

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Міського будівництва і господарства

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз ефективності роботи деяких
споруд в системі підготовки води для
господарсько-питного водопостачання

Виконав: студент 2 курсу, групи БЧД-18-3.мз
спеціальності 192. Будівництво та цивільна інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Водопостачання та водовідведення

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

В.В. Савіч

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т.н. Соколюк В.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доцент, к.т.н. Федоровський Р.Г.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

20 20

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет факультет будівництва та цивільної інженерії
Кафедра міського будівництва і господарства
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерії
(код та назва)
Освітня програма Водопостачання та водовідведення
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри А.В. Бондар
« 13 » 03 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Савіну Віталію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз ефективності роботи очисних споруд в системі підготовки води для господарсько-питного водопостачання

керівник роботи Сокольник В.І., доцент, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «10»09 2019 року № 1543-с

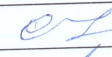
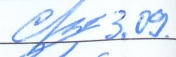
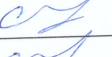
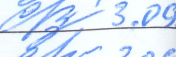


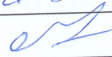
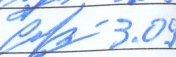
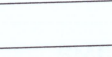

2 Строк подання студентом роботи 28.12.2019

3 Вихідні дані до роботи додаток 1

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Розрахунок основних споруд очисної станції за технологічними схемами. Аналіз та порівняння ефективності роботи споруд прояснення та фільтрації.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Технологічні схеми очистки води. Компонівка очисних споруд. Горизонтальні відстійники. Швидкі фільтри. Контактні прояснювачі. Споруди обробки осаду та промивної води. Техніко-економічні показники.

6 Консультанти розділів роботи

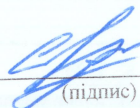
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сокольник В.І.		 3.09.
2	Сокольник В.І.		 3.09.
3	Сокольник В.І.		 3.09.
4	Сокольник В.І.		 3.09.
5	Сокольник В.І.		 3.09.

7 Дата видачі завдання 3.09.2019

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний огляд	1.10.-15.10	
2	Проектування очисної станції	15.10.-30.10	
3	Розробка графічної частини	1.11.-15.11	
4	Проектування очисних споруд	15.11.-30.11	
5	Охорона праці	1.12.-7.12.	
6	Економічні показники	8.12.-15.12	
7	Розробка графічної частини	15.12.- 20.12	
8	Оформлення роботи	20.12.-28.12	

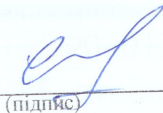
Студент


(підпис)

В.В. Савін

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

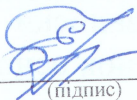

(підпис)

В.І. Сокольник

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер


(підпис)

Ростащенко О.М.

(ініціали та прізвище)

Додаток 1 до Магістерської роботи
Вихідні дані по очисній станції

Таблиця 1 - Показники якості річкової води.

№	Показник	Значення	Одиниця вимірювання
1.	Каламутність	12	мг/л
2.	Забарвленість	60	град
3.	Мінералізація загальна	270,0	мг/л
4.	HCO_3^-	183,6 (3,01)	мг/л (мг екв/л)
5.	Cl^-	28,26(0,796)	мг/л (мг екв/л)
6.	SO_4^{2-}	49,4(1,03)	мг/л (мг екв/л)
7.	Ca^{2+}	52,7(2,67)	мг/л (мг екв/л)
8.	Mg^{2+}	14,00(1,16)	мг/л (мг екв/л)
9.	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	24,15(1,05)	мг/л (мг екв/л)
10.	Твердість загальна	3,8	мг екв/л

Корисна продуктивність очисної станції 120 тис. м³/ добу.

АНОТАЦІЯ

Савін В.В. Аналіз ефективності роботи очисних споруд в системі підготовки води для господарсько-питного водопостачання.

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник В.І. Сокольник. Запорізький національний університет. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра міського будівництва та господарства, 2019

Визначені основні конструктивні та параметри очисних споруд для технологічних схем очистки води. Виконаний аналіз роботи очисних споруд прояснення та фільтрації. Розроблені рекомендації щодо інтенсифікації очисних процесів води за рахунок модернізації горизонтальних відстійників, застосування різних методів промивання споруд фільтрації та оптимізації фільтруючого завантаження.

Ключові слова: ЕФЕКТИВНІСТЬ, ПРОЯСНЕННЯ, ПРОМИВАННЯ, ФІЛЬТРОЦИКЛ, КАЛАМУТНІСТЬ

Результати досліджень опубліковані в збірнику:

Савін В.В., Сокольник В.І., Світлична В.Б.. Аналіз ефективності роботи очисних споруд підготовки природної води. Проблеми сучасного будівництва екологічної безпеки та охорони праці: матеріали XXIV наук.-техн. конф., присвяч. 60-річчю від дня заснування ЗФ ДМЕТІ – ЗП – ЗДІА. Том II (Запоріжжя, 26-29 лист. 2019 р.). Запоріжжя: П ЗНУ, 2019. С.8-9.

ANNOTATION

Savin V.V. Analysis of the efficiency of sewage facilities in the water treatment system of preparation of water for an economic-drinkable water-supply.

Qualification diploma work for a master's degree in higher education in the 192 Construction and Civil Engineering specialty, under the supervision of Sokolnik V.I. Zaporizhzhia National University. Department of Civil Engineering, Municipal Construction and Development, 2019

The basic design and parameters of treatment plants for technological schemes of water treatment are determined. The analysis of the work of the treatment plants of clarification and filtration was performed. Recommendations on intensification of water treatment processes due to modernization of horizontal settling tanks, application of different methods of washing of filtration structures and optimization of filter loading are developed.

Keywords: EFFICIENCY, CLARIFICATION, ABLUTION, FILTRATION CYCLE, MUDDINESS

The research results are published in the collection:

Savin V.V., Sokolnik V.I., Svetlichnaya V.B. Analysis of the effectiveness of treatment facilities for the preparation of natural water. Problems of modern construction of environmental safety and labor protection: materials XXIII scientific and technical conference scientific and technical conference dedicated to the 60th anniversary of its foundation ZF DMETI – ZII – ZSEA. Volume 2 (Zaporizhzhia, November 26-29, 2019). Zaporizhzhia: II ZNU, 2019, P.8-9

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД НА ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ	8
1.1 Основні етапи очистки природних вод	8
1.2 Споруди змішування природних вод з реагентами	14
1.3 Споруди прояснення природних вод	17
1.4 Споруди фільтрації природних вод	28
1.5 Фільтруючі матеріали	31
1.6 Технологічні схеми прояснення та знебарвлення води	33
Висновки за розділом 1	37
РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	38
2.1 Характеристика джерел централізованого водопостачання	38
2.2 Вихідні дані для проєктних розрахунків	40
2.2.1 Визначення розрахункової витрати	42
2.2.2 Розрахунок реагентного господарства	42
2.3 Розрахунок обладнання для знезараження води	46
2.4 Розрахунок змішувальних пристроїв	47
Висновки за розділом 2	50
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ СПОРУД ПРОЯСНЕННЯ ТА ФІЛЬТРАЦІЇ ВОДИ	51
3.1 Розрахунок очисних споруд технологічної схеми 1	51
3.1.1 Розрахунок горизонтальних відстійників	51
3.1.2 Розрахунок швидких фільтрів	56
3.2 Розрахунок очисних споруд технологічної схеми 2	62
3.3 Розрахунок очисних споруд технологічної схеми 3	62
3.3.1 Розрахунок вхідних камер та мікрофільтрів	63

3.3.2 Розрахунок контактних прояснювачів	64
3.3 Аналіз та обґрунтування технологічних схем очистки води	71
3.4 Вузол обробки промивної води та осаду	75
3.4.1 Витрата промивної води та обладнання для подачі промивної води	77
3.4.2 Споруди для обробки промивної води та осаду	79
Висновки за розділом 3	80
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	82
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	82
4.2 Основні заходи по виключенню дії шкідливих і небезпечних факторів	85
4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії	88
4.3.1 Об'ємно-планові рішення будівель та споруд очисної станції	88
4.3.2 Виробничий шум та вібрація	90
4.3.3 Освітлення виробничих приміщень	91
4.3.4 Санітарно-побутові та допоміжні приміщення	92
4.3.5 Електробезпека	93
4.3.6 Заходи пожежної безпеки	93
Висновки за розділом 4	95
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ КОМПОНОВКИ ОЧИСНИХ СПОРУД	96
5.1 Визначення економічної ефективності	96
5.2 Планування капітальних витрат	98
5.3 Планування поточних витрат	98
5.3 Визначення приведених витрат	99
Висновки за розділом 5	103
Висновки та пропозиції	104
Список використаної літератури	106

ВСТУП

Актуальність роботи. Для очистки природної води з поверхневих джерел з метою господарсько-питного водопостачання, від завислих, колоїдних і інших речовин, широко застосовуються очисні споруди для прояснення та фільтрації. Найбільш поширеним методом очистки води від завислих і колоїдних забруднень є метод обробки води коагулянтном, перемішування якого відбувається в змішувачах. Зазвичай основним очисним процесом вважається процес осадження завислих речовин, який відбувається у відстійниках та прояснювачах. Саме від ефективності проведення прояснення води залежить робота споруд фільтрації. Підвищення процесів ефективності осадження та фільтрації являються актуальним завданням очистки води.

Мета і завдання роботи. Метою роботи є наукове обґрунтування вибору споруд для очистки поверхневої води очисної станції водопідготовки, шляхом порівняння ефективності роботи основних очисних споруд прояснення та фільтрації різних конструкцій.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасні методи підвищення ефективності роботи очисних споруд;
- обґрунтувати методики проведення розрахунків;
- визначити основні чинники, що впливають на ефективність процесів осадження завислих речовин та фільтрації;

- запроєктувати різні варіанти компоновки очисних споруд для підготовки природної води з метою співставлення ефективності застосування споруд різних конструкцій;

- надати розрахунків очисних споруд удосконалених конструкцій;

- виконати техніко-економічну оцінку розроблених технічних рішень і рекомендацій.

Об'єкт досліджень – очисні споруди систем водопостачання.

Предмет досліджень – конструктивні та технологічні параметри очисних споруд традиційної та удосконаленої конструкції.

Методи досліджень. Застосовані теоретичні методи досліджень.

Практичне значення отриманих результатів. На підставі наукового аналізу виконаних теоретичних досліджень, присвячених підвищенню ефективності роботи очисних споруд водопостачання під час підготовки питної води, запропоновано метод оброблення води для інтенсифікації процесу осадження завислих речовин та поліпшення процесу освітлення із застосуванням горизонтальних відстійників, швидких фільтрів та контактних прояснювачів удосконаленої конструкції.

Розроблена конструкція горизонтального відстійника з тонкошаровими елементами, яка дозволяє підвищити ефективність процесу осадження завислих речовин, поліпшити якість процесу освітлення води, збільшити фільтроцикл швидких фільтрів і зменшити обсяги промивної води. Розроблені та порівняні різні конструкції споруд фільтрації води з різними шарами завантаження та видами промивання: швидких фільтрів та контактних прояснювачів.

Апробація роботи. Головні положення доповідались на XXIV науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів, яка проходила 26-29 листопада 2019 р.

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 108 сторінках, містить 7 таблиць, 15 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД НА ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ

1.1 Основні етапи очистки природних вод

Вода і на сьогодні є одним з найважливіших компонентів середовища, який споживається щодня. Одним із пріоритетних завдань сучасної системи водопостачання - це задоволення потреб нормального життєзабезпечення населення.

Природні параметри поверхневих ресурсів з часом тільки погіршуються, а проблема забезпечення користувачів якісною водою залишається актуальною і зараз. Стан природних джерел придатних для використання в системах централізованого водопостачання - річок, озер, водосховищ та підземних вод, внаслідок їх тривалої експлуатації тільки погіршується. Складна екологічна ситуація, обмежена кількість прісної води та доступність водних ресурсів, забрудненість її домішками антропогенного та техногенного походження вимагають від водних технологій нових універсальних підходів водопідготовки. За вимогами фахівців питна вода повинна бути доброякісною, безпечною за хімічним складом, в епідемічному та фізіологічному відношенні. Якість води в системах централізованого водопостачання по-перше за усе формується станом природних джерел; технологією водопідготовки; технічним станом споруд та мереж. І якщо раніше, завдання водопостачання вирішувалося проблемою забезпечення населення водою, то на сьогодні сутність цього завдання значно ширша: впровадження нових технологій, вдосконалення існуючих, скорочення втрат води, поліпшення її якісних показників.

Питне водопостачання в Україні на 75% базується на поверхневих джерелах і залежить від їх екологічної безпеки. Річкова вода в Україні оцінюється за гідрохімічними показниками від слабо до сильно забрудненої. За

бактеріальними забрудненнями з поверхневих джерел тільки 2% води знаходяться в задовільному стані, а 65% - не придатні для водокористування.

Останнім часом ситуація загострилася внаслідок забруднення природної води домішками антропогенного та техногенного походження, яке пов'язане перед усе із скидом неочищених стічних вод побутового та промислового походження. На міських очисних спорудах спостерігається тенденція до зниження якості очистки вод. Також, однією з основних причин зниження якості очистки вод є старіння водоочисного обладнання на станціях в умовах несвоєчасного проведення ремонтних та відновлювальних робіт.

Недостатній рівень обробки води на водоочисних спорудах при значному антропогенному навантаженні природних джерел централізованого водопостачання призводять до збільшення рівня захворюваності кишковими інфекціями, гепатитом і сприяє підвищенню ступеня ризику впливу канцерогенних факторів на організм людини. [1].

Сучасний стан поверхневих джерел потребує формування нових, більш сучасних підходів до питань очистки води. По-перше, в умовах, коли якість води джерел постійно змінюється і спектр забруднень зростає, такі технології вже не здатні забезпечувати необхідний ступінь очистки води. По-друге, основні схеми очистки води важкокеровані, і режими їх роботи не в стані швидко реагувати на зміни істотних умов: вхідної речовини, реагентів, тощо. Останнім часом як більш перспективні розглядаються нові технології, спрямовані на видалення нових забруднюючих речовин: патогенних мікроорганізмів, органічних забруднень, важких металів та інше. Забезпечення надійного рівня очистки в умовах погіршення якості води можливе завдяки інтенсифікації окремих очисних процесів за рахунок застосування додаткових методів, а саме: зміною технологічного режиму (виду, дози та місця введення реагентів, режиму промивки фільтрів, збору осаду); [2] впровадження попередньої очистки води; комплексної обробки води різними окиснювачами; більш ефективних

коагулянтів; поліпшення процесів хлорування води; підвищення ефективності процесів відстоювання та знебарвлення води шляхом використання тонкошарових модулів; використання більш сучасних фільтруючих матеріалів; вдосконалення режиму промивки швидких фільтрів.

Перед тим як подати воду споживачеві, її очищають від механічних, хімічних і бактеріологічних забруднень.

Зазвичай класична технологія в системах централізованого водопостачання, яка застосовується майже на всіх очисних станціях країни, має два основних етапи підготовки: попередній та заключний (хімічний).

На попередньому етапі підготовки питної та технічної води виконуються наступні процеси:

- прояснення (зменшення каламутності, видалення колоїдних та завислих часток);
- знебарвлення (зменшення кольоровості);
- дезодорація (зменшення інтенсивності запаху та присмаку);
- знезараження (знищення бактерій і вірусів, які містяться у воді);
- знезалізнення (зменшення концентрації заліза (може відноситись і до другого етапу очистки)).

На остаточному етапі хімічної обробки води можуть виконуватися такі процеси:

- пом'якшення (видалення солей кальцію або магнію, які зумовлюють твердість);
- знесолення (видалення із води розчинених солей);
- знекремнення (видалення із води кремнієвої кислоти та її солей);
- деаерація (дегазація) (видалення із води газів, в першу чергу, кисню та вільної вуглекислоти);
- стабілізаційна обробка (хімічна обробка з метою зменшення корозійних властивостей води та запобігання випадку солей).

Спосіб обробки води, ступінь її очистки, технологічна схема, розрахункові параметри очисних споруд визначається якістю води в джерелі водопостачання та вимогами користувача, тобто нормативами [3]. Вибір методу водопідготовки проводиться на основі вивчення показників якості води джерела, отриманих у результаті проведення фізико-хімічних, санітарно-бактеріологічних і технологічних аналізів. Одночасно враховуються вимоги до якості води, що пред'являються споживачами. Важливим фактором є прив'язка до потужності очисної станції. В технологічних схемах очистки води передбачаються очисні споруди, в яких видаляються речовини, які відносяться до різних груп. І тому при складанні схеми обробки води необхідно обирати методи та режими, які дають найбільш ефективні результати.

Природна вода – це багатокомпонентна динамічна система, в склад якої входять гази, мінеральні та органічні речовини. Необхідність очистки води від забруднення виникає в тому разі, коли якість води природних джерел не відповідає вимогам. Саме невідповідність якості води джерела вимогам користувача і визначає вибір методу обробки води. Найбільш загальними та характерними ознаками забруднюючих воду речовин (по Л.А. Кульському) являються форми їх знаходження у воді. Тому в основу принципу угруповання домішок і технологічних методів очистки Л.А. Кульським покладено поняття їх фізико-хімічного стану у воді. [4].

Погіршення якості природних вод і зниження ефективності роботи традиційних очисних споруд та впровадження більш суворих вимог до якості питної води, яка подається споживачам, призвело до невідповідності санітарно-епідеміологічної надійності технології очистки води нормативним вимогам [5].

Сучасний стан українських стандартів дуже змінився, особливо після угоди про асоціації, згідно якої Україна зобов'язується поступово наблизити своє законодавство до законодавства європейського союзу. З 2010 р. якість питної води нормується стандартами ДСанПіН 2.2.4 – 171 – 10 „Гігієнічні вимоги до

води питної, призначеної для споживання людиною”. Нормативи цього документу були розроблені з метою поетапного впровадження більш жорстких вимог до якості питної води, наближених до європейських нормативів. Далі, з метою впровадження директив 98/83/ЄС в 2015 році розроблена нова редакція нормативного документу, в якій вже були використані рекомендації ВООЗ. Мета цього документу захистити здоров'я населення від наслідків впливу вживання забрудненої води. Показники стандартів Директиви ЄС та нової редакції ДСанПіН 2.2.4 – 171 – 10 наводяться в табл. 1.1

На думку багатьох авторів найбільш складна ситуація в процесі експлуатації водопровідних станцій спостерігається під час паводків і залпових аварійних скидів. [6].

Таблиця 1.1 -Показники стандартів Директиви ЄС та нової редакції ДСанПіН
2.2.4 – 171 – 10

Показник	Одиниця вимірювання	Директива ЄС	Нова редакція ДСанПіН 2.2.4 – 171 – 10
Марганець	Мкг/л	50	50
Запах при 20 ⁰ С	бали	Прийнятне для споживачів	5,0
Перманганатна окислюваність	Мг/л	5,0	5,0
Сульфат	Мг/л	250	250
Натрій	Мг/л	200	200
Смак і присмак	бали	Прийнятне для споживачів та без аномальних змін	2,0
Загальний органічний вуглець (ЗОВ)		Без аномальних змін	Без суттєвих змін
Каламутність	НОК	Прийнятне для споживачів та без аномальних змін	2,6
Сухий залишок	Мг/л	-	1000
Алюміній	Мкг/л	200	200
Амоній	Мг/л	0,5	0,5
Хлориди	Мг/л	250	250
Забарвленість	градуси	Прийнята для споживачів та без аномальних змін	20
Електрична провідність	МкСМ/СМ при температурі 20 ⁰ С	2500	2500
Водневий показник	Одиниці рН	6,5-9,5	6,5-9,5
Загальне залізо	Мкг/л	200	200

1.2 Споруди змішування природних вод з реагентами

Найбільш поширеним методом очистки води від грубодисперсних і колоїдних забруднень є метод обробки води коагулянтном. Недоліком даного методу є велика витрата реагентів при несприятливих умовах коагуляції: недостатня лужність, висока кольоровість та низька температура освітлюваної води в осінньо-зимовий період

Для того, щоб після введення реагентів, хімічні реакції протікали у всьому обсязі оброблюваної води, необхідне повне і швидке змішування реагентів з водою. Змішування повинне закінчитися до того, як почнеться утворення пластівців у всій масі води. Звичайно тривалість перебування води в змішувачах не повинна перевищувати 1-2 хв. Процес пластівцеутворення залежить від інтенсивності перемішування та часу змішування реагентів з водою.

Оптимальним режимом перемішування реагентів з водою визначається для кожного джерела водопостачання, в залежності від якості вихідної води, кількості забруднень та реагентів. [7].

Якщо воду обробляють декількома реагентами, то змішувачі повинні забезпечувати можливість послідовного введення реагентів через необхідні інтервали часу. Змішувачі, застосовувані на вітчизняних і закордонних водоочисних станціях, можна розділити на 2 групи:

- гідравлічні, у яких змішування реагентів з водою досягається за рахунок енергії потоку води, що витрачається на підвищення його турбулентності (створення вихрив); до цього виду відноситься змішування в трубі і трубі з діафрагмами, а також у змішувачах перегородчастих, дірчастих, вихрових;

- механічні, у яких турбулентність потоку підсилюється мішалками різних типів, що приводяться в дію зовнішніми джерелами енергії; змішування у відцентровому насосі, а також у змішувачах із пропелерними і лопатевими мішалками.

Спеціальним пристроєм для змішування води з реагентом є перегородчастий змішувач. Він являє собою лоток, у якому поперек потоку води встановлені три перегородки, у першій і третій перегородках маються проходи для води в центрі, середня перегородка має два бічних проходи в стінах лотку. Завдяки перегородкам напрямок руху води міняється, а в звужених перетинах створюються підвищені швидкості руху води. Завихрення, що утворюються, сприяють змішуванню води з реагентом. Швидкість, руху води в змішувачі приймають 1 м/с.

Іншим типом змішувача, часто застосовуваним на станціях обробки води, є дірчастий змішувач. Він являє собою лоток, перегороджений дірчастими перегородками. Звичайно встановлюють три перегородки з отворами діаметром 20-40 мм. для невеликих і до 100 мм. для великих змішувачів. Дірчасті перегородки забезпечують перемішування рідини внаслідок того, що вода, що виходить з отворів з підвищеними швидкостями, підсмоктує сусідні шари рідини.

На станціях з обробкою води вапняним молоком не рекомендується застосовувати перегородчасті і дірчасті змішувачі, тому що швидкості в них не забезпечують підтримки в зваженому стані часток вапна, що можуть осаджуватися перед перегородками. У цьому випадку більш придатні вертикальні (вихрові) змішувачі. У вертикальному змішувачі забезпечується відносно повне розчинення часток вапна, тому що вони якийсь час рухаються в зваженому стані в турбулентному висхідному потоці рідини. Найбільш великі частки знаходяться в нижній частині змішувача - у зоні підвищених швидкостей, а в міру їхнього розчинення стають усе дрібніше і поступово переносяться нагору, де швидкості зменшуються при правильно обраних розмірах вертикального змішувача частки вапна не виносяться з нього доти, поки практично цілком не розчиняться. Діаметр змішувача чи розміри прямокутного змішувача в плані визначають по швидкості висхідного руху рідини на рівні водозбірною пристрою. Тривалість перебування води у вертикальному

змішувачі при освітленій воді коагуляцією повинна бути 1,5-2 хв., при зм'якшенні води вапнуванням - до 3 хв.

Такі види змішувачів широко застосовуються на водопровідних станціях України. Однак, всі гідравлічні змішувачі мають істотні недоліки. Вони не дозволяють регулювати ступінь турбулізації та час перебування води в змішувачі в залежності від витрат та якості природної води, дозволяють використовувати, як правило, тільки один реагент. Процес змішування протікає при одних і тих же умовах і при однакових параметрах в періоди холодних температур, в періоди паводків і в літній період. Це значно знижує ефективність реагентної обробки води та призводить до підвищеної витрати коагулянту [6].

