

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»  
Спеціальність – 194 Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології  
Освітньо-професійна програма «Гідромеліорація»

Затверджую:  
Завідувач кафедри цивільної інженерії,  
технологій будівництва і захисту довкілля  
д.т.н., професор \_\_\_\_\_ В. Є. Волкова  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему:  
«ОБҐРУНТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ З  
РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА П'ЯТИХАТКИ»

Виконав здобувач вищої освіти  
2 курсу, групи МгГТБ-1-24

\_\_\_\_\_ Артур НЕКЛЕСА  
(підпис)

Керівник

\_\_\_\_\_ Геннадій ГАПЧ  
(підпис)

Дніпро 2025

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»  
Спеціальність – 194 Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології  
Освітньо-професійна програма «Гідромеліорація»

Затверджую:  
Завідувач кафедри цивільної інженерії,  
технологій будівництва і захисту довкілля  
д.т.н., професор \_\_\_\_\_ В. Є. Волкова  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

### ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу вищої освіти

Артуру Андрійовичу Неклесі

(прізвище, ім'я, по батькові)

1) Тема роботи: «обґрунтування організаційно-технологічних заходів з реконструкції очисних споруд міста П'ятихатки» затверджена наказом ректора від «10» жовтня 2025 р. №3035.

2) Термін здачі закінченої роботи: «23» грудня 2025 р.

3) Вихідні дані до роботи: технологічна схема роботи очисних споруд міста П'ятихатки.

4) Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1) Характеристика району досліджень та огляд літератури за темою кваліфікаційної роботи; 2) Сучасний стан очисних споруд в місті П'ятихатки та обґрунтування технології очисти стічних вод; 3) Розрахунки обсягів будівельно-монтажних робіт при реконструкції очисних споруд міста П'ятихатки; 4) Технологія виконання робіт при реконструкції очисних споруд; 5) Організація будівельного виробництва; 6) Техніко-економічне обґрунтування проекту реконструкції очисних споруд міста П'ятихатки; 7) Оцінка впливу на навколишнє середовище при проведенні реконструкції очисних споруд; 8) Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; Вступ, Висновки, Список використаної літератури.

5) Перелік графічного матеріалу: презентація кваліфікаційної роботи у програмному середовищі Microsoft PowerPoint.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ (Геннадій ГАПЧ)  
(підпис)

Завдання прийняла до виконання \_\_\_\_\_ (Артур НЕКЛЕСА)  
(підпис)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика району досліджень та огляд літератури за темою кваліфікаційної роботи	жовтень 2025 р.	
2	Сучасний стан очисних споруд в місті П'ятихатки та обґрунтування технології очисти стічних вод	жовтень 2025 р.	
3	Розрахунки обсягів будівельно-монтажних робіт при реконструкції очисних споруд міста П'ятихатки	жовтень 2025 р.	
4	Технологія виконання робіт при реконструкції очисних споруд	листопад 2025 р.	
5	Організація будівельного виробництва	листопад 2025 р.	
6	Техніко-економічне обґрунтування проекту реконструкції очисних споруд міста П'ятихатки	листопад 2025 р.	
7	Оцінка впливу на навколишнє середовище при проведенні реконструкції очисних споруд	листопад 2025 р.	
8	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	грудень 2025 р.	
9	Вступ, Висновки, Список використаної літератури	грудень 2025 р.	
10	Підготовка презентації, попередній захист роботи на кафедрі	грудень 2025 р.	

Керівник роботи \_\_\_\_\_ (Геннадій ГАПЧ)  
(підпис)

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ (Артур НЕКЛЕСА)  
(підпис)

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ .....	7
ВСТУП.....	9
1. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....	11
1.1. Загальна характеристика району дослідження.....	11
1.2. Кліматичні умови району.....	12
1.3. Геологічні та гідрогеологічні умови.....	14
1.4. Загальні відомості про очисні споруди .....	19
1.4.1. Споруди для механічної очистки стічних вод.....	22
1.4.2. Споруди для біологічної очистки стічних вод.....	30
2. СУЧАСНИЙ СТАН ОЧИСНИХ СПОРУД В МІСТІ П'ЯТИХАТКИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТИ СТІЧНИХ ВОД .....	36
2.1. Загальна характеристика та існуючий стан очисних споруд....	36
2.2. Розрахункові витрати і характеристика стічних вод.....	37
2.3. Розрахунок споруд для механічної очистки стічних вод....	39
2.3.1. Приймальна камера.....	39
2.3.2. Піскоуловлювачі.....	40
2.3.3. Первинні відстійники.....	41
2.4. Розрахунок споруд біологічної очистки стічних вод.....	42
2.4.1. Аеротенки.....	42
2.4.2. Вторинні відстійники.....	46
2.5. Споруди для обробки накопиченого осаду.....	48
2.5.1. Мулові майданчики.....	48
2.5.2. Піскові майданчики.....	49
2.5.3. Біологічний ставок.....	50
2.6. Компоновка очисних споруд.....	51

3. РОЗРАХУНКИ ОБСЯГІВ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ ПРІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА П'ЯТИХАТКИ	53
3.1. Розрахунок об'ємів земляних і монтажних робіт при заміні технологічних трубопроводів і лотків .....	53
3.2. Розрахунок об'ємів робіт при демонтажу конструкції будівлі недіючих біофільтрів .....	56
3.3. Розрахунок об'ємів монтажних робіт при будівництві аеротенків для біологічної очистки .....	58
4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ ПРІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД .....	62
4.1. Технологія виконання земляних робіт .....	62
4.2. Технологія виконання монтажних робіт при реконструкції очисних споруд .....	66
5. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА .....	69
5.1. Визначення трудомісткості виконання робіт та фонду заробітної плати з реконструкції очисних споруд .....	69
5.2. Обґрунтування складу комплексної бригади будівельників .	75
5.3. Розрахунок потреби та вибір будівельної техніки .....	76
5.4. Проектування польового стану .....	79
5.4.1. Визначення потреби соціально-побутових приміщень ...	79
5.4.2. Визначення потреби складських приміщень .....	81
5.5 Календарне планування будівельних робіт з реконструкції ...	83
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА П'ЯТИХАТКИ .....	86
6.1. Розрахунок кошторисної вартості робіт з реконструкції очисних споруд .....	86

7. ОЦІНКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ПРИ ПРОВЕДЕННІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД .....	87
7.1. Обґрунтування розмірів санітарно-захисних зон та охорона навколишнього середовища .....	87
7.2. Вплив робіт з реконструкції очисних споруд на повітряний простір будівельного майданчика .....	88
7.3. Вплив реконструкції очисних споруд на ґрунтовий покрив ...	92
7.4. Вплив реконструкції очисних споруд на соціальне середовище	93
7.5. Заходи щодо зменшення негативного впливу об'єкта досліджень на стан навколишнього середовища .....	93
8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	95
8.1. Вимоги санітарних норм під час очищення стічних вод з використанням біотехнологій .....	95
8.2. Основні заходи безпеки для робітників підприємства при експлуатації очисних споруд .....	97
ВИСНОВКИ .....	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	101

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» виконана на 103 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, 8 розділів, висновків, списку літератури з 32 джерел на 3 сторінках. У роботі наведено 29 рисунків і 23 таблиці.

Об'єктом дипломної роботи є реконструкція очисних споруд.

Предмет досліджень – технологія та організація робіт з реконструкції очисних споруд.

Метою дослідження є розробка організаційно-технологічних рішень щодо реконструкції та підвищення ефективності роботи очисних споруд міста П'ятихатки Кам'янського району Дніпропетровської області.

З метою реалізації поставленої мети дослідження було послідовно вирішено такий комплекс задач: на першому етапі проведено аналіз актуального технічного стану очисних споруд та якості очистки стічних вод. Після цього розроблені та прийняті інженерно-технологічні рішення, спрямовані на удосконалення та переобладнання об'єкта. Одночасно з цим вивчені передові технології, матеріали та засоби для застосування у реконструкції. Наступним кроком стало обчислення обсягів будівельно-монтажних та земляних робіт, а також розрахунок необхідних трудових і матеріальних ресурсів. Далі було здійснено організаційне планування будівництва, включаючи вибір технології та комплекту будівельної техніки. Важливим елементом стало техніко-економічне обґрунтування процесу реконструкції. Нарешті, виконано оцінювання впливу реконструкції на довкілля, а також опрацьовані питання охорони праці та безпеки при виникненні надзвичайних ситуацій під час робіт.

Методи дослідження: 1) аналітичний – досліджені джерела інформації щодо сучасних технологічних принципів роботи очисних споруд, матеріалів та устаткування; проаналізовані сучасний стан та можливості поліпшення якості очистки стічних вод шляхом реконструкції очисних споруд; 2) розрахунковий – для визначення обсягів будівельно-монтажних робіт, підбору потрібного комплексу машин і механізмів, встановлення техніко-економічних показників процесу реконструкції. Всі види робіт виконані із застосуванням сучасних програмних комплексів та графічних редакторів, а саме: Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point, АВК, AutoCAD.

**Ключові слова:** реконструкція, технологія і організація будівельних робіт, очисні споруди, технологія очистки, стічні води.

## ВСТУП

Актуальність дослідження та виконання кваліфікаційної роботи за обраною тематикою зумовлена необхідністю покращення санітарно-побутових умов та екологічного стану населених пунктів, що безпосередньо залежить від ефективності систем водовідведення. Більшість каналізаційних очисних споруд в Україні, збудованих переважно у 1960–1980-х роках, фізично та морально застаріли. За різними оцінками, мінімум 60–80% об'єктів потребують невідкладної реконструкції або повної заміни через їх технологічну недосконалість. Такий критичний стан створює системну екологічну небезпеку, оскільки застарілі очисні споруди каналізації не здатні забезпечити очищення стічних вод до сучасних нормативних вимог, сприяючи забрудненню та евтрофікації водойм, погіршенню екологічного стану річок, а також зростанню загрози спалаху інфекційних захворювань серед населення. Вирішення цієї проблеми є стратегічним кроком у забезпеченні екологічної стійкості країни та сприяє виконанню Цілі Сталого Розвитку ООН №6 – «Забезпечення доступу до чистих джерел води та санітарії для всіх». Конкретним підтвердженням критичної ситуації є стан очисних споруд м. П'ятихатки, які були побудовані у 1972 році, зношені мінімум на 80% та перебувають в аварійному стані, що спричинило витік неочищених каналізаційних стоків у річку Саксагань (де знаходиться питний водозабір), і гостро ставить проблему екологічної та санітарної безпеки для 18 тисяч жителів.

Таким чином, важливим і актуальним є питання реконструкції та удосконалення існуючих очисних споруд. Об'єктом даної дипломної роботи є процес реконструкції очисних споруд та дослідження шляхів підвищення ефективності їхньої роботи.

Предметом досліджень виступає технологія та організація робіт з реконструкції очисних споруд, зокрема, комплекс очисних споруд м. П'ятихатки Дніпропетровської області.

Метою дослідження є розробка організаційно-технологічних рішень щодо реконструкції та підвищення ефективності роботи очисних споруд.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступний ряд задач: проаналізовано сучасний технічний стан та якість очистки стічних вод; прийнято інженерно-технологічні рішення щодо переобладнання та удосконалення роботи очисних споруд; вивчені сучасні технології, матеріали та засоби; розраховані обсяги будівельно-монтажних та земляних робіт, затрати трудових та матеріальних ресурсів; виконано організаційне планування будівництва, прийнято технологію та комплект будівельної техніки; проведено техніко-економічне обґрунтування; виконано оцінювання впливу процесу реконструкції на стан довкілля; розглянуті питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

## 1.1. Загальна характеристика району дослідження

П'ятихатський район розташований у північно-західній частині Дніпропетровської області, в межах Придніпровської височини. Його рельєф полого-хвилястий, являє собою лісову рівнину, розсічену ярами та балками. Районний центр, місто П'ятихатки, знаходиться за 90 км на південний захід від Дніпропетровська. Через район протікають річки Жовта, Саксагань та Омельник. Розташування об'єкту дослідження наведено на рис. 1.1.

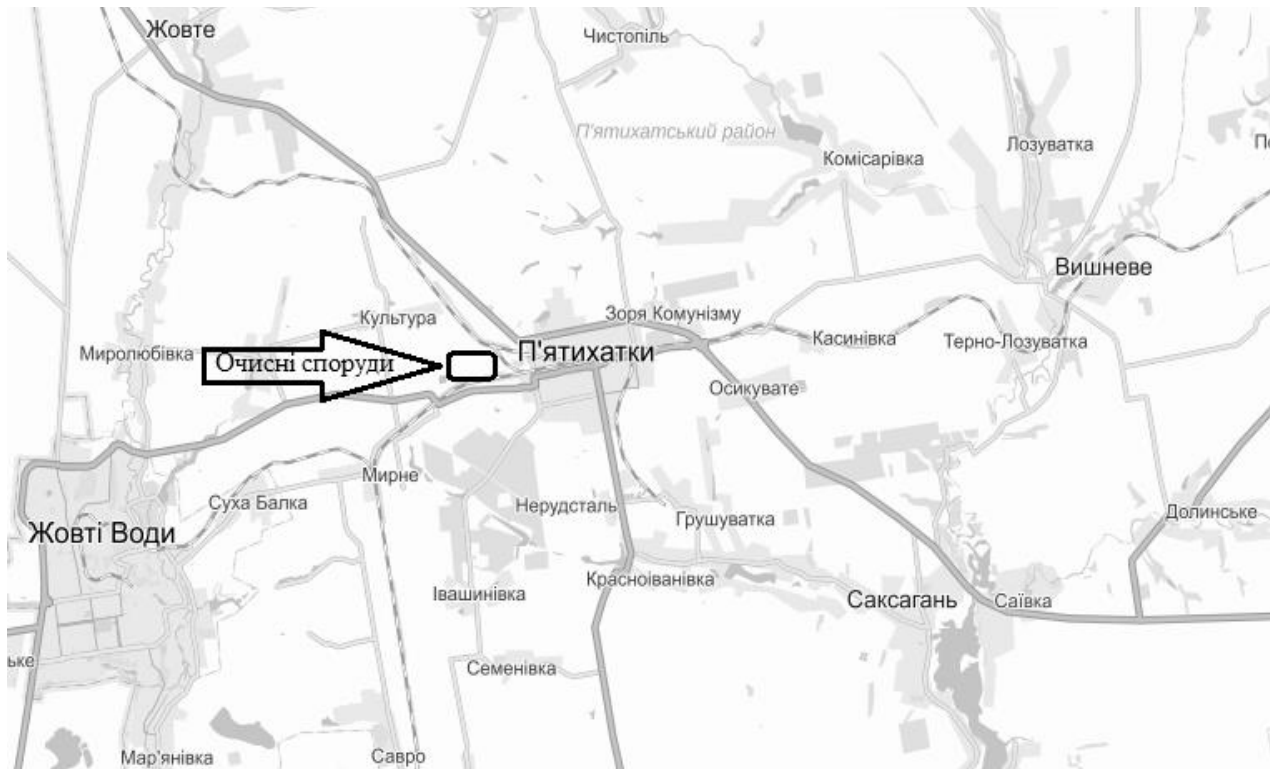


Рисунок 1.1 – Схема розташування об'єкту дослідження

## 1.2. Кліматичні умови району

Клімат досліджуваної території є помірно-континентальним і характеризується жарким та посушливим літом і відносно не холодною зимою [15]. Згідно з багаторічними даними метеостанції Комісарівка (Таблиця 1.1), середньорічна температура повітря в районі очисних споруд становить  $+8,8^{\circ}\text{C}$ . Максимальна середньомісячна температура, зафіксована у липні-серпні, сягає  $+21,4^{\circ}\text{C}$ , тоді як мінімальна (у січні) складає  $-7,7^{\circ}\text{C}$  [12]. Варто зазначити, що у квітні та травні можливі також короткотривалі періоди з від'ємними температурами.

Таблиця 1.1 – Середньомісячна і річна температура повітря [12]

Метеостанція	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Рік
Комісарівка	-7,7	-7,2	-2	10,4	16,5	19,8	21,4	21	16,2	7,2	0,2	-5	8,8

Перехід середньодобових температур повітря через ключові позначки відбувається у такі середні дати (Таблиця 1.2) [12]: 1) весною перехід через  $0^{\circ}\text{C}$  до плюсових значень фіксується 14 березня, через  $+5^{\circ}\text{C}$  – 2 квітня; осінню перехід через  $+5^{\circ}\text{C}$  відбувається 31 жовтня, а через  $0^{\circ}\text{C}$  до мінусових значень – 26 листопада.

Середня багаторічна сума ефективних температур (вище  $+10^{\circ}\text{C}$ ) складає  $1385^{\circ}$ . Середньорічна сума опадів дорівнює 442 мм (Таблиця 1.3) [11], з яких 264 мм припадає на теплий сезон, і 178 мм – на холодний. Глибина промерзання ґрунтів у середньому становить 0,5 м, досягаючи максимуму в 1,0 м.

Таблиця 1.2 – Дати останнього та першого приморозку за даними метеостанції Комісарівка [12]

Дата	Сама рання	Середня	Сама пізня
останнього приморозку	24. 03	12. 01	10. 05
першого приморозку	25. 09	20. 10	20. 11

Безморозний період триває 170 днів. У посушливі роки сума опадів може значно знижуватися: до 358 мм при 75% забезпеченості та до 292 мм при 95% забезпеченості.

Вологозабезпеченість ґрунту на посівах озимої пшениці до початку вегетації є мінливою і складає від 32 до 153 мм у метровому шарі.

Сніговий покрив є нестійким, а терміни його формування та зникнення варіюються. Хоча перший сніг нерідко випадає на початку грудня і швидко тане, стійкий покрив формується в середньому 20 грудня. Він зберігається близько 80 днів, і сніготанення зазвичай починається на початку березня. Висота снігового покриву при цьому є дуже нерівномірною.

Таблиця 1.3 – Середня кількість опадів (мм) за даними МС Комісарівка [11]

Місяць														Рік
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	11-03	04-10	
36	32	30	26	37,2	50	51	40	25	31	19	35	152	260,2	412,2

Вологість повітря залежить від регіональних циркуляційних процесів та особливостей підстилаючої поверхні і характеризується як абсолютною, так і відносною вологістю.

Річний хід абсолютної вологості є чітко вираженим. Мінімальні значення спостерігаються в зимовий період і становлять лише 4-5 мб (Таблиця 1.4) [11]. Навесні (у березні) абсолютна вологість починає зростати, досягаючи свого максимуму влітку — у липні (14-15 мб). У середньому за рік абсолютна вологість повітря складає 8,9 мб.

Таблиця 1.4 – Середньомісячний і річний дефіцити вологості повітря за даними метеостанції Комісарівка [11]

Місяць												Рік
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
0,2	0,3	0,7	5,4	8,2	10	10,9	11,1	7,7	2,6	0,8	0,3	4,8

Відносна вологість має зворотну динаміку протягом року, досягаючи піку в зимовий період 84-89% і мінімальних значень у літній період 57-58%. Середньорічний рівень відносної вологості становить 73%.

Вітровий режим характеризується високою мінливістю напрямків. Сезонні зміни напрямку вітру чітко корелюють із загальною циркуляцією атмосфери: в теплий період домінують вітри північно-західного напрямку, тоді як у холодний період – південно-східного та південного.

Ранньою весною – ризик виникнення пилових бур [3], особливо за відсутності снігового покриву та недостатньої густини травостою.

Швидкість вітру в середньому за багаторічними даними складає 3,7 м/с. Найбільш інтенсивні швидкості спостерігаються в січні-березні 4,7-7,8 м/с), а найменші – у серпні-вересні 3,0-3,1 м/с). У середньому 14,4 дні на рік фіксуються сильні вітри (понад 15 м/с), з історичним максимумом до 26 днів на рік [14]. Вітри зі швидкістю 20 м/с спостерігаються щорічно, а вітри швидкістю до 28 м/с мають імовірність повторення один раз на 20 років.

### 1.3. Геологічні та гідрогеологічні умови

Ділянка досліджень класифікується як частина Інгулецького підрайону Східнопридніпровського гідрогеологічного району (рис. 1.2). Цей район розташований на південно-східних відрогах Придніпровської височини та охоплює центральну і південно-східну частини Українського щита [9].

Фундамент тут представлений неглибоко залягаючими докембрійськими кристалічними породами, які перекриті тонким шаром осадових відкладів (крейдові, палеогенові, неогенові та четвертинні).

Геологічний розріз є неоднорідним. На підвищених ділянках (плато) – неогенові та палеогенові шари можуть бути відсутні, і тоді червоно-бурі глини та четвертинні суглинки лежать прямо на корі вивітрювання кристалічного фундаменту. На понижених ділянках – спостерігається повний комплекс кайнозойських відкладів.

