному підсумку забезпечує безпечні та здорові умови праці, а також продуктивність праці на складі реагентів.

Виходячи із загальних завдань, у даному розділі кваліфікаційної роботи бакалавра, розглядаються та вирішуються завдання покращення умов праці та підвищення безпеки працюючих на складі реагентів.

4.2 Оцінка експлуатаційних особливостей системи водопостачання, окремих технологічних процесів

Система водопостачання є складним інженерним комплексом, що забезпечує забір, очищення, транспортування та подачу води споживачам у необхідній кількості та відповідної якості. Надійність і ефективність функціонування системи значною мірою визначається експлуатаційними умовами її роботи.

До основних факторів, що впливають на експлуатацію системи водопостачання, належать:

- нерівномірність водоспоживання протягом доби;
- сезонні коливання якості води у джерелі;
- залежність роботи обладнання від енергопостачання;
- ступінь зношеності основних фондів;
- рівень автоматизації технологічних процесів.

Особливу роль у забезпеченні якості води відіграють очисні споруди, які є ключовим елементом системи водопостачання.

Реагенти, що застосовуються при підготовці питної води, і осадки, що отримуються при очищенні цих вод, становлять відому небезпеку для здоров'я працюючих на очисних спорудах. Тому всі операції, пов'язані з експлуатацією або контролем за процесом, при здійсненні яких може мати місце контакт із хлором та іншими хімічними речовинами, необхідно виконувати з найсуворішим дотриманням санітарно-гігієнічних запобіжних заходів.

Для подальшого розгляду заходів з охорони праці обрано склад реагентів як найбільш небезпечну ділянку території очисних споруд.

4.3 Загальні положення з охорони праці

Персонал, який обслуговує очисні споруди, повинен пройти інструктаж з безпеки праці – при вступі на роботу; первинний – на робочому місці;

повторний – не рідше одного разу на три місяці; позапланові – у разі порушення вимог безпеки праці та нещасних випадків, згідно з [12].

Працюючі повинні користуватися засобами індивідуального захисту за [13], виданим ним у відповідність до норм, затверджених в установленому порядку.

Робітники, які безпосередньо стикаються зі стічними водами або осадами, повинні піддаватися медичному огляду не рідше одного разу на рік, не менше 2 разів на рік проходити обстеження на глистоносіння з подальшою дегельмінтизацією, а також проходити планові профілактичні щеплення проти кишкових інфекцій.

До робіт не допускаються робітники, що мають порізи, подряпини та садна на руках.

Усі робітники мають бути забезпечені спеціальним одягом відповідно до чинних норм [14].

На робочих місцях на очисних спорудах та в кімнатах обслуговуючого персоналу повинні бути умивальники з гарячою водою, мило, рушник, дезінфікуючі засоби для протирання рук, столів, миття підлог та раковин, бак із питною водою, аптечка з набором медикаментів.

Їсти на робочому місці категорично забороняється.

Для всіх осіб, які працюють на очисних спорудах, має бути забезпечена можливість користування гарячим душем та сушаркою для спецодягу.

Поява у спецодязі у місцях прийому їжі та цехах харчових виробництв забороняється.

При взятті проб води для аналізів робітники повинні бути забезпечені гумовими рукавичками, захисними окулярами та спеціальними пристроями для виймання проб.

Виконання робіт з ремонту обладнання допускається лише після його звільнення від води та осаду.

При зупинці на ремонт або з будь-якої іншої причини всі резервуари, що містять сиру (необроблену) природну воду, повинні бути звільнені не

пізніше ніж через 6 годин з моменту встановлення, щоб уникнути утворення та виділення в атмосферу поганих і отруйних речовин.

Експлуатаційний персонал повинен керуватися і, безумовно, дотримуватись чинних [7].

Щоб уникнути вибухів та отруєнь, необхідно ретельно стежити за станом споруд, не допускаючи проведення робіт, які можуть дати утворення іскри, без попереднього провітрювання та перевірки ділянки на загазованість.