У тих випадках, коли за умовами висотного розташування окремих споруд водоочисної станції не можна забезпечити перепад напорів, необхідний для змішувачів гідравлічного типу, можна влаштовувати змішувачі з механічним перемішуванням рідини. Змішувачі такого типу одержали поширення на закордонних водоочисних станціях. Дія механічних змішувачів заснована на принципі механічного перемішування води, що обробляється з реагентами. Застосування є особливо зручним при введенні декількох реагентів. Принцип роботи таких змішувачів базується на поступовому русі води, який надає їй механічний пристрій (турбіна, лопаті або пропелер). Механічні змішувачі являють собою круглі або квадратні в плані резервуари із співвідношенням висоти до ширини (діаметру) 2:1 з плоским або конічним (пірамідальним) днищем. Для змішування застосовують турбінні, пропелерні та лопатеві мішалки на вертикальній осі. Кількість мішалок на валу залежить від глибини камери. [6]. Основним недоліком механічних змішувачів є необхідність додаткових витрат енергії, що в масштабах великих станцій виливається в значне збільшення експлуатаційних витрат.

1.3 Споруди прояснення природних вод

Для прояснення та знебарвлення води на сучасних очисних станціях використовуються технологічні процеси: осадження та фільтрування.

З метою видалення з води завислих домішок проводять її прояснення. Під проясненням води розуміють виділення з неї завислих речовин при безперервному русі води через спеціальні споруди (відстійники, прояснювачі) з малими швидкостями. Залежно від потрібного кінцевого вмісту завислих речовин у воді прояснення здійснюють відстоюванням води у відстійниках, у гідроциклонах, центрифугуванням, флотацією, фільтруванням, пропусканням через шар раніше утвореного завислого осаду в прояснювачах та інших апаратах.

Каламутність води викликана завислими речовинами, такими як глина, мул, та органічними речовинами, а також планктоном та іншими мікроскопічними організмами, що перешкоджають проникненню світла крізь воду. Каламутність тісно пов'язана із загальною кількістю завислих речовин (часток), проте також включає планктон та інші організми.

Високий рівень каламутності викликається ерозією ґрунту, викидами стічних вод, спалахами росту водоростей, активністю риб, зливами, людською активністю, яка призводить до порушення земної поверхні (під час будівництва). Каламутні води містять віруси або бактерії, що викликають гастроентерологічні захворювання у людини, оскільки мікроорганізми адсорбуються суспендованими частинками; вони інгібують розвиток водної фауни та флори.

В поверхневих природних водах містяться різні за складом та властивостям речовини, які визначають кольоровість води і впливають на процес її очистки. Кольоровість води характеризується гуміновими речовинами, які виносяться з болота, а також органічними речовинами, які потрапляють у воду з побутовими та промисловими стоками. Гумінові кислоти містяться у воді в межах 7,5-13,8

%, а максимальні концентрації спостерігаються в період паводків навесні та восени. [7].

Головна частина органічних речовин вноситься з ґрунтом та торф'яним гумусом, відходами життєдіяльності рослин та тваринних організмів та разом із стічними водами. Для технології очистки води найбільший значення представляють гумусові речовини, що розділяються на гумінові, ульмінові, кренові, апокренові (фульвокислоти) та інші кислоти, а також їх розчинні у воді солі. Гумінові і апокренові кислоти можуть знаходитися в ґрунті у вільному стані, у вигляді солей з катіонами лужних і лужноземельних металів, комплексних і внутрішньокмплесних сполук із залізом, алюмінієм, марганцем, міддю і, нарешті, у вигляді адсорбційних органомінеральних сполук. Наземна рослинність, вищі водні рослини, актиноміцети і фітопланктон виділяють безколірні або забарвлені, без запаху або із запахом речовини, частина з яких перетворюється на гумусові сполуки. Для водоймищ особливу небезпеку становлять стічні води, у складі яких є білки, жири, вуглеводи, органічні кислоти, ефіри, спирти, феноли, нафта та ін. Взимку кількість органічних речовин мінімальна, проте в період повені та паводків, а також влітку в період масового розвитку водоростей - «квітнення» водоймищ – вона підвищується. Наявність у воді органічних речовин різко погіршує органолептичні показники води, підвищує кольоровість, спінюваність, негативно діє на організм людини і тварин. [9].

«Квітнення» негативно впливає на якість питної води внаслідок погіршення її очистки на водоочисних спорудах. Під час інтенсивного «квітнення», ефективність видалення водоростей на очисних спорудах складає не більше 30 %, тому існує можливість попадання водоростей та їх метаболітів в системи водопостачання, які призводять до відхилення від нормативів органолептичних, бактеріологічних показників. Водорості, які проникають до очисних фільтрів, погіршують якість питної води, бо є субстратом для розвитку

бактерій і актиноміцетів. Під час масового “квітнення” відбувається зниження знезаражуючої дії хлорування питної води. Після проходження усіх водопровідних споруд, в тому числі і обробка питної води хлором, продукти розкладу сприяють розвитку кишкових паличок. Зафіксовано, що каламутність питної води зумовлена розкладом водної рослинності; забарвленість— розвитком синьо-зелених водоростей та бактеріального розкладу органічних речовин. Збільшення лужності води в місцях, де зустрічаються водорості, створюють сприятливі умови для розвитку збуджувачів кишкових захворювань, в тому числі холерного вібриону. [10].

Одночасно із проясненням води відбувається її знебарвлення. Знебарвлення води – процес видалення з неї забарвлених колоїдів або розчинених домішок, які зумовлюють кольоровість води. Вона знебарвлюється під час коагулювання або флотації із застосуванням окисників або сорбентів. Для цього застосовують хлорування, фільтрування крізь гранульоване активоване вугілля та напірну флотацію з обов’язковим попереднім коагулюванням домішок.

При малих швидкостях руху води завислі речовини, питома вага яких більше питомої ваги води, під дією сили тяжіння осідають, утворюючи у осад. При відстоюванні в системі не повинно бути інтенсивного перемішування, сильних конвекційних потоків, а також структуроутворення, що перешкоджає седиментації. У найпростішому разі вільного руху частинок швидкість осідання (спливання) визначається законом Стокса. У полідисперсних суспензіях спочатку в осад випадають великі частинки, а дрібні утворюють повільно осідаючу «каламутність».

Відстоювання води являються першим етапом очистки. Процес відстоювання води вважається найбільш простим та дешевим способом видалення домішок з води, щільність яких відрізняється від густини води. При повільному і постійному руху води завдяки силам гравітації з води видаляється найбільша частина грубо дисперсних завислих речовин.

В централізованих системах водопостачання відстійники застосовуються на водоочисних станціях для попередньої очистки води із каламутністю більше 2 г/л. Добре відстоюються ті частки домішок, розміри яких перевищують 10-5 см, інші з розмірами в межах 20-7 до 10-7 см утворюють колоїдну мікро гетерогенну систему і при відстоюванні не осідають завдяки урівноваженню сил тяжіння та енергії броунівського руху. Тому для видалення колоїдних домішок, слід досягти їх збільшення завдяки злипанню або необхідно зруйнувати їх стійкість за допомогою коагуляції.

Осадження часток необхідно розглядати як гетерогенний процес. Процесам седиментації зважених речовин перешкоджає турбулентна складова потоку, що залежить від середньої швидкості потоку води, що освітлюється, і становить 5 % усередненої швидкості водного потоку в басейні відстійника. Розглянута гетерогенна система включає воду з розчиненими в ній солями у вигляді катіонів і аніонів, колоїдні частки розміром 0,1...0,3 мкм і менш, живі мікроорганізми і бактерії.

У такій системі повинні мати місце наступні явища. На частку, що перебуває в стані спокою, діє гравітаційна сила, внаслідок чого частка починає хаотичний і безперервний рух. Осадженню перешкоджає сила опору, обумовлена в'язкістю води та силами інерції. При вивченні кінетики осадження зважених речовин необхідно враховувати змішування дрібних часток і великих за рахунок гравітаційних сил. При обтіканні твердої частки молекулами води інерція змушує перемішатися частки в тім же напрямку. Випадання часток в осад у потоці рідини можна охарактеризувати як стиснуте. При стиснутому падінні швидкість випадання часток зменшується й тем більше, чим вище зміст часток, а отже, щільність води. Результати експериментальних досліджень показали, що кінетика процесу осадження зважених речовин залежить від багатьох факторів, основними з яких є концентрація і якість зважених речовин, вміст розчиненого кисню, температура. Під час відстоювання неоднорідних систем, якими є

суспензії природних вод, спостерігається поступове збільшення концентрації дисперсної фази в споруді в напрямі згори вниз. В результаті осідання завислих часточок дисперсної фази утворюється прояснений шар дисперсійного середовища за яким знаходиться зона вільного осідання часточок – зона згущеного шару.

Отже, швидкість руху часточок у рідкому середовищі під дією сили гравітації залежить від розміру часточок, їх густини і форми, а також від властивостей дисперсійного середовища, його в'язкості та від режиму руху часточок. Густина дисперсної фази залежить також від хімічної природи речовини, її хімічного й мінералогічного складу і змінюється в досить широких межах. Для збільшення швидкості осадження завислих часточок слід прагнути до збільшення їх розміру і густини, а також до зменшення в'язкості та густини дисперсійного середовища (води і водних розчинів). Досягти збільшення розміру завислих часточок та їх густини можна коагуляцією за допомогою коагулянтів, внаслідок чого утворюються пластівці з більшою густиною. Зменшення густини і в'язкості водної суспензії досягають її розбавленням. Чим більше розбавлений водний розчин у суспензії, тим менші його густина і в'язкість. Проте безмежно розбавляти суспензії недоцільно, оскільки знижується продуктивність згущувачів та збільшується об'єм очищеної води. Більшість завислих часточок, що містяться в очищеній воді і утворюються в процесі водоочистки, неоднорідні за розмірами, формою і масою, тому характер процесу осадження визначають експериментально.

Осадження відбувається під дією сили тяжіння, без застосування додаткових витрат енергії. Швидкість процесу залежить від розмірів та щільності часток, зменшення цих параметрів призводить до збільшення часу осадження і збільшення необхідних розмірів споруд.

В нерухомій воді під впливом сили ваги частки осаджуються вертикально вниз. Швидкість руху завислих речовин залежить від розмірів та форми їх часток, їх щільності і коефіцієнту опору води руху часток.

Швидкість v вільного падіння в воді шароподібної частки діаметром d під впливом сили ваги дорівнює:

$$v = \frac{4}{3} g \frac{\rho_4 - \rho_p}{C_{ui}} d, \quad (1.1)$$

де g - прискорення сили ваги, $9,8 \text{ м/с}^2$;

ρ_4 та ρ_p - густина частки і рідини (води);

C_{ui} - коефіцієнт опору залежний від числа Рейнольдса падаючої шароподібної частки ($Re = v d \rho_p / \mu$),

μ - коефіцієнт динамічної густини рідини.

Швидкість осадження визначається в залежності від числа Рейнольдса для трьох випадків:

- 1) $Re < 2$ (малі частки, мала швидкість осадження);
- 2) $2 < Re < 500$;
- 3) $Re > 500$.

Коефіцієнт опору C_{ui} виявляється функцією числа Рейнольдса (Re).

При значеннях $Re < 2$ (малі частки, мала швидкість осаджування)

$$C_{ui} = 24 / Re$$

і рівняння приймає вигляд формули Стокса:

$$v = \frac{1}{18} g \frac{\rho_4 - \rho_p}{\mu} d^2 .$$

При значеннях $2 < Re < 500$ - $C_{ui} = 18.5 / Re^{0.6}$.

При значеннях $Re > 500$ сила в'язкості вже не відіграє суттєвої ролі в формуванні величини коефіцієнту опору. Він стає незалежним від числа Re і дорівнює 0,4. В цьому випадку

$$v = 3.3 g (\rho_4 - \rho_p) d ,$$

Враховуючі великий вплив на величину коефіцієнту опору форми частки, її полідисперсності, щільності, вводиться поняття коефіцієнту форми для гострокутного, обкатаного піску та антрациту.

$$C_{ui} = K_f C_4 ,$$

де K_f – коефіцієнт форми, рівний для обкатаного піску - 0,85 – 0,87;

для гострокутного піску - 0,67–0,75 і для дробленого антрациту - 0,58–0,7).

Але розбіжність в формі, щільності, розмірах часток, коли мова йде про завислі речовини природної води значно більша. Це й частинки гумусу, які мають різноманітну форму, довжину, ширину і малу вагу. Частки піску мають мінеральну основу і значно більшу вагу, та менші розміри. Тому ми при розрахунках відстійників користуються такими поняттями, як крива осадження, полідисперсної пульпи або показниками осадження завислих речовин. Криву осадження встановлюється експериментально.

Запис показника осадження приводиться в вигляді неділимої дробі. Чисельник A виражає кількість завислих речовин в відсотках (процентах), які повністю висадяться з гідравлічною крупністю 1,2 мм/с, а знаменник B - кількість завислих речовин, осаджуються з гідравлічною крупністю 0,1 мм/с і вище.

$$\frac{A}{B} = \frac{10}{20} \div \frac{20}{60} - \text{повінь}, \quad \frac{A}{B} = \frac{5}{15} \div \frac{45}{40} - \text{межень}.$$

Метод встановлення показника осаджуваних завислих речовин природної води розроблений А.А. Кастальським. Графік показника осадження завислих речовин наводиться на рис.1.1. де по осі абсцис відкладена швидкість висадження

завислих речовин, а по осі ординат - кількість осаджених завислих речовин з цими швидкостями.

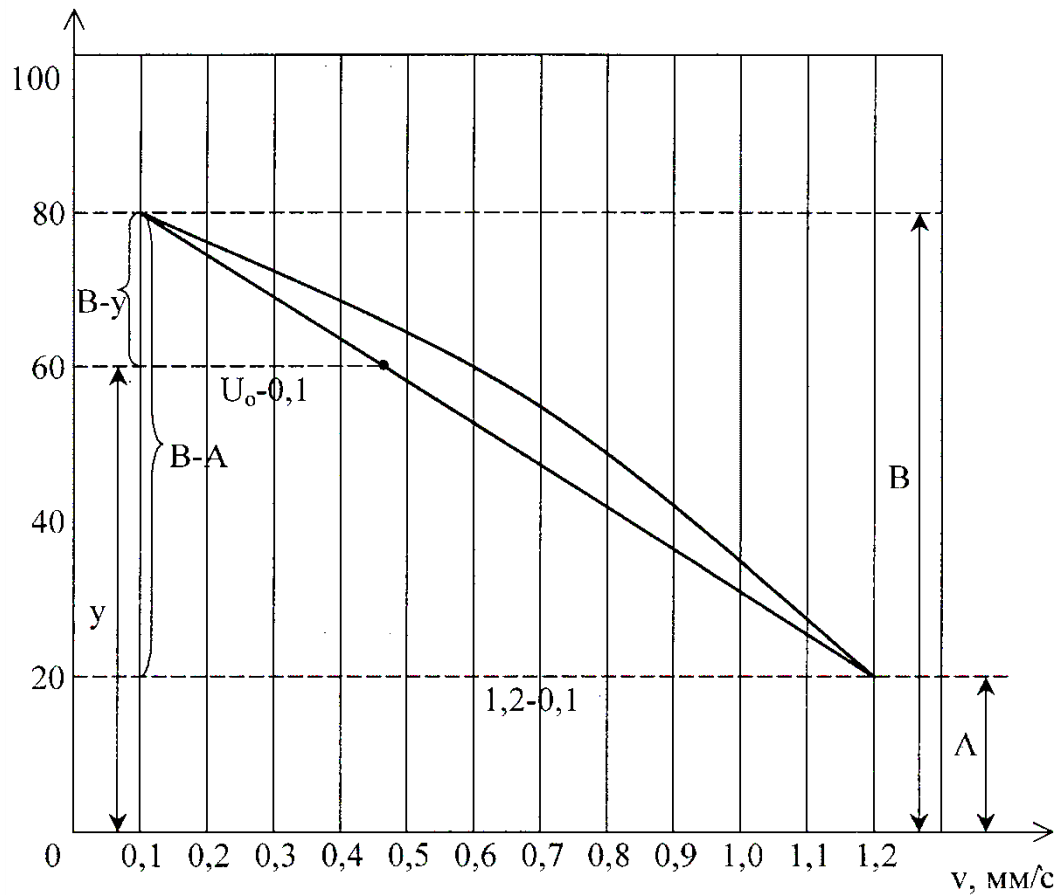


Рисунок 1.1 – Графік показника осадження завислих речовин

На очисних водопровідних станціях для достатньо часто, внаслідок відносної простоти експлуатації та можливості пропуску великих витрат рідини, застосовуються горизонтальні відстійники, які представляють собою прямокутні резервуари, зазвичай виготовлені із залізобетону. Їх обладнують пристроями для водозабору та водорозподілу, а також для видалення осаду.

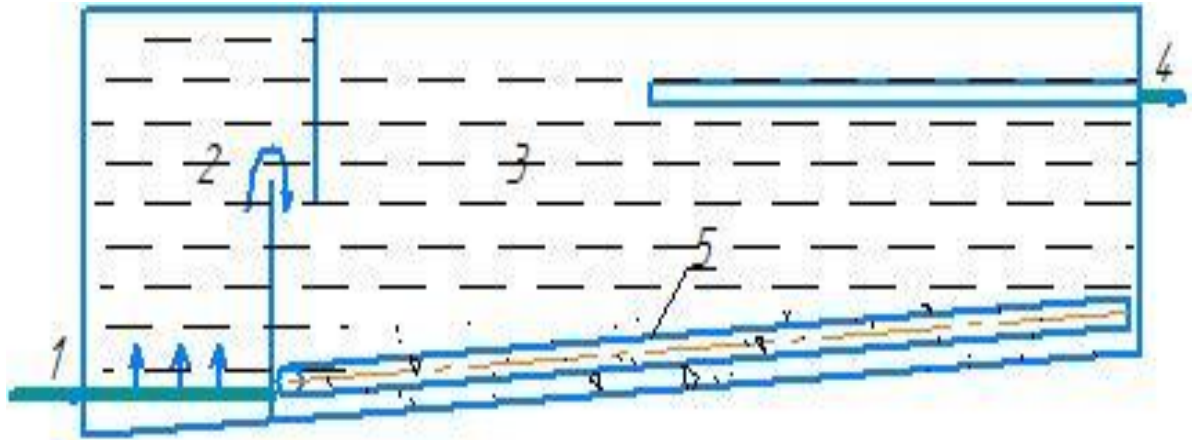


Рисунок 1.2 – Схема горизонтального відстійника

1-подача води, 2- камера пластівцеутворення, 3- камера відстійника, 4- відведення освітленої води, 5- зона видалення осаду

В деяких публікаціях доводиться, що ефективність осадження завислих речовин у відстійниках залежить від ряду факторів:

- хімічної підготовки води,
- виду та характеру пластівців коагулянту (чим крупніші за розмірами пластівці, тим ліпше і інтенсивніше буде випадати осад);
- рівномірності розподілу потоку води по всій площі осадження, та також розосередженого збору освітленої води та видалення осаду, режиму руху води (чим повільніше рухається вода, тим більший ефект її очистки).

До основних переваг в роботі цих споруд слід віднести: простоту експлуатації і надійність роботи в різні сезони року; незалежність їх роботи від коливань витрат води, яка потрапляє на очистку та зміни концентрації забруднень.

Горизонтальні відстійники у системах господарсько-питного та промислового водопостачання використовуються на станціях продуктивністю понад 30000 м³/доб для відстоювання каламутної води (до 1500 мг/л) із значенням кольоровості до 120 градусів. [11]. Концентрація завислих речовин

після горизонтальних відстійників (перед фільтрами) не повинна перевищувати 8-12 мг/л.

На практиці, у разі зміни ступеня забруднення води, їх кількості тощо, існує проблема підвищення ефективності роботи горизонтальних відстійників. Один з підходів до вирішення цієї проблеми полягає в збільшенні довжини відстійника, але це, на погляд багатьох дослідників, є економічно недоцільним

Одним з перспективних напрямків є застосування сучасних багатоярусних тонкошарових відстійників, в яких зона відстоювання розподіляється на декілька шарів і відбувається значно швидше. В тонкошарових відстійниках спостерігається більш сприятливі умови осадження, завдяки ліпшим гідродинамічним показникам, так як структура потоку в тонкому шарі наближається до ламінарного режиму.

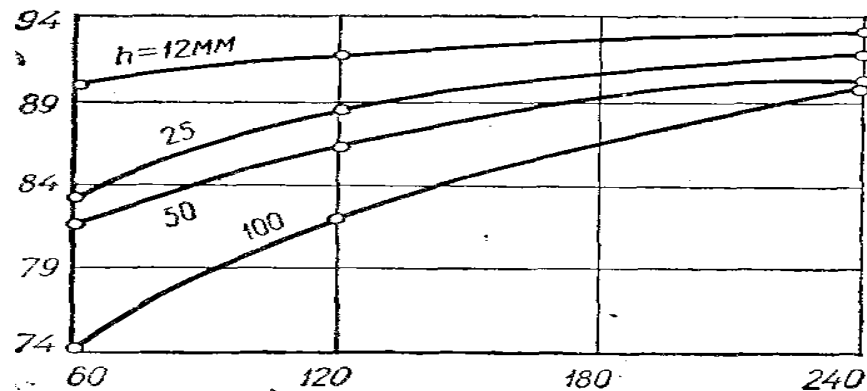


Рисунок 1.3 – Залежність кількості осаджених завислих речовин в багатоярусному відстійнику від його довжини і глибини зони осадження

Основним елементом споруди є пластини, які об'єднуються в модулі. Вода рухається горизонтально під блоками, піднімається з низу догори і проходить тонкошарові модулі. Осадження завислих речовин відбувається в нахилених до обрїю елементах (поз. 3). Осаджені речовини накопичуються на поверхні, досягають критичної маси і завдяки нахилу модулю сповзають на дно

відстійника. В цьому випадкові видалення завислих речовин відбувається значно швидше, аніж у вільному просторі води.

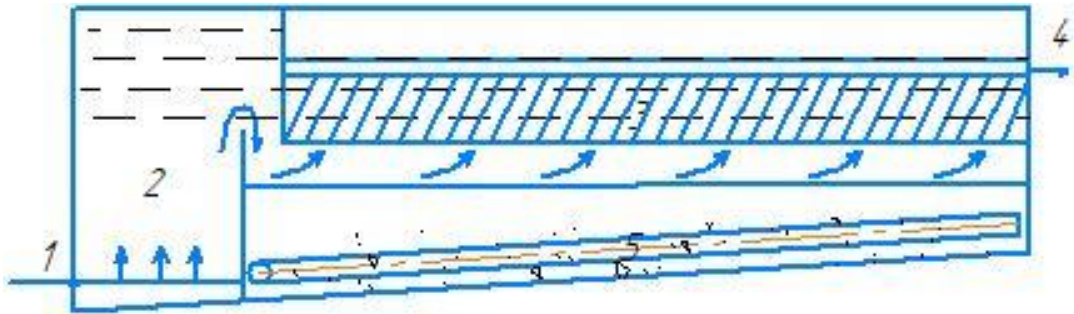


Рисунок 1.4 -Схема горизонтального відстійника з тонкошаровими елементами

1-подача води, 2- камера пластівцеутворення, 3- тонкошарові модулі,
4- відведення освітленої води, 5- зона видалення осаду

Ідеї використання тонкошарових блоків були знайшли експериментальне підтвердження ще в в 50-х роках.

Вже до 1970 р. в США експлуатувалось з тонкошаровими блоками понад 50 крупних об'єктів на водопровідних і каналізаційних станціях продуктивністю до 240 тис. м³/доб.

На сьогодні спеціалістами розроблені різні конструкції відстійників, які працюють за принципом тонкошарового осадження і застосовуються в технології підготовки води. робот, присвячених дослідженням осадження тонкошаровим осадженням слід відзначити роботу Шпаковського Е.П.. Автором біло проведені дослідження по проясненню концентрованих промислових стоків. Результати цих досліджень довели високу ефективність використання тонкошарових модулів в конструкції відстійників з великою продуктивністю [8].

На погляд багатьох авторів, що істотне під дією сили тяжіння осадження відбувається значно інтенсивніше в стислому просторі нахилених до обрію елементів (пластин).

Дослідження вертикальних відстійників Азерьєра, Турчиновича і Тетеркіна відзначили значне збільшення прозорості освітленої води, при проходженні через шар раніше вже утвореного осаду, в конструкцію освітлювача з завислим осадом.