Четвертинні відклади включають еолово-делювіальні лесовидні суглинки або озерно-льодовикові, льодовикові та водно-льодовикові утворення. Долини річок заповнені піщано-суглинковими, а заплави – алювіальними піщаними породами, часто з галькою у місцях виходів кристалічних порід.

Незважаючи на те, що геологічні, геоморфологічні та кліматичні умови не сприяють формуванню значних запасів підземних вод (особливо на півдні), тут розвинені водоносні горизонти як в осадових породах кайнозою, так і у тріщинуватих кристалічних породах фундаменту. Головним джерелом живлення цих вод є атмосферні опади, які просочуються через вододільні ділянки. Живлення неогенових і палеогенових горизонтів у депресіях фундаменту відбувається за рахунок тріщинних або напірних тріщинних вод.

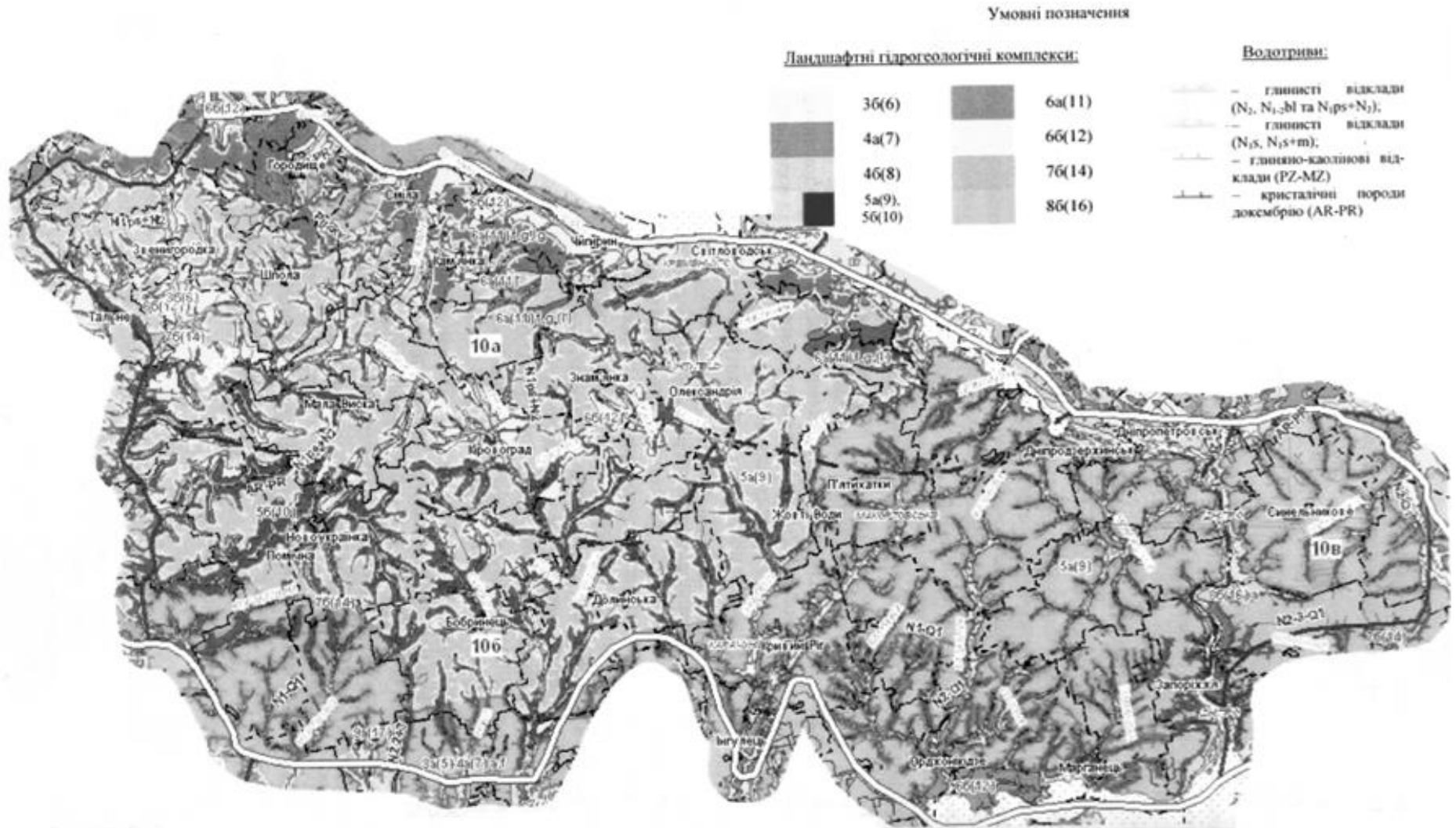


Рисунок 1.2 – Східнопридніпровський гідрогеологічний район [9].

Води в алювіальних відкладах поповнюються за рахунок поверхневого стоку під час весняних розливів та інтенсивних літніх/осінніх дощів, при цьому рух підземних вод спрямований від вододілів до річкових долин, де відбувається їх дренаж. Води осадочних горизонтів іноді мають гідравлічний зв'язок із тріщинними водами кристалічних порід, проте водоносні горизонти і комплекси в межах території частіше мають невисоку водозбагаченість, через що більша частина району характеризується несприятливими гідрологічними умовами для організації потужного централізованого водопостачання [9]. Низька забезпеченість підземними водами, особливо необхідної якості, зумовлена низкою факторів: переважанням серед кристалічних порід щільних, слабо тріщинуватих утворень, а серед осадочних – глинистих утворень; значною розчленованістю рельєфу глибоко врізаною річковою і балковою сіткою; а також кліматичними чинниками (невелика кількість опадів при високій випаровуваності та поверхневому стоку). За хімічним складом спостерігається чітка гідрохімічна закономірність: ділянки з високою водозабезпеченістю та інтенсивним водообміном мають гідрокарбонатний кальцієво-натрієвий або натрієво-кальцієвий склад; зі сповільненням водообміну води збагачуються на сульфатні, рідше хлоридні іони, що простежується в загальному плані з півдня на північ та від вододілів до річкових долин, пов'язаних із розломними порушеннями. Загалом хімічний склад підземних вод є строкатим, а їх мінералізація коливається від 0,1 до 3,0 г/дм<sup>3</sup> і більше. Тріщинні води докембрійського фундаменту місцями містять аномальний вміст радіоактивних елементів, а ґрунтові води часто мають підвищений вміст аміаку, нітратів та нітритів, що свідчить про високу небезпеку забруднення з поверхні [9].

Східнопридніпровський гідрогеологічний район визначений як зона ґрунтових вод алювіальних, водно-льодовикових і лесових рівнин, а також територія нестійкого зволоження, де живлення ґрунтових вод є переважно сезонним та цілорічним. Найбільш поширеним є водоносний горизонт типу

верховодки у нерозчленованих нижньо- і верхньочетвертинних еолово-делювіальних відкладах (лесовидних суглинках), які майже суцільним покривом вкривають плато, схили і тераси річок. Обводнена частина суглинків, потужністю 2-5 м, залягає переважно у нижній частині, а її водоносність зумовлена вертикальною макропористістю та піщаними прошарками. Водотривким шаром служать більш щільні суглинки, червоно-бурі глини пліоцен-четвертинного віку або пліоценові глини, місцями суглинки залягають безпосередньо на кристалічних породах. Глибина залягання горизонту в середньому становить 2-8 м (максимум до 33 м), причому на вододілах вона часто менша, ніж у придолинних ділянках. Поверхня дзеркала ґрунтових вод є вільною, але водозбагаченість надто низька; фільтраційні властивості суглинків слабкі (коефіцієнт фільтрації змінюється від 0,06 до 0,6 м/добу). Продуктивність свердловин не перевищує 0,26 л/с, а добовий водовідбір з колодязів становить 0,1-3 м<sup>3</sup>, при цьому більшість з них улітку пересихає [9]. Якість води різна: мінералізація коливається від 0,2 до 13,0 г/дм<sup>3</sup> (переважає 2-5 г/дм<sup>3</sup>), а хімічний склад переважно сульфатно-гідрокарбонатний або сульфатно-хлоридний кальцієво-магнієвий. Води жорсткі (загальна жорсткість 3–90 мг·екв, середня 10–20 мг·екв), схильні до забруднення.

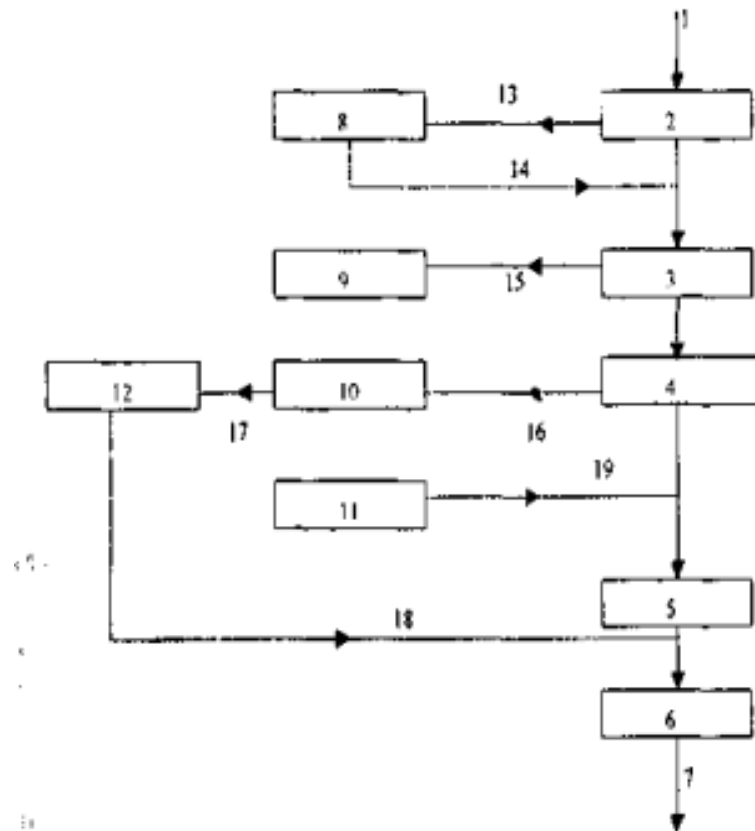
У зв'язку з низькою водозбагаченістю горизонту у четвертинних відкладах, розглядається можливість використання підземних вод тріщинуватих кристалічних порід докембрію. Ці води, що мають повсюдне поширення і віднесені до верхньої тріщинуватої зони кристалічних порід (гнейси, граніти, мігматити та ін.), циркулюють на глибині 100–150 м і утворюють єдину гідравлічно пов'язану систему. Кристалічні породи перекриті корою вивітрювання (жорства, первинні каоліни), яка, маючи потужність до 28 м, виконує функцію місцевих водотривів. Глибина залягання тріщинних вод, зумовлена рельєфом та гіпсометрією фундаменту, становить до 61 м на плато [9]. Ці води є напірними (напір до 20 м, обумовлений високим положенням областей живлення та наявністю

водотривких каолінів), а їх водозбагаченість залежить від складу порід, причому найбільш водозбагаченими є породи гнейсової серії. Дебіти свердловин значно вищі – від 7 до 16 л/с, питомі дебіти 0,4–0,7 л/с. Води прісні (мінералізація до 1,0 г/дм<sup>3</sup>), переважно гідрокарбонатно-сульфатні кальцієво-магнієві, із загальною жорсткістю 6–20 мг·екв [9]. З огляду на це, води тріщинуватої зони кристалічних порід відіграють значну роль у водопостачанні, використовуючись для централізованого постачання невеликих об'єктів за допомогою поодиноких свердловин [13], тоді як водоносний горизонт типу верховодки використовується переважно для господарсько-побутових потреб через шахтні колодязі.

#### 1.4. Загальні відомості про очисні споруди

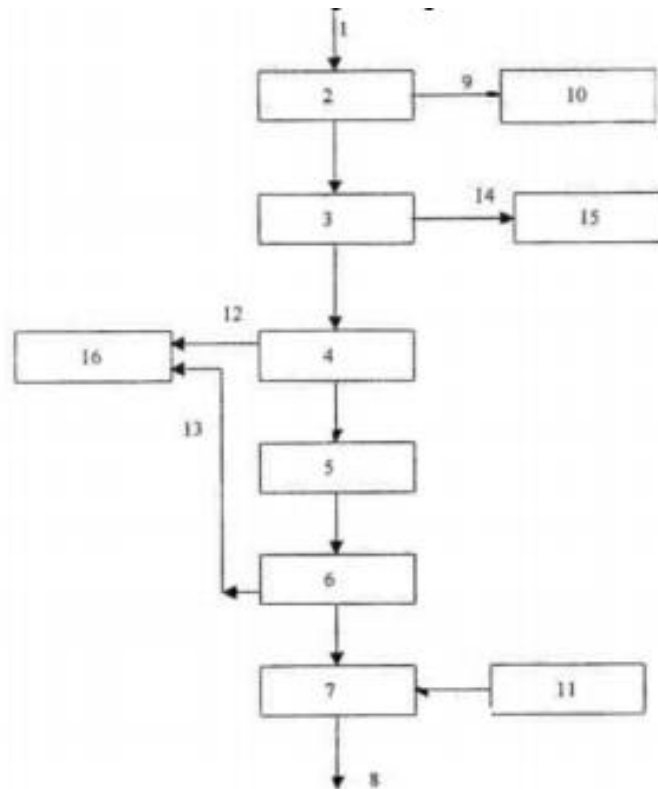
Очисні споруди – це комплекс інженерних об'єктів у системі каналізації, призначений для очищення, знешкодження та знезараження стічних вод [16]. До складу цих споруд входять ґрати-дробарки, піско-, нафто-, жиро- та масловловлювачі, а також відстійники, аеротенки, біофільтри, септики і метантенки. За допомогою цього комплексу здійснюється обробка стічних вод з метою видалення або руйнування певних речовин, що перешкоджають їх безпечному скиданню у водні об'єкти відповідно до законодавства або повторному використанню у виробничому водопостачанні. Методи та способи очищення обираються залежно від вхідних параметрів забруднених вод та необхідного ступеня очистки. Традиційно для очищення побутових стічних вод застосовують двоступінчасту схему, яка включає механічну і біохімічну очистку. Сама очисна станція являє собою складний комплекс споруд, пристроїв і комунікацій, призначених як для очищення стічних вод і обробки осадів, так і для допоміжних об'єктів, необхідних для управління процесами, забезпечення енергією, теплом, матеріалами, та створення умов для роботи персоналу [16].

Обробку міських стічних вод (що є сумішшю побутових і промислових) зазвичай проводять у наступній послідовності: спершу відбувається механічне очищення на ґратах, у піскоуловлювачах та первинних відстійниках; далі – біологічне очищення в аеротенках або біофільтрах і вторинних відстійниках; після цього здійснюється знезараження і випуск очищеної води у водойму або її спрямування на повторне використання у промисловості чи сільському господарстві. Обробку осаду можна проводити у метантенках з подальшим зневодненням і термічною сушкою на мулових майданчиках або у мулових ставках. Комплекс споруд для очищення стічних вод і обробки осадів, розміщений у певній технологічній послідовності, називають технологічною схемою (принципові схеми роботи очисних споруд наведені на рис. 1.3 – 1.4).



1 – стічна вода; 2 – ґрати; 3 – піскоуловлювачі; 4 – відстійники; 5 – змішувачі; 6 – контактний резервуар; 7 – випуск; 8 – дробарки; 9 – піскові майданчики; 10 – метантенки; 11 – хлораторна; 12 – мулові майданчики; 13 – сміття, затримане ґратами; 14 – пульпа; 15 – піщана пульпа; 16 – сирий осад; 17 – зброжений осад; 18 – дренажна вода; 19 – хлорна вода

Рисунок 1.3 – Технологічна схема очисної станції з механічним очищенням стічних вод [1]



1 – стічна вода; 2 – ґрати; 3 – піскоуловлювачі; 4 – відстійники; 5 – змішувачі; 6 – контактний резервуар; 7 – випуск; 8 – дробарки; 9 – піскові майданчики; 10 – метантенки; 11 – хлораторна; 12 – мулові майданчики; 13 – сміття, затримане ґратами; 14 – пульпа; 15 – піщана пульпа; 16 – сирий осад; 17 – зброджений осад; 18 – дренажна вода; 19 – хлорна вода

Рисунок 1.4 – Технологічна схема очисної станції з біологічним очищенням стічних вод на біофільтрах [1]

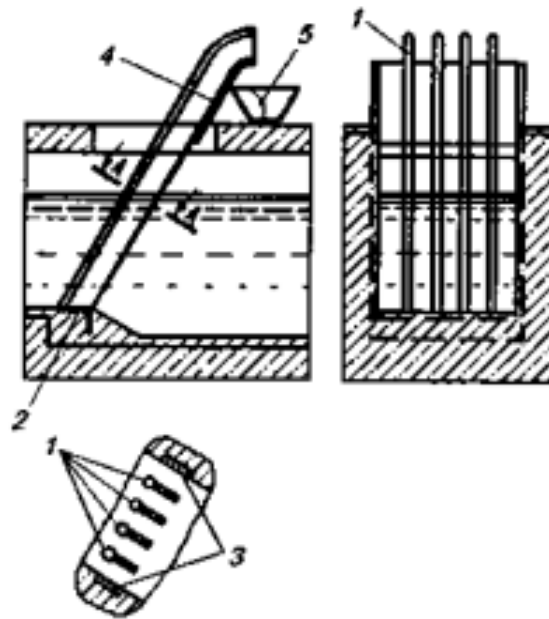
Технологічна схема очищення стічних вод зазвичай включає споруди механічної та біологічної очистки, доочищення, знезаражування стічних вод, а також обробки осадів. Вибір оптимальної технологічної схеми здійснюється відповідно до норм проектування окремих споруд і техніко-економічних розрахунків, залежно від цілого ряду ключових факторів [7]. До них належать: склад та властивості стічних вод; необхідний ступінь очищення; продуктивність очисної станції та концентрація забруднень; спосіб подальшого використання очищеної води; потужність водойми, в яку скидаються очищені стічні води; обраний метод утилізації утворених осадів; а також місцеві умови (геологія, рівень ґрунтових вод, рельєф, розміри майданчика та санітарно-захисної зони, комунікації). Розрахунок

необхідного ступеня очищення визначає ефект затримки забруднюючих речовин, який має бути досягнутий. Тип, розміри та кількість очисних споруд приймаються та розраховуються згідно з вимогами чинних будівельних норм [5], тоді як технологія обробки осадів, що утворюються в процесі очищення, визначається залежно від їх властивостей, обсягів та наявності площі для розміщення. Хоча наведені принципові технологічні схеми є поширеними як у вітчизняній, так і в закордонній практиці, існують також станції, що працюють за зміненими (модифікованими) схемами.

#### 1.4.1. Споруди для механічної очистки стічних вод

Механічне очищення стічних вод є першим етапом якісного очищення, яке застосовується перед скиданням вод у центральну каналізаційну мережу або безпосередньо у водойму. Сутність цього методу полягає у фільтрації стічних вод перед їх біологічною обробкою. В цілому, механічне очищення застосовується переважно для видалення поверхневих та грубих типів забруднень. Грубі частки уловлюються спеціальними ґратами та каналізаційними септиками різних конструкцій, тоді як поверхневі забруднення (наприклад, нафта, бензин, мастила) затримуються нафто-, бензо- і масло- вловлювачами [4]. До споруд механічного очищення належать робочі відстійники, флотаційні та фільтраційні установки. Хоча механічна очистка є найпростішим та найдешевшим способом підготовки стічних вод, її необхідно поєднувати з іншими видами очищення для досягнення нормативних показників якості. Метод механічного очищення є самодостатнім лише тоді, коли освітлені після нього води можуть бути використані в технологічних процесах виробництва або дозволені до спуску у водойми відповідно до екологічних норм. Для реалізації механічного методу застосовують спеціальні пристрої: решітки, решітки-дробарки, пісколовки та первинні відстійники. Решітки, найпростішими за

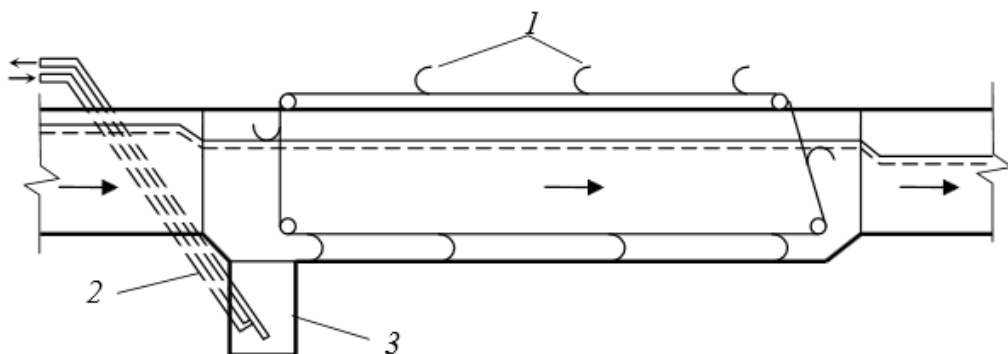
конструкцією з яких є пристрої з ручним очищенням (рис.1.5), зазвичай встановлюють на вході очисних споруд для видалення великого сміття.