Вхід на загазовану ділянку дозволяється лише в ізолюючих шлангових чи кисневих протигазах.

Усі підходи, під'їзди, містки, сходи, огороження очисних споруд повинні бути чистими та справними. При виробництві їх ремонту необхідно вживати тимчасових заходів щодо забезпечення безпеки обслуговування очисних споруд.

Усі ремонтні роботи механізмів, що рухаються або перебувають під напругою електричного струму, виконуються тільки після їх гарантованої зупинки та відключення від електромережі. Вимірювальні прилади для контролю за роботою споруд та агрегатів повинні бути справними, щоб уникнути аварій та нещасних випадків.

Категорично забороняються вихід за огорожі та прохід по стінках та бортах споруд, трубопроводами для повітря, рідини, осаду.

4.3.1 Охорона праці на складі реагентів

Реагентне господарство очисних споруд водопостачання є об'єктом підвищеної небезпеки, оскільки пов'язане зі зберіганням, транспортуванням та використанням хімічних речовин (коагулянтів, флокулянтів, дезінфектантів). Забезпечення належного рівня охорони праці та безпеки персоналу є обов'язковою умовою його експлуатації.

До основних небезпечних факторів у реагентному господарстві належать:

- токсичність і хімічна активність реагентів (наприклад, хлор, аміак, кислоти, луги);
- можливість утворення шкідливих газів і парів;
- ризик опіків шкіри та ураження органів дихання;
- небезпека витоків і аварійних ситуацій;
- підвищена корозійна активність середовища.

Персонал складу реагентів хімічної лабораторії очисної станції при виробництві аналізів повинен керуватися загальними правилами безпеки праці при роботі з отруйними, вогнебезпечними та вибухонебезпечними речовинами.

Одним з найнебезпечніших хімічних речовин у складі реагентів є коагулянт сульфат алюмінію.

Транспортування. Як правило, сульфат алюмінію транспортують у спеціально призначених ємностях, виготовлених із корозійностійких матеріалів (пластик, склопластик, гумовані або поліетиленові резервуари). Для перевезення рідкого сульфату алюмінію найчастіше використовують залізничні або автомобільні цистерни. Транспортування здійснюється відповідно до правил перевезення хімічних вантажів відповідними видами транспорту. Перевезення проводиться у закритих транспортних засобах з метою запобігання витокам і впливу атмосферних опадів.

Сульфат алюмінію у твердому (кристалічному або гранульованому) вигляді дозволяється перевозити всіма видами транспорту. Тарою для транспортування даного реагенту є поліпропіленові мішки з вкладишами, паперові мішки, біг-беги або пластикові барабани. При транспортуванні водним транспортом тара з продуктом повинна розміщуватися у спеціальних контейнерах, що забезпечують її захист від вологи та механічних пошкоджень.

Зберігання. Сульфат алюмінію необхідно зберігати в упакованому вигляді у сухих, закритих складських приміщеннях, захищених від вологи та

атмосферних опадів. Не допускається зберігання даного реагенту разом із лугами та іншими речовинами, що можуть вступати з ним у хімічну реакцію.

Сульфат алюмінію, що використовується в процесах очищення води як коагулянт, зазвичай упаковується у паперові або поліпропіленові мішки масою до 50 кг, а також може постачатися у м'яких контейнерах типу «біг-бег» місткістю до 1000 кг або у пластикових ємностях (для рідкого продукту).

Реагент необхідно зберігати у сухому та прохолодному місці, оскільки при зволоженні він злежується та втрачає сипучість, що ускладнює його дозування. При підвищених температурах сульфат алюмінію може частково розкладатися з утворенням оксидів алюмінію та виділенням газоподібних продуктів.

Гарантійний термін зберігання сульфату алюмінію, за умови дотримання встановлених правил, як правило становить один рік з дати виготовлення.

Заходи безпеки. При попаданні сульфату алюмінію на шкіру можливе виникнення подразнень, тому під час роботи з цим реагентом необхідно використовувати засоби індивідуального захисту. Зокрема, рекомендується застосовувати захисні окуляри, гумові рукавиці та респіратори. Ці засоби захисту необхідні для запобігання потраплянню речовини на шкіру та слизові оболонки.