Найбільш досконалыми в роботі вважаються освітлювачі коридорного типу.

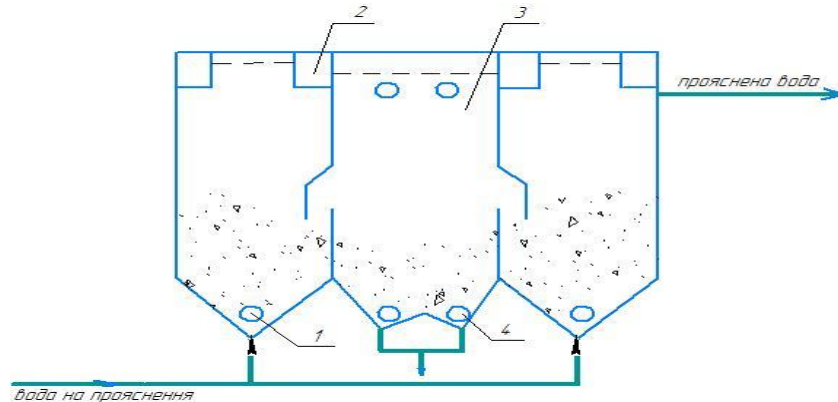


Рисунок 1.5 – Схема освітлювача коридорного типу

1 – підвід води; 2 – відвід освітленої води;

3 – осадующільнювач; 4 – скид осаду.

Експлуатація прояснювачів з завислим шаром осаду значно складніша чим відстійників. Тому дослідження роботи освітлювачів з завислим осадом для конкретних вод, осадів і схем потрібні, щоб розрахунки елементів освітлювачів були більш досконалыми. Для цього використовуються методи і досліди на моделях.

1.4 Споруди фільтрації природних вод

В технології водопідготовки останньою стадією очистки води є фільтрування води. Детально основи теорії освітлення води фільтруванням висвітлені в працях Д.М. Мінца, Л. С. Лейбензона, М. М. Павловського, С. О. Шуберта та інших дослідників [8].

Згідно сучасним уявленням фільтрація води основана на поєднанні двох протилежних процесів: адгезії (прилипання) забруднюючих речовин до мікроповерхні (кальматація) та відрив раніше затриманих часточок і перенесення їх гідродинамічними силами потоку (суфозія). Очищення води від завислих речовин відбувається доки сили суфозії не починають переважати над силами адгезії. Адгезія залежить від властивостей води та стічних поверхонь.

Повне та часткове видалення із води завислих речовин фільтруванням відбувається в відкритих або напірних фільтрах, які складаються із корпусу, фільтруючого шару, дренажної або розподільчої системи, системи подачі води і відводу промивної води. Дренажна система зазвичай служить також для розподілення по площі фільтра промивної води.

Фільтрування води через фільтруючий шар відбувається під дією різниці тисків на вході в фільтр і на виході із нього.

В процесі фільтрації фільтруючий шар забруднюється затриманими завислими речовинами і втрати напору збільшуються до деякої величини, яка характеризує опір гранично забрудненого фільтруючого шару.

Найбільшого застосування в комунальному і промисловому водопостачанні отримали зернисті фільтри, завдяки нескладній регенерації фільтруючого шару з зернистих матеріалів, а також завдяки необхідності створення незначного тиску для пропуску води через фільтруюче завантаження. За швидкістю фільтрування їх поділяють на повільні (швидкість фільтрації менше 0,5 м/год), швидкі (2-15м/год) і зверхшвидкі (більше 25 м/год). По крупності зерен фільтруючого шару зернисті фільтри розподіляють на дрібнозернисті (повільні фільтри) з розміром зерен менше 0,4 мм; середньозернисті (0,4-0,8 мм) і крупнозернисті (більше 0,8 мм).

В повільних та швидких фільтрах вода рухається через фільтруючий шар зверху вниз. В контактних освітлювачах - знизу вверху, в яких процес коагуляції відбувається разом з процесом фільтрування. В процесі очистки води завислі

речовини затримуються в шарі завантаження і глибина їх проникнення залежить від їх характеру, швидкості фільтрування та крупності зерен завантаження.

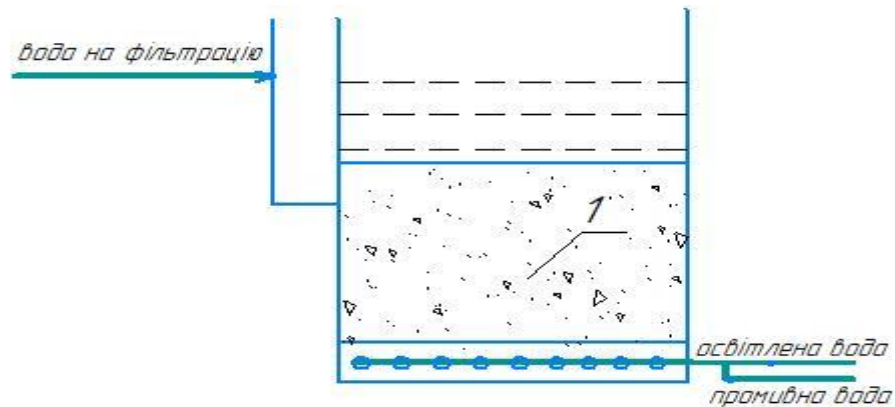


Рисунок 1.6 – Схема швидкого фільтру

1 – фільтруюче завантаження

Встановлено, що при фільтрації води на швидких фільтрах справедлива лінійна закономірність, при якій має місце ламінарний рух води ($Re = 2$).

Ефективність роботи споруд для фільтрації води визначається конструктивними особливостями, гідравлічними умовами, фізично-хімічними та структурно – механічними властивостями завислих речовин, які затримуються в порах завантаження. Поліпшення саме цих параметрів – одне із головних завдань підвищення ефективності процесу фільтрації води.

В контактних прояснювачах вода, оброблена коагулянтном проходить через піщане завантаження знизу вгору за напрямом зменшення зерен завантаження. Таким чином, спостерігається процес контактної коагуляції, при якій колоїдні частинки налипають на зерна фільтруючого завантаження, що дає можливість зменшити дозування коагулянту і його загальну витрату.

Застосування цих споруд виправдане для прояснення малокаламутної і кольорової води (із вмістом завислих речовин не більше 150 мг/л). Ці споруди забезпечують глибоку та ефективну очистку і мають високу брудомісткість.

В контактних прояснювачах реалізовані принципи контактної коагуляції і фільтрування в напрямку зменшення крупності зерен, що дозволяє помітно збільшити брудомісткість споруди. На швидкі фільтри вода подається уже із сформованими пластівцями завислих речовин, а в контактних прояснювачах процес коагуляції відбувається безпосередньо в самому просторі фільтруючого завантаження. Внаслідок чого коагуляція відбувається значно швидше, аніж у вільному просторі.

1.6 Фільтруючі матеріали

Фільтруюче завантаження вважається основним робочим елементом більшості фільтрувальних споруд і значно впливає на ефективність їх роботи.

В якості фільтруючих матеріалів для зернистих фільтрів застосовують кварцовий, річний або кар'єрний пісок, дроблений кварц і антрацит, мармур, магнетит, керамзит, керамічну кришку.

Матеріали, які використовуються в якості фільтруючих, не мусять стиратися або здрібнюватися в процесі експлуатації фільтрів, розчинятися в воді, а також мусять мати задану крупність зерен.

За останні роки набір природних та спеціально виготовлених зернистих матеріалів, які можуть використовуватися в якості фільтруючого завантаження, суттєво поширився: керамзит, аглопорит, туфи, шлаки, полістирол, капрон, кліноптилолит, гранодіорит. Зерна фільтруючого завантаження характеризуються ефективним діаметром (між зернова пористість P) і коефіцієнтом форми зерна (α_{ϕ}). Саме збільшення значення показника P збільшує брудомісткість фільтру, а збільшення показника α_{ϕ} – здатність затримувати забруднення. Саме ці показники в значній мірі впливають на роботу фільтру і можуть навіть вивести споруду з ладу. Застосування в якості фільтруючого завантаження більш крупного матеріалу приводить до зниження якості очищеної

води. Використання неоднорідного завантаження приводять до погіршення умов промивки фільтру, оскільки дрібні фракції у висхідному потоці почнуть підніматися раніше за основну масу матеріалу. Необхідність зниження інтенсивності промивки в цьому разі приведе до недостатньої промивки всього шару завантаження і як наслідок, до накопичення залишкових забруднень, погіршуючи нормальну роботу споруди.

Внаслідок гідравлічного сортування завантаження при промивці у верхній частині фільтруючого шару накопичуються зерна малого розміру. Малі отвори пор дрібнозернистого завантаження погіршують проникнення завислих речовин в завантаження. Цей шар швидко замулюється і створює значні гідравлічні опори, що призводить до скорочення фільтроциклу а також до явища, коли значна частина фільтруючого шару в затримці забруднень практично не приймає участі.

Для вибору, оцінці та розрахунку фільтруючого завантаження визначаються її структурні показники, фізико-механічні властивості: щільність, міжзернова щільність. Структурні показники завантаження визначають її технологічні властивості: швидкість фільтрування, брудомісткість, тривалість фільтроциклу. Для прояснення води важливим показником є міжзернова пористість завантаження, оскільки вона впливає брудомісткість шару. Найбільшу пористість мають фільтруючі завантаження неправильною формою зерен, які отримуються подрібненням щільного або пористого кускового матеріалу. Щільність матеріалу також впливає на умови промивки. Мінімальна інтенсивність промивки при використанні реагентної обробки повинна складати не менше $12-14 \text{ л} \cdot \text{с} / \text{м}^2$. Для двох та багат шарових фільтрів потрібні матеріали різної щільності, щоб при промивці не відбувалося перемішування шарів завантаження. Що стосується контактних прояснювачів щільність повинна бути значною (більше $2,5 \text{ г} / \text{см}$).

Більшість створених та вивчених сучасних фільтруючих матеріалів характеризуються великою питомою поверхнюю та пористістю, і тому за

технологічними показниками значно кращі за кварцовий пісок. Кварцовий пісок (річковий, морський або кар'єрний), який є найпоширенішим фільтруючим завантаженням характеризується показниками: $P = 34-42 \%$, коефіцієнт форми зерна $= 1,17-1,87$; інші, мають значно вищі фільтруючі показники: гранодіорит $P = 48-56 \%$ и $\alpha_f = 1,41-1,73$; горілі породи $P = 52-60 \%$, $\alpha_f = 2,0$.

Для розрахунку фільтрувальних споруд необхідно знати технологічні якості фільтруючого завантаження для обраного матеріалу: швидкість фільтрування при нормальному та форсованих режимах, інтенсивність промивки та рекомендований ступінь розширення фільтруючого завантаження.

1.7 Технологічні схеми прояснення та знебарвлення води

Технологічні схеми очистки передбачають відповідний комплекс споруд, який залежить від необхідної продуктивності, якості води природного джерела та вимог користувачів.

Аналіз проєктних та експлуатаційних матеріалів доводять, що найбільше розповсюдження отримали наступні схеми очистки води:

– двоступенева схема обробки води з коагуляцією домішок у вільному об'ємі;

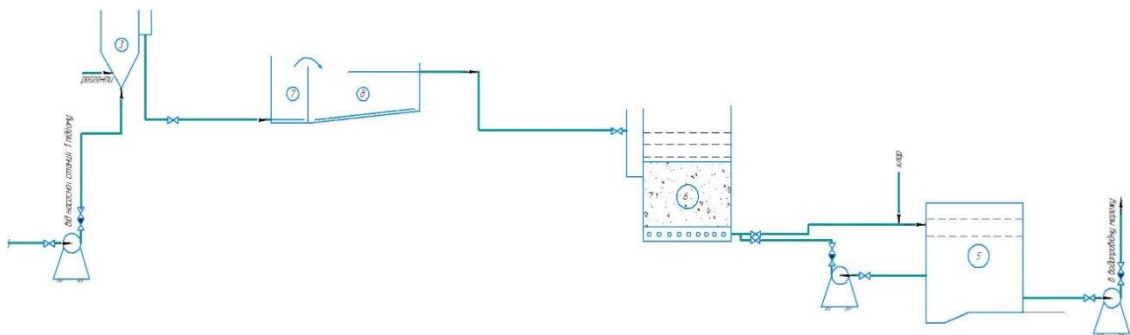


Рисунок 1.7 Схема прояснення води з горизонтальними відстійниками та швидкими фільтрами

– двоступенева схема обробки води з коагуляцією домішок у стисненому об'ємі завислого осаду.

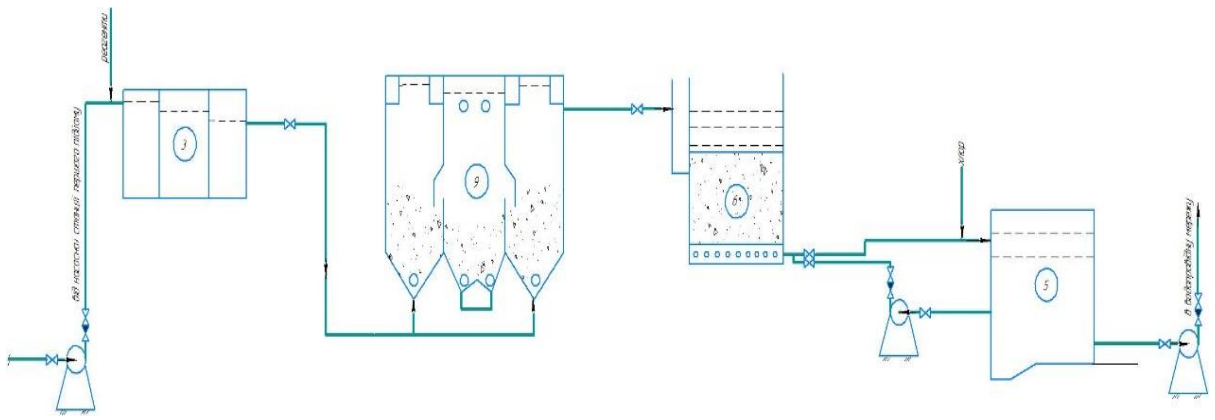


Рисунок 1.8 Схема прояснення води з освітлювачами з завислим осадом та швидкими фільтрами

Замість камери пластівцеутворення і відстійників в цій схемі вода проходить через освітлювач з завислим осадом, в якому відбувається коагуляція, утворення пластівців і їх осадження. Завдяки щільному контакту води з уже утвореними пластівцями процес коагуляції відбувається в цих спорудах швидше та повніше.

– одноступенева схема обробки води з використанням контактної коагуляції.

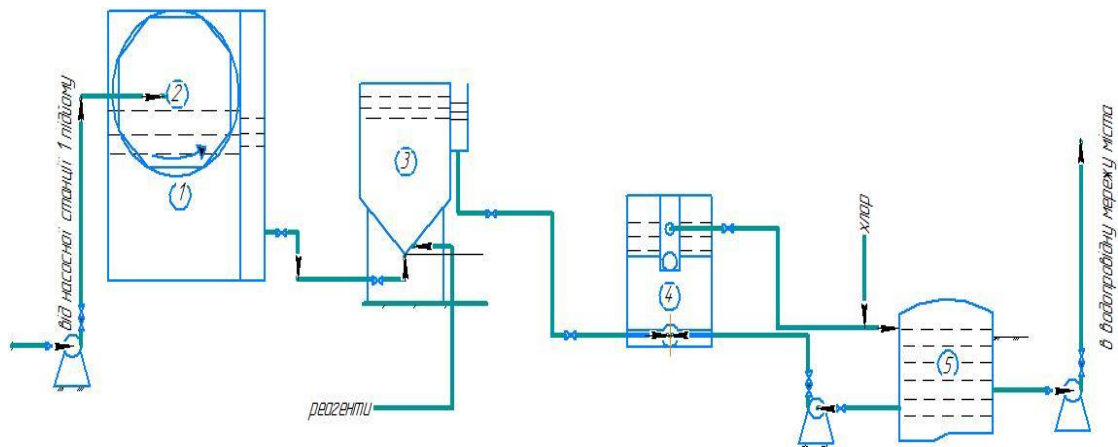


Рисунок 1.9 Схема прояснення води з контактними прояснювачами

Згідно цієї схеми вода після змішування з хімічними реагентами потрапляє на контактні прояснювачі, в яких звільнюється від завислих та колоїдних домішок.

Виконаний аналіз існуючих методів і технологічних схем підготовки питної води на водопровідних очисних спорудах показав, що питанням удосконалення технології та підвищення ефективності їх роботи приділяється велика увага. Найбільш поширеним методом очищення води від грубодисперсних і колоїдних забруднень є метод обробки води коагулянтном, який вимагає пошуку шляхів його вдосконалення, а саме збільшення швидкості формування та випадання коагульованих суспензій в осад.

Процеси осадження у відстійниках складні і їх ефективність залежать від гідрологічних та гідрогеологічних факторів, а також від конструктивних елементів споруд, технологічного і гідравлічних режимів експлуатації, гідрохімічних і фізичних властивостей домішок. Всі ці фактори достатньої складні для їх вивчення, але ці закономірності необхідно враховувати при проектуванні та будівництві очисних споруд.

Ефективність процесу освітлення води у освітлювачах із завислим осадом залежать від умов створення пластівців і часу їх формування. До основних шляхів підвищення ефективності роботи прояснювачів із завислим осадом відносяться: збільшення концентрації завислого осаду; поліпшення фізико-хімічних властивостей контактної середовища за рахунок гідравлічної крупності, питомої ваги, об'ємної концентрації, сили злипання часток; підвищення коагуляційних здібностей завислого осаду; оптимізація умов ущільнення надлишкового осаду в осадощільнювачі.

Основу більшості технологічних методів обробки природної води від домішок складає процес осадження, який і використовується як перший ступінь очистки води. В зв'язку з цим, процес інтенсифікації процесів осадження є першочерговим завданням обробки води, особливо для прояснення поверхневих вод.

Підвищення ефективності роботи фільтрів досягається: застосуванням нових фільтруючих матеріалів з поліпшеними фільтраційними властивостями;

оптимізацією складу завантаження шляхом переобладнання одношарових фільтрів в багатошарові, в яких верхній крупнозернистий шар завантаження буде виконувати функції префільтру, зменшуючи концентрацію забруднюючих речовин, а необхідний ступінь очистки води буде забезпечуватися при фільтрації через нижній шар дрібнозернистого матеріалу; досягненням вірного гранулометричного складу та висоти шарів завантаження. Склад завантаження впливає на брудомісткість фільтру та тривалість фільтроциклу. Особливо різко зменшується коефіцієнт фільтрації в неоднорідних пісках (невідсортованих). Наприклад при діаметрі піску 2 мм $K_f = 388,5$ м/доб, при $d=0,25-0,1$ мм $K_f=8,9$ м/доб (по Л. А. Кульському); інтенсифікацією регенерації завантаження фільтрів. Під час фільтрування зернисте завантаження поступово забруднюється, що призводить до зростання втрати напору. Фільтрувальна здатність завантаження відновлюється промивкою. Найбільш розповсюдженим способом відновлення фільтруючих здібностей завантаження залишається водна промивка, яка має ряд суттєвих недоліків: велика витрата промивної води, електроенергії, низька ефективність при великому брудомісткому навантаженні. До інтенсивних способів відноситься водоповітряна промивка фільтрів, яка дозволяє значно скоротити витрати води; вдосконаленням конструкції збірно-розподільної системи фільтрів (жолоба, колектор, відгалуження з отворами), яка відповідає за рівномірність розподілу води по площі фільтру при промивці та збору фільтрованої води. Одна з головних вимог до цієї системи це: достатня механічна стійкість, яка повинна витримувати вагу води та завантаження; тиск води при промивці. Найбільше застосування в практиці знайшли наступні водорозподільні системи: трубчасті з малими та великими отворами, ковпачкові, із пористих плит, із труб з щілинами. Відгалуження розподільчої системи виконуються сталевими або поліетиленовими.

Висновки за розділом 1

В результаті аналізу літературних джерел можливо зробити наступні висновки: для видалення домішок із природної води використовуються різні сучасні типи споруд для прояснення та фільтрування води;

- сучасною тенденцією в області підвищення ефективності роботи горизонтальних відстійників є удосконалення їх конструкцій шляхом розміщення в робочій області тонкошарових модулів для осадження завислих речовин у стислому об'ємі води; це дозволяє підвищити ефективність їх роботи при існуючому дефіциті фінансування проектних та конструкторських робіт

- підвищення ефективності роботи споруд для фільтрації води реалізується в основному наступними методами: застосуванням нових фільтруючих матеріалів; застосуванням фільтрів з багат шаровим завантаженням; вдосконаленням розподільчої системи фільтрів; вдосконаленням технології промивки фільтрів.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика джерел централізованого водопостачання

Основними поверхневими природними джерелами водопостачання в Україні є вода річок Дніпро, Десна, Дністер, Сіверський Донець, кількісний і якісний склад яких значно відрізняється. Наприклад, величина мінералізації річок Дніпро, Десна, Дністер, коливається в межах 270–324 мг/дм³, в той час, як для р. Сіверського Донця і р. Бахмут фізикохімічний склад змінюється в залежності від населеного пункту і розвитку промисловості в ньому. Значення каламутності коливається в межах 8,9-39,0 мг/л і значно відрізняється тільки для р. Сіверський Донець (101,0 мг/л).

Слід зазначити, що основне джерело централізованого водопостачання відноситься до категорії малокаламутної кольорової води, до яких відносять воду із наступними показниками якості: каламутність до 20 мг/л, кольоровість від 20 до 200 град. [11]

Однією з головних проблем водопостачання є очистка висококольорової маломутної води, яка характерна для деяких рік та більшості водосховищ.

Багаторічні спостереження за якістю води Дніпровського водоймища свідчать про те, що в холодний час року реєструється підвищення кольоровості води до 120 градусів, а в паводковий та теплий період підвищується каламутність води р. Дніпро до 8 – 10 мг/дм³. При очищенні річкової води гумінові речовини, синьо-зелені водорості та діатомові, що утворилися в жаркий літньо-осінній період року, частково осаджуються коагулянтном, а деякі — ні, і після очищення залишаються у воді, обумовлюючи залишкову кольоровість та каламутність води.

Відповідно до вимог ДБН [11] метод обробки води, склад і розрахункові параметри очисних споруд та розрахункових доз реагентів встановлюються в

залежності від якості води в джерелі водопостачання, її призначення, продуктивності станції та місцевих умов, а також на основі даних технологічних досліджень і експлуатації споруд, що працюють в аналогічних умовах.

На Дніпровській та Деснянській водопровідних станціях Київводоканалу, які забезпечують приготування 90% питної води для Києва, технологія очистки води включає обробку води з наступним відстоюванням та фільтруванням.

Загальна проектна потужність господарсько-питного водопроводу м. Києва складає 2100 тис.м³/добу, в т.р. з Дніпровської водопровідної станції – 600 тис. м³/добу, з Деснянської водопровідної станції – 1080 тис.м³/добу, з артезіанського водопроводу – 420 тис.м³/добу. [12]

Питна вода, яка подається населенню м. Дніпра очищається за двоступеневою схемою очистки води (прояснення і фільтрування). Для прояснення та знезараження води застосовуються реагенти (хлор і коагулянт). [13]

Джерелом водопостачання м. Запоріжжя служить р.Дніпро вище греблі. Водозабірні і очисні споруди ДВС-1 розташовуються на лівому березі, ДВС-2 - на правому.

На ДВС-1 і ДВС-2 для отримання питної води застосовуються традиційні методи очистки: знезараження, коагуляція, відстоювання та фільтрування.

На Дніпровській станції №1 споруди складаються з блоків №1 і №2. На очисних спорудах блоку №1 коагулянт вводяться в камери реакції відстійників, де відбувається перемішування розчину коагулянту з водою. Після камер реакції вода надходить у відстійники, в яких здійснюються процеси прояснення та відстоювання води. Після осадження осаду і прояснення води вода потрапляє на остаточну стадію очистки - фільтрування на фільтрах через шар кварцового піску і подрібненого антрациту.