1 – стержні; 2 – поперечина; 3 – бокові смуги; 4 – сталевий лист; 5 – корито

Рисунок 1.5 – Ґрати з ручним очищенням [1]

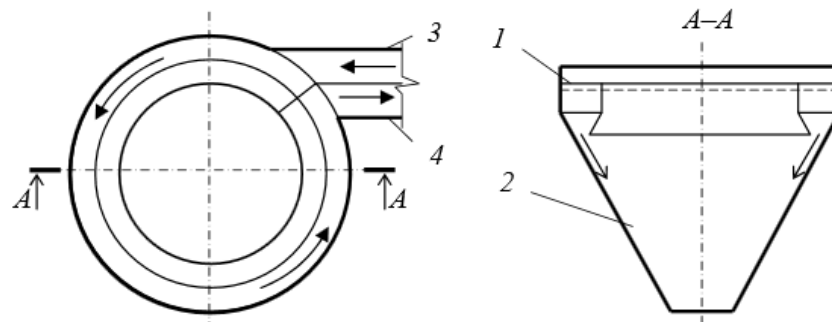
Пісколовки використовуються для виділення зі стічних вод крупнодисперсних частинок (піску). Ці споруди мають різне конструктивне виконання, поділяючись на горизонтальні та вертикальні. Найпростішими є горизонтальні пісколовки, які являють собою резервуар зі спеціально розрахованим поперечним перерізом, призначеним для ефективного очищення (рис. 1.6). Вибір конкретної будови пісколовки та її розмірів безпосередньо залежить від кількості стічних вод, що підлягають очищенню.



1 – ланцюговий скребковий механізм; 2 – гідроелеватор; 3 – бункер

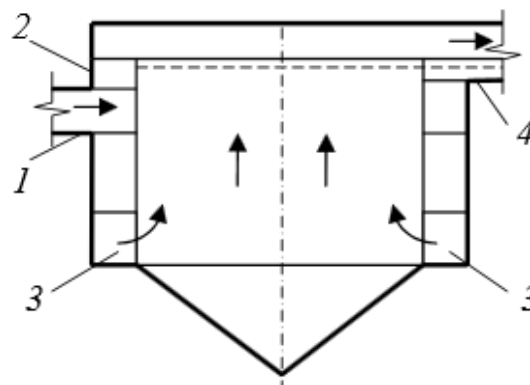
Рисунок 1.6 – Горизонтальна пісколовка [1].

Різновидом горизонтального типу пісковловлювачів є пісколовка з круговим рухом рідини. Вона являє собою круглий резервуар конічної форми з периферійним лотком, через який протікає стічна вода (Рис. 1.7). Осад ефективно уловлюється і провалюється через спеціальну щілину в осадову частину, звідки його вивантажують за допомогою гідроелеватора [4]. На відміну від горизонтальних, вертикальні пісколовки використовують у напівроздільних системах та на станціях очистки поверхневих вод, оскільки вони зручні для накопичення значних об'ємів осаду [4]. Вертикальні пісколовки мають циліндричну форму з підведенням води по дотичній з двох сторін, а відведення відбувається через кільцевий лоток (Рис. 1.8). Розроблено типові проекти піскоуловлювачів з коловим рухом води з продуктивністю 1,4-64 тис. м<sup>3</sup>/добу і діаметром 4 та 6 м. Гідравлічна крупність затриманого піску в таких спорудах становить 18-24 мм/с.



1 – кільцевий жолоб; 2 – осадочний конус; 3 – підвідний канал; відвідний канал

Рисунок 1.7 – Горизонтальна пісколовка з круговим рухом води [1]



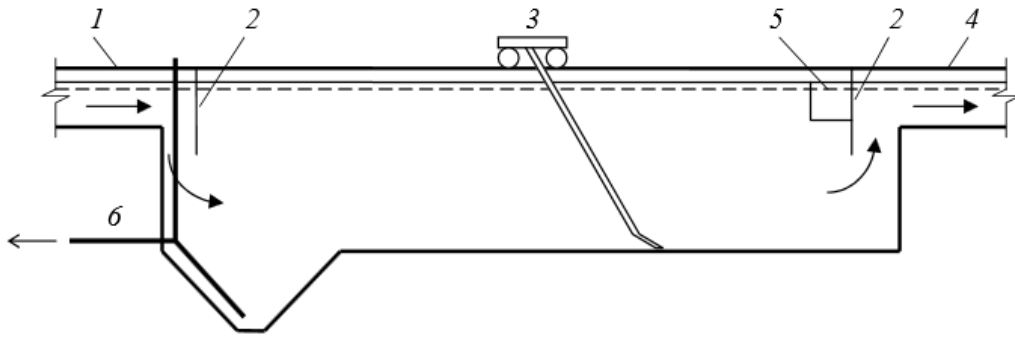
1 – підвідний канал; 2 – кільцевий лоток для збору осаду;  
3 – подача води в робочу зону; 4 – відвідний канал

Рисунок 1.8 – Вертикальна пісколовка з круговим рухом [1]

Окрім описаних, існують також пісколовки тангенціального та аерованого типів. Вони застосовуються на очисних спорудах зі значною витратою води, тому мають обмежене використання у системах очистки стічних вод невеликих міст та селищ. Після проходження піскоуловлювачів стічні води надходять на етап відстоювання, який є найпростішим, найменш енергоємним і найдешевшим методом очищення. Відстійники призначені для видалення грубодисперсних домішок, які осідають на дно або спливають на поверхню під дією гравітаційної сили.

У системі очисної станції відстійники класифікують за призначенням на первинні та вторинні. Первинні відстійники розташовуються безпосередньо за піскоуловлювачами і призначені для освітлення стічних вод, що пройшли ґрати й піскоуловлювачі; при достатньому ефекті прояснення 40–60% вони також забезпечують зниження величини БПК на 20–40% від вихідного значення. Вторинні відстійники використовуються для освітлення вод після біохімічного очищення в аеротенках або біофільтрах, відокремлюючи мулову суміш або надлишкову біоплівку. Також існують третинні відстійники, призначені для освітлення біологічно очищених стічних вод після їх обробки коагулянтами.

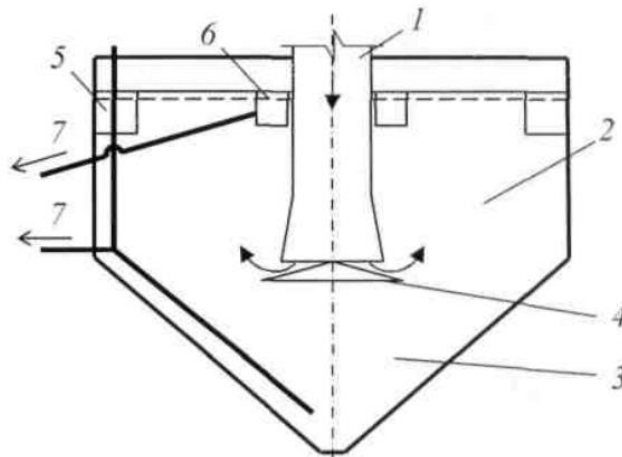
За конструктивними особливостями та напрямом руху води відстійники поділяють на горизонтальні, вертикальні та радіальні. Вибір типу відстійника залежить від прийнятої технологічної схеми, потужності споруд, черговості будівництва, рельєфу, геологічних умов та рівня ґрунтових вод. Горизонтальні відстійники застосовують при продуктивності станції 15000–100000 м<sup>3</sup>/добу (рис. 1.9), являючи собою прямокутні резервуари, розділені повздовжніми перегородками. Радіальні відстійники використовуються при потужності понад 20000 м<sup>3</sup>/добу, а вертикальні – до 20000 м<sup>3</sup>/добу.



1 – підвідний лоток; 2 – напівзанурена дошка; 3 – скребковий візок; 4 – відвідний лоток;  
5 – жиро збірний лоток; 6 – видалення осаду

Рисунок 1.9 – Горизонтальний відстійник [1]

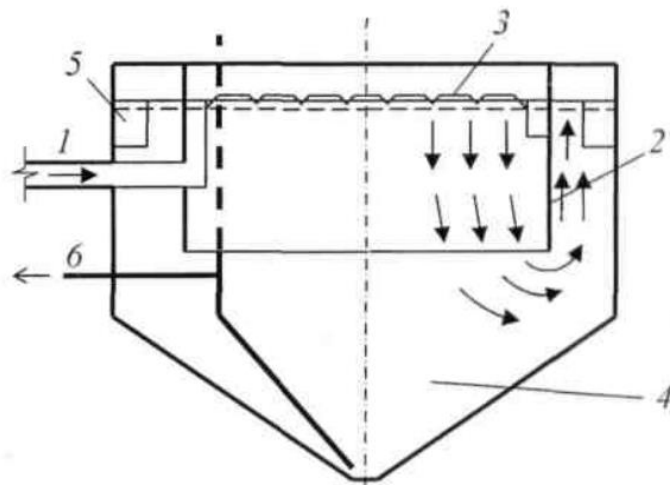
У горизонтальних відстійниках осад, що випадає, переміщується скребковим механізмом до приямків, розташованих на вході, звідки він самопливом під гідростатичним тиском відводиться у трубопровід. Нафтопродукти та жирові речовини, які спливають на поверхню, збираються у жирозбірний лоток, розміщений у кінці споруди, і також самопливом відводяться на перекачування. Вертикальні відстійники застосовуються на очисних спорудах продуктивністю 2-20 тис. м<sup>3</sup>/добу і являють собою круглі резервуари з конічним днищем, де потік проясненої води рухається у вертикальному напрямку. Існують різні конструкції вертикальних відстійників: із центральним впуском води, з нисхідно-висхідним рухом води та з периферійним впуском. У відстійниках із центральним впуском (рис. 1.10) стічна вода опускається вниз центральною розтрубною трубою, відбивається від конусного щита і надходить у зону прояснення. Тут відбувається флокуляція, і частки, гідралічна крупність яких перевищує швидкість висхідного вертикального потоку (0,5-0,7 мм/с для міських стічних вод), осідають. Прояснена вода збирається периферійним збірним лотком, а спливаючі жирові речовини – кільцевим лотком. Варто зазначити, що ефект прояснення у таких вертикальних відстійниках є невисоким і становить не більше 40%.



1 – центральна труба; 2 – зона відстоювання; 3 – осадочна частина; 4 – відбивний щит;  
5 – периферійний збірний лоток; 6 – кільцевий лоток; 7 – видалення осаду

Рисунок 1.10 – Вертикальний відстійник із центральним впуском [1]

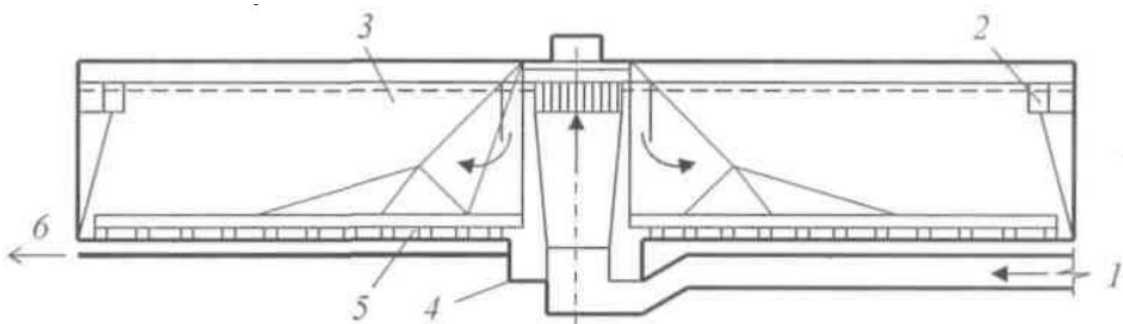
Вертикальні відстійники з нисхідно-висхідним рухом води (рис. 1.11) вважаються більш досконалими. У цій конструкції стічна вода спочатку надходить у центральну частину відстійника, а потім через зубчастий водозлив рівномірно розподіляється по всій площі зони прояснення, де починається її низхідний рух. Основна частина завислих речовин встигає осісти ще до того, як вода потрапляє у кільцеву зону. У цій кільцевій зоні відбувається остаточне прояснення води перед її збором периферійним лотком. Завдяки цій схемі руху, ефект посвітління у таких відстійниках значно вищий і становить 60–65%.



1 – трубопровід, що подає; 2 – кільцева перегородка; 3 – зубчастий водозлив;  
4 – осадочна частина; 5 – периферійний збірний лоток; 6 – видалення осаду

Рисунок 1.11 – Вертикальний відстійник з нисхідно-висхідним потоком [1]

Для очищення стічних вод населених пунктів широко застосовуються радіальні відстійники із центральною або периферійною подачею стічних вод [4]. Особливо популярними на станціях очищення побутових стоків стали радіальні відстійники з центральною подачею: ці резервуари мають круглу в плані форму, де стічна вода подається у центр і рухається радіально від центра до периферії (рис. 1.12). Їх улаштовують із випуском води знизу або зверху; у будь-якому випадку, вода надходить по центральній трубі, а прояснена вода зливається у круговий жолоб на периферії, звідки відводиться трубами чи лотками. Важливою особливістю є те, що швидкість руху рідини поступово зменшується від максимального значення у центрі до мінімального на периферії. Осад, який осідає на дно, згрібається до центру за допомогою скребоків, закріплених на рухливій фермі, і надходить у приямок, з якого він відкачується плунжерними насосами або видаляється під гідростатичним тиском води.

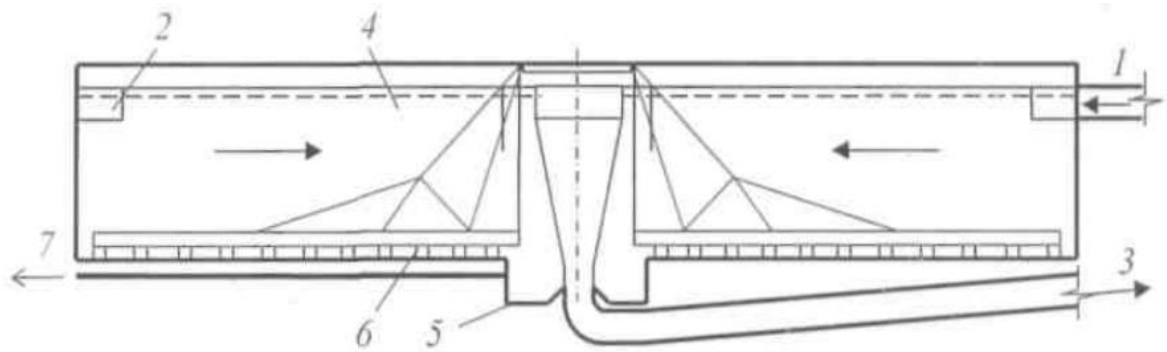


1 – подача стічної води; 2 – збірний лоток; 3 – відстійна зона; 4 – муловий приямок;  
5 – скребковий механізм; 6 – видалення осаду

Рисунок 1.12 – Радіальний первинний відстійник [1]

Розроблені типові проекти радіальних відстійників, що мають діаметр від 18 до 54 м, дозволяють їх застосування на очисних станціях практично будь-якої пропускної здатності, починаючи від 20 тис. м<sup>3</sup>/добу. Застосування радіальних відстійників з периферійною подачею (рис. 1.13) дає змогу скоротити час перебування стічних вод у споруді при збереженні необхідної ефективності затримання завислих речовин. Розподільний пристрій у таких

відстійниках виконується у вигляді периферійного лотка з отворами у дні або з зубчатим водозливом та напівзануреною перегородкою. Цей лоток має змінний переріз по довжині, що забезпечує рівномірний розподіл витрати стічних вод. Стічна вода спочатку надходить у водорозподільний жолоб, розташований на периферії, звідки спрямовується до центральної зони, а потім – до водовідвідного кільцевого жолоба. Завдяки цій схемі рух води стає більш рівномірним по всьому живому перерізу відстійника, при цьому місцеві завихрення практично відсутні. Осад, що випав на дно, згрібається до напрямка скребковим механізмом і по муловій трубі направляється на подальшу обробку [4].



1 – подача стічної води; 2 – водорозподільний жолоб; 3 – відвідний трубопровід;  
4 – відстійна зона; 5 – муловий прямок; 6 – скребковий механізм; 7 – видалення осаду

Рисунок 1.13 – Радіальний відстійник з периферійним впуском [1]

Розрахункову витрату стічних вод, що надходять на первинні радіальні відстійники, встановлюють за максимальним годинним припливом.

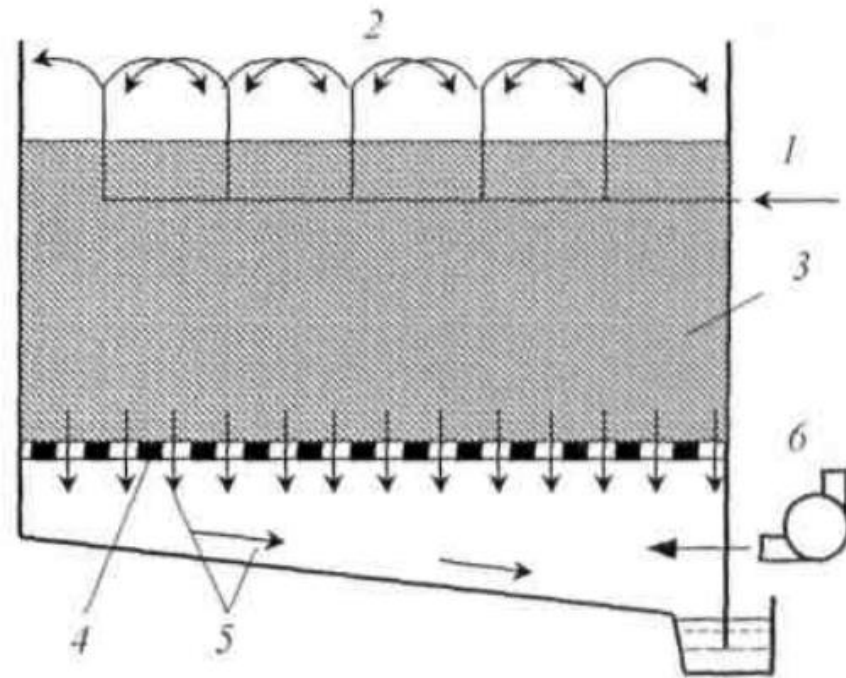
#### 1.4.2. Споруди для біологічної очистки стічних вод

Біологічне очищення стічних вод ґрунтується на здатності різних груп мікроорганізмів руйнувати та використовувати розчинні органічні речовини як джерело живлення та енергії, у результаті чого стічна вода звільняється від цих забруднень [5]. Цей процес може бути реалізований двома основними

методами: в умовах, близьких до природних, або у штучно створених умовах. Природні методи полягають у технічному пристосуванні природних біоценозів ґрунтів чи водойм для біологічного окислення органічних речовин. До таких споруд належать поля фільтрації, поля зрошення (де кисень надходить переважно з повітря) та біоставки (де кисень надходить за рахунок природної аерації чи штучної аерації). Однак, через невисоку інтенсивність природних процесів, велику необхідну площу та кліматичні обмеження, ці методи мають обмежене застосування.

До більш інтенсивних методів аеробного біологічного очищення в штучно створених умовах належать біофільтри та аеротенки. Принцип очищення тут є спільним із природними методами, проте екологічні системи цих споруд суттєво відрізняються завдяки екстремальним умовам існування біоценозів та можливості підтримання оптимальних умов (контроль навантаження органічними речовинами, температури,  $pH$ , концентрації розчиненого кисню), що забезпечує високу інтенсивність біохімічних процесів [10]. Біофільтр – це споруда, у якій стічна вода фільтрується через завантажувальний матеріал, покритий біологічною плівкою (біоплівкою), утвореною колоніями мікроорганізмів. Конструктивно біофільтр (рис. 1.14–1.15) складається з тіла біофільтра (резервуар з фільтруючим завантаженням), водорозподільного пристрою для рівномірного зрошення поверхні, дренажного пристрою для відведення профільтрованої рідини та повітророзподільного пристрою для подачі повітря.