Пил сульфату алюмінію може викликати подразнення слизових оболонок органів дихання. Небезпечним є також потрапляння реагенту до органів травлення та дихання. У разі потрапляння речовини на шкіру її необхідно негайно змити великою кількістю води з милом. При потраплянні в очі їх слід одразу ретельно промити проточною водою.

Під час роботи з сульфатом алюмінію необхідно дотримуватись правил особистої гігієни. У приміщеннях, де зберігається та використовується реагент, повинна бути передбачена ефективна вентиляційна система.

Сульфат алюмінію є пожежо- та вибухобезпечним продуктом, проте його необхідно зберігати в щільно закритій тарі, захищаючи від впливу вологи та прямих сонячних променів. Після завершення робіт приміщення слід провітрити.

4.4. Аналіз умов праці та виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів при виконанні технологічних процесів

Під час експлуатації очисних споруд для очищення природних вод використовуються шкідливі для організму людини речовини, наприклад сульфат алюмінію, хлорне вапно, які можуть надавати дратівливу дію на шкіру і слизову оболонку дихальних шляхів і очі, здатні викликати зниження працездатності, появу безсоння, головний біль, тремтіння пальців рук.

Працівників необхідно забезпечувати: шланговими протигазами, кисневими ізолюючими протигазами, індексаторами газу, хімічними пінними вогнегасниками, засобами для дегазації, рукавичками та захисними окулярами, респіраторами тощо.

Умови праці – це сукупність факторів довкілля, які впливають на здоров'я та працездатність людини у процесі праці.

На підставі [15] виявлено такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні:

- знижена або підвищена температура повітря робочої зони (залежно від умов експлуатації споруд);
- підвищена вологість повітря;
- недостатність природного та штучного освітлення;
- підвищений рівень шуму від роботи насосного та технологічного обладнання;
- підвищена запиленість повітря в зоні приготування та дозування реагентів (сульфату алюмінію, флокулянтів), що може негативно впливати на органи дихання;

- наявність рухомих частин механізмів та обладнання.

2. Хімічні:

- подразнююча та токсична дія хлору на органи дихання, очі та шкіру;
- подразнююча дія сульфату алюмінію та флокулянтів при контакті зі шкірою і слизовими оболонками;
- можливість утворення шкідливих газів та парів у процесі дозування реагентів;
- ризик отруєння при порушенні герметичності обладнання або витоків реагентів.

3. Біологічні:

- наявність у вихідній воді патогенних мікроорганізмів (бактерій, вірусів, мікроскопічних грибів);
- контакт із осадами та забрудненнями, що можуть містити біологічно небезпечні агенти.

4. Психофізіологічні:

- монотонність виконуваних операцій;
- підвищена відповідальність за безперервність технологічного процесу;
- нервово-емоційне напруження при роботі з небезпечними хімічними речовинами (зокрема хлором);
- робота у змінному режимі.

4.5 Розробка організаційних заходів з охорони праці

До складу заходів щодо загального покращення умов праці входять:

- раціоналізація природного та штучного освітлення в робочих та допоміжних приміщеннях;
- підтримання безпеки виробничих процесів, належне утримання будівель, споруд, обладнання та механізмів, правильна організація транспортного та складського господарств;

– згідно з чинними законами та нормативними документами, на адміністрацію підприємства покладається проведення інструктажів та навчання персоналу правилам охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки.

Приміщення із постійним перебуванням людей повинні мати, як правило, штучне освітлення.

Під час експлуатації реагентного складу персонал зобов'язаний:

- а) своєчасно приготувати задану кількість розчинів реагентів необхідної концентрації;
- б) ввести реагенти в оброблювану воду з дотриманням встановлених доз, послідовності та інтервалів часу між їх введенням;
- в) систематично спостерігати за правильністю пристроїв для приготування та дозування реагентів, засобів контролю та автоматизації;
- г) своєчасно передавати замовлення на отримання реагентів з урахуванням встановленого порядку їх витрачання та місткості складів;
- д) вести систематичний облік і контроль витрати і якості реагентів, що надходять.