На блоці №2 вихідна вода надходить на мікрофільтри для затримання суспензій, зоо і фітопланктону. Коагулянт вводиться в змішувачі після

мікрофільтрів, потім вода в контактних прояснювачах піддається контактній коагуляції і одночасній фільтрації. Фільтруючий шар в контактних прояснювачах - кварцовий пісок.

Процес очистки води на Дніпровській водопровідній станція №2 (ДВС-2) виконується аналогічно ДВС-1 (блок №1): коагулянт вводиться в камери реакції відстійників, тобто використовується об'ємна коагуляція з подальшою фільтрацією на фільтрувальних спорудах. В якості фільтрувальних споруд використовуються контактні прояснювачі з піщаним завантаженням. [14]

У роботі розглядаються різні варіанти компоновки очисних споруд для підготовки природної води з метою співставлення ефективності їх застосування.

2.2 Вихідні дані для проєктних розрахунків

Показники якості води джерела водопостачання для проєктування очисних споруд наводяться в табл. 2.1

Метод обробки води, склад та розрахункові параметри очисних споруд, дози реагентів визначаються в залежності від показників природної води (таблиця 2.1) та вимог, які пред'являються до якості питної води. [5]

Вода природного джерела (в даному випадку р. Дніпро) відноситься до малокаламутної та середньозабарвленої води для якої передбачається обробка води із застосуванням коагулянтів і флокулянтів. [11]

Таблиця 2.1 - Показники якості води.

№	Показник	Значення		Одиниця вимірювання
		р.Дніпро	ДСан-ПіН	
1.	Каламутність	12,0	До 1,5	мг/л
2.	Забарвленість	60	До 20	град
3.	Мінералізація загальна	270,0	До 1000	мг/л
4.	HCO_3^-	183,6 (3,01)	Не нормується	мг/л (мг екв/л)
5.	Cl^-	28,26(0,796)	<250	мг/л (мг екв/л)
6.	SO_4^{2-}	49,4(1,03)	<250	мг/л (мг екв/л)
7.	Ca^{2+}	52,7(2,67)	Не нормується	мг/л (мг екв/л)
8.	Mg^{2+}	14,00(1,16)	Не нормується	мг/л (мг екв/л)
9.	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	24,15(1,05)	Не нормується	мг/л (мг екв/л)
10.	Твердість загальна	3,8	<7	мг екв/л

Відповідно до вихідних даних за [11, табл. 16] для прояснення та знебарвлення води основними спорудами являються:

- 1 технологічна схема: горизонтальні відстійники ті фільтри (двоступеневе фільтрування)
- 2 технологічна схема: контактні префільтри та фільтри (двоступеневе фільтрування)
- 3 технологічна схема: контактні прояснювачі.

З метою визначення найбільш ефективної компоновки очисної станції в роботі виконуються розрахунки конструктивних параметрів основних очисних

споруд за рекомендованими нормативною літературою, технологічними схемами для витрати води 120 тис. м³/добу

2.2.1 Визначення розрахункової витрати

Проектна виробнича потужність очисної станції визначається за формулою:

$$Q_p = \alpha \times Q \quad (2.1)$$

де α - коефіцієнт для урахування витрати води на особисті потреби очисної станції, який приймається 1,04 [11].

Q - максимальна витрата води за добу.

$$Q_p = 1,04 \times 120000 = 124800 \text{ м}^3/\text{добу}$$

2.2.2 Розрахунок реагентного господарства

Передбачається обробка води коагулянтном для утворення стійких пластівців. Процес коагуляції вважається практично єдиним методом очистки води від мутності, органічних і неорганічних, природних антропогенних забруднень. Від того як здійснюється цей процес на очисній станції в основному залежить якість питної води. При вірно виконаних процесах коагуляції і освітлення можливо повністю видалити завислі речовини, зменшити забарвленість до нормативних показників, зменшити концентрацію органічних забруднень. При коагуляції вода очищується від біологічних забруднень, планктону і водоростей, бактерій і вірусів. Ефективність видалення пов'язана із пластівцеутворення і освітлення води: чим менше мутність очищеної води, тим вище ефективність її знезараження.

Обробка води коагуляцією представляє собою складний фізико-хімічний процес, який значно залежить від умови проведення. Вірно підібраний вид

реагенту та умови процесу дозволяють значно поліпшити якість очищеної води, збільшити продуктивність споруд, зменшити витрати реагентів та об'єми споруд по обробці осадів. Як правило, найбільші складності виникають в період паводку, коли вода має низьку температуру і різко підвищується кількість забруднень. Відповідно в цей час значно збільшується навантаження на очисні споруди. Або при коагуляції малокаламутної та забарвленої води при низьких температурах.

В якості коагулянту використовується сірчаноокислий алюміній. Необхідна доза коагулянту для обробки води:

- за каламутністю $D_k = 25$ мг/л [11, табл.17].
- за забарвленістю визначається:

$$D_k = 4\sqrt{K} \quad (2.2)$$

де K – забарвленість річкової води, град.

$$D_k = 4\sqrt{60} = 30,98 \text{ мг/л}$$

При одночасному вмісту у воді завислих речовин та кольоровості приймається більша з доз коагулянту $D_k = 31$ мг/л

Місячна потреба коагулянту складає:

$$W_k = Q_{кор} \times D_k \times T / (10000 \times p_c \times \gamma) \quad (2.3)$$

де p_c – вміст сірчаноокислого алюмінію у коагулянті, % $p_c = 50\%$

γ – об'ємна вага коагулянту, т/м³, $\gamma = 1,226$ т/м³ [15]

$$W_k = 124800 \times 31 \times 30 / (10000 \times 50 \times 1,226) = 189,33 \text{ т}$$

В зв'язку із великою потребою в коагулянті приймається мокре зберігання коагулянту. Об'єм баків визначається із розрахунку разової поставки коагулянту. Поставка до станції здійснюється 2 рази на місяць - автомобільним транспортом. Об'єм розчинних баків визначається із розрахунку одноразової поставки та умови, що 2,2 м³ приходить на 1т коагулянту приходить від 1,8-2,2 м³. Приймається 4 розчинних баки [11 п.10.4.9], які забезпечують одноразовий прийом реагенту з 12-ти 10-тонних машин.

Тоді, загальна ємність баків:

$$W_{розчб} = 2,2 \times 100 = 222 \text{ м}^3$$

Об'єм одного баку :

$$V_1 = 222/4 = 55,5 = 56 \text{ м}^3$$

Із конструктивних міркувань і можливості завантаження баків прямо з машини приймається розміри одного баку 6*6 в осях, тоді глибина розчину у баку складає:

$$h = 56 / (5,8 * 5,8) = 1,66 \text{ м}$$

Приймається конструктивна висота баку 1,8 м.

Баки обладнуються барботажною системою, в яку подається стисле повітря від повітродувки для поліпшення процесу розчинення коагулянту. Розчинні баки виконують функції баків сховищ, так як їх розрахунковий об'єм забезпечує зберігання 15-добового запасу коагулянту.

Об'єм витратних баків визначається:

$$W_{вирп} = D_k \times Q \times n_k / 10 \times b_p \times \gamma, \quad (2.4)$$

де n_k - час, на який готується розчин коагулянту, год приймається 12 год [11, пп.10.4.9]- тривалість зміни

b_p – концентрація розчину коагулянта, $b_p = 12\%$ [11, пп.10.4.8]

ρ – щільність розчину коагулянту, відповідної концентрації, кг/м^3 для обраної концентрації 1105 кг/м^3 [15]

Годинна витрата води: $124800/24 = 5200 \text{ м}^3/\text{год}$

$$W_B = 31 \times 5200 \times 12 / 10 \times 12 \times 1105 = 14,58 = 14,6 \text{ м}^3$$

Приймається 2 витратних баки з об'ємом кожного 16 м^3 [11 п.10.4.9].

При глибині розчину коагулянту – 1,8 м, розміри баку в плані: $3,0 \text{ м} * 3,0 \text{ м}$

Розчинення коагулянту та його перемішування в баках здійснюється за допомогою повітря. Розрахункова витрата повітря для баків визначається за формулою:

$$Q = \omega \times S_{\text{розч}} \times n \quad (2.5)$$

де n - число розчинних баків,

ω - інтенсивність подачі повітря приймається 8-10 л/с*м² [11, пп.6.37]

Тоді, для розчинних баків:

$$Q_1 = 10 \times 5,8 \times 5,8 \times 4 = 1345,6 \text{ л/с} = 80,74 \text{ м}^3 / \text{хв}$$

Для подачі повітря в розчинні баки приймається 9 повітродувок (7 робочих та 1 резервна) ВВН-12 з подачею 10,4 м³/хв.

Для витратних баків (перемішування здійснюється в одному бакові):

$$Q_2 = 5 \times 3,0 \times 3,0 \times 1 = 45 \text{ л/с} = 2,7 \text{ м}^3 / \text{хв}$$

де ω - інтенсивність подачі повітря приймається 3-5 л/с*м² [11, пп.6.23]

Для подачі повітря в витратні баки приймається 2 повітродувки (1 робоча та 1 резервна) марки ВВН-3 з подачею 3,3 м³/хв.

Із розчинних баків коагулянт перекачується в витратні баки кислотостійкими насосами. Тривалість перекачування розчину із розчинних баків у витратні баки приймається 2 години. При ємності одного розчинного баку 66 м³, потужність одного насосу дорівнює:

$$Q_{\text{нас}} = 66 / 2 = 33,0 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Приймається насос марки Х65-50-125 (один робочий та один резервний).

Дозування розчину коагулянту виконується насосами – дозаторами. Кількість насосів-дозаторів приймається за кількістю змішувачів.

2.3 Розрахунок обладнання для знезараження води

Знезараження води при водопідготовці вважається обов'язковим для господарсько - питного водопостачання. В практиці застосовується двохразове

хлорування із застосуванням хлору: перед змішувачами для попереднього хлорування та перед резервуарами чистої води - для остаточного знезараження. [11 п.10.18.5]. Попереднє хлорування необхідне для попереднього знезараження, поліпшення ходу коагуляції і знебарвлення води, а також поліпшення санітарного стану споруд.

Витрата хлору визначається:

$$Q_{\text{хл}} = Q_{\text{доб}} \times D_{\text{хл}}^n / 1000 \times 24, \quad (2.6)$$

де $D_{\text{хл}}^n$ – доза хлора, приймається:

Розрахункова витрата хлору при попередньому хлоруванні при $D_{\text{хл}} = 5$ мг/л:

$$\frac{Q_{\text{доб}} \times D_{\text{хл}}}{1000 \times 24} = \frac{124800 \times 5}{1000 \times 24} = 26 \text{ кг/год};$$

- при повторному хлоруванні води $D_{\text{хл}} = 1$ мг/л:

$$\frac{Q_{\text{доб}} \times D_{\text{хл}}}{1000 \times 24} = \frac{124800 \times 1}{1000 \times 24} = 5,2 \text{ кг/год}.$$

Загальні витрати хлору – 31,2 кг/год чи 748,8 кг/добу. В хлораторній встановлюється 6 вакуумних хлораторів ЛОНП-100К: 4 робочих і два резервних. Максимальна продуктивність по хлору 8,0 кг/год, межа регулювання по витраті хлору 2,05-8,0 кг/год.

Кількість витратних баків при зйомці по хлору з одного балону $S_{\text{БАЛ}} = 0,5-0,7$ кг/год.

$$n_{\text{БАЛ}} = \frac{Q_{\text{хл}}}{S_{\text{БАЛ}}} = \frac{31,2}{0,5} = 63 \text{ шт.}$$

Для зменшення кількості витратних балонів в хлораторній встановлюються сталеві бочки для випарювання ємністю 500 л, які вміщують 625 кг хлору і мають габарити $D = 0,746$ м, довжиною $l = 1,6$ м (поверхня $S = 3,65 \text{ м}^2$). Витрата хлору з 1 м^2 поверхні сталеві бочки складає $q = 3$ кг/год, а з однієї бочки $q_{\text{Б}} = 3,65 \times 3 = 10,95$ кг/год.

В хлораторній встановлюються $\frac{31.2}{10.95} = 2,85 = 3$ бочки.

З одного витратного балону зйом хлору до 5 кг/год. Тоді одночасно буде працювати $\frac{31.2}{5} = 7$ витратних балонів, а за добу $\frac{748.8}{55} = 14$ шт.

2.4 Розрахунок змішувальних пристроїв

Приймається вихровий тип змішувачів. Потужність одного змішувача, при $N_{зм} = 4$, складає:

$$5200/4=1300 \text{ м}^3/\text{год}=361 \text{ л/с}$$

Площа горизонтального перетину в верхній частині змішувача:

$$f_v = q_{год} / v_v \quad (2.7)$$

де v_v - потоку у верхній частині змішувача, приймається $v_v = 30 \text{ мм/с} = 106 \text{ м/с}$

$$f_v = 1300/106 = 12.26 \text{ м}^2$$

Для квадратного в плані змішувача ширина складає:

$$b_v = \sqrt{f_v} \quad (2.8)$$

$$b_v = \sqrt{12.26} = 3,5 \text{ м}$$

Діаметр підвідного трубопроводу до одного змішувача приймається $d = 600 \text{ мм}$, $v = 1,27 \text{ м/с}$ $i=0,00339$ [16].

Зовнішній діаметр для сталеві труби $d_{зовн} = 630 \text{ мм}$, тоді ширина нижньої частини змішувача в місці примикання трубопроводу $b_n = 0,63 \text{ м}$, а площа нижньої частини горизонтальної частини піраміди:

$$f_n = b_n^2 \quad (2.9)$$

$$f_n = 0,63^2 = 0,39 = 0,4 \text{ м}^2$$

Висота нижньої, пірамідальної частини змішувача:

$$h_n = 0,5 \times (b_v - b_n) \times \text{ctg}(\alpha / 2), \quad (2.10)$$

де α - центральний кут, який приймається $\alpha = 45^0$ [11 п.10.5.6].

$$h_n = 0,5 \times (3,5 - 0,63) \times \text{ctg}(45/2) = 3,5 \text{ м}$$

Об'єм пірамідальної частини:

$$W = 1/3 \times h_n \times (f_g + f_n + \sqrt{f_g + f_n}) \quad (2.11)$$

$$W_n = 3,5 \times (12,26 + 0,4 + \sqrt{12,26 + 0,4}) / 3 = 18,92 \text{ м}^3$$

Повний об'єм змішувача визначається:

$$W_{зм} = q_{зм} \times t / 60, \quad (2.12)$$

де t – тривалість змішування реагентів з водою, приймається $t = 1,5$ хв [11, п.10.5.6].

$$W_{зм} = 1300 \times 1,5 / 60 = 32,5 \text{ м}^3$$

Об'єм верхньої частини:

$$W_g = W - W_n \quad (2.13)$$

$$W_g = 32,5 - 18,92 = 13,58 \text{ м}^3$$

$$h_g = W_g / f_g \quad (2.14)$$

$$h_g = 13,58 / 12,26 = 1,10 \text{ м}$$

Висота змішувача:

$$h = h_n + h_g, \quad (2.15)$$

$$h = 1,1 + 3,5 = 4,6 \text{ м}$$

Вода збирається в верхній частині через затоплені отвори, швидкість потоку в них $v_n = 0,6$ м/с. [11, п.6,45]

При кількості лотків $n=2$, витрата в кожному з них:

$$q_n = q_{зм} / 2 = 1300 / 2 = 650 \text{ м}^3/\text{год}$$

Площа перетину лотка:

$$W_n = q_n / (v_n \times 3600) \quad (2.16)$$

$$W_n = 650 / (0,6 \times 3600) = 0,3 \text{ м}^2$$

Ширина лотка:

$$b_{л} = \sqrt{w_{л}} \quad (2.17)$$

$$b_{л} = \sqrt{0,30} = 0,54 \text{ м}$$

Розрахункова глибина води в лотку:

$$h_{л} = w_{л} / b_{л} \quad (2.18)$$

$$h_{л} = 0,30 / 0,54 = 0,55 \text{ м}$$

Площа затоплених отворів в стіні лотка:

$$F_o = q_{зм} / (v_o \times 3600), \quad (2.19)$$

де v_o - швидкість руху води в отворах лотка, м/с, $v_o = 1$ м/с [11].

$$F_o = 1300 / (1 \times 3600) = 0,36 \text{ м}^2$$

Діаметр отворів приймається 80 мм, тоді $f_o = 0,00503 \text{ м}^2$

Розрахункова кількість отворів:

$$n_o = F_o / f_o, \quad (2.20)$$

$$n_o = 0,36 / 0,005 = 72 \text{ шт}$$

Отвори розміщуються по бічній поверхні лотка на глибині 110 мм від верхньої кромки лотка до осі отворів.

Дозування коагулянту виконується насосами – дозаторами. Кількість насосів-дозаторів призначається за кількістю змішувачів в залежності від витрати реагенту:

$$W_{коаг} = D_k \times Q / 10000 \times b_p \times \gamma, \quad (2.21)$$

де q - витрата води, яка потрапляє в один змішувач, м³/год;

b_p - концентрація розчину коагулянту у витратних баках.

$$W_k = 31 \times 1300 / 10000 \times 12 \times 1,105 = 0,30 \text{ м}^3/\text{год} = 300 \text{ л/год}$$

Приймається 4 робочих та один резервний насос марки 2НД 320/160.

Висновки за розділом 2

Аналіз проєктних та експлуатаційних матеріалів існуючих водопровідних підприємств дозволив встановити, що найбільше розповсюдження для очистки дніпровської води отримали наступні технологічні схеми прояснення і знебарвлення води: двоступенева схема з осадженням завислих речовин у вільному об'ємі (горизонтальні відстійники та швидкі фільтри) та одноступенева схема з обробкою води контактною коагуляцією.

На основі вищенаведеної інформації в роботі були сформульовані наступні завдання: - розглянути різні варіанти компоновки очисних споруд для прояснення та знебарвлення природної води; з метою співставлення ефективності їх застосування для природної води з однаковими показниками якості;

- виконати розрахунки конструктивних параметрів основних споруд прояснення та знебарвлення води очисної водопровідної станції продуктивністю 120 тис. м³/добу;

- розрахувати основні конструктивні показники очисних споруд; визначити основні технічні параметри споруд прояснення та знебарвлення води: площа осадження, фільтрації; витрата промивної води;

- зробити співставлення отриманих варіантів компоновки очисних споруд.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ СПОРУД ПРОЯСНЕННЯ ТА ФІЛЬТРАЦІЇ ВОДИ.

3.1 Розрахунок очисних споруд технологічної схеми 1

3.1.1 Розрахунок горизонтальних відстійників

Вибір типу відстійників у кожному випадку визначають після порівняння кількох варіантів з яких обирається найбільш раціональний. При цьому, кількість відстійників має бути не менше двох, бо будувати більш габаритні споруди завжди економніше.

Загальна площа горизонтальних відстійників в плані:

$$F_{Г.В.} = \frac{\alpha_{ОБ} \times Q_{ГОД}}{3,6 \times U_0}, \quad (3.1)$$

де $Q_{ГОД}$ – годинна витрата вода, яка приходить на всі відстійники, $m^3/год$;
 U_0 - швидкість випадіння завислих речовин, mm/c ; приймається в залежності від каламутності води, яка оброблена коагулянтном=0,35 [11 табл 18];
 α - коефіцієнт об'ємного використання відстійників, рівний 1,3.

Площа відстійників в плані:

$$F_{Г.В.} = \frac{5200 \times 1,3}{3,6 \times 0,35} = 5365 m^2,$$

Довжина відстійника при середній зоні осадження 3,0 м та швидкості руху води на початку відстійника 6 mm/c [11 п.10.9.2]:

$$L = (H_{cp} \cdot v_{cp}) / U_0, \quad (3.2)$$
$$L = (3 \cdot 6) / 0,35 = 51,4 \text{ м}$$

Приймається довжина відстійника, $L=54 \text{ м}$

Тоді, кількість відстійників при ширині коридору одного відстійника 6м складає:

$$N=5365/(6*54)=16,55=17 \text{ шт}$$

Об'єм зони накопичення осаду:

$$W_{OC} = \frac{24Q_{год}(C_{з.р.} - C_{к}) \times T}{N \times \delta}, \quad (3.3)$$

де $T = 24 \text{ год} = 1 \text{ доба}$;

δ - середня концентрація твердої фази, г/м^3 , в залежності від кількості завислих речовин і терміном між скидами осаду [11 табл.19];

$C_{к}$ – кількість завислих речовин при виході з відстійника, г/м^3 , приймається від 8 до 15 г/м^3 ;

$C_{з.р.}$ – концентрація завислих речовин в воді, г/м^3 ; яка визначається по формулі:

$$C_{з.р.} = K + K_{к} \times D_{к} + 0,25Z, \quad (3.4)$$

де K – каламутність води, г/м^3 ;

$D_{к}$ – доза коагулянту по безводному продукту, г/м^3 ;

$K_{к}$ – коефіцієнт, який приймають для очищеного сірчаноокислого алюмінію – 0,5;

Z – забарвленість природної води, град;

$$C_{з.р.} = 12 + 0,5 \times 31 + 0,25 \times 60 = 42,5 \text{ г/л}$$

$$W = \frac{24 \times 5200 \times 1 \times (42,5 - 10)}{17 \times 15000} = 15,9 \text{ м}^3 = 16 \text{ м}^3$$

Середня висота зони накопичення відстійника:

$$H_{відст} = \frac{W_{OC}}{F_{відст}} = 16 / (6 * 54) = 0,05 \text{ м}$$

Максимальна висота відстійника

$$H_{відст} = 3,0 + 0,05 + 0,5 = 3,55 \text{ м.}$$

Кількість труб для видалення осаду із одного відстійника визначається:

$$n_{mp} = B / L_{mp} \quad (3.5)$$

де $L_{тр}$ – відстань між осями труб, яке приймається при призматичному днищі 3м [11].

$$n_{mp} = 6,0 / 3,0 = 2 \text{ шт.}$$

Кількість осаду який приходиться на одну трубу складає:

$$q_{oc} = W_{oc} / (n_{mp} \times t_{ск}), \quad (3.6)$$

де $t_{ск}$ – тривалість скиду осаду, $t_{ск} = 20 \text{ хв} = 0,33 \text{ год}$ [11].

$$q_{oc} = 16 / (2 \times 0,33) = 24,24 \text{ м}^3/\text{год} = 6,73 \text{ л/с}$$

Приймається: $d = 100 \text{ мм}$, $v = 0,85 \text{ м/с}$ [16].

Для загальної труби:

$$q_{oc} = 16 / (1 \times 0,33) = 48,48 \text{ м}^3/\text{год} = 13,46 \text{ л/с}$$

Приймається: $d = 150 \text{ мм}$, $v = 0,762 \text{ м/с}$ [16].

Збір води здійснюється розподільчою системою, яка складається із загального колектора довжиною

$$L_{кол} = 2/3 L_{відст} = 2/3 * 54 = 36,0 \text{ м}$$

та горизонтальними трубами із отворами.

Витрата води на 1 відстійник:

$$q_{кол} = q / (N \times 3,6) = 5200 / (17 \times 3,6) = 84,96 \text{ л/с}$$

Діаметр колектора приймається із розрахунку швидкості руху води $v = 0,6-0,8 \text{ м/с}$, [11], тоді: $d_{кол} = 350 \text{ мм}$ $v = 0,883 \text{ м/с}$ [16].

Кількість розподільчих труб, при відстані між ними не менше 3 м [11]:

$$n_{тр} = 36 / 3,0 = 12 \text{ шт.}$$

Труби розташовуються по обидві сторони колектора. Витрата води на 1 одну трубу:

$$q_{\text{тр}} = 84,96/12 = 7,08 \text{ л/с}$$

Діаметр труб приймається із умови забезпечення швидкості руху води в отворах труб $v = 1,0 \text{ м/с}$, [11]

Приймається: $d = 100\text{мм}$, $v = 0,9 \text{ м/с}$ [16].

Для поліпшення процесу пластівцеутворення перед кожним відстійником передбачається вбудована камера. Вбудована камера пластівцеутворення приймається за типовою чарункою $V=6,0 \text{ м}$ та довжиною $L = 6,0 \text{ м}$ [3].