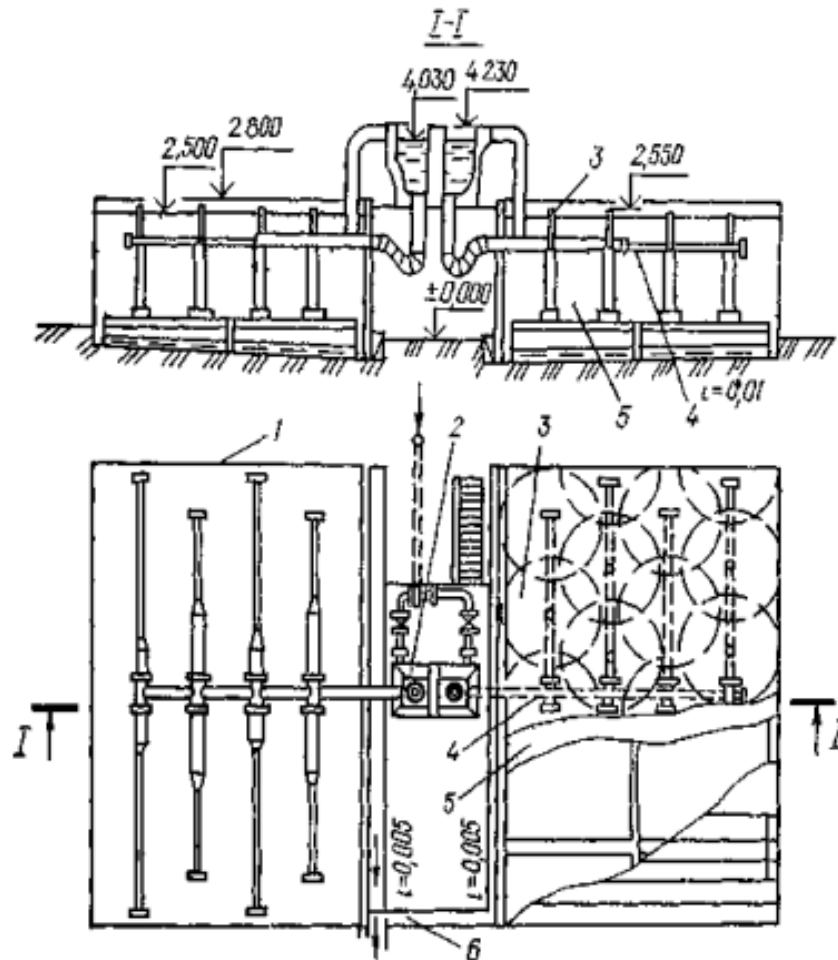
Біофільтри проектують для часткового або повного очищення стічних вод, дозволяючи знизити  $BPK_{повн}$  до 15 мг/л. Як фільтруючий матеріал використовують гравій, гальку, керамзит та різноманітні штучні матеріали. Класифікація біофільтрів здійснюється за багатьма ознаками [1], головними з яких є тип завантаження, спосіб контакту з водою та метод подачі повітря. За ступенем очищення їх поділяють на повне та неповне біологічне очищення (високопродуктивні можуть працювати в обох режимах, а малопродуктивні – лише на повне).



1 – подача стічних вод; 2 – водорозподільний пристрій; 3 – фільтруюче завантаження;  
4 – дренажний пристрій; 5 – очищена стічна вода; 6 – повітророзподільний пристрій

Рисунок 1.14 – Розріз біофільтра [1]

За способом подачі повітря біофільтри бувають зі штучною аерацією (які називають аерофільтрами) та з природною подачею повітря. За режимом роботи їх класифікують на біофільтри з рециркуляцією стічної води (повернення частини очищеної рідини) та без неї; рециркуляція є бажаною або обов'язковою при очищенні концентрованих стоків. За технологічною схемою біофільтри можуть бути одно- та двоступінчастими, причому двоступінчасті застосовують, коли неможливо збільшити висоту споруди, але необхідний вищий ступінь очищення. За пропускну здатністю розрізняють малопродуктивні (краплинні) і великопродуктивні (високонавантажувані) біофільтри. За видом завантажувального матеріалу вони поділяються на біофільтри з об'ємним завантаженням (гравій, керамзит, щебінь тощо) та площинним завантаженням (пластмаси, тканини, азбестоцемент).



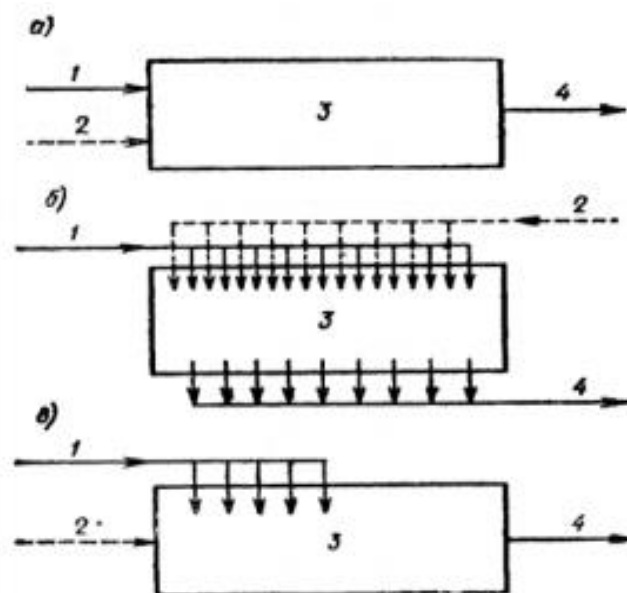
1 – секція біофільтра; 2 – дозуючі баки; 3 – спринклери для зрошування поверхні біофільтра; 4 – розподільний трубопровід; 5 – завантаження фільтра(фільтруючий матеріал); 6 – відведення очищеної стічної води

Рисунок 1.15 – Загальний вигляд біофільтрів [1]

Біофільтри з об'ємним завантаженням класифікують за висотою: краплинні (1,5-2 м), високонавантажувані (2,5-4 м) та баштові (8-16 м). Біофільтри з площинним завантаженням поділяють на споруди з жорстким засипним (керамічні, пластмасові елементи) або блоковим (гофровані чи плоскі листи) завантаженням, а також з м'яким/рулонним завантаженням і заглибні біофільтри, що складаються з пакетів дисків на горизонтальній осі обертання.

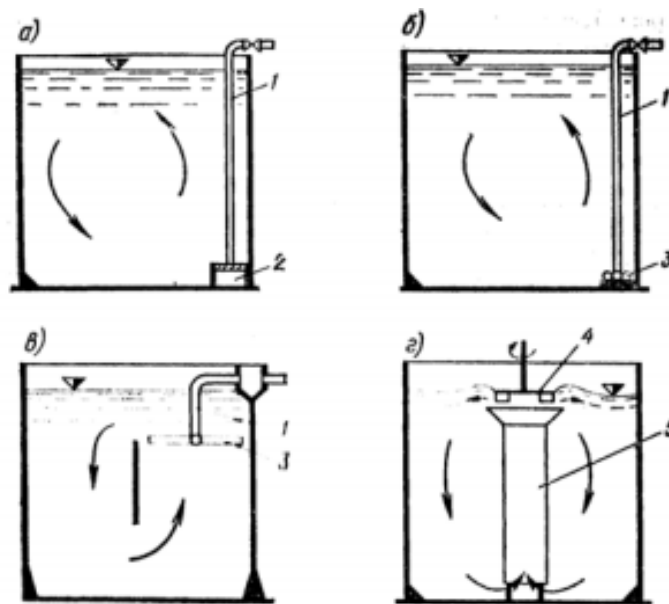
На сучасних очисних станціях аеротенки є найпоширенішими, найбільшими та найбільш енергозатратними спорудами біологічного очищення. Вони забезпечують не тільки видалення основної маси органічних

забруднень, але й очищення від сполук азоту та значної частини сполук фосфору. Аеротенк – це резервуар, у якому повільно рухається суміш активного мулу та стічних вод, при цьому для нормального перебігу процесу біологічного окислення потрібне безперервне надходження кисню [1]. Активний мул – це біоценоз мікроорганізмів-мініралізаторів, здатних сорбувати та окислювати органічні речовини. Основний процес у аеротенку – це біологічне окислювання, тривалість якого для міських стічних вод складає 2–6 год, а для виробничих – 8 год і більше [1]. Аеротенки класифікують за такими основними ознаками [1]: за гідравлічним режимом (аеротенки-витиснювачі, змішувачі, з розосередженим впуском); за способом регенерування активного мулу (з окремою регенерацією або без неї); за навантаженням на активний мул (високонавантажувані, нормально навантажені, низьконавантажувані); за кількістю ступенів (одно-, дво- і багатоступеневі); за типом аерації (пневматична, механічна, комбінована); а також за способом компонування з вторинними відстійниками (окремо розташовані або зблоковані).



а) – аеротенки-витиснювачі; б) – аеротенки-змішувачі, в) – аеротенки з розосередженим впуском стічної води: 1 – подача стічної води; 2 – подача поворотного активного мулу; 3 – аеротенк; 4 – випуск мулової суміші

Рисунок 1.16 – Види аеротенків [1]



а) – пневматична дрібнобульбашкова; б) – пневматична середньобульбашкова;  
 в) – пневматична низьконапірна; г) – механічна поверхнева; 1 – повітряпідвідні стояки; 2 –  
 повітряний канал з фільтросними пластинами; 3 – перфоровані труби; 4 – поверхневий  
 аератор дискового типу; 5 – стабілізатор потоку

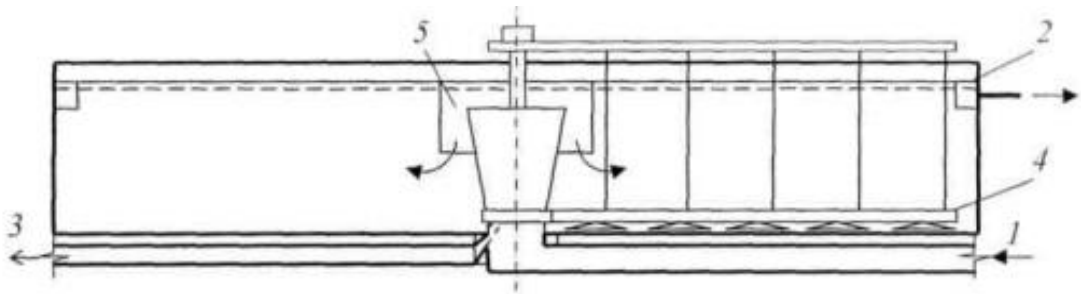
Рисунок 1.17 – Системи подачі повітря у аеротенки [1]

Вторинні відстійники є невід’ємним елементом біологічної очистки стічних вод і встановлюються після біофільтрів або аеротенків. Їх функція критична: саме вони визначають кінцевий ефект очищення, оскільки відповідають за відділення біологічної маси від очищеної води [1].

Незважаючи на конструктивну схожість із первинними відстійниками, вторинні мають значно складніші експлуатаційні завдання. Вони повинні ефективно затримувати або надлишкову біоплівку (після біофільтрів), або активний мул (після аеротенків). Ключова вимога – досягнення низької кінцевої концентрації забруднень 15-20 мг/л при високій вхідній концентрації (кілька грамів на літр).

Для схем з аеротенками, вторинний відстійник також виконує функцію ущільнення мулу для його постійного рециркулювання, що є запорукою стабільності процесу [7]. Хоча загальні принципи роботи збігаються з первинними, ефективність вторинних відстійників вирішально залежить від седиментаційних властивостей саме біологічних забруднень (мулу чи плівки).

Вибір конструкції залежить від обсягу: вертикальні відстійники підходять для невеликих очисних споруд (до 20 тис. м<sup>3</sup>/добу), тоді як для середніх і великих станцій (понад 15 тис. м<sup>3</sup>/добу) використовуються горизонтальні та радіальні [5]. Загальний вигляд та принцип роботи вторинного відстійника наведено на рисунку 1.18.



1 – подача мулової суміші; 2 – збірний лоток очищеної води; 3 – видалення активного мулу; 4 – мулосос; 5 – розподільний кожух

Рисунок 1.18 – Вторинний радіальний відстійник [1]

## 2. СУЧАСНИЙ СТАН ОЧИСНИХ СПОРУД В МІСТІ П'ЯТИХАТКИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТИ СТІЧНИХ ВОД

### 2.1 Загальна характеристика та існуючий стан очисних споруд

Каналізаційні очисні споруди, що обслуговують 18 тисяч жителів міста П'ятихатки, були збудовані ще у 1972 році і з того часу жодного разу не підлягали капітальному ремонту, а їхнє технологічне обладнання не замінювалося. Внаслідок тривалої експлуатації та відсутності модернізації очисні споруди досягли аварійного стану і практично не функціонували. Це спричинило частковий витік неочищених каналізаційних стоків безпосередньо у річку Саксагань, що є вкрай критичним, оскільки саме на цій річці розташований водозабір системи водопостачання самого міста П'ятихатки. Така ситуація створює високу ймовірність спалаху інфекційних захворювань серед населення, тому вирішення питання щодо підвищення ефективності роботи та реконструкції очисних споруд є надзвичайно актуальним та першочерговим завданням.

Склад очисних споруд наступний:

- 1) Приймальна камера – 1 споруда;
- 2) Горизонтальна пісколовка із прямолінійним рухом води – 1 споруда;
- 3) Відстійники первинні – 2 споруди;
- 4) Будинок аеротенків – 2 секції;
- 5) Відстійники вторинні – 2 споруди;
- 6) Мулові майданчики – 5 карт;
- 7) Піскові майданчики – 2 карти;
- 8) Біоставок для скиду очищених вод – 1 водойма;
- 9) Лабораторно-допоміжний корпус – 1 будинок;

## 2.2 Розрахункові витрати і характеристика стічних вод

Для побутових стічних вод на основі статистичної обробки фізико-хімічних аналізів цих вод встановлено наступну кількість забруднюючих речовин на одного мешканця, г/добу (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Середньодобова кількість забруднень на одного мешканця

Показники	Кількість забруднюючих речовин на одного мешканця, г/добу
Завислі речовини	65
БПК <sub>повн.</sub> неосвітлених вод	75
БПК <sub>повн.</sub> освітлених стічних вод	40
Азот амонійних солей (N)	8
Фосфати (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3
Хлориди (Cl)	9
Поверхнево-активні речовини(ПАР)	2,5

Розрахунки обсягів водовідведення проводяться згідно з вимогами чинного стандарту (державних будівельних норм) ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування» [5]. Об'єми водовідведення та концентрації речовин у стічних водах зведені у таблиці 2.2. Для врахування коливань у подачі стоків прийняті наступні коефіцієнти нерівномірності: коефіцієнт добової нерівномірності  $K_{\text{доб}}$  становить 1,1–1,3, а коефіцієнт годинної нерівномірності  $K_{\text{год}}$  прийнято рівним 1,9.

Розрахункові витрати стоків при нормі водовідведення на одного жителя 230 л/добу становлять  $Q_{\text{доб}} = q \cdot n = 18000 \cdot 0,23 = 4140 \text{ м}^3/\text{добу}$ , у годину максимального водовідведення  $q = 224,0 \text{ м}^3/\text{год.}$ ,  $q = 90 \text{ л/с}$ .

Таблиця 2.2 – Розрахунок концентрації забруднюючих речовин у стічних водах

Показники	Кількість забруднюючих речовин на одного мешканця, г/добу	Кількість у стічних водах всього, м <sup>3</sup> /доб	Концентрація, мг/л
Завислі речовини	65	780	188
БПК <sub>повн.</sub> недосвіт. вод	75	900	217
БПК <sub>повн.</sub> освіт. вод	40	480	116
Азот амонійний (N)	8	96	23
Фосфати (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3	36	9
Хлориди (Cl)	9	108	26
Поверхнево-активні речовини(ПАР)	2,5	30	7

Визначаємо еквівалентне число мешканців за завислими речовинами.  $N_{\text{екв}}$  – це умовна кількість мешканців, які вносять таку саму масу забруднень, як і витрата промислових стічних вод, визначається за формулою [2]:

$$N_{\text{екв}} = \frac{\sum Q_p \cdot C_p}{a}, \quad (2.1)$$

де  $Q_p$  – середньодобова витрата промислових стічних вод окремих підприємств, м<sup>3</sup>/добу;  $C_p$  – концентрація забруднень промислових стічних вод, г/м<sup>3</sup>;  $a$  – кількість забруднень, що вносить в стічні води 1 люд. за добу, г.

$$N_{\text{екв}} = \frac{4140 \cdot 188}{65} = 11975 \text{ чол.}$$

Приведене число мешканців,  $N_{priv}$ , чол., дорівнює сумі еквівалентного й розрахункового числа мешканців [1]:

$$N_{priv} = N + N_{ekv}, \quad (2.2)$$

де  $N$  – розрахункова кількість населення, яку приймають відповідно до проекту забудови населеного місця

$$N_{priv} = 18000 + 11975 = 29975 \text{ чол.}$$

Таким чином еквівалентне число мешканців складає 11975 чол., а приведене – 29975 чол. Основний склад забруднень: БПК – 217 мг/л, зважених речовин – 188 мг/л. Розрахункова продуктивність проєктованих очисних споруд прийнята – 4140 м<sup>3</sup>/добу.

## 2.3 Розрахунок споруд для механічної очистки стічних вод

### 2.3.1 Приймальна камера

Камера ґрат проєктується таким чином, щоб на її дні не відбувалося осідання крупних мінеральних домішок, піску чи завислих речовин. Для цього ширину і наповнення камери підбирають з урахуванням гідравлічних вимог: при максимальному годинному притоці швидкість руху стічних вод у прозорах ґрат не має перевищувати 0,8–1 м/с, оскільки вищі швидкості можуть призвести до продавлювання затриманого сміття між стержнями. Водночас, при мінімальному годинному притоці, швидкість руху стічних вод у самій камері (як до, так і після ґрат) не повинна бути меншою за 0,4 м/с для ефективного запобігання її замулюванню.

Ширину ґрат визначаємо за формулою [6]:

$$B = b \cdot n + \delta \cdot (n - 1), \quad (2.3)$$

де  $\delta$  – товщина стержня, м;  $b$  – зазор між стержнями, м;  $n$  – кількість стержнів, шт.

$$B = 0,03 \cdot 24 + 0,005 \cdot (24 - 1) = 0,835 \text{ м}$$

Виходячи з загальної ширини підбирають необхідну кількість робочих ґрат. Додатково встановлюють 1–2 резервних ґрати і передбачають облаштування обвідної лінії для пропуску води у випадку аварійного засмічення ґрат.

### 2.3.2 Піскоуловлювачі

Піскоуловлювачі призначені для затримання важких мінеральних домішок (головним чином піску), що містяться у стічних водах. Розраховуємо їх на затримання піску з крупністю зерен 0,15–0,2 мм і гідравлічною крупністю 18,7 – 24,2 мм/с. Площу живого перерізу,  $\omega$ ,  $\text{м}^2$ , піскоуловлювача (або його відділення) визначаємо за формулою [6]:

$$\omega = \frac{q_w}{v_s \cdot n}, \quad (2.4)$$

де  $q_w$  – максимальна витрата стічних вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $n$  – число піскоуловлювачів (відділень), приймають не меншим за два;  $v_s$  – швидкість руху стічних вод, м/с [5, таблиця 20].

$$\omega = \frac{0,09}{0,12 \cdot 2} = 0,375 \text{ м}^2$$

Довжину робочої частини піскоуловлювача,  $L_s$ , м, визначаємо за формулою [2]:

$$L_s = \frac{1000 \cdot k_s \cdot H_s \cdot V_s}{U_o}, \quad (2.5)$$

де  $k_s$  – коефіцієнт, що приймають залежно від типу піскоуловлювача [5, таблиця 19];  $H_s$  – розрахункова глибина піскоуловлювача, яка приймається для горизонтальних піскоуловлювачів 0,25 – 2 м;  $U_o$  – гідравлічна крупність піску, що приймається для горизонтальних піскоуловлювачів 18,7–24,2 мм/с [5, таблиця 19].

$$L_s = \frac{1000 \cdot 2,43 \cdot 1,5 \cdot 0,12}{18,7} = 24,0 \text{ м}$$

Проведені розрахунки показують, що запроектовані горизонтальні піскоуловлювачі мають довжину 24,0 м, а площа живого перерізу 0,375 м<sup>2</sup>.

### 2.3.3 Первинні відстійники

Кількість затриманого у відстійниках осаду,  $Q_{mud}$ , м<sup>3</sup>/год, визначаємо по формулі [5]:

$$Q_{mud} = \frac{q_w \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - P_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4}, \quad (2.6)$$

де  $q_w$  – середня витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/год.;  $C_{en}$  – концентрація завислих речовин у воді, що надходить, мг/л;  $C_{ex}$  – концентрація завислих

речовин у освітленій воді, мг/л;  $P_{\text{mud}}$  – вологість осаду, %;  $\gamma_{\text{mud}}$  – щільність осаду, г/см<sup>3</sup>.