При прийманні кожної нової партії реагентів перевіряють наявність сертифікатів, що їх супроводжують, що засвідчують якість реагентів та їх відповідність вимогам стандарту. Кожну партію реагентів, що надходять на підприємство, піддають контрольному аналізу на вміст у продукті активної частини реагенту і домішок.

Умови розвантаження реагентів та зберігання їх у складах повинні відповідати вимогам заходів безпеки та охорони праці. Порядок зберігання, технологія застосування, приготування та дозування реагентів повинні бути викладені у спеціальних інструкціях, що розробляються на підприємстві для кожного реагенту окремо на основі чинних положень щодо зберігання, застосування та використання хімічних реагентів, з урахуванням місцевих умов. В інструкціях особливу увагу необхідно приділити питанням безпеки

життєдіяльності та охорони праці під час поводження з хімічними реагентами. На складах реагентів забороняється зберігати:

- а) в одному приміщенні реагенти, які можуть взаємодіяти хімічно між собою;
- б) вибухові та вогнебезпечні речовини, мастила, балони зі стислими газами, харчові продукти тощо;
- в) реагенти у кількостях, що перевищують розрахункову місткість складів.

Кількість реагентів, що завантажуються в бак для приготування розчину, відмірюють для рідких реагентів – за обсягом або масою, для твердих реагентів – по масі, з урахуванням вмісту активної частини. У реагентному цеху контролюють:

- а) кількість завантаженого реагенту – при кожному замішуванні за масою або обсягом;
- б) періодичність та тривалість завантаження – позмінно;
- в) тривалість та інтенсивність перемішування, тривалість відстоювання розчину – у міру розчинення;
- г) концентрацію розчинів у реагентних баках – у міру розчинення реагенту або розведення розчинів;
- д) рівні розчинів у баках – у процесі витрачання розчинів;
- е) точність дозування розчинів – щогодини і можливо частіше при зміні витрати води, що очищається, і концентрації розчину реагенту;
- ж) роботу механічних дозаторів сухих реагентів – не рідше одного разу на зміну;
- з) періодичність та тривалість видалення осадів з реагентних баків та бункерів – після 4-6 циклів приготування розчинів реагентів, у міру накопичення осаду;
- і) стан дозуючих пристроїв – щоквартально чи не рідше двох разів на рік.

Оптимальні співвідношення змішуваних концентрацій робочих розчинів реагентів і кількість води, що обробляється, визначають попередньо в лабораторних умовах і уточнюють в процесі експлуатації залежно від якості реагентів і оброблюваної води.

Точність дозування розчинів реагентів має бути в межах $\pm 5\%$. Різке відхилення від заданих доз, а також перерви в їхній подачі не допускаються, за винятком випадків, передбачених технологією обробки води в аварійному режимі.

При перервах у подачі розчинів реагенту, після кожного припинення подачі розчину, реагентопроводи, розчинні та витратні баки та насоси-дозатори повинні бути промиті очищеною водою.

Робочі реагентні цехи мають бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до галузевого нормативу.

4.6 Колективні та індивідуальні засоби захисту працівників

Для захисту працівників застосовуються засоби захисту. Засоби індивідуального та колективного захисту – технічні засоби, що використовуються для запобігання чи зменшення впливу на працівників шкідливих та (або) небезпечних виробничих факторів, а також для захисту від забруднення. Відповідно до [13] засоби захисту працюючих залежно від характеру їх застосування поділяють на дві категорії: засоби колективного захисту та засоби індивідуального захисту. Засоби колективного захисту – це засоби захисту, які використовуються запобігання чи зменшення на працівників шкідливих і небезпечних виробничих чинників, і навіть захисту від забруднення.