Витрата води на 1 камеру:

$$q_k = 5200/17 = 305,88 \text{ м}^3/\text{год} = 84,96 \text{ л/с}$$

Необхідний об'єм камери:

$$W = \frac{Q_{\text{год}} \times t}{60} = 305,88 \times 20/60 = 101,96 \text{ м}^3 \quad (3.7)$$

де $Q_{\text{год}}$ - годинна витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$;

t - час перебування води в камері 20-30 хв. [1].

Всередині камери приймається 3 розподільчі труби, осі яких розташовуються через $s = 2,0\text{м}$ [11].

В роботі пропонується встановити в зоні осадження тонкошарові модулі, для створення близького до ламінарного режиму осадження завислих речовин в товщах невеликої висоти (5-10) см.

Годинна витрата води на один відстійник складає:

$$5200/17 = 305,88 \text{ м}^3/\text{год}$$

Впродовж відстійника встановлюються два пакета нахилених під кутом 60° пластин загальною висотою $h_n = 1,6\text{м}$.

Загальна довжина L_n , яка буде зайнята пластинами, визначається за формулою:

$$L_n = L - 2h_n * tg30^0 - 2t = 54 - 2 * 1,2 * 0,57735 - 2 * 0,2 = 52м \quad (3.8)$$

Пакети виготовляються з полімерних матеріалів товщиною $\epsilon_1 = 0,004м$. Висота частини пакета від його верху до верхньої кромки пластин $h_g = 0,5м$. Тоді довжина проточної частини в пластинах буде:

$$L_1 = (h_n - h_g) / \cos 30^0 = (1,6 - 0,5) / \cos 30^0 = 1,27м$$

Загальна кількість пакетів у відстійнику:

$$n = L_n / (\epsilon_n + \epsilon_1) = 52 / (0,04 + 0,004) = 1182шт.$$

Термін відстоювання у пакеті:

$$T = \epsilon_n * 1000 / (\sin 30^0 * u) = 0,04 * 1000 / (0,5 * 0,35) = 228с \quad (3.9)$$

U_0 – гидравлічна крупність, затримуваних частин [11 табл. 18];
приймається 0,35 мм/с

Максимальна швидкість потоку в пакеті:

$$v_{макс} = L_1 / T = 1,27 / 228 = 0,0056м/с \quad (3.10)$$

Годинне навантаження на відстійник після встановлення блоків визначається за формулою:

$$Q'_{від} = (3600 * v_{макс} / k) * 2 * 0,755 * n * B * \epsilon_n \quad (3.11)$$

де k – коефіцієнт, $k = 1,5 \div 2,5$

$$Q'_{від} = (3600 * 0,0056 / 1,5) * 2 * 0,755 * 1182 * 0,04 * 2,0 = 1920м^3 / год \quad (3.12)$$

Навантаження на відстійник збільшиться в $1920/305,88=6,27=6,3$ рази

Переобладнання горизонтальних відстійника шляхом установки в них тонкошарових пакетів дозволить збільшити навантаження на нього більше, ніж в 6 разів. Необхідна кількість відстійників із тонкошаровими модулями буде становити:

$$5200/1920=2,7 \text{ шт.}$$

При кількості секцій горизонтальних відстійників менше шести потрібно передбачати одну резервну і тоді проектна кількість відстійників буде становити 4 шт. [11]

Якщо навантаження не збільшувати, то буде кращим процес водопідготовки за рахунок затримання більш малих частинок з огляду на те, що максимальна швидкість потоку в пакетах зменшиться до величини:

$$v_{max} = Q_{від} * 1000 * 1.7 / (2 * 0.755 n V_{e_n} * 3600) =$$

$$305,88 * 1000 * 1,7 / (2 * 0,755 * 1182 * 2 * 0,04 * 3600) = 1.01 \text{ мм/с}$$

3.1.2 Розрахунок швидких фільтрів

Найбільше розповсюдження в схемах водопідготовки отримали швидкі фільтри з одношаровим та двошаровим завантаженням. Конструктивно простішими для очистки води з підвищеним вмістом фітопланктону під час квітнення водойм є двошарові фільтри. Особливістю їх конструкції є формування окремих шарів піску і подрібненого антрациту. В роботі для порівняння розраховуються фільтри з двошаровим та тришаровим завантаженням, які застосовуються для технологічної схеми 1 та 2.

Сумарна площа швидких фільтрів з двошаровим завантаженням складає:

$$F_{\phi} = \frac{Q}{T_{CT} V_H - n_{пр} Q_{пр} - n_{пр} \tau_{пр} V_H} \quad (3.13)$$

де Q - корисна продуктивність станції, м³/добу;

T – тривалість роботи станції за добу, год;

V_H - розрахункова швидкість фільтрування при нормальному режимі, м/год, що приймається за [11 табл.21], приймається 7 м/с

N_{пр} - кількість промивок одного фільтра за добу, при нормальному режимі експлуатації; приймається 1 промивка на добу

Q_{пр} – питома витрата води на одну промивку одного фільтра, м³/м²;

$\tau_{\text{пр}}$ – час простою фільтру в зв'язку з промивкою, який приймається для фільтрів, що промивається водою - 0,33 год;

Питома витрата на одну промивку:

$$q_{\text{пр}} = W \times t_{\text{пр}} \quad (3.14)$$

W - інтенсивність промивки, л/(с м²), $W = 14$ л/(с м²) [11, табл.23].

$t_{\text{пр}}$ – тривалість промивки, $t_{\text{пр}} = 7$ хв [11, табл.23].

$$F_{\phi} = \frac{120000}{24 \times 7 - 1 \times 14 * 7 * 60 / 1000 - 1 \times 0,33 \times 7} = 750.89 \text{ м}^2$$

Кількість фільтрів:

$$N_{\phi} = 0,5 \sqrt{F_{\phi}} \quad (3.15)$$

$$N_{\phi} = 0,5 \sqrt{750.89} = 13,7$$

До розрахунків приймається 14 фільтрів.

Швидкість фільтрування води при форсованому режимі:

$$V_{\phi} = \frac{V_H N_{\phi}}{N_{\phi} - N_1}, \quad (3.16)$$

де N_1 - кількість фільтрів, які знаходяться в ремонті; $N_1=1$ за [11]

V_{ϕ} – швидкість фільтрування при форсованому режимі.

$$V_{\phi} = \frac{7 * 14}{14 - 1} = 7,53 \text{ м/с}$$

що відповідає вимогам [11, табл.21].

Площа чарунки фільтру:

$$F_{\text{ч}} = F_{\phi} / N \quad (3.17)$$

$$F_{\text{ч}} = 750.89 / 14 = 53,63 \text{ м}^2$$

Приймається фільтр із центральним каналом шириною 1,0 м з площею чарунки 5,6*8,6 м, який викладається із стандартних плит розміром 3,0*6,0 м.

Секундна витрата промивної води для промивки одного фільтру:

$$q_{\text{пром}} = WF_{\phi}, \quad (3.18)$$

$$q_{\text{пн}} = 48.16 \times 14 = 674.24 \text{ л/с}$$

Діаметр колектору розподільчої системи визначається із розрахунку швидкості руху води на його початку (0,8-1,2 м/с), приймається: $d = 1000$ мм, $v = 0,858$ м/с [16].

Висота підтримуючого гравійного шару приймається - 600 мм.

Площа фільтра, яка приходить на кожне відгалуження розподільчої системи при відстані $l = 300$ мм [11] та зовнішнім діаметрі колектора $D_{\text{кол}} = 1020$ мм [16]:

$$f_{\phi.с} = (5,6 - 1.02) \times 0,3 / 2 = 0,69 \text{ м}^2$$

Витрата промивної води через одне бічне відгалуження:

$$q_{\phi.с} = f_{\phi.с} \times W \quad (3.19)$$

$$q_{\phi.с} = 0,69 \times 14 = 9,66 \text{ л/с}$$

Діаметр труб відгалужень приймається $d = 80$ мм, тоді $v = 1,92$ м/с [16], при нормативній швидкості 1,6-2,0 м/с [1].

В нижній частині відгалужень під кутом 45° передбачаються отвори діаметром $d = 10$ мм з площею $0,0000785 \text{ м}^2$

Відношення площі всіх отворів до площі фільтру приймається 0,25 %:

$$F_o = 0,25 \times F_{\phi} / 100, \quad (3.20)$$

$$F_o = 0,25 \times 48.16 / 100 = 0,12 \text{ м}^2$$

Кількість отворів в розподільчій системі одного фільтру:

$$n_o = F_o / f_o \quad (3.21)$$

$$n_o = 0,12 / 0,0000785 = 1528 \text{ шт.}$$

Число відгалужень при відстані $s = 0,29$ м [1] складає:

$$n_{\phi.с} = 2 \times 5,6 / 0,29 = 38 \text{ шт.}$$

Число отворів на одному відгалуженні:

$$N = 1528/38=40 \text{ шт.}$$

При довжині одного відгалуження:

$$l_{\text{б.в.}} = (B - D_{\text{кол}}) / 2 \quad (3.22)$$

$$l_{\text{б.в.}} = (8,6 - 1,02) / 2 - 0,1 = 3,69 \text{ м}$$

шаг осі отворів:

$$l = L / N = 3,69 / 40 = 0,092 \text{ м}$$

Збір води при промивці здійснюються жолобами, які мають ухил до центрального каналу, приймається 3 жолоба.

Витрата промивної води на один жолоб:

$$q_{\text{ж}} = q_{\text{пром}} / n_{\text{ж}} \quad (3.23)$$

$$q_{\text{ж}} = 674 / 3 = 225 \text{ л/с}$$

Ширина жолоба визначається:

$$B_{\text{ж}} = K_{\text{ж}} \times \sqrt[5]{q_{\text{ж}}^2 / (1,57 + a_{\text{ж}})^3} \quad (3.24)$$

де $q_{\text{ж}}$ – витрата води на один жолоб, м³/с

$a_{\text{ж}}$ – відношення висоти прямокутної частини жолоба до половини його ширини, $a_{\text{ж}} = 1,0$ [11].

$K_{\text{ж}}$ – коефіцієнт, який приймається для прямокутного жолоба, $K_{\text{ж}} = 2,1$ [11, п.10.12.16].

$$B_{\text{ж}} = 2,1 \times \sqrt[5]{0,225^2 / (1,57 + 1)^3} = 0,66 \text{ м}$$

Висота прямокутної частини жолоба:

$$h_{\text{ж}} = 0,75 \times B_{\text{ж}} \quad (3.25)$$

$$h_{\text{ж}} = 0,75 \times 0,66 = 0,5 \text{ м}$$

Корисна висота жолоба з урахуванням товщини:

$$h = 1,25 \times B_{\text{ж}} + 0,08 \quad (3.26)$$

$$h = 1,25 \times 0,66 + 0,08 = 0,9 \text{ м}$$

Висота кромки жолоба над завантаженням:

$$H_{ж} = H_з \times a_з / 100 + 0,3 \quad (3.27)$$

де $H_з$ – висота шару завантаження, м ,

$a_з$ – відносне розширення завантаження, %, приймається $a_з = 50\%$ [11, табл.23].

$$H_{ж} = (0,7 + 0,4) \times 50 / 100 + 0,3 = 0,85 \text{ м}$$

Відсоток води на промивку фільтра від загальної витрати води на станції визначається:

$$P = W_{пром} \times N \times 100 / (q \times T), \quad (3.28)$$

де $W_{пром}$ – витрата води на одну промивку, м³

q – витрата води станцією, м³/год

N – кількість швидких фільтрів,

T - тривалість робота фільтрів між промивками, ч

Витрата води на одну промивку:

$$W_{пром} = q_{пром} \times t_{пр} \times 60 / 1000, \quad (3.29)$$

$$W_{пром} = 674 \times 7 \times 60 / 1000 = 283 \text{ м}^3$$

Тривалість фільтроциклу:

$$T = T_{см} / n_{пр} - (t_{пр} + \tau_{пр}) \quad (3.30)$$

$$T = 24 / 1 - (0,116 + 0,33) = 23,55 \text{ год}$$

$$P_{сер} = 283 \times 14 \times 100 / (5000 \times 23,55) = 3,36\%$$

Одним із перспективних напрямків вдосконалення роботи швидких фільтрів вважається застосування водоповітряної промивки замість водяної.

При заміні режиму водної промивки на водоповітряне промивання, тривалість зупинки в зв'язку із промивкою складає: $\tau_{пр} = 0,5$ год [11, п.10.12.4].

$$F_{\phi} = \frac{120000}{24 \times 10 - 2 \times 19 \times 8 \times 60 / 1000 - 2 \times 0,5 \times 10} = 517,77 \text{ м}^2$$

Розраховується необхідна кількість фільтрів та розміри основних конструктивних елементів.

Необхідна кількість тришарових фільтрів складає:

$$N_{\phi} = 0,5\sqrt{517,77} = 11,37 = 12$$

Необхідна площа чарунки фільтру:

$$F_{\text{чарунки}} = 517,77/12 = 43,14 \text{ м}^2$$

$$W_{\text{пром.}} = 43,14 * 19 * 8 * 60 / 1000 = 393,43 \text{ м}^3$$

Подача повітря для промивки здійснюється спеціальною розподільчою системою із поліетиленових перфорованих щілинних труб, які розташовуються на дні споруди.

Витрата повітря для продувки одного швидкого фільтра:

$$Q_{\text{пов}} = i_{\text{пов}} * F_{\text{чар}} \quad (3.31)$$

де: $i_{\text{пов.}}$ – інтенсивність подачі повітря; $i_{\text{пов.}} = 17 \text{ л/с} * \text{м}^2$ [11, табл.23].

$$Q_{\text{пов}} = 17 * 43,14 = 733 \text{ л/с} = 0,733 \text{ м}^3/\text{с}$$

Приймаються 4 повітродувки EL65/3P 37,0 kW (3 робочих, 1 резервна).

При застосуванні тришарового завантаження швидкого фільтру потрібна площа фільтрації зменшується на $750,89 - 517,77 = 233,12 \text{ м}^2$, що дає можливість очистити ту ж саму витрату води при кількості споруд -12 (швидких фільтрів).

3.2 Розрахунок очисних споруд технологічної схеми 2

Основними спорудами схеми 2 є контактні префільтри та швидкі фільтри. Конструкція швидких фільтрів розглянута в попередніх розрахунках. Конструкція контактних префільтрів аналогічна контактним прояснювачам з підтримуючими шарами та водоповітряною промивкою, тому за основу приймається розрахунок цих споруд для технологічної схеми №3.

3.3 Розрахунок очисних споруд технологічної схеми 3

Найбільш повно з очисткою високозабарвленої та малокаламутної води справляються контактні прояснювачі, які суміщають в собі функції камери пластівцеутворення та швидкого фільтру.

Контактні прояснювачі є різновидом швидких безнапірних фільтрів, які працюють за принципом проходження оброблюваної води з додаванням коагулянту крізь шар зернистого завантаження знизу вгору. В такому самому напрямі зменшується крупність зерен у шарі. Контактні прояснювачі доцільно використовувати в одноступеневих схемах очищення малокаламутних кольорових вод, якщо вміст завислих речовин не перевищує 150 мг/л за максимальної забарвленості 120 град. При цьому в 4–5 разів зменшується об'єм очисних споруд порівняно з двоступеневою схемою очищення води та на 15–20 % і зменшується витрата коагулянтів.

На водоочисних станціях з контактними прояснювачами застосовують барабанні фільтри та вхідну камеру для повітровідокремлення та змішування реагентів з водою.

Контактні прояснювачі використовують без підтримувючих шарів у разі промивання водою і з підтримуючими шарами у разі водоповітряного промивання.

3.3.1 Розрахунок вхідних камер та мікрофільтрів

Схема з контактними прояснювачами включає вхідні пристрої, які представляють собою блок, який складається з барабанних сіток з контактною камерою. Необхідність облаштування вхідного пристрою пояснюється тим, що вода на очистку потрапляє в розподільчу систему контактної прояснювача, яка при наявності у воді крупнодисперсних забруднень може засмітитися.

Об'єм камери визначається за часом перебування води:

$$W_{\text{кам}} = Q_{\text{доб}} \cdot t / 24 \cdot 60 \quad (3.32)$$

де t - тривалість перебування води у вхідній камері, приймається не менше 5 хв [11 п.10.15.2].

$$W_{\text{кам}} = 120000 \cdot 5 / (24 \cdot 60) = 416,67 \text{ м}^3$$

Кількість робочих мікрофільтрів визначається по формулі:

$$N = Q / q \quad (3.33)$$

де Q – повна виробнича потужність очисної станції, м³/добу

q - виробнича потужність одного мікрофільтру, м³/добу.

$$N = 120000 / 45000 = 2,77$$

Приймаються 3 робочих мікрофільтрів МФ 3×4,5 [1 п.10.15.2] та один резервний [1 п.10.3.2] із виробничою потужністю - 45 тис. м³/добу, діаметром барабану 3050 мм та довжиною барабану 4744 мм.

Розміри камери мікрофільтрів приймаються з урахуванням розмірів барабану та дотримання мінімальної відстані від стінок камери до поверхні барабану – 0,5м, та від торця барабану – 0,7 м.

Тоді, приймається 4 вхідні камери з розмірами в плані: 6,0×4,0 м.

Повна висота аванкамери з урахуванням діаметру барабану мікрофільтру та будівельної висота складає:

$$2,35 + 3,05 / 2 + 0,2 = 4,00 \text{ м}$$

Для промивки мікрофільтрів застосовується система пластинчатих розприскувачів, яка розташовується над верхньою частиною кромки барабану.

Витрата промивної води складає 1,5% [1 п.10.3.4] від розрахункової потужності:

$$q_{\text{пром}}=0,015*120000=1800 \text{ м}^3/\text{добу}=75 \text{ м}^3/\text{год}=20,83 \text{ л/с}$$

3.3.2 Розрахунок контактних прояснювачів

Розроблені контактні прояснювачі декільких типів. В одних (КП-1) відведення фільтрату виконується із надзавантаженого шару води, в цьому випадкові швидкість фільтрування не повинна перевищувати 5-5,5 м/год, для попередження взмулювання піску. В прояснювачах типу (КП-3) відведення фільтрату виконується із верхньої частини фільтруючого завантаження, що дозволяє значно збільшити розрахункову швидкість фільтрування до 10 м/год, та значного дорожчання дренажної системи. Принципова різниця цих споруд в конструкції промивних пристроїв із-за різних систем промивання. Для КП-1 передбачається водяна промивка з відведенням промивної води через жолоба. Для КП-3 промивка – водоповітряна, з низьким горизонтальним відведенням промивної води через водозлив.

Розраховуються контактні прояснювачі без підтримуючих шарів та водяною промивкою та контактні прояснювачі з підтримуючими шарами та водоповітряною промивкою.

Ефективність очистки води на контактних прояснювачах визначається роботою дренажно-розподільчої системи, яка як показує досвід експлуатації найчастіше і викликає ряд проблем. [19]

Водорозподільча система контактних прояснювачів має ряд особливостей, які визначаються необхідністю забезпечити їх незабруднення при подачі води на очистку. Так як вода попередньо не очищується, в ній присутні великодисперсні

домішки. Попередня очистка на барабанних сітках принципово цю проблему не вирішує. Добре себе зарекомендували розподільчі системи ковпачкового типу, екополімерні та щілинні. Також ряд проблем вирішується безгравійною трубчастою розподільчою системою, яка представляє собою систему розподільчих труб з отворами діаметром 10-12 мм, які розташовуються в шаховому порядку спрямованими під кутом 30° до вертикальної осі труби.

Розподільча система КП-3 складається з двох трубопроводів для повітря та води, для якої застосовуються підтримуючі гравійні шари або безгравійна розподільча система.

Режим водоповітряної промивки КП-3 виконується без розширення фільтруючого шару. Основний промивний ефект забезпечується повітрям, яке подається з великою інтенсивністю для відриву забруднень з поверхні зерен завантаження. Далі ці забруднення вимиваються потоками води.

Загальна площа прояснювачів без підтримуючих шарів та водяною промивкою визначається:

$$Fn = Q/[T_{ст} \times v_n - n(q_{np} + \tau_{пр} \times v_n + \tau_{ск} \times v_n / 60)], \quad (3.34)$$

де Q – корисна продуктивність станції, $m^3/доб$

$T_{ст}$ – тривалість роботи станції за добу, год $T_{ст} = 24$ год

v_n – швидкість фільтрування при нормальному режимі, $m/год$,
приймається $v_n = 4$ $m/год$ [11, п.10.15.5].

n_{np} – кількість промивок прояснювачів, приймається $n_{np}=2$ рази на добу,

q_{np} – питома витрата води на промивку одного прояснювача, m^3/m^2

$\tau_{пр}$ – тривалість зупинки роботи прояснювача, яка пов'язана з промивкою, год. $\tau_{пр}=0,28$ год [11, п.10.15.7].

Питома витрата на одну промивку:

$$q_{np} = W \times t_{np} \quad (3.35)$$

W - інтенсивність промивки, $л/(с \ m^2)$, $W=15$ $л/(с \ m^2)$,

$$q_{np} = 15 \times 7 \times 60 / 1000 = 6,3 \text{ м}^3/\text{м}^2$$

$\tau_{ст.}$ - тривалість скиду першого фільтрату при промивці, хв, $\tau_{ст.} = 10$ хв.
[11, п.10.15.7].

$$Fn = 120000 / [24 \times 4 - 2 \times (6,3 + 4 \times 0,28 + 10 \times 4 / 60)] = 1503,27 \text{ м}^2$$

Кількість прояснювачів визначається:

$$N = 0,5 \times \sqrt{F_{\phi}} \quad (3.36)$$

$$N = 0,5 \times \sqrt{1503,27} = 19,38 = 20 \text{ шт}$$

Швидкість фільтрації при форсованому режимі визначається:

$$v_{\phi} = v_n \times N / (N - N_1) \quad (3.37)$$

де N_1 – число прояснювачів, які знаходяться у ремонті, $N_1 = 1$

$$v_{\phi} = 4 \times 20 / (20 - 1) = 4,21 \text{ м/год},$$

що відповідає вимогам [11, п. 10.5.5].

Площа чарунки одного прояснювача складає:

$$F_{ч} = F_{\phi} / N \quad (3.38)$$

$$F_{ч} = 1503,27 / 20 = 75,16 \text{ м}^2$$

Приймаються контактні прояснювачі із центральним каналом із розмірами чарунки 9,0*9,0 м. Тоді, необхідна кількість споруд складає $1503,27 / 75,16 = 19,99 = 20$, для яких $v_{\phi} = 4 \times 20 / (20 - 1) = 4,22 \text{ м/год}$.

При фільтруванні води із форсованою швидкістю $v_{\phi} = 4,22 \text{ м/год}$ на один контактний прояснювач, з площею фільтрування 81 м^2 потрапляє витрата води:

$$q_{\phi} = F_{\phi} \times v_{\phi}$$

$$q_{\phi} = 81 \times 4,22 = 341,82 \text{ м}^3/\text{год} = 94,95 \text{ л/с}$$

Витрата води, яка необхідна для промивки чарунки одного прояснювача визначається:

$$q_{\text{пром}} = F \cdot \eta \times W \quad (3.39)$$

$$q_{\text{пром}} = 9,0 \times 9,0 \times 15 = 1215 \text{ л/с}$$

Діаметр колектора для підведення та відводу промивної води приймається:

$$d = 1000 \text{ мм}, v = 1,54 \text{ м/с}, 1000 \cdot I = 2,56 \text{ [16]}.$$

Довжина одного відгалуження в розподільчій системі контактного прояснювача складає:

$$l_{\text{від}} = (l_{\text{чар}} - D_{\text{кол}}) / 2 - 0,3 \quad (3.40)$$

де $D_{\text{кол}}$ - зовнішній діаметр колектора, $D_{\text{кол}} = 1020 \text{ мм}$

$$l_{\text{від}} = (9,0 - 1,02) / 2 - 0,2 = 3,79 \text{ м}$$

Кількість відгалужень в при їх кроку через $e = 0,24 \text{ м}$

$$m = 9,0 / 0,24 = 38 \text{ шт}$$

Тоді, витрата води, яка приходить на одне відгалуження складає:

$$q_{\text{б.в.}} = (1215 / 2) / 38 = 15,98 \text{ л/с}$$

Діаметр відгалужень приймається $d = 125 \text{ мм}$, [11, табл.27], що забезпечує швидкість входу води у відгалуження $v = 1,3 \text{ м/с}$ [16]. Діаметр отворів приймається $d = 10 \text{ мм}$ [11, 10.15.8].