Для нашого випадку показники мають наступні значення:  $q_w = 224 \text{ м}^3/\text{год.}$ ;  $C_{\text{en}} = 162 \text{ мг/л}$ ;  $C_{\text{ex}} = 98 \text{ мг/л}$ ;  $\gamma_{\text{mud}} = 1,06\%$ ;  $P_{\text{mud}} = 95 \text{ г/см}^3$ .

$$Q_{\text{mud}} = \frac{224 \cdot (162 - 98)}{(100 - 95) \cdot 1,06 \cdot 10^4} = 0,27 \text{ м}^3/\text{год.} = 6,48 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Проведені розрахунки показують, що загальний об'єм затриманого у первинних відстійниках осаду складає  $0,27 \text{ м}^3/\text{год.}$  або  $6,48 \text{ м}^3/\text{добу.}$

## 2.4 Розрахунок споруд біологічної очистки стічних вод

### 2.4.1 Аеротенки

Період аерації в аеротенках,  $t_{\text{atm}}$ , год., що працюють за принципом змішувачів, визначається по формулі [2]:

$$t_{\text{atm}} = \frac{L_{\text{en}} - L_{\text{ex}}}{a_i \cdot (1 - s) \cdot p}, \quad (2.7)$$

де  $L_{\text{en}}$  – БПК<sub>повне</sub> стічної води на вході в аеротенк (з урахуванням зниження БПК при первинному відстоюванні), мг/л;  $L_{\text{ex}}$  – БПК<sub>повне</sub> очищеної води, мг/л;  $a_i$  – доза мулу, г/л;  $s$  – зольність мулу, дорівнює 0,3;  $p$  – питома швидкість окиснення, мг БПК<sub>повне</sub> на 1 г беззольної речовини мулу в 1 год. (визначається за формулою 2.8)

$$p = p_{\text{max}} \cdot \frac{L_{\text{ex}} \cdot C_0}{L_{\text{ex}} \cdot C_0 + K_1 \cdot C_0 + K_0 \cdot L_{\text{ex}}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_i}, \quad (2.8)$$

де  $\rho_{\max}$  – максимальна швидкість окиснення, мг/г·год.;  $C_o$  – концентрація розчиненого кисню, мг/л;  $K_1$  – константа, що характеризує властивості органічних забруднюючих речовин, мг БПК<sub>повне</sub>/л;  $K_0$  – константа, що характеризує властивості органічних забруднюючих речовин, яку для міських стічних вод приймають 0,625 мг O<sub>2</sub>/л;  $\phi$  – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, що приймають 0,07 л/г для міських стічних вод;

Для нашого випадку:  $L_{en} = 160$  мг/л;  $L_{ex} = 28$  мг/л;  $a_i = 2$  г/л;  $\rho_{\max} = 85$  мг/г·год.;  $C_o = 2$  мг/л;  $K_1 = 33$  мг БПК<sub>повне</sub>/л. Проводимо відповідні розрахунки:

$$\rho = 85 \cdot \frac{28 \cdot 2}{28 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 28} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 2} = 24,4 \text{ мг/г·год.};$$

$$t_{\text{atm}} = \frac{160 - 28}{2 \cdot (1 - 0,3) \cdot 24,4} = 3,86 \text{ год.}$$

Ступінь рециркуляції активного мулу,  $R_i$  (частках одиниці) в аеротенках розраховуємо за формулою [2]:

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{j_i} - a_i}, \quad (2.9)$$

де  $j_i$  – муловий індекс, см<sup>3</sup>/г.

$$R_i = \frac{2}{\frac{1000}{70} - 2} = 0,16$$

Питома витрата повітря,  $q_{\text{air}}$ , мг/л, при пневматичній системі аерації визначається по формулі [2]:

$$q_{\text{air}} = \frac{q_o \cdot (L_{en} - L_{ex})}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_t \cdot K_3 \cdot (C_a - C_o)}, \quad (2.10)$$

де  $q_o$  – питома витрата кисню повітря, мг на 1 мг знятої БПК<sub>повне</sub>;  $K_1$  – коефіцієнт, що враховує тип аератора;  $K_2$  – коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аераторів;  $K_t$  – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод;  $T_w$  – середньомісячна температура води за літній період, °С;  $K_3$  – коефіцієнт якості води;  $C_a$  – розчинність кисню повітря у воді, мг/л.

В нашому випадку керуючись нормами ДБН [5] встановлюємо:  $q_o = 1,1$  мг на 1 г знятої БПК<sub>повне</sub>;  $K_1 = 2,3$ ;  $K_2 = 1,81$ ;  $T_w = 20^{\circ}\text{C}$ ;  $K_t = 1 + 0,02 \cdot (T_w - 20) = 1,04$ ;  $K_3 = 0,85$ ;  $C_a$  – визначаємо за формулою 2.10:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_t, \quad (2.11)$$

де  $h_a$  – глибина занурення аератора, м;  $C_t$  – розчинність кисню у воді залежно від температури й атмосферного тиску.

Глибина аератора  $h_a$  складає 4,0 м, а розчинність  $C_t$  кисню у воді – 8,83.

$$C_a = \left(1 + \frac{4,0}{20,6}\right) \cdot 8,83 = 10,5;$$

$$q_{\text{air}} = \frac{1,1 \cdot (160 - 28)}{2,3 \cdot 1,81 \cdot 1,04 \cdot 0,85 \cdot (10,5 - 2)} = 4,6 \text{ мг/л.}$$

Витрата повітря при цьому за добу,  $Q_{\text{air}}$ , м<sup>3</sup>/доб., складе [6]:

$$Q_{\text{air}} = Q_w \cdot q_{\text{air}}, \quad (2.12)$$

де  $Q_w$  – витрата стічних вод,  $\text{м}^3/\text{доб}$ .

$$Q_{\text{air}} = 4140 \cdot 4,6 = 19044 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Площа аеротенка,  $F$ ,  $\text{м}^2$ , складе [6]:

$$F = \frac{Q_{\text{air}}}{24 \cdot I_a}, \quad (2.13)$$

де  $I_a$  – інтенсивність аерації,  $\text{м}^3 \cdot \text{год} / \text{м}^2$ ;

$$I_{\text{air}} = \frac{q_{\text{air}} \cdot H_{\text{at}}}{t_{\text{at}}}, \quad (2.14)$$

$$I_{\text{air}} = \frac{4,6 \cdot 4,0}{3,86} = 4,8 \text{ м}^3 \cdot \text{год} / \text{м}^2$$

$$F = \frac{19044}{24 \cdot 4,8} = 165 \text{ м}^2$$

Число аераторів,  $N$ , шт., для аеротенків визначається по формулі [2]:

$$N_{\text{ма}} = \frac{q_o \cdot (L_{\text{en}} - L_{\text{ex}}) \cdot W_{\text{at}}}{1000 \cdot K_t \cdot K_3 \cdot \left( \frac{C_a - C_o}{C_o} \right) \cdot t_{\text{at}} \cdot Q_{\text{ма}}}, \quad (2.15)$$

де  $Q_{\text{ма}}$  – продуктивність аератора по кисню,  $\text{кг}/\text{год}$ ;  $W_{\text{ат}}$  – місткість споруд,  $\text{м}^3$ .

$$N_{\text{ма}} = \frac{1,1 \cdot (160 - 28) \cdot 3500}{1000 \cdot 1,04 \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{10,5 - 2}{2}\right) \cdot 3,86 \cdot 1,5} = 6 \text{ шт.}$$

Розрахунки аеротенку показали, що загальне число аераторів для біологічної очистки стічних вод складає 6 шт.; площа аеротенків – 165 м<sup>2</sup>; загальна витрата повітря – 19044 м<sup>3</sup>/добу.

#### 2.4.2 Вторинні відстійники

Розрахункову витрата стічних вод (продуктивність відстійника),  $Q$ , м<sup>3</sup>/год., вираховуємо за формулою [1]:

$$Q = w \cdot v, \quad (2.16)$$

де  $w$  – площа робочої зони відстійника, м<sup>2</sup>;  $v$  – максимальна швидкість проходження стічних вод, мм/с.

Діючі радіальні вторинні відстійники мають загальну площу 120 м<sup>2</sup>, а максимальна швидкість проходження при цьому складає 0,9 мм/с.

$$Q = 120 \cdot 0,9 = 130 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість збиткового активного мулу, мг/л, вираховується по формулі [1]:

$$C_{\text{mud}} = P_i - a_t, \quad (2.17)$$

де  $P_i$  – збитковий активний мул, мг/л;  $a_t$  – винос активного мулу з вторинних відстійників, згідно ДБН [5] не менше 10 мг/л.

$$P_i = 0,8 \cdot C_{cdp} + K_g \cdot L_{en}, \quad (2.18)$$

де  $C_{cdp}$  – концентрація зважених речовин у стічних водах, що надходять в аеротенки, мг/л;  $K_g$  – коефіцієнт приросту, (для міських вод – 0,3);

$$P_i = 0,8 \cdot 150 + 0,3 \cdot 28 = 112 \text{ мг/л};$$

$$C_{mud} = 112 - 10 = 102 \text{ мг/л}.$$

Розрахунок вторинних відстійників виконуємо за гідравлічним навантаженням,  $q_{ssa}$ ,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , яке визначається за формулою [5]:

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot k_{ss} \cdot H_{set}^{0,8}}{(0,1 \cdot j_i \cdot a_i)^{0,5-0,01a_t}}, \quad (2.19)$$

де  $k_{ss}$  – коефіцієнт використання проточної частини відстійника;  $H_{set}^{0,8}$  – глибина проточної частини відстійника, м;  $j_i$  – муловий індекс,  $\text{см}^3/\text{г}$ ;  $a_i$  – доза активного мулу в аеротенку, г/л;  $a_t$  – винесення завислих речовин з вторинних відстійників відповідно до розрахунку необхідного ступеня очищення стічних вод, мг/л.

В нашому випадку керуючись даними [5, таблиці 21-22] отримаємо:

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 4,0^{0,8}}{(0,1 \cdot 200)^{0,5-0,01 \cdot 10}} = 1,65 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Отримані розрахунки показують, що гідравлічне навантаження на вторинні відстійники складає  $1,65 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

## 2.5 Споруди для обробки накопиченого осаду

### 2.5.1 Мулові майданчики

Вирішення питань, пов'язаних з обробкою та знешкодженням осадів міських стічних вод, є надзвичайно складним завданням. Ці осади характеризуються великими об'ємами (становлять 1–4% від обсягу очищуваних стічних вод, причому 60–70% від загальної кількості осадів припадає на надлишковий активний мул), а також високою вологістю, неоднорідним складом і змінними властивостями. Вони містять органічні речовини, які схильні до швидкого загнивання, і є зараженими бактеріальною (зокрема патогенною) мікрофлорою та яйцями гельмінтів. Через ці характеристики осади стічних вод відносять до категорії важко фільтрованих мулових суспензій. Кількість та вологість осадів залежать від типу та ефективності роботи споруд механічного та біологічного очищення, а також від кількості і виду промислових стоків, що надходять разом із побутовими. Наприклад, вологість осаду первинних відстійників становить у середньому 95% при його вивантаженні під гідростатичним тиском. Надлишковий активний мул є суспензією аморфних пластівців сірувато-чорного кольору, який швидко загниває при зберіганні та ущільненні. Вологість надлишкового активного мулу, що вивантажується із вторинних відстійників після аеротенків, є критично високою і коливається в межах 99,2–99,7%.

Скидання мулу з первинних відстійників сягає 8,1 м<sup>3</sup>, із вторинних – 3,9 м<sup>3</sup>. Загальний об'єм осаду, що скидається сягає 12 м<sup>3</sup>/добу.

Навантаження осаду,  $Q$ , м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>, на мулові майданчики складає [1]:

$$Q = \frac{W \cdot 365}{S}, \quad (2.20)$$

де  $W$  – об'єм осаду, м<sup>3</sup>;  $S$  – площа мулових майданчиків, м<sup>2</sup>.

Згідно ДБН [5, таблиця 24] навантаження на мулові майданчики не повинно перевищувати  $2,3 \text{ м}^3/\text{м}^2$ . Виходячи з цього розраховуємо площу мулових майданчиків:

$$S = \frac{12 \cdot 365}{2,3 \cdot 0,7} = 2720 \text{ м}^2,$$

$$Q = \frac{12 \cdot 365}{2720} = 1,61 \text{ м}^3/\text{м}^2.$$

Отримали, що загальна площа мулових майданчиків складе  $2720 \text{ м}^2$  при навантаженні на них у  $1,61 \text{ м}^3/\text{м}^2$ .

### 2.5.2 Піскові майданчики

Загальний об'єм осаду:  $W_{\text{доб}} = 0,3 \text{ м}^3/\text{доб.}$ ,  $W_{\text{рік}} = 109,5 \text{ м}^3/\text{рік.}$

Навантаження осаду,  $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ , на піскові майданчики складає [1]:

$$Q = \frac{W \cdot 365}{S}, \quad (2.21)$$

де  $W$  – об'єм осаду,  $\text{м}^3$ ;  $S$  – площа піскових майданчиків,  $\text{м}^2$ .

Згідно ДБН [5, таблиця 24] навантаження на піскові майданчики не повинно перевищувати  $2,0 \text{ м}^3/\text{м}^2$ . Виходячи з цього розраховуємо площу мулових майданчиків:

$$S = \frac{109,5}{2,0 \cdot 0,75} = 75 \text{ м}^2$$

$$Q = \frac{109,5}{75} = 1,46 \text{ м}^3/\text{м}^2.$$

Отримали, що загальна площа піскових майданчиків складе 75 м<sup>2</sup> при навантаженні на них у 1,46 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>.

### 2.5.3 Біологічний ставок

Біологічний ставок – це штучно створена споруда (а інколи природна водойма), призначена для біологічного очищення стічних вод, яке ґрунтується на процесах природного самоочищення водойм. На сьогодні біоставки найчастіше використовуються для доочищення стічних вод, які вже пройшли основну біологічну обробку. Їх будують на нефільтруючих або слабо фільтруючих ґрунтах; якщо ж ґрунти фільтруючі, обов'язково влаштовуються спеціальні протифільтраційні екрани. Біоставки зазвичай влаштовують у вигляді виїмок, огорожених земляними валиками чи дамбами, з внутрішнім облицюванням із залізобетонних плит або полімерних плівок [2, 5]. При розміщенні біоставок відносно населеного пункту необхідно враховувати пануючий у теплий період напрямок вітрів і розташовувати ставки з підвітряної сторони, при цьому напрям руху води у ставках має бути перпендикулярним до напрямку вітрів. Біоценоз біоставка формується залежно від навантаження за органічними речовинами (БПК), кисневих умов та складу стічних вод. Основу біоценозу складають бактерії, але на останніх ступенях очищення до процесів долучаються водорості, а інколи й вища водна рослинність. При нормальній експлуатації біоставок забезпечує не тільки повне біологічне очищення, але й високий ефект бактеріального самоочищення: кількість кишкової палички зменшується на 95,9–99,9%, а вміст яєць гельмінтів у очищених водах стає вкрай малим. Після біоставок з природною аерацією додаткове освітлення стічних вод не

передбачається. Використання біологічного ставка з природною аерацією для повного біологічного очищення рекомендується при витратах стічних вод до 5000 м<sup>3</sup>/добу, що відповідає умовам роботи очисних споруд у даному випадку 4140 м<sup>3</sup>/добу.

## 2.6 Компоновка очисних споруд

Для даної технологічної схеми з урахуванням умов місцевості обираємо наступну компоновку очисних споруд у плані (рис. 2.1) [7]. Специфікація будівель та споруд наведена у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Експлікація будівель та споруд

№ на схемі	Назва будівель та споруд	Кількість
1	Приймальна камера	1
2	Піскоуловлювач	1
3	Первинні відстійники	2
4	Будівля аеротенків	1
5	Вторинні відстійники	2
6	Будівля компресорної	1
7	Лабораторно-допоміжний корпус	1
8	Допоміжна будівля	
9	Піскові майданчики	2
10	Мулові майданчики первинних відстійників	3
11	Мулові майданчики вторинних відстійників	2
12	Майданчики компостування	1
13	Дренажна насосна станція	1

Компоновка і розрахунок очисних споруд свідчать про доцільність прийнятих рішень. Всі розрахунки технологічних процесів відповідають нормативам Державних будівельних норм. Вода після очищення потрапляє в біологічний ставок і після освітлення скидається у р. Саксагань.

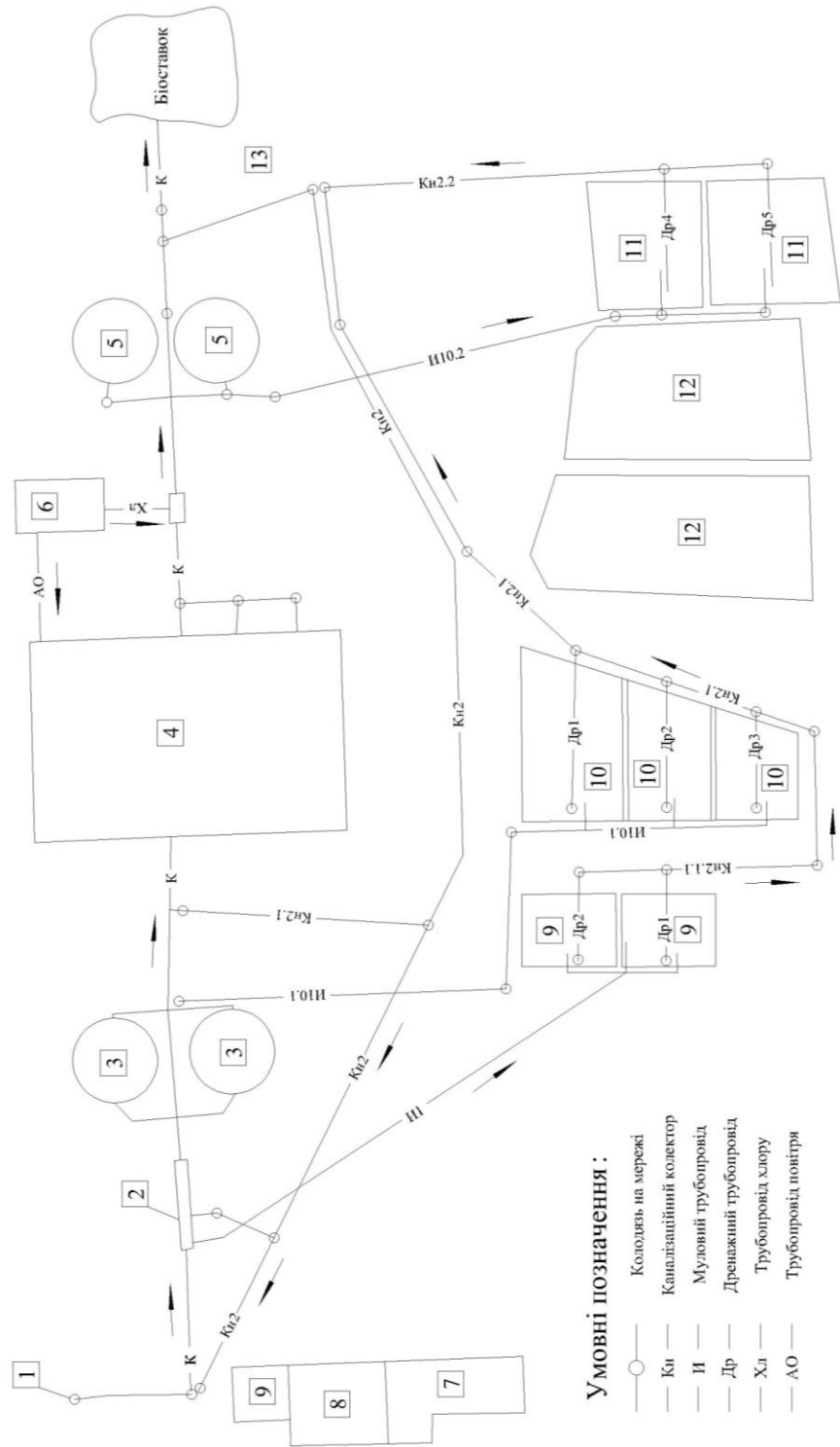


Рисунок 2.1 – Схема компоновки очисних споруд міста Пятыхатки (специфікація будівель і споруд у табл.2.1)