До засобів колективного захисту також відносять: знаки безпеки, фотолюмінесцентні евакуаційні системи, стрічки та протиковзні покриття, засоби дорожньої безпеки, дзеркала безпеки.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) – це спецодяг, спецвзуття та інші засоби захисту, які використовуються працівником для запобігання або зменшення впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів, а також є засобом захисту від забруднення.

Засоби колективного захисту – засоби захисту, конструктивно та функціонально пов'язані з виробничим процесом, виробничим обладнанням, приміщенням, будівлею, спорудою, виробничим майданчиком.

На об'єкті передбачені такі колективні засоби захисту:

- засоби нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень та робочих місць, локалізації шкідливих факторів, опалення, вентиляції;
- засоби нормалізації освітлення приміщень та робочих місць (джерела світла, освітлювальні прилади тощо);
- засоби захисту від шуму та ультразвуку (огорожа, глушники шуму);
- засоби захисту від вібрації (віброізолюючі, віброгасні, вібропоглинаючі пристрої тощо);
- засоби захисту від ураження електрострумом (огорожі, сигналізація, ізолюючі пристрої, заземлення, занулення тощо);
- засоби захисту від впливу механічних факторів (огорожа, запобіжні та гальмівні пристрої, знаки безпеки);
- засоби захисту від впливу хімічних факторів (пристрої для герметизації, вентиляції та очищення повітря, дистанційного керування тощо).

Працюючі повинні користуватися засобами індивідуального захисту згідно з [13], які вони мають отримати відповідно до норм, затверджених в установленому порядку. Під час виконання робіт з експлуатаційно-технологічного обслуговування складу реагентів необхідні такі засоби індивідуального захисту:

- шлангові протигази;

- кисневі ізолюючі протигази;
- індикатори газу;
- хімічні пінні вогнегасники.

4.6.1 Розрахунок системи штучного освітлення складу реагентів

Реагентний склад представляє собою будівлю розміром у плані 6×12 м.

Необхідний світловий потік лампи:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot A \cdot \kappa \cdot Z}{\eta \cdot N}, \text{ лм} \quad (4.1)$$

де $E_{\text{н}}$ – нормована освітленість (100 лк);

A – площа, що освітлюється, м^2 ;

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості, 1,1;

N – число світильників;

η – коефіцієнт використання світильника, який визначають за індексом приміщення (i) і коефіцієнтам відображення стелі, стін, підлоги.

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} \quad (4.2)$$

де h – розрахункова висота;

A і B – розміри складу реагентів.

$$i = \frac{12 \cdot 6}{2,1(12 + 6)} = 1,9.$$

При індексі приміщення $i = 1,9$ $\eta = 0,547$.

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{100 \cdot 72 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{0,547 \cdot 6 \cdot 2} = 1560 \text{ лм.}$$

У якості джерела світла вибираємо: лампи розжарювання БК-100 із $\Phi = 1450$ лм 6 шт.

Перевіряємо умову економічності.

Відхилення фактичного світлового потоку всіх ламп становить:

$$\Phi = \frac{9360 - 8700}{9360} \cdot 100 = 7,0\%$$

Цей варіант відповідає умові $10\% < \Phi < 20\%$.

Запропонована схема розміщення світильників у приміщенні складу реагентів показана на рисунку 4.1.