Відношення сумарної площі отворів до площі прояснювача приймається $a = 0,25 \%$ [11, табл.27].

Тоді, сумарна площа отворів складає: $0,0025 \cdot 81,00 = 0,2 \text{ м}^2$

Відстань між осями отворів при розміщені в ряд приймається 150 мм

Кількість отворів:

$$n = 0,2 / 0,0001 = 2025 \text{ шт.}$$

На одному відгалуженні: $2025 / (38 \cdot 2) = 27 \text{ шт}$

Промивна вода збирається залізобетонними жолобами, які вмонтовані з ухилом в збірний канал. Над кромками жолобів передбачаються пластини з трикутними вирізами.

Витрата промивної води на один жолоб складає:

$$q_{жс} = q_{пром} / n_{жс} \quad (3.41)$$

Кількість жолобів приймається – 3.

$$q_{жс} = 1215 / 3 = 405 \text{ л/с}$$

Ширина жолоба визначається по формулі:

$$B_{жс} = K_{жс} \times \sqrt[5]{q_{жс}^2 / (1,57 + a_{жс})^3} \quad (3.42)$$

де $q_{жс}$ – витрата води на один жолоб, м³/с

$a_{жс}$ – відношення висоти прямокутної частини жолоба до половини його ширини, $a_{жс} = 1,0$ [11].

$K_{жс}$ – коефіцієнт, який приймається для п'ятикутного жолобу $K_{жс} = 2,1$ [11].

$$B_{жс} = 2,1 \times \sqrt[5]{0,4^2 / (1,57 + 1)^3} = 0,79 \text{ м}$$

Висота прямокутної частини жолобу:

$$h_{жс} = 0,75 \times B_{жс} \quad (3.43)$$

$$h_{жс} = 0,79 \times 0,7 = 0,56 \text{ м}$$

Відсоток води на промивку прояснювача від загальної витрати по очисній станції визначається:

$$P = W_{пр} \times N \times 100 / (q \times T), \quad (3.44)$$

де $W_{пр}$ – витрата води на одну промивку, м³

$$W_{пр} = 1215 \times 7 \times 60 / 1000 = 510,3 \text{ м}^3$$

q – розрахункова витрата очисної станції, м³/год $q = 120000 / 24 = 5000 \text{ м}^3/\text{год}$

N – кількість прояснювачів,

T – тривалість роботи прояснювачів між промивками, год

Тривалість фільтроциклу:

$$T = T_{cm} / n_{np} - (\tau_{np} + \tau_{cm}) \quad (3.45)$$

$$T = 24/2 - 0.28 = 11,71 \text{ год}$$

$$P = (510,3 \times 19 / (5000 \times 11,71)) \times 100\% = 16,55 \%$$

Загальна площа прояснювачів з підтримуючими шарами та водоповітряною промивкою за формулою 3.34 складає:

$$Fn = Q / [T_{cm} \times v_n - n(q_{np} + t_{pr} \times v_n + \tau_{ck} \times v_n / 60)],$$

v_n – швидкість фільтрування при нормальному режимі, м/год, приймається $v_n = 5$ м/год [11, п.10.15.5].

Питома витрата за формулою 3.35:

$$q_{np} = W \times t_{np} \quad (3.35)$$

$W_1 = 18$ л/(с м²) тривалістю 1 хв;

$W_2 = 3$ л/(с м²) тривалістю 6 хв;

$W_3 = 6$ л/(с м²) тривалістю 5 хв;

$$q_{np} = (18 \times 1 + 3 \times 6 + 6 \times 5) \times 60 / 1000 = 3,96 \text{ м}^3/\text{м}^2$$

$\tau_{ст.}$ - тривалість скиду першого фільтрату при промивці, хв, $\tau_{ст.} = 5$ хв. [11, п.10.15.7].

$$Fn = 120000 / [24 \times 5 - 2 \times (3,96 + 5 \times 0,28 + 5 \times 5 / 60)] = 1106,53 \text{ м}^2$$

Кількість прояснювачів за формулою 3.36:

$$N = 0,5 \times \sqrt{1106,53} = 16,63 = 17 \text{ шт}$$

Швидкість фільтрації при форсованому режимі формула 3.37:

$$v_{\phi} = 5 \times 17 / 16 = 5,3 \text{ м/год},$$

що відповідає вимогам [11, п. 10.5.5].

Площа чарунки одного прояснювача складає формула 3.38:

$$Fч = 1106,53 / 17 = 65 \text{ м}^2$$

Приймаються контактні прояснювачі із центральним каналом із розмірами чарунки 8,0*8,0 м.

При фільтруванні води із форсованою швидкістю $v_{\phi} = 4,22$ м/год на один контактний прояснювач, з площею фільтрування 64 м^2 потрапляє витрата води:

$$q_{\phi} = 64 \times 5,3 = 339,2 \text{ м}^3/\text{год} = 94,22 \text{ л/с}$$

Витрата води, яка необхідна для промивки чарунки одного прояснювача за формулою 3.39:

$$q_{\text{пром}} = 64 \times 18 + 64 \times 3 + 64 \times 6 = 1728 \text{ л/с}$$

Діаметр колектора для підведення та відводу промивної води приймається за найбільшою витратою промивної води $64 \times 18 = 1152$ л/с:

$$d = 1000 \text{ мм}, v = 1,46 \text{ м/с}, 1000 \times I = 2,3 [16].$$

Довжина одного відгалуження в розподільчій системі контактного прояснювача за формулою 3.40 складає:

$$l_{\text{від}} = (8,0 - 1,02) / 2 - 0,2 = 2,79 \text{ м}$$

Відсоток води на промивку прояснювача від загальної витрати по очисній станції за формулою 3.44 складає:

де $W_{\text{пром}}$ – витрата води на одну промивку, м^3

$$W_{\text{пром}} = 64 \times (18 + 3 \times 6 + 6 \times 5) \times 60 / 1000 = 253,44 \text{ м}^3$$

Тривалість фільтроциклу за формулою 3,45:

$$T = 24 / 2 - 0,28 = 11,71 \text{ год}$$

$$P = (253,44 \times 17 / (5000 \times 11,71)) \times 100\% = 7,34 \%$$

Витрата повітря для продувки одного контактного прояснювача визначається за формулою 3.31:

$$i_{\text{пов.}} = 18 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2 [11, \text{ п.10.15.7}].$$

$$Q_{\text{пов}} = 18 \times 64 = 1152 \text{ л/с}$$

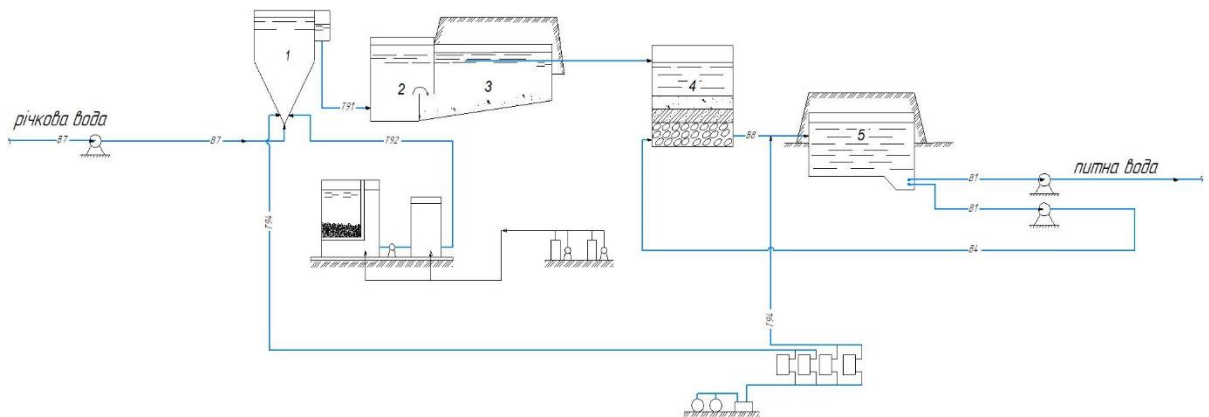
Згідно розрахунків робимо висновок, що при промивці контактних прояснювачів рекомендується надавати перевагу водоповітряному типу

промивання, як більш економічному та ефективному способу, при застосуванні якого зменшується площа фільтрації на $1503,27 - 1106,53 = 396,74 \text{ м}^2$; та витрата води на одну промивку контактного прояснювача на $510,3 - 253,44 = 256,86 \text{ м}^3$

3.3 Аналіз та обґрунтування технологічних схем очистки води

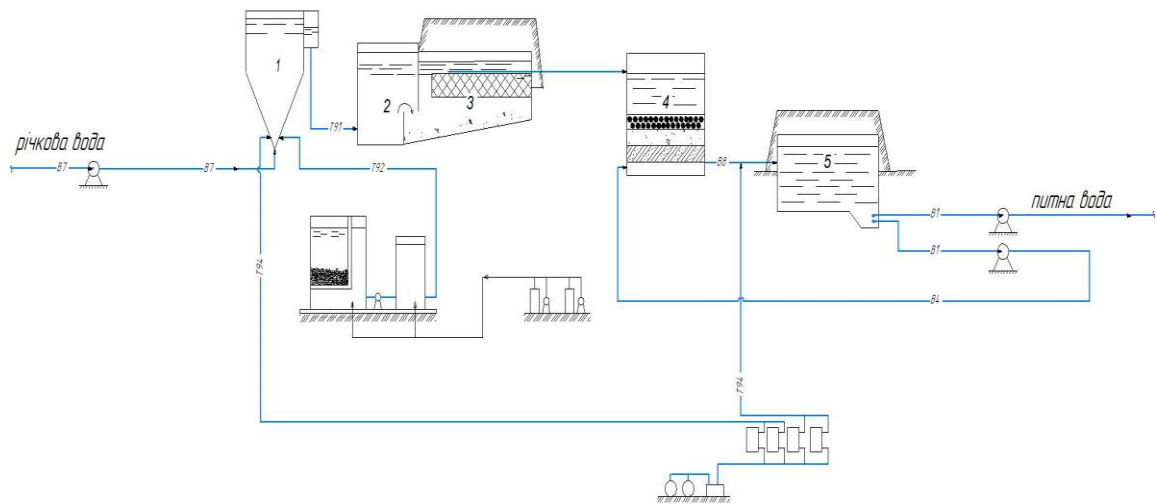
За вищенаведеними розрахунками для очистки природної води каламутністю $12,0 \text{ мг/л}$ та кольоровістю $60,0 \text{ град}$ при продуктивності очисної станції $120 \text{ тис. м}^3/\text{добу}$ очистка води відбувається за схемами, які відрізняються компоновкою, кількістю та конструкцією очисних споруд. Схеми очистки води наводяться на рис. 3.1- 3.5.

Варіанти компоновки споруд технологічної схеми №1 (рис. 3.1-3.2)



- 1 вертикальний змішувач
- 1- камера пластівцеутворення
- 2- горизонтальний відстійник
- 3- швидкий фільтр з двошаровим завантаженням
- 4- резервуар чистої води

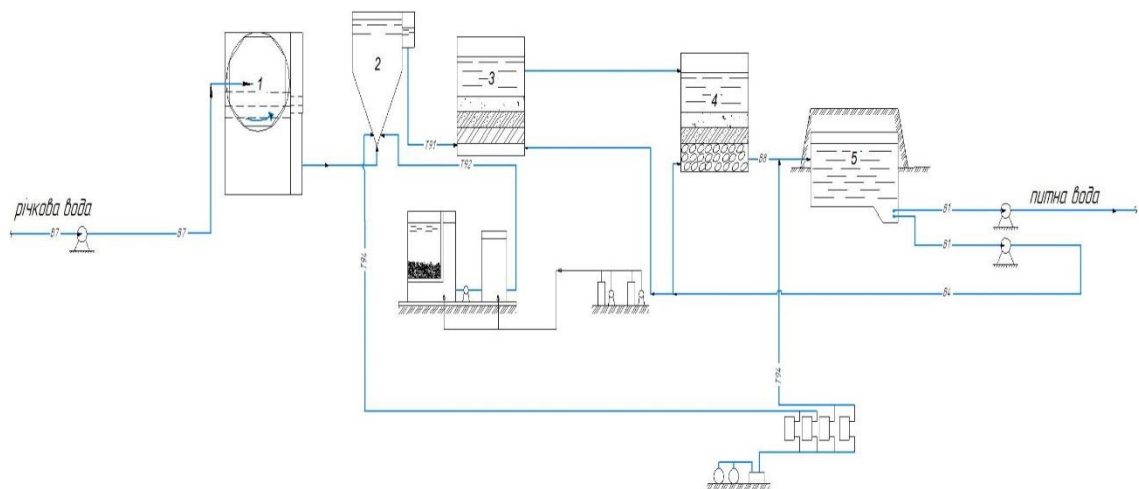
Рисунок 3.1 Схема очистки води 1



- 3- горизонтальний відстійник з тонкошаровими модулями
- 4- швидкий фільтр з тришаровим завантаженням

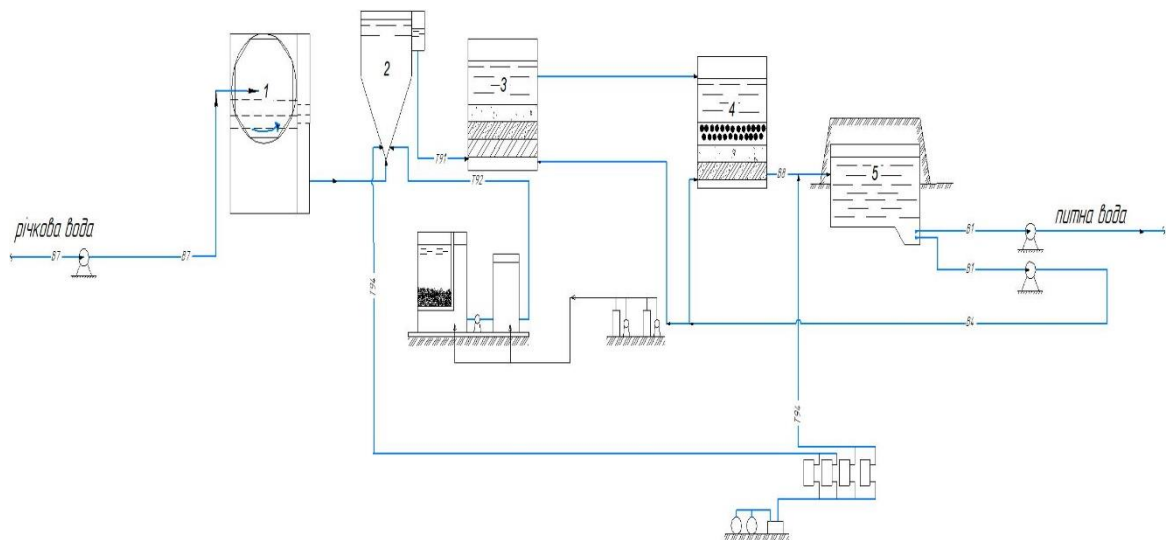
Рисунок 3.2 Схема очистки води 2

Варіанти компоновки споруд технологічної схеми №2 (рис. 3.3-3.4)



- 1 вхідна камера з мікрофільтром
- 2 вертикальний змішувач
- 3 контактний префільтр
- 4 швидкий фільтр з двошаровим завантаженням

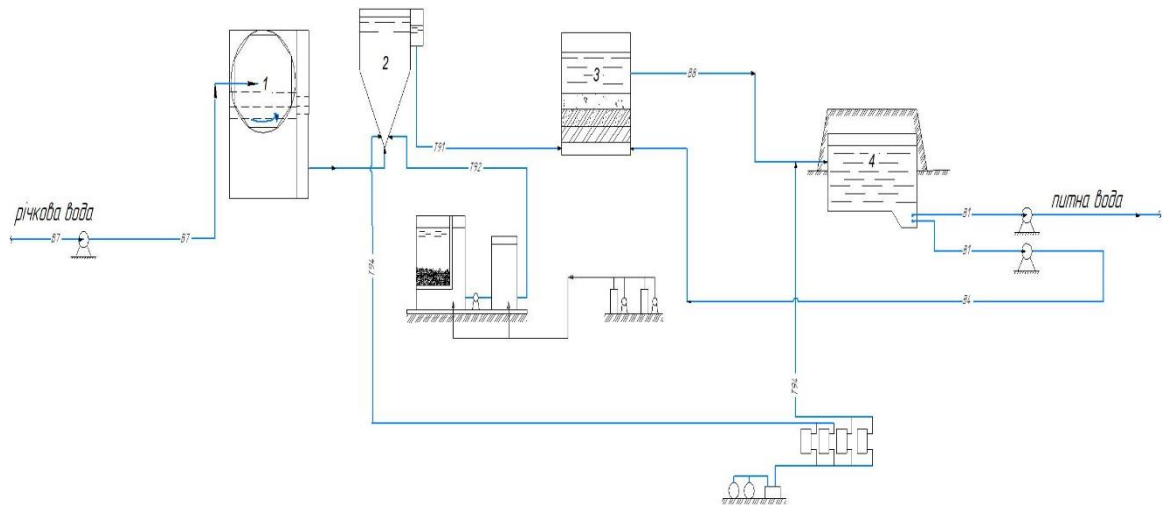
Рисунок 3.3 Схема очистки води 3



4 швидкий фільтр з тришаровим завантаженням

Рисунок 3.4 Схема очистки води 4

Компоновка споруд технологічної схеми №3 (рис. 3.5)



1 вхідна камера з мікрофільтром

2 вертикальний змішувач

3 контактний прояснювач

4 резервуар чистої води

Рисунок 3.5 Схема очистки води 5

Основні розрахункові технологічні та конструктивні параметри основних споруд очистки зводяться в табл.3.1

Таблиця 3.1 Розрахункові параметри очисних споруд

Позиція	Очисна споруда	Загальна площа	Кількість очисних споруд	Площа споруди	Навантаження на споруди	Витрата води для промивки споруди
		м ²		м ²	м ³ /год	м ³
1	Горизонтальний відстійник	5365,0	17	324	305,88	-
2	Горизонтальний відстійник з тонкошаровими модулями	5365,0	4	324	960,0	-
3	Швидкі фільтри з двошаровим завантаженням та водяним промиванням	750,89	14	48,16	-	283,0
4	Швидкі фільтри з тришаровим завантаженням та водоповітряним промиванням	517,77	12	43,14	-	393,43
5	Контактні прояснювачі з водяним промиванням (контактні префільтри)	1503,27	19	81,0	-	510,30
6	Контактні прояснювачі з водоповітряним промиванням (контактні префільтри)	1106,53	17	65,0	-	253,44

3.4 Вузол обробки промивної води та осаду

Кількість і склад осаду, що утворюється, залежать від якості води, сезонними коливаннями каламутності (вміст органічних і неорганічних зважених речовин) поверхневих вод, виду, дози і якості коагулянтів і інших реагентів, технологічної схеми обробки і конструктивних особливостей споруд, в яких осідає осад, і змінюється зазвичай від 0,1 до 1%, а в окремих випадках досягає 5% від об'єму очищається вода [20]. За даними [21], кількість стічних вод на водопровідних станціях складає 5-15%, а осаду - 1-2% від корисної продуктивності очисних споруд.

Згідно [22], промивні води, забруднені реагентами і осадом, утворюються на водопровідних станціях при промивці фільтрів - до 7,5% від продуктивності, при промивці контактних прояснювачів - до 11%, при промивці відстійників - до 2,5% від загальної продуктивності станції, при промивці баків розчинів реагентів і т. д.

Коагуляційний осад, що утворюється на водопровідних станціях в ході очистки поверхневих вод, є складною багатоконпонентною системою з сильно розвиненою поверхнею, що об'єднує в єдине ціле комплекс різних за походженням, якостей і властивостям речовин. Основними компонентами осаду (за зовнішнім виглядом є гелевидною масою сіро-коричневого кольору), являються продукти гідролізу хімічних реагентів: гідроксиди алюмінію і заліза, кремнієва кислота неорганічних флокулянтів у поєднанні з мінеральними (каолінит, монтмориллонит, гідрослюди, кварц, карбонати, нерозчинні або малорозчинні солі металів та ін.) і органічними (планктоном, мікроорганізмами і бактеріями, продуктами життєдіяльності водних організмів і рослин, колоїдами гумінових і фульвокислот, адсорбованими високомолекулярними флокулянтами та ін.) речовинами [23].

Основними властивостями осаду, які визначають вибір технологічної схеми його обробки і утилізації, являються: вологість, щільність, в'язкість. В загальному випадку осад має властивості в'язкопластичної рідини і характеризується високою вологістю (від 92-94 до 99,5-99,8% залежно від якості вихідної води і технологічної схеми її обробки), високим специфічним опором фільтрації (1010 - 1012 м/кг), що залежить від температури, рН середовища і початкової вологості.

Гранулометричний склад осад залежить від сезону року, а також від технологічної схеми очистки води і конструктивних особливостей споруд, в яких він утворюється [20]. Так, при двохступінчастій очистці води найбільш великі завислі речовини затримуються у відстійниках і освітлювачах із шаром зваженого осаду. Осад промивних вод фільтрів є більше високодисперсним. При одноступеневій схемі очистки води осід містить частки усіх розмірів. Істотний вплив на гранулометричний склад осаду робить наявність у воді гумінових речовин, основна маса яких зазвичай представлена колоїдними гуміновими кислотами і (особливо) фульвокислотами, а також органомінеральними зваженими речовинами. Склад і властивості осадів, залежать від якості води, з якої вони отримані, і впливають на інтенсивність і глибину їх ущільнення [24].

Зі збільшенням у вихідній воді мінеральних домішок осад виходить більш щільнішим і також зростає швидкість протікання процесу ущільнення. Збільшення кольоровості води і скорочення вмісту в ній мінеральних домішок призводить до утворення легкого (рихлого) осаду високої вологості, межа його ущільнення зменшується, а тривалість ущільнення зростає. Так, якщо для гравітаційного ущільнення осаду вод підвищеної каламутності досить всього декілька годин, то для ущільнення осаду малокаламутних висококольорових вод потрібен тривалий час, при цьому в першому випадку в процесі ущільнення вологість осаду знижується до 92-94%, а в другому - до 98-99.

3.4.1 Витрата промивної води та обладнання для подачі промивної води

Визначається загальна добова витрата промивної води, яка буде залежати від кількості промивок швидких фільтрів, контактних прояснювачів та розрахункової кількості споруд.

Промивка швидких фільтрів (технологічна схема 1 та 2)

Для швидких фільтрів з двошаровим завантаженням та водяним промиванням:

витрата води на 1 промивку $Q_{\text{пр. в.1}} = 283 \text{ м}^3$

розрахункова кількість промивок $N=1$

розрахункова кількість фільтрів $N=14$ (табл.3.1);

Добова витрата промивної води складає: $Q_{\text{пр. в.}} = 283 * 14 = 3962 \text{ м}^3$, при двох промиваннях $Q_{\text{пр. в.}} = 283 * 14 * 2 = 7924 \text{ м}^3$,

Промивка фільтрів здійснюється із резервуарів чистої води, за допомогою насосів, які встановлюються в будинку насосної станції другого підйому. Напір насосів при промивці фільтрів залежить від геометричної висоти підйому води від дна резервуару чистої води до верхньої кромки жолобів, глибини води в резервуарі чистої води та втрат напору. Для порівняльних розрахунків приймається, що орієнтовний напір насосів буде однаковим для всіх розрахункових варіантів: $H_n = 20 \text{ м}$

Для подачі промивної води витратою 674 л/с приймаються 2 насоси марки Д 2000-21 (2 робочих та 1 резервний).

Для швидких фільтрів з тришаровим завантаженням та водоповітряним промиванням:

витрата води на 1 промивку $Q_{\text{пр. в.1}} = 393,43 \text{ м}^3$

розрахункова кількість промивок $N=2$

розрахункова кількість фільтрів $N=12$ (табл.3.1);

$$q_n = 43,14 \times 19 = 819,66 \text{ л/с}$$

Добова витрата промивної води складає: $Q_{\text{пр. в.}} = 393,43 \cdot 12 \cdot 2 = 9442,32 \text{ м}^3$

Для подачі промивної води витратою 819,66 л/с приймаються 2 насоси марки Д 2000-21 (2 робочих та 1 резервний).