### 3. РОЗРАХУНКИ ОБ'ЄГІВ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА П'ЯТИХАТКИ

#### 3.1 Розрахунок об'ємів земляних і монтажних робіт при заміні технологічних трубопроводів і лотків

Розрахунки по визначенню об'ємів земляних та монтажних робіт на лінії технологічних трубопроводів і лотків при самопливному русі рідини виконуємо за наступних параметрів: довжина трубопроводу:  $L=40$  м; довжина технологічних лотків:  $L=160$  м; діаметр трубопроводу: дві нитки  $D=800$  мм; параметри лотків:  $L=5980$  мм,  $B=780$  мм,  $H=530$  мм;  $M=1,8$  т

Зрізка рослинного шару ґрунту виконується на лінії трубопроводів при розробці траншеї:

$$V_{зр}=L_{тр} \cdot B_{зр} \cdot t_{зр.}, \text{ м}^3, \quad (3.1)$$

де  $L_{тр}$  – довжина трубопроводу, м;  $B_{зр}$  – ширина смуги зрізання, приймається рівною 6 м;  $t_{зр}$  – шар рослинного ґрунту, дорівнює 0,25 м.

$$V = 40 \cdot 6 \cdot 0,25 = 60 \text{ м}^3$$

Розробка ґрунту в траншеї:

$$V=L_{тр} \cdot h_{тр} \cdot (B_{тр}+m h_{тр}), \text{ м}^3 \quad (3.2)$$

де  $L_{тр}$  – довжина траншеї, м;  $B_{тр}$  – ширина траншеї, м;  $m$  – коефіцієнт закладення відкосів, 1:1;  $h_{тр}$  – глибина траншеї, м.

$$V=40 \cdot 1 \cdot (2+1 \cdot 1)=160 \text{ м}^3$$

Ручна підчистка дна траншеї під трубопроводи:

$$V_{\text{руч}} = L_{\text{тр.}} \cdot B_{\text{тр.}} \cdot t_{\text{руч.}}, \text{ м}^3 \quad (3.3)$$

де  $L_{\text{тр}}$  – довжина трубопроводу, м;  $t_{\text{руч}}$  – шар ґрунту, що розробляють вручну, дорівнює 0,1 м.

$$V = 40 \cdot 0,1 \cdot 2 = 8 \text{ м}^3$$

Зворотна засипка траншеї мінеральним ґрунтом:

$$V_{\text{част.}} = (0,5 \cdot B_{\text{тр}} \cdot d \cdot \pi \cdot d^2 / 8) \cdot L_{\text{тр}}, \text{ м}^3, \quad (3.4)$$

Демонтаж старих лотків: загальна кількість лотків (у дві нитки)  
 $N = 160 : 6 \cdot 2 = 54$  шт; загальна вага  $M = 27 \cdot 1,8 = 97,2$  т

Ручна підчистка дна траншеї під лотки:

$$V_{\text{руч}} = L_{\text{л.}} \cdot B_{\text{л.}} \cdot t_{\text{руч.}}, \text{ м}^3 \quad (3.5)$$

де  $L_{\text{л}}$  – довжина трубопроводу, м;  $B_{\text{л}}$  – ширина лотків, м;  $t_{\text{руч}}$  – шар ґрунту, що розробляють вручну, дорівнює 0,1 м.

$$V = 160 \cdot 2 \cdot 0,1 = 32 \text{ м}^3$$

Піщана підготовка основи:

$$V_{\text{під}} = L_{\text{під}} \cdot B_{\text{під}} \cdot t_{\text{під.}}, \text{ м}^3 \quad (3.6)$$

$$V = 160 \cdot 2 \cdot 0,2 = 64 \text{ м}^3$$

Замонолічення швів бетоном:

$$V_3 = N_{\text{ел}} \cdot P_{\text{ел}} \cdot t_{\text{ш}}, \text{ м}^3 \quad (3.7)$$

Де  $N_{\text{ел}}$  – кількість залізобетонних елементів,  $P_{\text{ел}}$  – периметр двох швів  $\approx 4,25$  м;  $t_{\text{ш}}$  – товщина закладення, м.

$$V = 0,1 \cdot 4,25 \cdot 54 = 22,95 \approx 23 \text{ м}^3$$

Всі розрахунки по даному розділу зведені у таблицю відомості об'ємів робіт (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Зведена відомість об'ємів земляних і монтажних робіт при заміні технологічних трубопроводів і лотків

№	Вид робіт	Одиниця виміру	Кількість
1	Зрізка рослинного шару ґрунту на трасі трубопроводу	м <sup>3</sup>	60
2	Розробка траншеї екскаватором	м <sup>3</sup>	160
3	Демонтаж трубопроводів	м	80/
4	Ручна підчистка дна траншеї під трубопроводи	м <sup>3</sup>	8
5	Монтаж трубопроводів	м	80/
6	Зворотна засипка ґрунтом	м <sup>3</sup>	40
7	Відновлення рослинного шару ґрунту	м <sup>3</sup>	60
8	Демонтаж залізобетонних лотків	м/т/шт	160/97,2/54
9	Ручна підчистка дна траншеї під з/б лотки	м <sup>3</sup>	32
10	Піщана підготовка основи під лотки	м <sup>3</sup>	64
11	Монтаж залізобетонних лотків	м/т/шт	160/97,2/54
12	Замонолічення швів бетоном	м <sup>3</sup>	23

### 3.2 Розрахунок об'ємів робіт при демонтажу конструкції будівлі недіючих біофільтрів

Існуючий будинок біофільтрів являє собою прямокутник у плані з розмірами в осях 12×18 м, що умовно складається із трьох секцій розміром 12×6 м кожна та глибиною 4,5 м. Висота будинку біофільтрів складає 4,8 м.

Таким чином демонтажу підлягають наступні складові елементи біофільтрів. Плити перекриття [20] ПК-20-10-8 загальною кількістю:

$$N_{\text{пл}}^{\text{пл}} = F_{\text{біоф}} / F_{\text{пл}}$$

де  $F_{\text{біоф}}$  – загальна площа біофільтрів,  $F_{\text{біоф}} = 216 \text{ м}^2$ ;  $F_{\text{пл}}$  – площа однієї плити перекриття,  $F_{\text{пл}} = 2 \text{ м}^2$

$$N_{\text{пл}}^{\text{пл}} = 216 : 2 = 108 \text{ шт.}$$

За таких параметрів при вазі однієї плити 0,6 т, загальна вага складе 64,8 т.

Стінові панелі [21] представляють собою одношарову конструкцію прямокутного перерізу товщиною 300 мм, висотою 1200 мм і довжиною 12 м. Загальна кількість та вага стінових панелей при демонтажу становить:

$$N_{\text{пн}}^{\text{пн}} = F_{\text{біоф}}^{\text{пн}} / F_{\text{пн}}^{\text{пн}}$$

де  $F_{\text{біоф}}^{\text{пн}}$  – загальна бічна площа стін біофільтрів,  $F_{\text{біоф}}^{\text{пн}} = 288 \text{ м}^2$ ;  $F_{\text{пн}}^{\text{пн}}$  – площа однієї стінової панелі,  $F_{\text{пн}}^{\text{пн}} = 2 \text{ м}^2$

$$N_{\text{пн}}^{\text{пн}} = 288 : 2 = 144 \text{ шт.}$$

За таких параметрів при вазі однієї стінової панелі 10,8 т, загальна вага демонтажу складе 1555,2 т.

Під час роботи біофільтрів використовувався завантажувальний матеріал на висоту 2 м у вигляді гальки об'ємною вагою 1,7 т/м<sup>3</sup>. Загальний об'єм завантажувального матеріалу, який підлягає вивезенню складає:

$$V_{\text{зав}} = F_{\text{біоф}} \cdot h_{\text{зав}}$$

де  $F_{\text{біоф}}$  – площа біофільтра,  $F_{\text{біоф}} = 162 \text{ м}^2$ ;  $h_{\text{зав}}$  = висота завантаження,  $h_{\text{зав}} = 2 \text{ м}$ .

$$V_{\text{зав}} = 162 \cdot 2 = 324 \text{ м}^3$$

Виходячи з розрахунків загальна вага завантажувача складає

$$M_{\text{зав}} = V_{\text{зав}} \cdot \rho_{\text{зав}}$$

де  $V_{\text{зав}}$  = об'єм завантажувального матеріалу;  $\rho_{\text{зав}}$  – щільність.

$$M_{\text{зав}} = 324 \cdot 1,7 = 550 \text{ т}$$

Складовими елементами біофільтрів є, також, резервуари де проходила біологічна очистка стічних вод. Дані резервуари складені із залізобетонних елементів висотою 4,5 м, товщиною 0,25 м і шириною 1,2 м. Загальна їх кількість при цьому дорівнює:

$$N_{\text{р}}^{\text{біоф}} = F_{\text{біоф}} / F_{\text{р}}$$

де  $F_{\text{біоф}}$  – загальна площа біофільтрів де проходила біологічна очистка стічних вод,  $F_{\text{біоф}} = 270 \text{ м}^2$ ;  $F_{\text{р}}$  – площа складового елемента резервуара,  $F_{\text{р}} = 5,4 \text{ м}^2$ .

$$N_p^{\text{біоф}} = 270:5,4 = 50 \text{ шт.}$$

За даних умов при вазі одного елемента 13,5 т, загальна вага демонтажу складе 675 т. Окрім залізобетонних елементів конструкції біофільтрів у будівлі знаходяться, також, зрошувачі та технологічні трубопроводи загальною вагою 2,4 т.

Таким чином за проведеними розрахунками складена відомість робіт по демонтажу основних конструктивних елементів будівлі біофільтрів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Зведена відомість об'ємів робіт при демонтажу конструкції будівлі недіючих біофільтрів

№	Вид робіт	Одиниця виміру	Кількість
1	Демонтаж плит перекриття	т/шт.	64,8/108
2	Демонтаж стінових панелей	т/шт.	1555,2/144
3	Навантаження в автотранспорт та вивезення завантажувального матеріалу (галька)	м <sup>3</sup> /т	324/550
4	Демонтаж залізобетонних резервуарів	т/шт.	675/50
5	Демонтаж металевих конструкцій трубопроводів та зрошувачів	м/т	130/2,4

3.3 Розрахунок об'ємів монтажних робіт при будівництві аеротенків для біологічної очистки

Для переобладнання резервуарів під аеротенки передбачена монолітна залізобетонна обв'язка по внутрішньому контуру стін та дна існуючих резервуарів з бетону, який має покращенні гідроізоляційні властивості.

Також передбачається облаштування перегородки з монолітного бетону, лотки та деталі кріплення площадок обслуговування.

Дві секції біофільтрів використовуються під аеротенк з глибиною заповнення водою до 4,5 м. Проектом передбачається наступний вид технологічних робіт:

- улаштування аераційних трубопроводів;
- заміна підвідних трубопроводів стічних вод;
- улаштування повітропроводу від компресорної.

Трубопровід подачі стоків в аеротенки прийнятий ПЕ-100 SDR26  $\text{Ø}200 \times 7,7$  мм. На вході в секції аеротенка труби обладнані засувками  $\text{Ø}200$  мм.

Аераційні трубопроводи змонтовані по дну камер. Труби для аерації прийняті поліетиленові  $\text{Ø} 100$  мм, загальною довжиною  $L=275$  м; магістральний повітродувний трубопровід  $\text{Ø} 300$  мм.

Для подачі повітря до стічної води та її активного насичення киснем прийняті дискові аератори КИТ АД 215 (табл. 3.3, рис. 3.1-3.2). Загальна кількість потрібних аераторів складає 200 шт.

Таблиця 3.3 – Технологічні параметри роботи дискового аератора

Технологічні параметри роботи	Модель КИТ АД 215
Робоча подача повітря	1,5 – 3 м <sup>3</sup> /год.
Діаметр	215 мм
Рекомендована подача повітря	2 м <sup>3</sup> /год.
Розмір повітряних бульбашок	0,8 – 2,1 мм
Робоча зона, м <sup>2</sup>	0,35 – 0,7
Ефективність перенесення кисню, кг О <sub>2</sub> /год.	0,25 – 0,45
Втрати на опір, Н <sub>2</sub> О	менше 300 мм
Температура оточуючого середовища	не менше +5С
Температура повітря на вході в аератор	не більше +80С

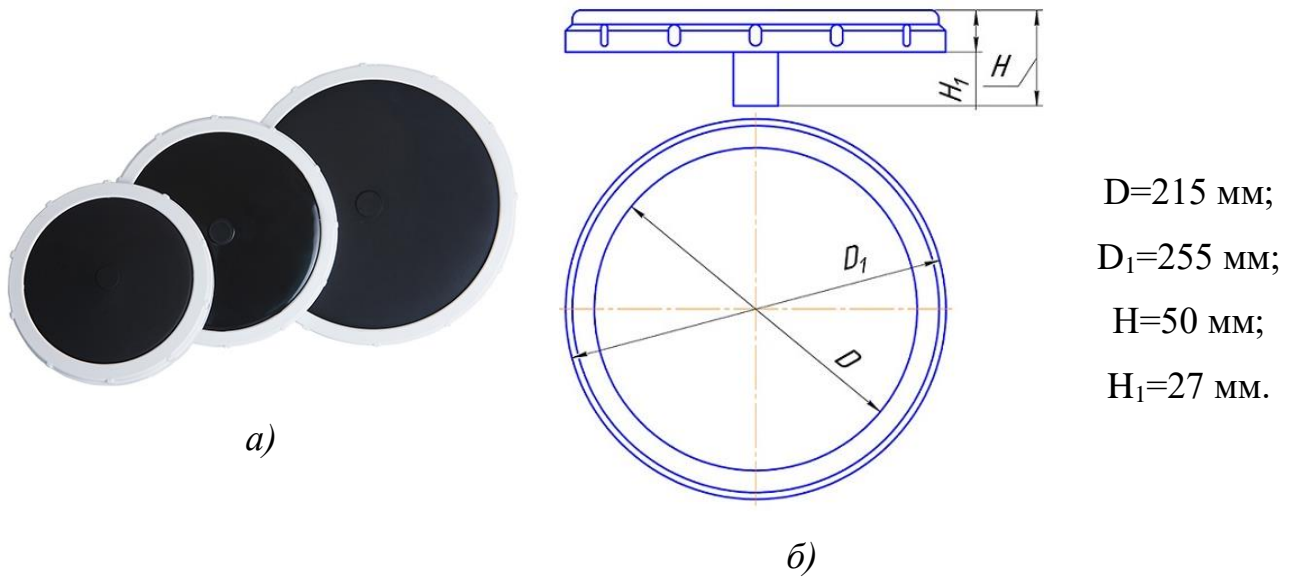


Рисунок 3.1 – Дисківий аератор: а) – загальний вигляд виробу; б) – технологічне креслення з параметрами.

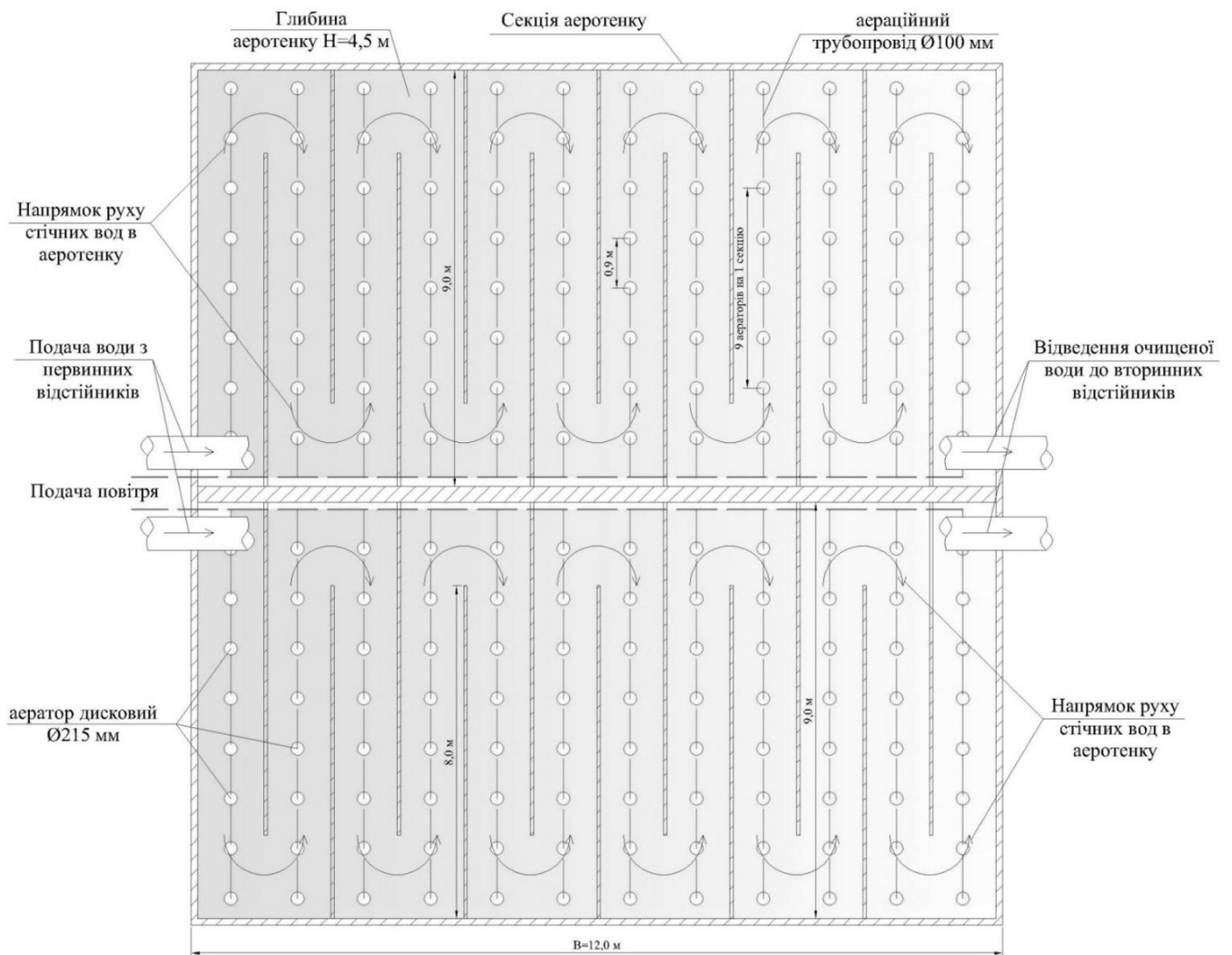


Рисунок 3.2 – Технологічна схема роботи аеротенків

Відвідний трубопровід освітлених стоків із секцій аеротенка влаштований із труб ПЕ-100 SDR26 Ø250×9,6мм. На трубопроводі кожної секції для скиду встановлені засувки Ø250мм. Основні види будівельно-монтажних робіт та їх об'єми зведені у відомість (табл. 3.4.)

Таблиця 3.4 – Зведена відомість об'ємів робіт при улаштуванні аеротенків

№	Вид робіт	Одиниця виміру	Кількість
1	Монтаж залізобетонних елементів перегородок	т/шт.	70
2	Закриття швів та покриття гідроізоляційним шаром	м <sup>2</sup>	240
3	Монтаж трубопроводу подачі повітря Ø 300 мм від насосно-повітродувної станції	м	45
4	Монтаж аераторів Ø 100 мм	м	275
5	Монтаж засувок Ø 100 мм	шт.	22
6	Монтаж дискових аераторів КИТ АД 215 (Ø 215 мм)	шт.	200

Таким чином, виконані розрахунки по всім технологічним видам робіт при реконструкції очисних споруд: земляні роботи; демонтаж старих залізобетонних елементів; монтаж нових трубопроводів, лотків та будівель.

## 4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД

### 4.1 Технологія виконання земляних робіт

Відповідно до технології будівництва та реконструкції очисних споруд, виконання земляних робіт вимагає здійснення наступного комплексу будівельних процесів [22]: геодезична розбивка трас, підготовчі роботи на трасах трубопроводів, завіз матеріалів та устаткування, зрізка рослинного ґрунту, розробка ґрунту у траншеях, демонтаж та подальше укладання трубопроводів, засипка траншей і, нарешті, рекультивація рослинного шару ґрунту. Геодезичну розбивку траси трубопроводу виконують за допомогою геодезичних приладів (теодоліт або тахеометр), закріплюючи на місцевості маячки по вісі майбутньої розробки. Підготовчі роботи зводяться до розчистки смуги від небажаної рослинності, кущів та чагарників; для цього використовується стандартний набір машин і механізмів, як-от викорчовувачі, кущорізи та бульдозери. Одним із перших технологічних етапів є зрізка рослинного шару ґрунту на глибину 0,25 м уздовж траси трубопроводів. Ця операція виконується бульдозером SHANTUI SD11 з потужністю двигуна 78 кВт (рис. 4.1). Розроблений ґрунт розміщується з одного боку відносно осі траншеї, щоб забезпечити вільну зону з іншого боку для проведення демонтажу та подальшого укладання нових трубопроводів.