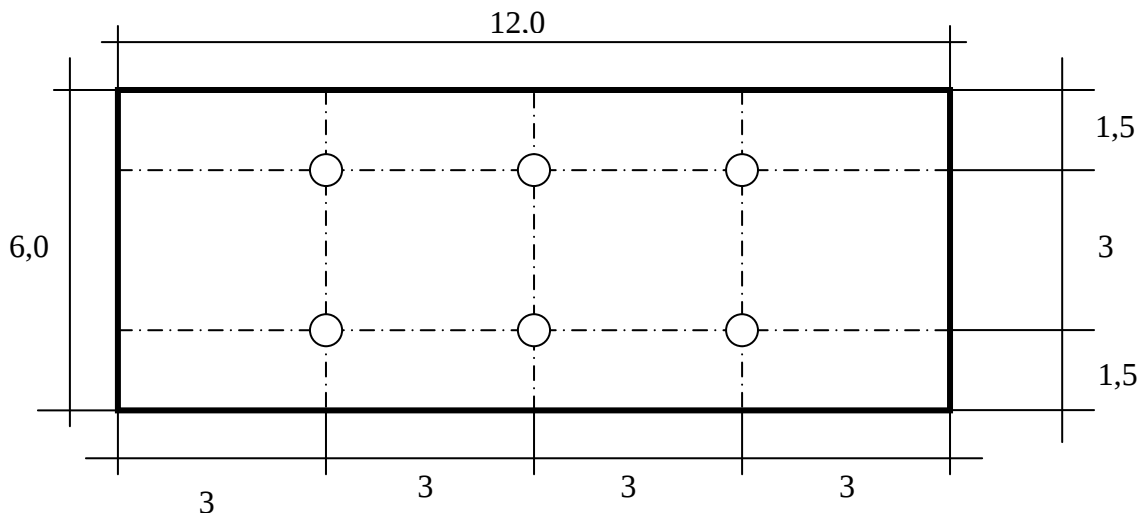


Рисунок 4.1 – Схема розміщення світильників на складі реагентів

4.6.2 Розрахунок системи вентиляції складу реагенту

Вентиляція складу реагентів необхідна для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов праці, видалення пилу та підтримання допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

Вихідні дані

Розміри складу:

- довжина $L = 12$ м,
- ширина $B = 6$ м,
- висота $H = 3$ м.

Об'єм приміщення:

$$V = L \cdot B \cdot H = 12 \cdot 6 \cdot 3 = 216 \text{ м}^3. \quad (4.3)$$

Визначення кратності повітрообміну: для складів сипучих реагентів (сульфат алюмінію) приймається кратність повітрообміну: $n = 3\text{-}5$ раз/год.

Приймаємо: $n = 4$ рази/год.

Необхідна витрата повітря визначається за формулою:

$$L = n \cdot V = 4 \cdot 216 = 864 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.4)$$

Для даного приміщення передбачається: припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням, або витяжна механічна + природний приплив. Це обумовлено наявністю пилу реагенту та необхідністю стабільного повітрообміну незалежно від погодних умов.

Приймаємо швидкість руху повітря у витяжному каналі: $V = 3 \text{ м/с}$.

Площа перерізу повітроводу:

$$F = \frac{L}{3600 \cdot V} = \frac{864}{3600 \cdot 3} = 0,08 \text{ м}^2. \quad (4.5)$$

Діаметр круглого повітроводу:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,08}{3,14}} = 0,32 \text{ м.} \quad (4.6)$$

Приймаємо стандартний діаметр: $d = 315 \text{ мм}$.

Для забезпечення ефективної роботи системи передбачається:

- витяжні решітки у верхній зоні приміщення (накопичення пилу);
- приплив повітря через жалюзійні решітки або клапани;
- можливе встановлення місцевих відсмоктувачів у зоні пересипання реагенту;
- встановлення фільтрів для очищення повітря перед викидом.

У результаті розрахунку визначено, що для складу сульфату алюмінію об'ємом 216 м^3 необхідна витрата повітря становить $864 \text{ м}^3/\text{год}$. Запроектована система припливно-витяжної вентиляції забезпечує нормативні умови праці, знижує запиленість повітря та підвищує безпеку експлуатації реагентного господарства.

4.7 Забезпечення пожежо- та вибухобезпеки станції очистки питної води

Пожежна безпека – заходи, за яких виключається можливість пожежі та вибуху, а у разі їх виникнення запобігає впливу на людей небезпечних та

шкідливих факторів пожежі та вибуху та забезпечується захист матеріальних цінностей [16].

Пожежна безпека повинна забезпечуватись шляхом проведення організаційних, технічних та інших заходів, спрямованих на попередження пожежі, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових витрат та зменшення екологічних наслідків під час їх появи, створення умов швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожежі.