Промивка контактних прояснювачів (технологічна схема 2 та 3)

Контактні прояснювачі з водяним промиванням (контактні префільтри)

витрата води на 1 промивку $Q_{\text{пр. в.1}} = 510,3 \text{ м}^3$

розрахункова кількість промивок $N=2$

розрахункова кількість прояснювачів $N=19$ (табл.3.1);

$$q_{\text{пром}} = 9,0 \times 9,0 \times 15 = 1215 \text{ л/с}$$

Добова витрата промивної води складає: $Q_{\text{пр. в.}} = 510,3 \cdot 19 \cdot 2 = 19391 \text{ м}^3$

Для подачі промивної води витратою 1215 л/с приймаються 3 насоси марки Д 2000-21 (3 робочих та 1 резервний).

Контактні прояснювачі з водоповітряним промиванням (контактні префільтри)

витрата води на 1 промивку $Q_{\text{пр. в.1}} = 253,44 \text{ м}^3$

розрахункова кількість промивок $N=2$

розрахункова кількість прояснювачів $N=17$ (табл.3.1);

$$q_{\text{пром}1} = 64 \times 18 = 1152 \text{ л/с}$$

$$q_{\text{пром}2} = 64 \times 3 = 192 \text{ л/с}$$

$$q_{\text{пром}3} = 64 \times 6 = 384 \text{ л/с}$$

Добова витрата промивної води складає: $Q_{\text{пр. в.}} = 253,44 \cdot 17 \cdot 2 = 8616,96 \text{ м}^3$

Подача промивної води витратою 1152 л/с забезпечується роботою 3 насосів марки Д 2000-21; витрати води 192 л/с та 384 л/с – 1м насосом цієї ж марки. Тоді, загальна кількість насосів для цього варіанту: 3 робочих та 1 резервний насос марки Д 2000-21.

3.4.2 Споруди для обробки промивної води та осаду

Вузол обробки промивних вод застосовується для очистки промивних вод від швидких фільтрів (схема 1), контактних префільтрів та швидких фільтрів (схема 2) та контактних прояснювачів (схема 3) для зменшення витрат води на особисті потреби. Схеми очистки промивної води наводяться в графічній частині роботи для технологічних схем очистки природної води 1-3.

Для технологічних схем 1-3 набір споруд відрізняється за компоновкою очисних споруд та кількістю промивної води, яка обробляється.

Згідно схем очистки промивної вод, які наводяться в графічній частині роботи основними спорудами являються:

Технологічна схема 1:

- пісколовка,

Осад з пісколовки відправляється на підсушування.

- резервуар – усереднювач.

Резервуари - усереднювачі промивної води (із розрахунку на одну промивку) проектується для прийому залпового скиду води від промивки фільтрів та рівномірної перекачки на змішувачі для використання в основному циклі очистки на горизонтальних відстійниках та швидких фільтрах.

Витрата промивної води для 1 промивки (для 3 варіанту компоновки основних споруд) складає:

$$Q_{\text{пр. в.1}}=393\text{м}^3$$

Технологічна схема 2:

- пісколовка,

- резервуар – усереднювач.

Витрата промивної води для 1 промивки контактних префільтрів (варіант 2) та швидких фільтрів (варіант 3) складає:

$$Q_{\text{пр. в.2}}=393+253,44= 646 \text{ м}^3$$

вертикальний відстійник.

Компоновка технологічної схеми 3 аналогічна і відрізняється тільки витратою промивної води (варіант 2):

$$Q_{\text{пр. в.3}} = 253,44 \text{ м}^3$$

Обробка осаду складається з ущільнення і зневоднення на спеціальних спорудах. Схема обробки осаду аналогічна для всіх технологічних схем.

Для ущільнення осаду використовується згущувач, куди потрапляє осад з горизонтальних відстійників, швидких фільтрів або контактних прояснювачів. Далі згущений осад направляється на зневоднення до прес-фільтрів.

Висновки за розділом 3

В ході виконання роботи розраховані традиційні горизонтальні відстійники та відстійники з тонкошаровими модулями. Переобладнання горизонтальних відстійників шляхом установки в них тонкошарових пакетів дозволить збільшити навантаження в 6 разів і зменшити розрахункову кількість споруд з 17 до 4-х.

Якщо навантаження не збільшувати, то буде кращим процес водопідготовки за рахунок затримання більш малих частинок з огляду на те, що максимальна швидкість потоку в пакетах зменшиться, що значно покращить експлуатацію очисних споруд на наступному етапі очистки – швидких фільтрах, попереджуючи утворення недостатньо очищеної води.

Таким чином, застосування тонкошарових модулів у відстійниках має ряд переваг:

- зменшенню габаритів відстійника за рахунок збільшення площі осадження;
- збільшенню ступеню очистки від завислих речовин;
- підвищенню продуктивності відстійників до 60%.

Окрім інтенсифікації роботи горизонтальних відстійників були розглянуті різні варіанти для споруд фільтрації.

Швидкі фільтри із різними шарами завантаження: двошарові та тришарові та різними типами промивання: водяним та водоповітряним (технологічна схема 1 та 2).

Слід зазначити, що оптимізація складу завантаження шляхом збільшення шарів завантаження дає можливість зменшити тривалість фільтроциклу, необхідну площу фільтрації в 1,45 разів за рахунок того, що верхній шар завантаження тришарового фільтру буде виконувати функції префільтру, а необхідній ступінь очистки води буде забезпечуватися при фільтрації через нижній шар дрібнозернистого матеріалу.

Розрахунок контактних прояснювачів (технологічна схема 3) доводить, що застосування одноступеневої схеми очистки дає можливість зменшити загальні об'єми очисних споруд у порівнянні з двохступеневими схемами (технологічні схеми 1 та 2). Так як в контактних прояснювачах коагуляція та прояснення води відбуваються одночасно - безпосередньо в самому просторі фільтруючого завантаження.

Розрахунки доводять, що застосування водоповітряного промивання контактних прояснювачів є більш економічним та ефективним способом, так як при його застосуванні зменшується розрахункова площа фільтрації на $1503,27 - 1106,53 = 396,74 \text{ м}^2$; витрата промивної води зменшується в 2,25 рази $Q_{\text{пр. в}}$ на $19391 - 8616,96 = 10774 \text{ м}^3$ за добу.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

В розділі розглядаються основні споруди системи водопостачання - очисної станції.

В ході експлуатації цих споруд враховуються наявність та можливість виникнення наступних небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- утворенням пилу та парів коагулянту реагенту, розприскування при розвантаженні, розчиненні та використанні, і підвищення вмісту пилу у повітрі робочої зони приміщень.

Коагулянт сірчаноокислий алюміній вважається помірно безпечною речовиною і відноситься до 3 класу небезпечних речовин. При тривалій дії на організм людини з великою концентрацією викликає важкі отруєння, його гранично допустима концентрація складає 6 мг/м^3 [25].

Пил, який містить вапно подразливо діє на органи дихання, слизові оболонки та вологу шкіру. При розприскуванні розчину вапняного молока виникає можливість отримання хімічних опіків обличчя та рук.

В якості знезаражуючого реагенту використовується хлорний розчин.

Рідкий хлор – рухома масляниста рідина янтарного кольору з щільністю $1,427 \text{ г/ см}^3$ з температурою кипіння – $34,6^0 \text{ C}$. Унаслідок попадання крапель на незахищену шкіру розвивається її поразка (запалення з появою міхурів). Уражені ділянки шкіри обробляють мильним розчином під проточною водою протягом 15 хвилин.

Газоподібний хлор – жовто-зелений газ з різким задушливим запахом. З пониженням температури і з підвищенням тиску, хлор переходить із газоподібного стану в рідкий. Хлор не горить, але підтримує горіння органічних речовин (олій, жирів, розчинників), пожежонебезпечний при контакті з горючими речовинами. Запах хлору відчувається при невеликій

концентрації – 0,001 мг/м³, межа припустимої концентрації хлору у повітрі – 1 мг/м³. З воднем утворює вибухонебезпечні суміші, за наявності вологи вступає в реакцію зі всіма металами викликаючи їх корозію, і відноситься до 2 класу небезпечних речовин. Газоподібний хлор важче повітря в 2,5 рази, тому при викиді в атмосферу накопичується внизу приміщення і поволі розсіюється в повітрі. При концентраціях хлору у повітрі 100-200 г/м³ роз'їдаються очі та слизова оболонка дихальних шляхів, обпалюються легені [26].

- аварійній ситуації при виконанні вантажно-розвантажувальних робіт;

Підвищена безпека, яка виникає при експлуатації підйомно-транспортного обладнання пов'язана із наступними виробничими факторами: можливістю випадкового наїзду талі або вантажу на обладнання, встановленого у приміщенні, випадковим падінням вантажу, травмуванням обслуговуючого персоналу при зіткненні із рухомими частинами обладнання.

- при виникненні небезпечного рівня напруги у електричній мережі, замикання якого може пройти через тіло людини;

Основним обладнанням, робота якого пов'язана із використанням електроенергії є двигуни: повітродувок, насосів – дозаторів, насосів для перемішування та перекачування розчинів реагентів. Згідно ПУЕ приміщення реагентного цеху за небезпечністю враження людини електричним током відносяться до приміщень з підвищеною безпекою. Електричний струм представляє значну небезпеку, так як тіло людини являється провідником електричного струму, і призводить до різних наслідків: термічних опалень, механічних вражень тканини, електролітичний розпад крові, параліч [27].

- при аварійній ситуації при зіткненні із рухомими елементами насосного устаткування, машин, механізмів та пристосувань та перемішування розчину вапна у гідравлічній мішалці;

Підвищена безпека при роботі в приміщеннях очисної станції пов'язана із необхідністю обслуговування відкритих споруд, які заповнені водою, розчинами реагентів і мають значну будівельну висоту.

Таблиця 4.1 Аналіз факторів виробничого і трудового процесу оператора реагентного господарства

№	Фактори виробничого середовища	Нормативне значення	Фактичне значення	3 класи: небезпечні умови та характер праці			Тривалість
				1ст	2 ст	3 ст	
1.	Небезпечні хімічні речовини, мг/м ³						
	коагулянт (3 клас)	6 мг/м ³	7	1,16			8
	хлор (2 клас)	1 мг/м ³	2	2	1,0		8
2.	Пил, мг/м ³	10 мг/м ³		1,5			8
3.	Вібрація, (загальна та локальна) дБ	92 дБа	40				
4.	Шум, дБа	65 дБа	50			55	
5.	Інфразвук, дБ		-				
6.	Ультразвук, дБ		-				
7.	Мікроклімат в приміщенні:						
	-температура повітря в період, °С:						
	теплий	21-23	28		5 ⁰		25
	холодний	17-19	13	4 ⁰			25
-швидкість руху повітря, м/с					-		
Відносна вологість повітря, %	0,3	0,2		-			
-інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	40-60			5	65		80
7.	Температура зовнішнього повітря (під час роботи на відкритому повітрі), °С						
	-влітку	25	32	7			25
	-взимку	-8	-10	2			25
10.	Напруженість виробничого процесу	Категорія 2а-середньої важкості					

4.2 Основні заходи по виключенню дії шкідливих і небезпечних факторів

Експлуатація споруд очисної станції виконується за загальними правилами технічної експлуатації.

Всі процеси, пов'язані із розвантаженням коагулянту реагенту виконуються безпосередньо із автомобілю, на якому вони доставляються на станцію, а також їх завантаження, приготування та дозування - механізовані. Для зменшення кількості пилу при розвантаженні та приготуванні реагентів використовується мокре зберігання коагулянту - сірчаноокислого алюмінію. Поставка сухого коагулянту, вапна та балонів із хлором здійснюється автотранспортом для чого на очисній станції передбачаються зручні під'їзні шляхи та розвантажувальні майданчики. Вивантаження коагулянту здійснюється безпосередньо з автотранспорту до розчинних баків, тому приміщення обладнане автоматичними воротами.

Поставки та зберігання хлору здійснюються у балонах, в закритому складському неопалюваному приміщенні, розвантажування виконується електрокарами, що повністю забезпечує безпечне знаходження обслуговуючого персоналу у робочій зоні. При розливі розчину забруднене місто нейтралізується 10% розчином сульфіту натрію і змивається водою

Розвантаження сухих реагентів також виконуються із мінімальним застосуванням ручної праці робочих.

Всі баки обладнані автоматичним контролером рівня заповнення із звуковою та світловою сигналізацією.

Всі роботи по транспортуванню, приготуванню і дозуванню реагентів та їх розчинів обслуговуючий персонал виконує у спецодязгу, спецвзутті, окулярах та рукавицях. Додатково робітники реагентного господарства забезпечуються

індивідуальними засобами захисту – респіраторами типу ШБ-1 "Пелюсток - 5" и У-2К та захисними окулярами та прогумованими фартушками.

Після закінчення роботи з коагулянтном і вапном оператор реагентного господарства повинен ретельно вимити руки, промити очі ватним тампоном, змоченим в дистильованій воді і змазати руки гліцерином. Після закінчення робочої зміни робітники в обов'язковому порядку приймають душ.

До роботи допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли інструктаж з охорони праці.

Безпека експлуатації вантажно-підйомного обладнання - кран- балки з електроприводом забезпечується установкою обмежувачів підйому вантажу, обладнанням підкранового шляху кінцевими вмикачами, застосуванням звукового сигналу для попередження людей про рух крану, використанням блокувань, які вимикають електрообладнання при зникненні напруги. Всі частини крану, які представляють загрозу при експлуатації огорожуються.

На блочному щитку керування знаходиться велика кількість електричних приладів які працюють при напрузі 220 В. При необережному використанні з струмопровідними частинами обладнання при порушенні електроізоляції та оголенні проводів виникає небезпека враження електричним струмом. Блочний щит керування відноситься до приміщень з підвищеною загрозою враження електричним струмом, так як все обладнання та конструкції - металеві. Для попередження враження током використовують ізоляцію, яка і є основним захисним заходом. Найменша величина опору ізоляції проводів відносно землі для електрообладнання до 1000В повинно бути не менша 50 тис. Ом. Засобом захисту від враження електричним струмом слугує захисне заземлення $R_3=4$ Ом.

Розподільчий електрощит лабораторії реагентного господарства повинен бути захищений від дії бризок або пари киплячих рідин.

Шафи для реактивів і посуду по висоті забезпечують використання їх без драбин або табуретів. Висота лабораторного столу складає 0,9 м, ширина 1,4 м, висота полиць столу близько 0,4м, глибина шаф реактивів - 0,5 м.

Шафа з оцинкованої жерсті для вогнебезпечних матеріалів всередині викладена азбестом і встановлена на цегляній підставі.

Всі склянки з реактивами мають етикетки. Їдкі речовини зберігаються у витяжній шафі і в кількості не більш 5-добового запасу. Отруйні речовини зберігаються окремо в спеціальній закритій шафі. Кислоти зберігаються в бутлях у спеціальних приміщеннях.

Всі працівники лабораторії ознайомлені із правилами техніки безпеки проведення робіт в хімічних лабораторіях, у тому разі із правилами надання першої допомоги при опіках кислотами або лугами, отруєннях газами, хлором, поразках електрострумом, а також методи безпечного поводження з отруйними речовинами, лугами і кислотами.

За вимогами ПУЕ для попередження ураження персоналу електричним струмом при експлуатації електрообладнання передбачається улаштування заземлення, захисного вимкнення, ізоляції струмопровідних частин, застосування огорожувальних пристроїв. Всі електродвигуни виконуються в захищеному виконанні, струмопровід - неблокований кабель з гумовою ізоляцією марки КВШГ, також всі рубильники мають захисні кожухи.

Всі насосні агрегати нумеруються і мають металеві таблички з наведенням заводу-виробника, заводські номери та основні технічні характеристики, також наводиться схема електрозабезпечення обладнання.

Всі відкриті споруди мають огорожі з поручнями заввишки 1м та обладнуються сходами.

Проведення монтажних і ремонтних робіт у спорудах виконується тільки після спуску води із споруд та перекритих засувках.

З метою попередження нещасних випадків для робітників передбачаються індивідуальні засоби захисту: спецодяг, рукавиці і спецвзуття [28].

4.3 Технічні рішення по виробничій санітарії

4.3.1 Об'ємно-планові рішення будівель та споруд очисної станції

З метою забезпечення санітарної надійності та безпеки розвантаження розчинні баки коагулянту будуються напівзаглибленими. Склади для зберігання хлору – не опалюються. Зберігання балонів з хлором та приміщення хлораторної знаходяться в окремій будівлі, яка розташовується подалі від будівель де постійно знаходиться обслуговуючий персонал. Дозування хлору виконується вакуумними хлораторами, застосування яких запобігає можливості витоку хлору. Приміщення хлораторної має два виходи і штучну вентиляцію. Забір повітря для витяжки виконується з полу у вентиляційну трубу, верхній кінець якої виходить на 2м вище самої високої будівлі на території очисної станції в радіусі 50м. Біля території складу обов'язково встановлюється щиток із напрямком повітря, який можливо побачити із любої точки території складу. Перед входом у хлораторну облаштовується приміщення, в якому розміщують шафи для спецодягу та протигазів, а вхід у приміщення захищається тамбуром. Пристрої для вимкнення вентиляції та освітлення розміщають зовні приміщення хлораторної. До складу із хлором передбачається зручний під'їзний шлях для пожежних автомобілів. На трубопроводах із хлором застосовується спеціальна запірна арматура для хлору. Всі трубопроводи з хлором прокладені за найкоротшим шляхом.

Для безпечної експлуатації засувок змішувачів, відстійників та швидких фільтрів передбачаються сходи з площадками та огорожуючи перила. Всі необхідні трубопроводи для подачі та відводу води, реагентів прокладаються відкрито по підлозі приміщення, прохід через них передбачається через спеціальні переходи та містки.

Мікроклімат приміщень очисної станції визначається такими параметрами як: температура, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, теплове випромінювання. За тепловою характеристикою виробничі приміщення очисної станції відносяться до приміщень з незначними надлишками теплоти (не більше $23 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$) [29]. Основні роботи виконуються виробничим персоналом стоячі або сидячі, не потребують систематичних фізичних навантажень, а також не потребують постійного нагляду за ходом виконання виробничих операцій і відносяться до середньої категорії – 2, енерговитрати складають не більше 172 Вт.

Згідно санітарних вимог для вентиляції приміщень незалежно від присутності шкідливих домішок передбачаються вікна з вентиляційними отворами, площею не менше 20% від загальної площі світових перерізів.

В приміщеннях передбачається улаштування місцевої витяжної вентиляції – витяжних зондів.

В приміщенні складу вапна влаштовується приточно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням. Витяжка із приміщень виконуються із двох зон на висоті 200мм від полу і 500 мм від стелі. Кратність повітрообміну не менше 6 за годину.

В склад реагентів дозволяється входити тільки після безперервної роботи вентиляції на протязі 10 хв. Працювати в зачинених складах реагентів при зупинці вентилятора забороняється.

Для своєчасної сигналізації про аварійну ситуацію на складі передбачається газоаналізатор ОА-2209 в комплекті із вимірювальним блоком та прибором МСР-1.

Склади реагентів мають: звукову та світлову сигналізацію, яка сповіщає про припинення роботи вентиляції.

В хіміко-бактеріологічній лабораторії обов'язково влаштовуються витяжні шафи, біля стін, протилежних вхідним дверям. Конструкція шафи повинна вимикати розповсюдження газів по приміщенню після вимикання вентилятора.

Все технологічне обладнання, включаючи комунікації герметичне.

4.3.2 Виробничий шум та вібрація

Основним джерелом виробничого шуму та вібрації є встановлені насоси та повітродувки реагентного господарства.

Шум шкідливо впливає на організм людини. Виробничий шум різної інтенсивності та частоти, тривалий час впливаючи на працюючих, може привести з часом до зниження гостроти слуху, а іноді і до розвитку професійної глухоти. Також окрім місцевої дії, шум впливає і на загальний стан організму людини: змінюється кров'яний тиск, послаблюється увага, погіршується зір, відбуваються зміни в дихальних центрах, порушується координація руху та координаційна діяльність центральної нервової системи. Інтенсивний шум являється причиною порушення роботи серцево-судинної системи та ряду інших порушень в організмі людини. В виробничих приміщеннях з високим рівнем шуму спостерігається високий відсоток випадків травматизму. Припустимий рівень шуму в робочій зоні виробничих приміщень складає 65 Дба.

Також робота насосів та повітродувок супроводжується виникненням загальної вібрації (за рахунок механічних коливань обладнання та його вузлів), яка передається на все тіло людини. Систематична дія загальної може викликати суттєві порушення функцій організму неврит, стійке порушення фізіологічних функцій організму, в першу чергу центральної нервової системи, а при великій інтенсивності при визначеному діапазоні частот розрив тканин, порушення серцевої діяльності та нервової системи. Загальна вібрація не повинна перевищувати 92 Дба.

Заходи боротьби із шумом та вібрацією, які виникають при роботі насосних агрегатів та повітродувок, суттєво не відрізняються: в приміщеннях застосовується акустична штукатурка, привід машин закривається кожухом; фундаменти під агрегати мають вагу, яка може гасити вібрацію (вага фундаменту в 5-6 раз більше ваги агрегатів).

При необхідності проведення робіт безпосередньо в приміщенні при працюючих агрегатах передбачається забезпечення робочих індивідуальними засобами захисту – навушниками ПШ-00 та віброзахисним взуттям.

4.3.3 Освітлення виробничих приміщень

Освітлення у виробничих приміщеннях повинно бути таким, щоб була можливість виконання робіт без напруги зору. Незадовільне освітлення викликає втому організму в цілому, а також може бути причиною травматизму в погано освітлених зонах. В приміщеннях очисної станції передбачається застосування сумісного освітлення, при якому використовується одночасно природне та штучне.

Вдень, у світлу частину доби, природне освітлення виробничих приміщень створюється через віконні скляні перетини, висота віконних перетинів приймається 2,4 м при ширині 4,8 м. Природне освітлення приміщень характеризується коефіцієнтом природного освітлення (КПО), значення якого повинно бути не менше 0,3%. Робота в приміщенні відноситься до 5 розряду робіт малої точності (найменший розмір об'єкта розрізняється 1-5 мм), розряд зорової роботи-5. Штучне освітлення здійснюється за допомогою ламп НБ-220.60, разом із світильниками розсіяного освітлення типа "люцетта", які подають 40-60% світлового потоку вниз. Освітлення поверхонь об'єктів здійснюється штучним світлом 150 лк.

В лабораторії окрім звичайного природного і штучного освітлення, що забезпечує рівне розсіяне світло, над кожним робочим місцем передбачаються індивідуальні освітлювачі з плафонами.

Мінімальні норми освітлення для обслуговуючих приміщень згідно [27]:

- для гардеробних і умивальників- 75 лк;
- для душових - 50 лк;
- на панелях приборів - 300 лк;
- освітлення полу по лінії головних проходів і на сходах - не менше 0,3% лк.

Рівень аварійного освітлення приймається не менше 10% нормального освітлення. Мережа аварійного освітлення приєднується до незалежного джерела живлення.

Очисна станція працює в цілодобовому режимі, тому передбачається штучне освітлення.

4.3.4 Санітарно-побутові та допоміжні приміщення

Виробничі приміщення очисної станції відносяться до 2 групи – процесів, які виконуються при значному виділенні вологи. Для цієї групи передбачаються наступні побутові приміщення: гардеробна-1, душова -1, санвузол -1. В побутових приміщеннях поли виконуються із вологостійких матеріалів, стіни та перегородки також виконуються із вологостійких матеріалів в світлих тонах на висоті 1,8м. В гардеробній для зберігання одягу передбачаються шафи: глибиною 300мм, висотою 1650мм, шириною 400мм. Кількість шаф відповідає загальній кількості працюючих. В приміщеннях, суміщених із гардеробом розташовується душова із закритими душовими кабінами розміром 1,8*0,9 м. Умивальники та душові приміщення виконуються із розрахунку на 5 чоловік.