Зняття рослинного шару виконується бульдозером поперечними ходами з переміщенням ґрунту на відстань не менше ніж 10 м в один бік від розробленої смуги, при цьому бульдозер повертається заднім ходом для чергового набору ґрунту відвалом. Зрізка рослинного шару на глибину 0,25 м виконується за два проходи бульдозера по одному сліду [26].

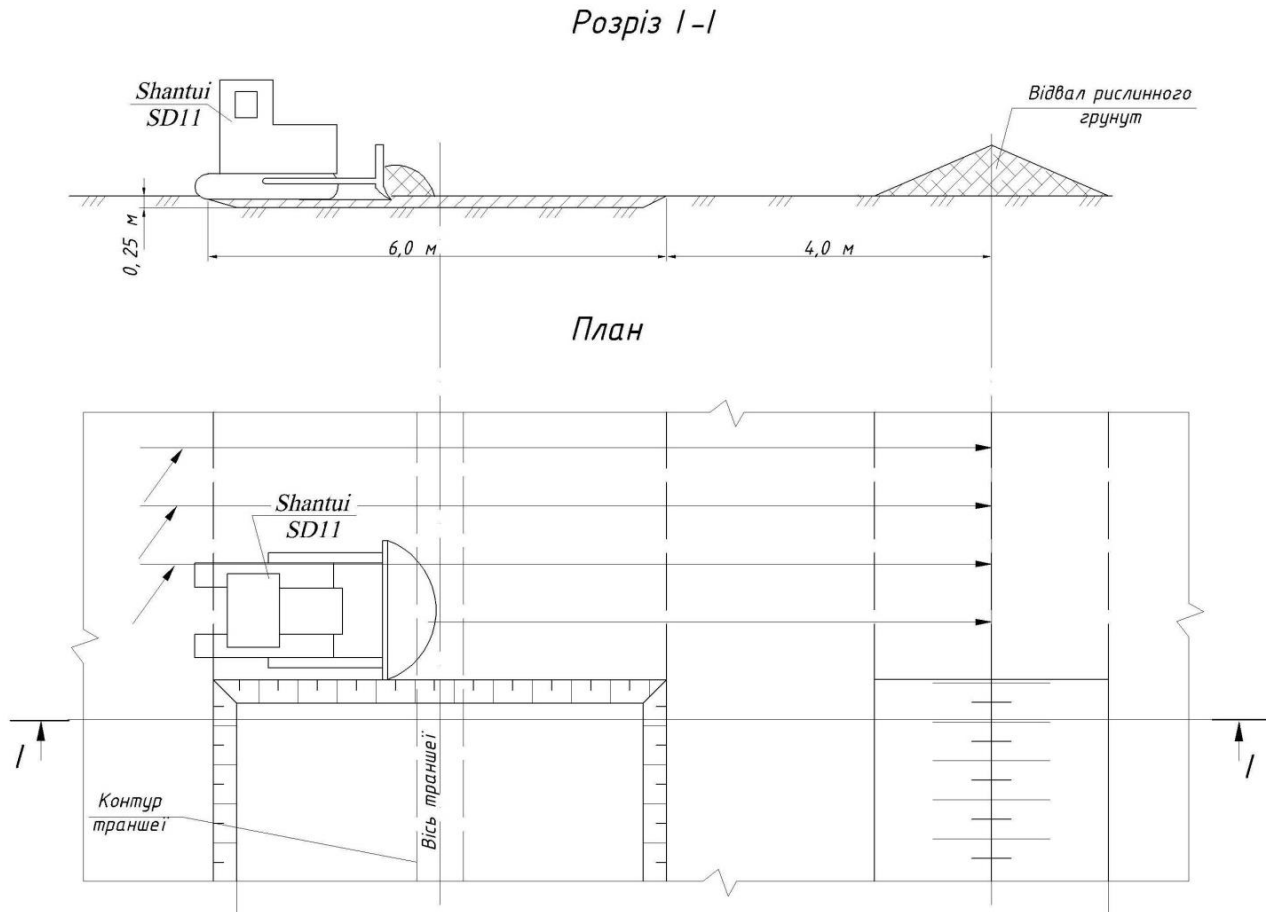


Рисунок 4.1 – Технологічна схема зрізки рослинного шару ґрунту

Наступним етапом земляних робіт є розробка ґрунту в траншеях, що здійснюється за допомогою екскаватора SHANTUI SE210 потужністю 112 кВт, обладнаного зворотною лопатою. Цей екскаватор розробляє ґрунт нижче рівня свого стояння у напрямку «на себе» (рис. 4.2). Спосіб розробки ґрунту – поздовжніми проходками: екскаватор рухається вздовж осі траншеї, відсипаючи ґрунт на одну сторону. Контроль відміток до верху трубопроводу здійснюється за даними глибини закладання труб та позначками на рукоятці екскаватора. Екскаватор здатний розробити виїмку потрібного розміру за один прохід, виконуючи операції копання, транспортування та розвантаження ґрунту одночасно.

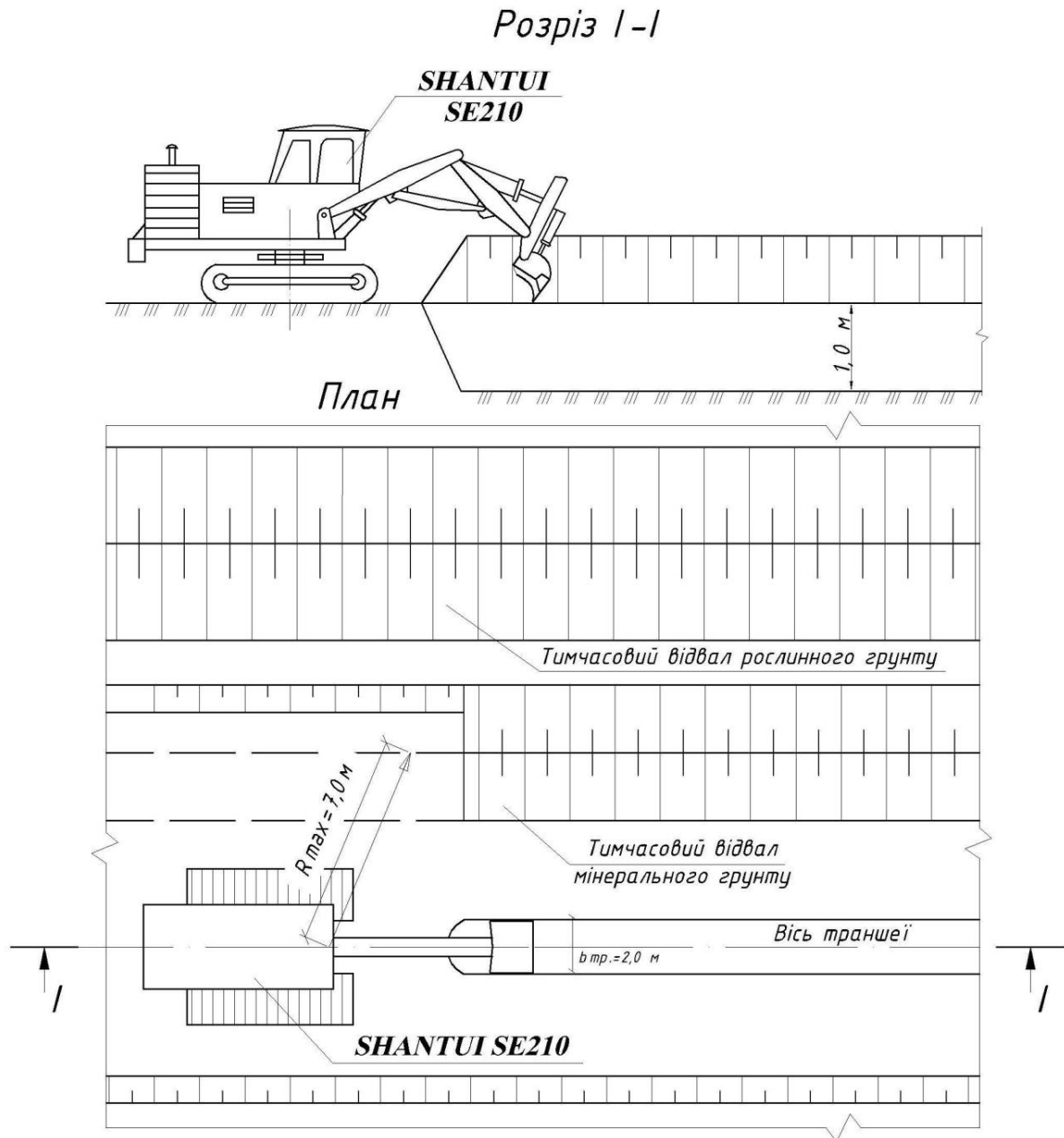


Рисунок 4.2 – Технологічна схема розробки траншеї екскаватором

Глибина, на яку екскаватор розробляє ґрунт, становить 1 м до верху трубопроводу. Подальше виймання ґрунту нижче цього рівня здійснюється вручну землекопами, які також розробляють приямки, необхідні для демонтажу старих трубопроводів. Після завершення демонтажних та монтажних робіт виконується зворотна засипка траншеї ґрунтом. Оскільки укладений трубопровід виконаний із залізобетону, відпадає необхідність у ручній засипці, оскільки матеріал труб здатний сприймати тиск ґрунту, що

переміщується бульдозером, без ризику навантажень та деформацій. Таким чином, мінеральний та рослинний ґрунт повертається із застосуванням бульдозера (рис. 4.3). Весь надлишковий ґрунт рівномірним шаром розрівнюється на території ділянки виконання робіт, при цьому відстань переміщення ґрунтових мас бульдозером не перевищує 10 м [26].

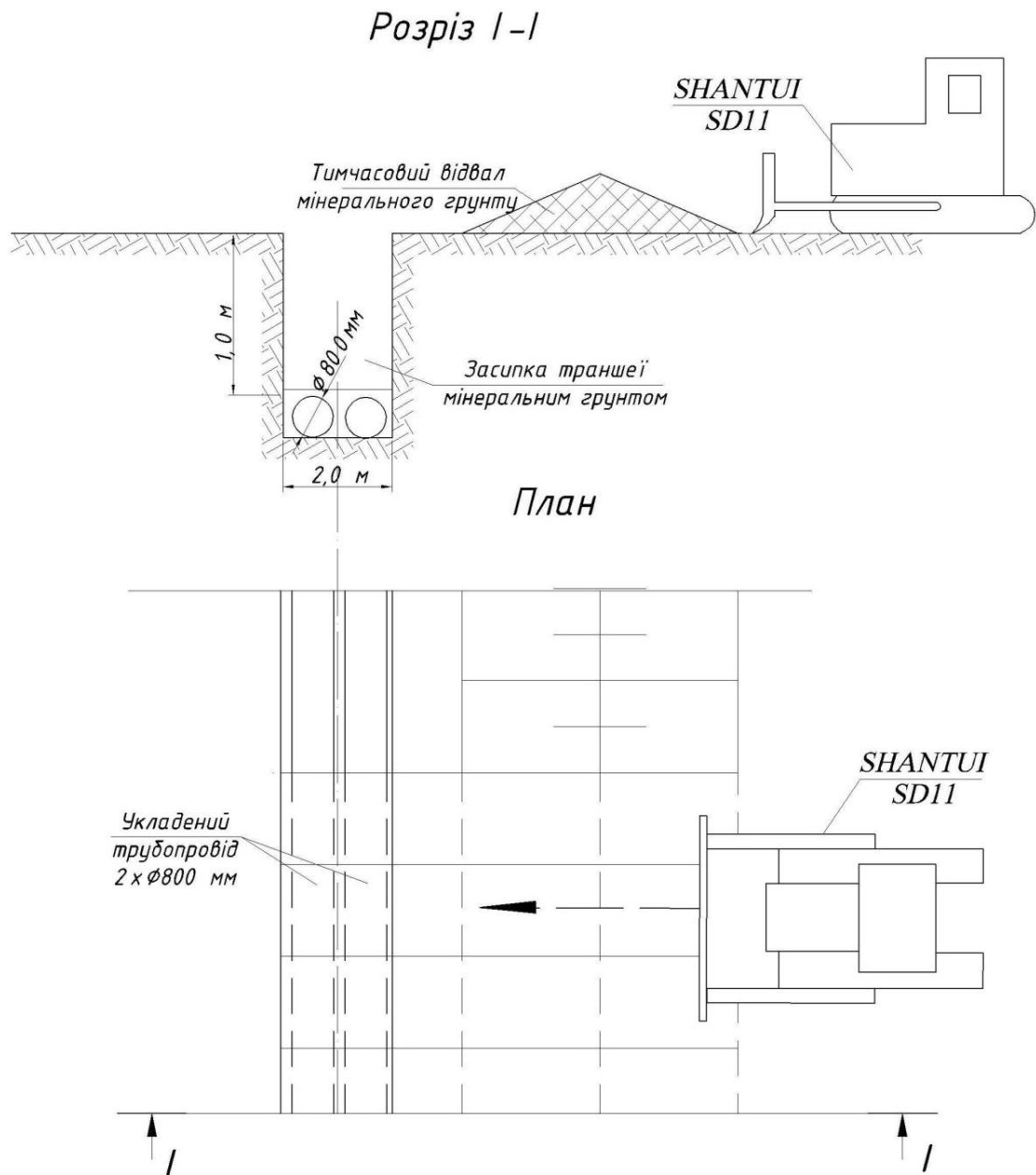


Рисунок 4.3 – Технологічна схема зворотної засипки траншеї мінеральним ґрунтом

## 4.2 Технологія виконання монтажних робіт при реконструкції очисних споруд

Під час реконструкції очисних споруд технологією будівельного виробництва передбачається виконання демонтажних та монтажних робіт за наступними складовими елементами: трубопроводи залізобетонні та поліетиленові; відкриті залізобетонні лотки; плити; монтаж технологічного обладнання та арматури.

Виконання всіх видів робіт виконується за допомогою автомобільного крану КС-55727 (рис. 4.4 – 4.5) [23].

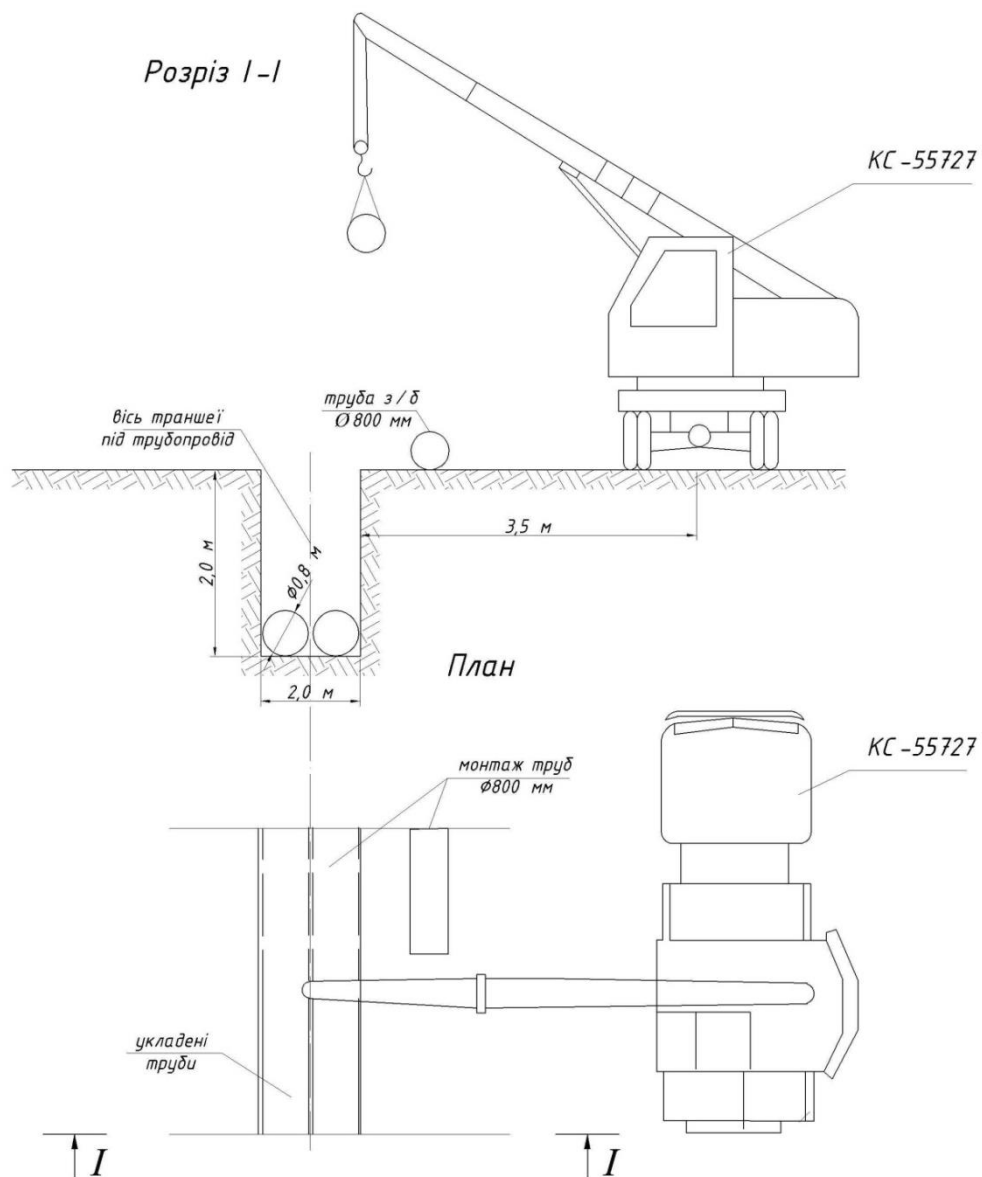


Рисунок 4.4 – Технологічна схема монтажу трубопроводу

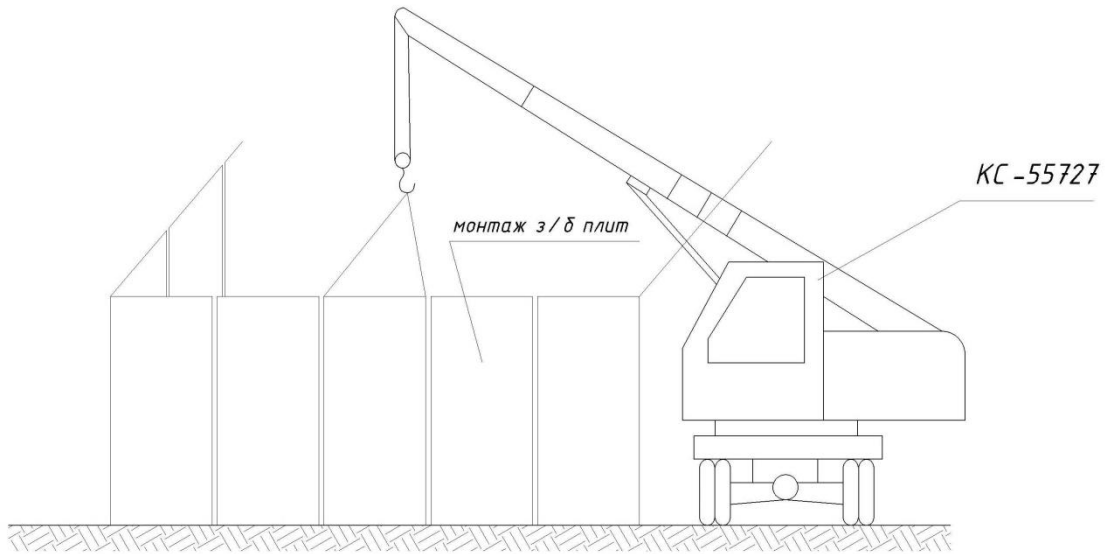
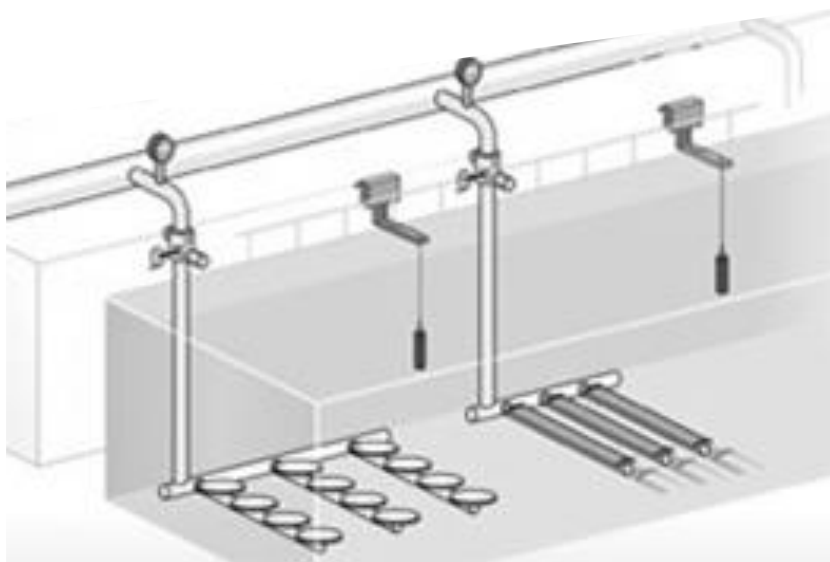


Рисунок 4.5 – Технологічна схема монтажу плит при улаштуванні будівлі аеротенків

Після завершення улаштування всіх залізобетонних елементів будівлі аеротенків здійснюється монтаж системи подачі повітря. Основний технологічний поліетиленовий трубопровід діаметром  $\text{Ø}300$  мм прокладається по верху землі та залізобетонних елементів (на стиках) від насосно-повітродувної станції до аеротенків. Потім від нього виконується врізання поліетиленовим трубопроводом  $\text{Ø}100$  мм, який безпосередньо прокладається по дну кожної з камер аеротенку. На трубопроводах подачі повітря обов'язково монтують запірну арматуру та датчики тиску і подачі. По всій довжині укладеного трубопроводу встановлюються дискові аератори, необхідні для активного перемішування повітря з очисною водою, поданою до аеротенку. Саме за рахунок «роботи» активного мулу, збагаченого повітрям, відбувається інтенсивний процес біологічної очистки стічних вод.