Небезпечні чинники пожежі, які впливають на людей та матеріальні цінності – полум'я, іскри, підвищена температура навколишнього середовища.

Запобігання пожежі досягається запобіганням паливному середовищу та утворенню в паливному середовищі джерел запалювання.

У проєкті передбачається запобігання утворенню пального середовища такими способами:

- 1) максимальною механізацією та автоматизацією технічних процесів (включення, відключення та регулювання насосів, засувки), пов'язаних з обмеженням горючих речовин;

- 2) встановлення пожежонебезпечного обладнання по можливості в ізольованих приміщеннях або на відкритих майданчиках;

- 3) застосуванням пристроїв захисту виробничого обладнання з горючими речовинами від пошкоджень та аварій встановленням вимикаючих, відсікаючих та інших пристроїв.

Запобігання утворенням у пальному середовищі джерел запалення досягається підтримкою температури нагрівання поверхні агрегату насосів, механізмів, пристроїв та матеріалів, які можуть увійти в контакт з паливним середовищем нижче гранично допустимої, що становить 80% найменшої температури самозаймання пального.

Нижче розглянуто організаційно-технічні заходи щодо створення умов пожежної безпеки.

Для підтримки протипожежної безпеки має бути здійснено комплекс обов'язкових організаційних заходів, перерахованих у [17], а саме:

- визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення протипожежної безпеки;
- призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, споруд та інженерного обладнання та за утримання та використання технічних засобів пожежного захисту;
- запровадити відповідний протипожежний режим;
- підготувати, затвердити та ознайомити всіх працівників з:
 - загально-об'єктною інструкцією щодо заходів протипожежної безпеки;
 - відповідними інструкціями для всіх вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщень;
 - скласти плани (схеми) евакуації людей у разі пожежі;
 - затвердити порядок (систему) сповіщення людей про пожежу, ознайомити з нею всіх працівників;
 - визначити категорії приміщень та будівель щодо пожежної та вибухопожежної опасности відповідно до вимог чинних нормативних документів, та визначити класи зон за [18];
 - встановити на території, в будинках та приміщеннях відповідні знаки протипожежної безпеки, таблички із зазначенням номера телефону та порядку виклику пожежної охорони.

Особлива увага приділяється спеціальним заходам, що запобігають пожежам від теплового прояву електричного струму.

Внутрішні папери, що встановлюють протипожежний режим, розробляються відповідальними за пожежну безпеку та затверджуються керівником підприємства. Папери зберігаються в особливій папці з питань протипожежної безпеки.

У документах слід зазначити в тому числі таке:

- правила користування електронагрівальними побутовими приладами, використання відкритого вогню, виконання тимчасових пожежонебезпечних робіт;

- місце для куріння;

- порядок огляду та закриття приміщень після закінчення роботи;

- порядок обслуговування технічних засобів пожежного захисту (вогнегасників, установок пожежної сигналізації, автоматичного пожежогасіння, димовидалення тощо);

- відповідальних осіб, які зобов'язані проводити спеціальне навчання та інструктажі персоналу з питань протипожежної безпеки та періодичність таких заходів;

- дії, яких зобов'язані вдаватися співробітники у разі появи пожежі.

Вимоги до способів забезпечення пожежної безпеки системи протипожежного захисту:

- протипожежний захист у проєкті досягається застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації та пожежогасіння;

- організація за допомогою технічних засобів, включаючи автоматичне своєчасне сповіщення та евакуацію людей;

- обмеження поширення пожежі за межі вогнища досягається встановленням гранично допустимих за техніко-економічними розрахунками площ, протипожежних відсіків, секцій, а також поверхневості будівель та споруд, але не більше за певні норми;

- у будинках та спорудах передбачають технічні засоби (сходові клітини, протипожежні стіни, зовнішні пожежні сходи, аварійні люки), які мають встановлювати під час визначення пожежо- та вогнебезпеки конструкцій.