4.3.5 Електробезпека

Основним обладнанням, робота якого пов'язана із використанням електроенергії є двигуни: повітродувки, насосів для перемішування та перекачування реагентів. Згідно з ПУЕ приміщення очисної станції за небезпечністю враження людини відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою.

Електричний струм представляє значну небезпеку, так як тіло людини являється провідником електричного струму, і призводить до різних наслідків: термічних опалень, механічних вражень тканини, електролітичний розпад крові, параліч [28].

За вимогами ПУЕ для попередження ураження персоналу електричним струмом при експлуатації електрообладнання передбачається улаштування заземлення, занулення, захисного вимкнення, ізоляції струмопровідних частин, застосування огорожувальних пристроїв. Всі електродвигуни виконуються в захищеному виконанні, струмопровід – неблокований кабель з гумовою ізоляцією марки КВШГ, також всі рубильники мають захисні кожухи.

Всі насосні агрегати нумеруються і мають металеві таблички з наведенням заводу-виробника, заводські номери та основні технічні характеристики, також наводяться схема електрозабезпечення обладнання.

З метою попередження нещасних випадків для робітників передбачаються індивідуальні засоби захисту: спецодяг, рукавиці і спецвзуття, діелектричні килимки [28].

4.3.6 Заходи пожежної безпеки

Згідно класифікації виробництва за протипожежною та вибухопожежною безпекою приміщення очисної станції відносяться до категорії Д. Ступінь вогнестійкості будівель - I I I, межа вогнестійкості конструкції основних споруд -

3 години. Зовнішні стіни і панелі, стіни проходів, протипожежні стіни виконуються із незаймистого матеріалу. Плити та настили виконуються із важко займистих матеріалів, все обладнання покривається незаймистими фарбами та лаками.

Пожежа може виникнути в приміщенні тільки при порушенні експлуатації електричної мережі, яка живить обладнання, або при порушенні техніки безпеки.

Для всіх окремих будівель та груп будівель передбачаються протипожежні розриви, які нормуються в залежності від вогнестійкості будівель та категорії пожежної безпеки в залежності від розташованого в ньому обладнання.

Для забезпечення профілактичних заходів передбачаються: обладнання будівель двома виходами, пожежними сходами шириною 0,8м, та обладнання приміщень засобами повідомлення (телефонний зв'язок, пожежна сигналізація).

- електрообладнання виконано в вибухонебезпечному виконанні,
- всі дерев'яні конструкції будівель оброблені антипирином;
- у відповідності із вимогами для попередження будівель та споруд від блискавки передбачається блискавковідводи із перетином 120мм² - С-35 (8,0-Г-1-С-Н-160);

- передбачається можливість безпечної евакуації людей із будівель через евакуаційні виходи (два виходи, розташовані розосереджено), двері на шляху евакуації відкриваються за напрямком виходу,

- у виробничих приміщеннях встановлені пожежні крани з брезентовими рукавами та відводами, також передбачається засоби ручного протипожежного інвентарю: лопати, ломи, багри.

- приміщення станції обладнані телефонним зв'язком та пожежною сигналізацією.

Для гасіння пожеж на станції передбачаються засоби пожежогасіння, згідно «Нормативів засобів пожежогасіння для підприємств та організація».

Використовуються порошкові суміші, які є найбільш ефективними засобами при гасінні пожеж в приміщеннях де використовується електрообладнання під напругою, так як ці сполуки не викликають металевої корозії і мають універсальні властивості щодо застосування. Для гасіння електрообладнання застосовуються порошки марок ПСБ-3, ПФ.

Для гасіння пожежі, яка виникла внаслідок порушення правил техніки безпеки, в результаті чого зайнялися спецодяг, папір застосовуються вогнегасники типу ОВП.

Невеликі площі горіння ліквідуються за допомогою піску.

Висновки за розділом 4

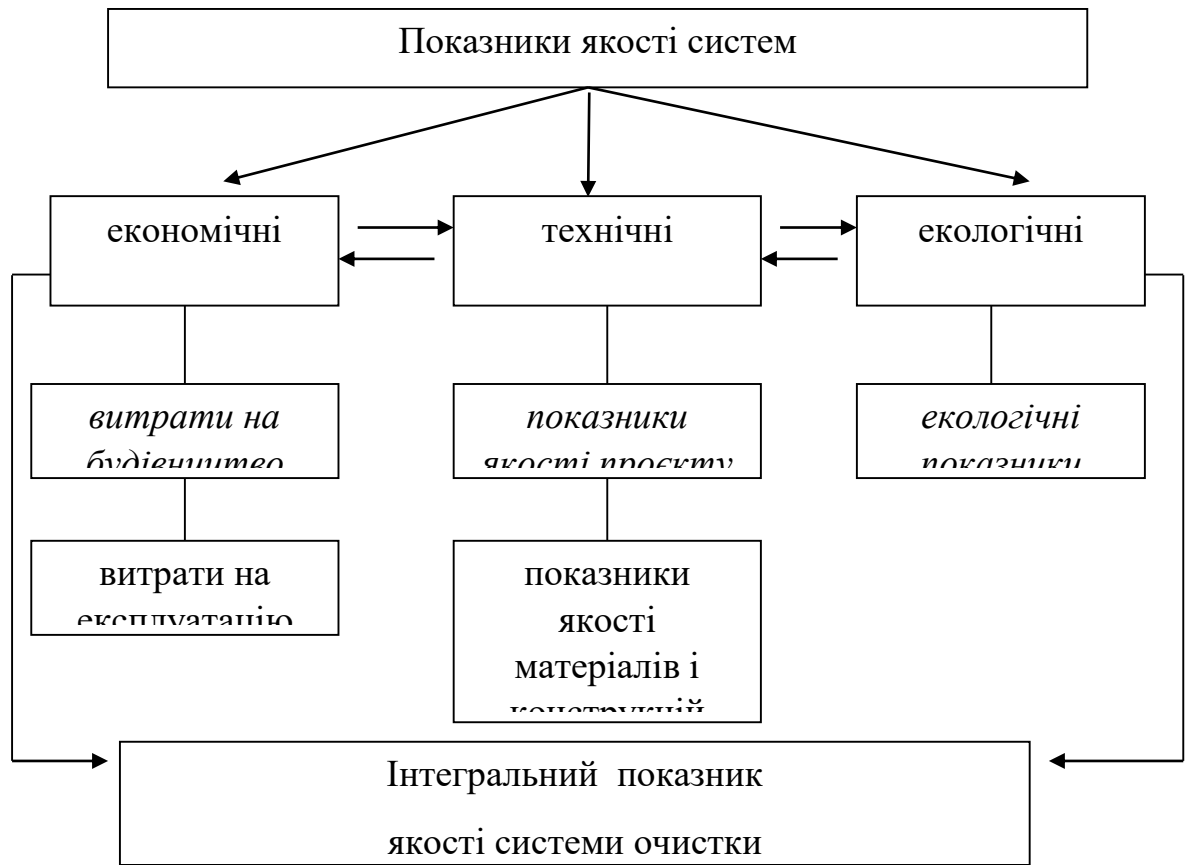
В ході роботи розроблені заходи по зменшенню негативного впливу вказаних небезпечних факторів.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КОМПОНОВКИ ОЧИСНИХ СПОРУД

5.1 Визначення економічної ефективності

Результат діяльності системи очистки води оцінюється інтегральними показниками, які наведені на рис. 5.1



В разі коли до проектування представляються декілька проектних рішень визначається порівняльна ефективність капітальних витрат, яка характеризує економічні переваги проекту перед іншими. Розрахунки порівняльної ефективності здійснюються з метою визначення ліпшого з можливих проектів інвестування виробництва. Визначення найбільш доцільного проекту базується на співставленні показників ефективності, в даному випадкові необхідно порівняти технологічні схеми з різними варіантами очисних споруд.

Для визначення економічної ефективності варіантів систем водопостачання та водовідведення необхідно порівняти їх між собою визначив приведені витрати для кожного з варіантів, виходячи з нормативного терміну окупності при коефіцієнті порівняльної ефективності за допомогою формули:

$$V_{пр i} = C_i + E_n \times K_i \quad (5.1)$$

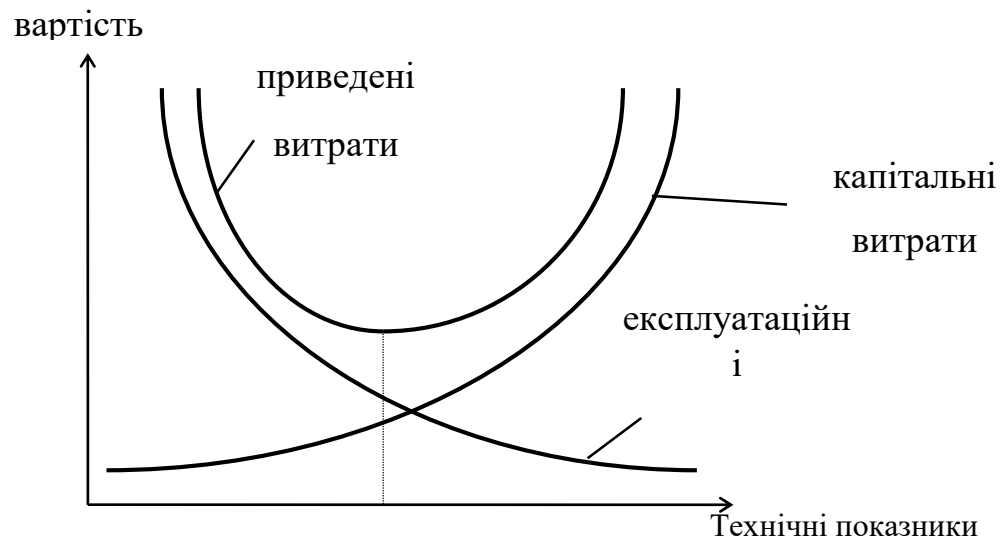
де C_i - поточні витрати по кожному варіанту, тис. грн.

K_i - капітальні витрати по кожному варіанту, тис. грн.

E_n - коефіцієнт порівняльної ефективності, приймається $E_n = 0,15$ – для систем водопостачання.

Графічна залежність приведених витрат представлена на рис. 5.1

Приведені витрати є сумою поточних і капітальних витрат, крива приведених витрат має мінімум, який відповідає найбільш ефективному економічному рішенню.



Для економічного порівняння виконуються розрахунки для наведених технологічних схем водопідготовки з різними варіантами компоновки споруд.

Найбільш ефективним вважається той варіант, за яким капітальні витрати і собівартість продукції нижча.

5.2 Планування капітальних витрат

Для економічного порівняння планування капітальних витрат виконується на основі питомих витрат по основним очисним спорудам, які розглядаються в роботі: горизонтальним відстійникам, швидким фільтрам та контактним прояснювачам. Розрахунки виконуються в табл. 5.1

Витрати на будівництво очисних споруд визначені за питомими довідниковими показниками за умови вартості будівництва споруд 1500 грн/м³, з урахуванням корегуючих коефіцієнтів для підземних робіт (при побудові горизонтального відстійника (30%), додаткової вартості монтажу тонкошарових модулів (60%) та монтажу розподільчої системи для подачі повітря (20%).

Для одноступеневої схеми очистки води в загальній вартості врахована вартість будівництва вхідним камер з барабанними сітками (кількість споруд 4 шт, розміри споруд 4,0*6,0*4,0 м³).

5.3 Планування поточних витрат

Річні поточні витрати на очистку води визначаються:

$$B = \sum_{ii=1}^N C_i, \quad (5.2)$$

де $\sum_{ii=1}^N C_i$ - річна сума витрат за статтями калькуляції, грн.

Калькуляція річних поточних витрат складається по основним статтям: реагенти, електроенергія, теплова енергія, заробітна плата, амортизаційні відрахування, поточний ремонт та інші витрати.

Для розглянутих схем очистки води для порівняння визначаються поточні витрати, які пов'язані з подачею промивної води до споруд фільтрації. Для

розглянутих очисних споруд доречно порівняти об'єми витрат промивної води та витрат електроенергії промивними насосами.

Розрахунки поточних витрат виконуються в табл.5.2

Річні витрати електроенергії на промивку споруд насосами визначаються:

$$E_p = 1,2 \times q_{\text{пром}} H_{\text{пром}} \times t_{\text{пр}} \times n_{\text{пром}} \times N_{\phi} / (102 \times \eta) \quad (5.3)$$

де 1,2- коефіцієнт запасу потужності,

$q_{\text{пром}}$ - витрата промивної води, л/с

$H_{\text{пром}}$ - напір промивних насосів, м приймається $H_{\text{пром}}=20$ м

$t_{\text{пр}}$ - тривалість промивки, год

$n_{\text{пром}}$ - кількість промивок за рік, $n_{\text{пром}}=2*365=730$

η - ККД промивного насосу,

N_{ϕ} - кількість споруд які промиваються.

Для промивки використовуються насоси типу Д 2000-21.

Вартість електроенергії для

розрахунків складає 1,20 грн за 1 кВт год.

Вартість промивної води для розрахунків прийнята за тарифом очищеної води 4,20 грн за 1 м³

5.3 Визначення приведених витрат

Розрахунки приведених витрат виконуються в табл.5.3

Таблиця 5.1 Розрахунок капітальних витрат для варіантів компоновки очисних споруд

Варіант компоновки споруд		Розрахункова кількість споруд, N	Вартість споруди, тис. грн	Загальна вартість споруд, тис. грн	Загальна вартість за технологічною схемою, тис. грн.
Одноступенева схема					
Контактні прояснювачі з водоповітряним промиванням		17	$1,2*65*5*1500=585000$	9945000	10751400
(вхідні камери з барабанними сітками)		4	$1,4*96*1500=201600$	806400	
Двоступеневі схеми					
1	Горизонтальні відстійники	17	$1,3*324*4,0*1500=2527200$	42962400	48221472
	Швидкі фільтри з двошаровим завантаженням та водяним промиванням	14	$48,16*1500*5,2=375648$	5259072	
2	Горизонтальні відстійники	17	-	42962400	47807885
	Швидкі фільтри з тришаровим завантаженням та водоповітряним промиванням	12	$1,2*43,14*1500*5,2=403790$	4845485	
3	Горизонтальний відстійник з тонкошаровими модулями	4	-	16174080	21368880
	Швидкі фільтри з тришаровим завантаженням та водоповітряним промиванням	12		4037904	
4	Контактні префільтри з водоповітряним промиванням	17	-	9945000	15139800
	Швидкі фільтри з тришаровим завантаженням та водоповітряним промиванням	12		5194800	

Таблиця 5.2 Розрахунок поточних витрат для варіантів компоновки очисних споруд

Очисна споруда	Кількість споруд, N	Витрата промивної води, л/с	Тривалість промивки, год	ККД промивного наосу	Річні витрати електроенергії, кВт год/рік	Вартість електроенергії, тис. грн	Добова витрат промивної води, м ³	Вартість промивної води, тис. грн	Поточні витрати, тис. грн
Одноступенева схема									
Контактні прояснювачі з водоповітряним промиванням	17	1152 192 384	0,016 0,1 0,083	0,86	693629	832354,8	8616,96	13209800	14042154
Двоступеневі схеми									
1. Швидкі фільтри з двошаровим завантаженням та водяним промиванням	14	674,24	0,116	0,86	218693,6	262432,3	7924,0	12147492	12409924
2. Швидкі фільтри з тришаровим завантаженням та водоповітряним промиванням	12	819,66	0,133	0,86	261277,6	313533,1	9442,32	14475077	14788610

Таблиця 5.3 Розрахунок приведених витрат для варіантів компоновки очисних споруд

Варіант компоновки споруд		Загальна вартість споруд , тис. грн.	Поточні витрати, тис. грн	Приведені витрати, тис. грн
Одноступенева схема				
Контактні прояснювачі з водоповітряним промиванням		10751400	14042154	15654864
Двоступеневі схеми				
1	Горизонтальні відстійники Швидкі фільтри з двошаровим завантаженням та водяним промиванням	48221472	12409924	19643145
2	Горизонтальні відстійники Швидкі фільтри з тришаровим завантаженням та водоповітряним промиванням	47807885	14788610	21959793
3	Горизонтальний відстійник з тонкошаровими модулями Швидкі фільтри з тришаровим завантаженням та водоповітряним промиванням	21368880	14788610	17993942
4	Контактні префільтри з водоповітряним промиванням Швидкі фільтри з тришаровим завантаженням та водоповітряним промиванням	15596885	28830764	31170297

Висновки за розділом 5

В ході розрахунків було виконано порівняння одноступеневої та двоступеневих схем (4 варіанти компоновки споруд) очистки води з однаковими показниками якості, як природної так і питної. За визначеними приведеними витратами найбільш раціональними варіантами з точки зору економічної ефективності вважається одноступенева схема очистки води, яка має найменше значення приведених витрат $V_{пр1}=15654864$ тис. грн. та двоступенева схема із застосуванням горизонтальних відстійників з тонкошаровими модулями та швидкими фільтрами з тришаровим завантаженням та водоповітряним промиванням, для якої приведені витрати складають $V_{пр3}=17993942$ тис. грн.

Згідно розрахунків найбільш витратною є двоступенева схема 4 з контактними префільтрами з водоповітряним промиванням та швидкими фільтрами з тришаровим завантаженням та водоповітряним промиванням.

Висновки та пропозиції

Для видалення домішок із природної води використовуються різні сучасні типи споруд для прояснення та фільтрування води.

Сучасною тенденцією в області підвищення ефективності роботи горизонтальних відстійників є удосконалення їх конструкцій шляхом розміщення в робочій області тонкошарових модулів для осадження завислих речовин у стислому об'ємі води; це дозволяє підвищити ефективність їх роботи при існуючому дефіциті фінансування проектних та конструкторських робіт.

Підвищення ефективності роботи споруд для фільтрації води реалізується в основному наступними методами: застосуванням нових фільтруючих матеріалів; застосуванням фільтрів з багатошаровим завантаженням; вдосконаленням розподільчої системи фільтрів; вдосконаленням технології промивки фільтрів.

У роботі розглянуті різні варіанти компоновки очисних споруд для підготовки природної води з метою співставлення ефективності їх застосування.

Споруди прояснення.

В ході виконання роботи розраховані традиційні горизонтальні відстійники та відстійники з тонкошаровими модулями.

Застосування тонкошарових модулів у відстійниках має ряд переваг:

- зменшенню габаритів відстійника за рахунок збільшення площі осадження;
- збільшенню ступеню очистки від завислих речовин;
- підвищенню продуктивності відстійників на 60%.

Споруди фільтрації.

Розраховані швидкі фільтри із різними шарами завантаження: двошарові та тришарові та різними типами промивання: водяною та водоповітряною (технологічна схема 1 та 2).

Оптимізація складу завантаження шляхом збільшення шарів завантаження дає можливість зменшити тривалість фільтроциклу, необхідну площу фільтрації в 1,45 разів за рахунок того, що верхній шар завантаження тришарового фільтру буде виконувати функції префільтру, а необхідний ступінь очистки води буде забезпечуватися при фільтрації через нижній шар дрібнозернистого матеріалу.

Розрахунок контактних прояснювачів (технологічна схема 3) доводить, що застосування одноступеневої схеми очистки дає можливість зменшити загальні об'єми очисних споруд у порівнянні з двохступеневими схемами (технологічні схеми 1 та 2).

Розрахунки доводять, що застосування водоповітряного промивання контактних прояснювачів є більш економічним та ефективним способом, так як при його застосуванні зменшується розрахункова площа фільтрації на $1503,27 - 1106,53 = 396,74 \text{ м}^2$; витрата промивної води зменшується в 2,25 рази $Q_{\text{пр. в}}$ на $19391 - 8616,96 = 10774 \text{ м}^3$ за добу.

Список використаної літератури

1. Мешкова-Клименко Н. Централізоване питне водопостачання: історія, сучасний стан, перспективи розвитку. *Наука і суспільство*, 2009 , № 4 С. 66-68.
2. Василенко О.А., Грабовський П.О., Ларкіна Г.М., Поліщук А.В., Прогульний В.Й. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення: навч. посіб./ Київ – Одеса. КНУБА- ОДАБА, 2007. 299 с.
3. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". [Чинний від 12.05.2010]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 35 с: (Інформація та документація).
4. Гришин Б.М. Реагентная обработка поверхностных природных вод алюмосодержащими коагулянтами: монографія. Пенза: ПГУАС, 2016. 140 с.
5. Хиршиєва І.В. Інтенсифікація процесу коагуляції при очистці малокаламутних кольорових вод: дис...канд. техн. наук: 05.23.04/ Держ. арх.-буд. унів. Санкт-Петербург, 2014. 188 с.
6. Яркін В.А. Підвищення ефективності роботи змішувачів очисних споруд водопостачання: дис...канд. техн. наук: 05.23.04/ Нац. унів. будів. та архіт. Харків, 2018. 170 с.
7. Козачина В.А. Підвищення ефективності горизонтальних відстійників: дис...канд. техн. наук: 05.23.04/ Дніпр. нац. унів. заліз. транс. Харків, 2016. 168 с.
8. Мамбетова Р.Ш. Обробка річкової води передгірської зони Чуйської долини на пристроях заводського виготовлення: дис...канд.техн.наук: 05.23.04/ Кирг.-Російськ. Слав'янськ. унів. Бішкек, 2016. 130 с.
8. Сорокіна К. Б. Спеціальні методи водопідготовки: конс. лекц./ Харків: нац. унів. міськ. будівн. Харків: ХНАМГ, 2014. 96 с.

10. М.Д. Волошин, О.Л. Щербак, Я.М. Черненко, І.М. Корнієнко. Удосконалення технології біологічної очистки стічних вод. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2009. 20 с.
11. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування [Чинний від 01.01.2014]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. 115 с.
12. <https://vodokanal.kiev.ua/zvit-pro-upravlinnya-kvk-2018> (дата звернення: 17.11.2019).
13. <http://vodokanal.dp.ua/> (дата звернення: 20.11.2019).
14. <http://vodokanal.zp.ua/normativi> (дата звернення: 20.11.2019).
15. Пособие по проектированию сооружений по очистке воды (к СНиП 2.04.02-84) Москва: ЦТИП Госстрой СССР, 1989. 180 с.
16. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Москва: Стройиздат, 1986. 351 с.
17. Асонов А. М. Проектирование технологической схемы водоподготовки на городской водопроводной станции: метод. рекоменд. Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2012. 14 с.
18. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація зовнішні мережі та споруди. [Чинний від 01.01.2014]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. 196 с.
19. Душкин С.С., Душкин С.С. Підвищення ефективності роботи контактних освітлювачів при підготовці питної води. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук.-техн. збір-к. /ред. А.М. Кравчук. Київ: КНУБА, 2017. С.135

20. Любарский В.М. Осадки природных вод и методы их обработки. Москва: Стройиздат, 1980. 128 с.
21. Шевцов М.Н., Носенко М.О. Особенности обработки осадков водопроводных сооружений г. Хабаровска. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2007. № 6, ч. 2, С. 58-62
22. Писаренко В.Н. Борьба с загрязнением водоемов выбросами водопроводных станций. Повторное использование воды и осадка. Киев: ИПК Минжилкомхоза УССР, 1983. 37 с.
23. Янин Е.П. Осадок водопроводных станций: состав, обработка, утилизация. Экологическая экспертиза. 2010. № 5, с. 3–45.
24. Обработка и утилизация осадков водопроводных очистных станций. URL: <http://eprints.ksame.kharkov.ua/872/8/4.doc>. (дата звернення: 5.12.2019).
25. В.К. Тарасов. Безпека технологічних процесів та обладнання: навч. посіб. / Запор. держ. інж. акад.-я. Запоріжжя: ЗДІА, 2005. 117 с.
26. Г.Б. Кожемякін. Охорона праці та техногенна безпека: метод. вказів./ Запор. держ. інж. акад.-я. Запоріжжя: ЗДІА, 2011. 25 с.
27. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проєктів: навч. посіб/ за заг. ред.: В.В. Сафонова, Київ: Основа, 2000. 336 с.
28. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. Москва: Энергоиздат, 1984. 448 с.
29. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1. Вентиляция и кондиционирование: под ред. И.Г. Староверова. Москва: Стройиздат, 1990. 246 с.