Висновок

У цьому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто заходи щодо охорони праці для складу реагентів як найбільш небезпечної ділянки

території очисних споруд водопроводу. Виконано розрахунок штучного освітлення та системи вентиляції на складі реагентів. Проведено аналіз умов праці з виявленням небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Розглянуто заходи щодо забезпечення пожежної безпеки на очисних спорудах водопостачання.

ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено проєкт водозабірних, водоочисних споруд та насосних станції I та II підомів для населеного пункту з кількістю мешканців 45 700 осіб та для декількох підприємств. Загальна продуктивність системи водопостачання міста складає 74 000 м³/добу, з них: 8 000 м³/добу – з підземних джерел (6 свердловин) та 66 000 м³/добу – з поверхневого джерела (річки).

2. Вода з річки насосною станцією I підйома подається на очисні споруди, куди також перекачується вода з свердловин. Тому очисні споруди розраховані на загальну продуктивність 74 000 м³/добу. За заданих якісних і кількісних параметрів вихідної сирової води у роботі запропоновано двоступеневу технологічну схему очистки води на горизонтальних відстійниках та швидких фільтрах.

3. У роботі виконані технологічні розрахунки водозабірних споруд та насосної станції I підйому з річки, водозабору зі свердловин, очисні споруди, насосна станція II підйому. Підібрано основне технологічне обладнання.

4. Розглянуто особливості надійної експлуатації насосних станцій і напірних трубопроводів, наведено інформацію щодо строків проведення плано-попереджувальних та капітальних ремонтів водопровідної мережі та споруд системи водопостачання.

5. У розділі «Охорона праці» кваліфікаційної роботи розглянуто заходи щодо охорони праці для складу реагентів як найбільш небезпечної ділянки території очисних споруд водопроводу. Виконано розрахунок штучного освітлення та системи вентиляції на складі реагентів. Проведено аналіз умов праці з виявленням небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Розглянуто заходи щодо забезпечення пожежної безпеки на очисних спорудах водопостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5.–74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України. – 2013. – 280 с.
2. Державні санітарні норми і правила ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/trebovaniya-k-kachestvu-pitevoy-vody/>
3. ДСТУ 8943:2019 Труби сталеві електрозварні. Технічні умови. URL: <https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu/dstu-8943-2019.pdf>, доступ вільний.
4. ДСТУ 8936:2019 Труби сталеві водогазопровідні. Технічні умови. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86382, доступ вільний.
5. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник / Т. О. Шевченко, Ю. В. Ярошенко, М. М. Яковенко, В. М. Беляєва ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 191 с.
6. Наказ від 12.03.2010 № 55 Про затвердження Правил безпечної експлуатації насосних станцій водогосподарських систем. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0271-10#Text>, доступ вільний.
7. Наказ від 05.07.95 № 30 Про затвердження Правил технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-95#Text>, доступ вільний.
8. Наказ від 08.08.1997 № 63 Про затвердження Положення про проведення планово-попереджувальних ремонтів на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0063303-97#Text>, доступ вільний.
9. Тугай А.М. Водопостачання : Підручник / А.М. Тугай, В.О. Орлов. – Київ: Знання, 2009. – 735 с.
10. Орлов В.О. Водозабірні споруди : Навчальний посібник / В.О. Орлов, С.М. Назаров, А.М. Орлова. – Рівне: НУВГП, 2010. – 167 с.

11. Закон України Про охорону праці. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>, доступ вільний.

12. Наказ від 26.01.2005 № 15 Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Переліку робіт з підвищеною небезпекою. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text>, доступ вільний.

13. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51051, доступ вільний.

14. ДСТУ EN ISO 13688:2016 Одяг захисний. Загальні вимоги (EN ISO 13688:2013, IDT; ISO 13688:2013, IDT), URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67538, доступ вільний.

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

16. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=68456, доступ вільний.

17. Наказ від 30.12.2014 № 1417 Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>, доступ вільний.

18. Наказ від 21.07.2017 № 476 Про затвердження Правил улаштування електроустановок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0476732-17#Text>, доступ вільний.