Монтажна схема системи подачі повітря та улаштування дискових аераторів наведена на рис. 4.6.



*a)*



*1-аероційний трубопровід*

*2-дисковий аератор*

*б)*

Рисунок 4.6 – Технологічна схема монтажу аераційного трубопроводу в секції аеротенку (*a*) та робоча схема дискового повітряного аератора (*б*).

Таким чином, запроектовано перелік та особливості виконання всіх будівельно-монтажних операцій при реконструкції очисних споруд, а сам: виконання земляних робіт та будівельно-монтажних.

## 5. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

### 5.1 Визначення трудомісткості виконання робіт та фонду заробітної плати з реконструкції очисних споруд

Основою для розрахунку калькуляції трудових витрат (табл. 5.1) та фонду заробітної плати (табл. 5.2) на виконання робіт із реконструкції очисних споруд у м. П'ятихатки є зведені відомості об'ємів земляних та будівельно-монтажних робіт по кожній технологічній операції. Склад ланки та норму часу приймають відповідно до відповідних збірників ДБН, статей і параграфів, які обов'язково вказуються у відповідній графі. Трудомісткість виконання робіт  $Q$ , що вимірюється у люд.-дн., визначають за наступною формулою:

$$Q = \frac{V \cdot H_{\text{ч}}}{V_{\text{ЕНП}} \cdot 8,2}, \quad (5.1)$$

де  $V$  – об'єм роботи по проекту, м<sup>3</sup>;  $H_{\text{ч}}$  – норма часу на виконання одиниці об'єму роботи;  $V_{\text{ЕНП}}$  – одиниця об'єму роботи по ДБН; 8,2 – тривалість зміни у годинах.

Розрахунок заробітної плати проводиться у два ключові етапи. Спочатку, на першій стадії, визначаються умовно-постійні параметри оплати праці, які безпосередньо залежать від встановленого рівня середньої заробітної плати та офіційної середньої норми робочого часу. Ці показники базуються на актуальних даних, оприлюднених Міністерством праці України. Розрахунок заробітної плати робітників виконується по усередненій вартості люд.-год.  $C_y$ , яка розраховується за формулою

$$C_y = \frac{Z_m}{H_{p.ч.}}, \quad (5.2)$$

де  $Z_m$  – середня місячна зарплата в будівництві одного робітника в еквіваленті повної зайнятості, в Дніпропетровській області за 2025 р. приймаємо 32000 грн. (за прийнятими даними);  $H_{p.ч.}$  – середня норма робочого часу в будівництві на одного працівника в годинах за місяць (за даними Мінпраці України  $H_{p.ч.} = 167,67$  год.). Таким чином  $C_y = 32000/167,67 = 190,1$  грн./год.

Фактична усереднена вартість людино-години роботи  $C_{\phi y}$ , яка виконується, визначається за формулою

$$C_{\phi y} = \frac{C_y \cdot K_m^{\phi}}{K_m^{\phi y d}}, \quad (5.3)$$

де  $K_m^{\phi}$  – міжрозрядний коефіцієнт для середнього розряду роботи, яка виконується;  $K_m^{\phi y d}$  – міжрозрядний коефіцієнт для середнього розряду виконання робіт в будівництві ( $K_m^{\phi y d} = 3,8$ ).

Середній розряд роботи ( $P_{сер}$ ) визначається за формулою

$$P_{сер} = \frac{\sum P_i \cdot N_i}{\sum N}, \quad (5.4)$$

де  $P_i$  – розряд  $i$ -того робітника;  $N_i$  – кількість робітників з  $i$ -тим розрядом;  $N$  – кількість робітників у ланці.

На другому етапі розраховується розмір заробітної плати  $Z_{п}$

$$Z_{п} = C_{\phi y} \cdot Q \cdot t_{зм}, \quad (5.5)$$

де  $Q$  – трудомісткість виконання роботи, чол.-дн.;  $t_{зм}$  – тривалість зміни у годинах, дорівнює 8 год.

Таблиця 5.1 – Калькуляція трудових витрат на реконструкцію очисних споруд

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Параграф ДБН	Склад ланки		Одиниця виміру за ДБН	Норма часу, люд.-год.	Трудо-місткість, люд.-дн.	Тривалість, дні
					спеціальність, розряд	кількість				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Заміна технологічних трубопроводів і лотків										
1	Зрізка рослинного шару ґрунту на трасі трубопроводу	м <sup>3</sup>	60	1-11-1	маш. 6 розр.	1	100	2,36	0,2	1
2	Розробка траншеї екскаватором	м <sup>3</sup>	160	1-5-2	маш. 6 розр.	1	100	14,86	3,0	3
3	Демонтаж трубопроводів	м	80	23-6-4	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	1000	213,1	2,1	1
4	Ручна підчистка дна траншеї під трубопроводи	м <sup>3</sup>	8	1-18-2	землекоп 2 розр.	2	100	231,2	2,3	2
5	Монтаж трубопроводів	м	80	23-6-4	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	1000	426,2	4,3	2
6	Зворотна засипка ґрунтом	м <sup>3</sup>	40	1-12-1	маш. 6 розр.	1	100	1,36	0,1	1
7	Відновлення рослинного шару ґрунту	м <sup>3</sup>	60	1-13-1	маш. 6 розр.	1	100	0,68	0,1	1
8	Демонтаж залізобетонних лотків	м <sup>3</sup>	36	7-31,6	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	100	398,36	17,9	5
9	Ручна підчистка дна траншеї під з/б лотки	м <sup>3</sup>	32	1-18-2	землекоп 2 розр.	2	100	190,4	7,6	4
10	Піщана підготовка основи під лотки	м <sup>3</sup>	64	1-18-4	землекоп 2 розр.	2	100	174,2	13,9	7
11	Монтаж залізобетонних лотків з замоноличенням швів	м <sup>3</sup>	36	7-31-6	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	100	796,72	35,9	9

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Параграф ДБН	Склад ланки		Одиниця виміру за ДБН	Норма часу, люд.-год.	Трудо-місткість, люд.-дн.	Тривалість, дні
					спеціальність, розряд	кількість				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Демонтаж конструкції будівлі недіючих біофільтрів</b>										
12	Демонтаж плит перекриття	шт.	108	7-13-1	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	100	182,75	24,7	7
13	Демонтаж стінових панелей	шт.	144	7-16-1	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	100	496,5	89,4	23
14	Навантаження в автотранспорт та вивезення завантажувального матеріалу (галька)	м <sup>3</sup>	324	1-17-5	маш. 6 розр.	1	1000	132,09	5,3	6
15	Демонтаж залізобетонних резервуарів	шт.	50	7-16,1	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	100	496,5	31,0	8
16	Демонтаж металевих конструкцій трубопроводів та зрошувачів	м	130	22-8-2	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	1000	205,36	3,3	1
<b>Улаштування аеротенків</b>										
17	Монтаж залізобетонних елементів перегородок	м <sup>3</sup>	60	7-30-3	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	100	1116,1	83,7	21
18	Закриття швів та покриття гідроізоляційним шаром	м <sup>2</sup>	240	41-5-2	монт. 3,4 розр.	2	100	114,53	34,4	18
19	Монтаж трубопроводу подачі повітря Ø 300 мм від насосно-повітродувної станції	м	45	22-11-8	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	1000	647,55	3,6	1
20	Монтаж аераторів Ø 100 мм	м	275	22-11-3	монт. 3,4 розр.	4	1000	352,61	12,1	4
21	Монтаж засувок Ø 100 мм	шт.	22	22-36-2	монт. 3,4 розр.	4	1	3,25	8,9	3
22	Монтаж дискових аераторів КИТ АД 215 (Ø 215 мм)	шт.	200	22-42-2	монт. 3,4 розр.	4	1	1,15	28,8	8
	<b>Разом</b>								<b>412,6</b>	<b>136</b>

Таблиця 5.2 – Розрахунок фонду заробітної плати на реконструкцію очисних споруд

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Склад ланки		Трудо-місткість, люд.-дн.	Тривалість, дні	Середній розряд працівників	Міжрозрядний коефіцієнт	Усереднена вартість роботи, Сфу, грн.	Заробітна плата, Зп, тис. грн.
				спеціальність, розряд	кількість						
1	2	3	4	6	7	10	11	12	13	14	15
Заміна технологічних трубопроводів і лотків											
1	Зрізка рослинного шару ґрунту на трасі трубопроводу	м <sup>3</sup>	60	маш. 6 розр.	1	0,2	1	6,0	1,793	89,7	0,02
2	Розробка траншеї екскаватором	м <sup>3</sup>	160	маш. 6 розр.	1	3,0	3	6,0	1,793	89,7	0,81
3	Демонтаж трубопроводів	м	80	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	2,1	1	4,5	1,44	72,0	0,15
4	Ручна підчистка дна траншеї під трубопроводи	м <sup>3</sup>	8	землекоп 2 розр.	2	2,3	2	2,0	1,087	54,4	0,25
5	Монтаж трубопроводів	м	80	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	4,3	2	4,5	1,44	72,0	0,62
6	Зворотна засипка ґрунтом	м <sup>3</sup>	40	маш. 6 розр.	1	0,1	1	6,0	1,793	89,7	0,01
7	Відновлення рослинного шару ґрунту	м <sup>3</sup>	60	маш. 6 розр.	1	0,1	1	6,0	1,793	89,7	0,01
8	Демонтаж залізобетонних лотків	м <sup>3</sup>	36	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	17,9	5	4,5	1,44	72,0	6,45
9	Ручна підчистка дна траншеї під з/б лотки	м <sup>3</sup>	32	землекоп 2 розр.	2	7,6	4	2,0	1,087	54,4	1,65
10	Піщана підготовка основи під лотки	м <sup>3</sup>	64	землекоп 2 розр.	2	13,9	7	2,0	1,087	54,4	5,29
11	Монтаж залізобетонних лотків з замоноличенням швів	м <sup>3</sup>	36	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	35,9	9	4,5	1,44	72,0	23,28

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Склад ланки		Трудо-місткість, люд.-дн.	Тривалість, дні	Середній розряд працівників	Міжрозрядний коефіцієнт	Усереднена вартість роботи, Сфу, грн.	Заробітна плата, Зп, тис. грн.
				спеціальність, розряд	кількість						
1	2	3	4	6	7	10	11	12	13	14	15
<b>Демонтаж конструкції будівлі недіючих біофільтрів</b>											
12	Демонтаж плит перекриття	шт.	108	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	24,7	7	4,5	1,44	72,0	12,46
13	Демонтаж стінових панелей	шт.	144	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	89,4	23	4,5	1,44	72,0	148,12
14	Навантаження в автотранспорт та вивезення завантажувального матеріалу (галька)	м <sup>3</sup>	324	маш. 6 розр.	1	5,3	6	6,0	1,793	89,7	2,85
15	Демонтаж залізобетонних резервуарів	шт.	50	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	31,0	8	4,5	1,44	72,0	17,87
16	Демонтаж металевих конструкцій трубопроводів та зрошувачів	м	130	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	3,3	1	4,5	1,44	72,0	0,24
<b>Улаштування аеротенків</b>											
17	Монтаж залізобетонних елементів перегородок	м <sup>3</sup>	60	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	83,7	21	4,5	1,44	72,0	126,62
18	Закриття швів та покриття гідроізоляційним шаром	м <sup>2</sup>	240	монт. 3,4 розр.	2	34,4	18	3,5	1,261	63,1	39,06
19	Монтаж трубопроводу подачі повітря Ø 300 мм від насосно-повітродувної станції	м	45	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	3,6	1	4,5	1,44	72,0	0,26
20	Монтаж аераторів Ø 100 мм	м	275	монт. 3,4 розр.	4	12,1	4	3,5	1,261	63,1	3,05
21	Монтаж засувок Ø 100 мм	шт.	22	монт. 3,4 розр.	4	8,9	3	3,5	1,261	63,1	1,68
22	Монтаж дискових аераторів КИТ АД 215 (Ø 215 мм)	шт.	200	монт. 3,4 розр.	4	28,8	8	3,5	1,261	63,1	14,53
	<b>Разом</b>					<b>412,6</b>	<b>136</b>				<b>405,28</b>

У відповідності до проведених розрахунків отримали, що на виконання робіт з реконструкції очисних споруд загальна трудомісткість складає 412,6 люд.-дн, тривалість виконання робіт при цьому буде становити 136 днів, а фонд заробітної плати робітників – 405,28 тис. грн.

## 5.2 Обґрунтування складу комплексної бригади будівельників

Склад комплексної бригади будівельник залежить від видів технологічних операцій, що виконуються при реконструкції очисних споруд, а також об'ємів будівельно-монтажних робіт. В нашому випадку отримуємо, що перелік спеціальностей та розряду робітників наступний:

- 1) машиністи 6-го розряду – 8 чоловік;
- 2) монтажними від 3-го до 5-го розрядів – 8 чоловік;
- 3) землекопи 2-го розряду – 2 чоловіка.

Техніко-економічне обґрунтування виробництва робіт наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Техніко-економічне обґрунтування виробництва робіт

№ з/п	Найменування показників	Формула розрахунку	Одиниця виміру	Показник
1	Трудомісткість	$\sum T_p^i$	люд.-дн.	412,6
2	Тривалість робіт	$N_{роб.дні}$	дн.	148
3	Середнє число робітників	$n = \frac{\sum T_p^i}{N_{роб.дн.}}$	чол.	3
4	Виробітка	$V_p = \frac{V}{\sum T_p^i}$	м <sup>3</sup> /люд.-дн	2,13
5	Середня заробітна плата	$z_{nc} = \frac{z_n}{\sum T_p^i}$	грн./люд.-дн.	982,3

### 5.3 Розрахунок потреби та вибір будівельної техніки

Для зрізання рослинного шару ґрунту та зворотної засипки траншеї використовується бульдозер марки Shantui SD11 (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Технічна характеристика бульдозера SHANTUI SD11

№	Характеристики	Показник
1	Габарити: Д×Ш×В, мм	4202×2940×2810
2	Маса, кг	10570
3	Потужність двигуна, кВт	78
4	Граничне заглиблення відвалу, мм	415
5	Гранична висота підйому відвалу, мм	885
6	Можливість роботи на схилі, град.	30
7	Ширина/висота відвала, мм	3940/1011
8	Питомий тиск на ґрунт, МПа	0,054

Розробка ґрунту в траншеї у відвал, а також розробка з навантаженням в автомобілі наповнюючого матеріалу (галька) недіючих біофільтрів виконується екскаватором марки Shantui (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Технічна характеристика екскаватора SHANTUI SE210

№	Характеристики	Показник
1	Глибина копання, мм	6620
2	Об'єм ковша, м <sup>3</sup>	0,9
3	Модель двигуна	Cummins 6B5.9
4	Потужність двигуна, кВт	112
5	Висота/ширина/довжина екскаватора, мм	2932/2800/9549
6	Висота по верху стріли, мм	3073
7	Максимальний уклін, град.	35

№	Характеристики	Показник
8	Об'єм паливного бака, л	360
9	Ширина гусені, мм	220
10	Максимальна висота копання, мм	9305
11	Експлуатаційна вага, кг	20500

Для доставки технологічного обладнання, трубопроводів, залізобетонних лотків и плит, а також для вивезення сміття та демонтованих елементів очисних споруд, використовують вантажний автомобіль Камаз 5511 (табл. 5.6).

Таблиця 5.6 – Технічна характеристика вантажного автомобіля Камаз 5511

№	Показник	Значення
1	Тип авто	самоскид
2	Колісна формула	6×4
3	Повна маса авто, кг	19000
4	Вантажопідйомність, кг	10000
5	Об'єм платформи, м <sup>3</sup>	6.6
6	Максимальна швидкість, км/год.	90
7	Двигун	КамАЗ 740.10
8	Потужність двигуна, кВт	155
9	Коробка передач	механічна
10	Кількість передач	5
11	Підвіска	ресорна
12	Об'єм паливного бака	175

Всі види робіт пов'язані з демонтажем і улаштуванням конструкцій та збірних залізобетонних елементів споруд виконуються з використанням автомобільного крану КС-55727 (табл. 5.7)

Таблиця 5.7 – Технічна характеристика автомобільного крану КС-55727

№	Показник	Значення
1	Максимальна вантажопідйомність, т/виліт м	25/3,2
2	Вантажопідйомність при максимальному вильоті стріли, т	0,7
3	Довжина стріли, м	28,08
4	Максимальний виліт стріли, м	20
5	Максимальна висота підйому, м	27,1
6	Час повного вильоту стріли, с	45
7	Розмір опорного контуру вздовж/поперек вісі шасі, м	5,075/5,4
8	Транспортна швидкість пересування, км/ч	5 – 60
9	Загальна маса крану, т	22,5
10	Базове шасі	КАМАЗ-53229
11	Колісна формула базової машин	6×4
12	Марка двигуна, дизель	КАМАЗ 740.11
13	Потужність, кВт	176
14	Витрата палива в крановому режимі, л/год.	9
15	Габаритні розміри крана довжина/ширина/висота, м	12/2,9/3,8
16	Радіус повороту основної стріли, м	12,5
17	Температура експлуатації, °С	+/- 40

Таким чином, основний комплект машин, що застосовується під час реконструкції очисних споруд наступний:

- бульдозер SHANTUI SD11;
- екскаватор SHANTUI SE210;
- автомобіль КАМАЗ 5511;
- кран автомобільний КС-55727;

## 5.4 Проектування польового стану

### 5.4.1 Визначення потреби соціально-побутових приміщень

Обсяг тимчасових будівель (допоміжних, соціальних чи житлових) розраховується, виходячи з нормативів площі на одного працівника та загальної розрахункової чисельності всього задіяного персоналу (включаючи робітників, ІТР та службовців). У зв'язку з тим, що календарний план відображає лише кількість робітників, але не містить даних про інші категорії, загальну чисельність усіх працівників на будівельному майданчику слід визначати на підставі додаткових обчислень.

Розрахункову кількість робітників за добу можна визначити виходячи з загальної трудомісткості робіт:

$$N_p = \frac{\sum Q}{T} K, \quad (5.6)$$

де  $\sum Q$  – загальна трудомісткість будівельно-монтажних робіт, люд-дн.;  
 $T$  – тривалість будівництва об'єкту, днів;  $K$  – коефіцієнт нерівномірності використання трудових ресурсів протягом усього строку будівництва ( $K=1,5\dots 1,7$ ).

Визначення числа працівників за категоріями (робітники, інженери, службовці, обслуговуючий персонал та охорона) базується на типовій структурі штату для цього будівельного об'єкта. Облікова чисельність усіх працівників на об'єкті коригується множенням на коефіцієнт 1,06 для обліку неявок, спричинених відпустками та хворобами. Площа санітарно-побутових

та адміністративних інвентарних будівель обчислюється, виходячи з чисельності персоналу, який працює у максимально завантажену зміну, та з використанням встановлених нормативів площі. Якщо точні дані по змінах відсутні, приймається, що в найбільш чисельну зміну працюють 70% робітників та 80% персоналу з інших груп. Типи необхідних тимчасових будівель (житлових, допоміжних, соціальних) обираються відповідно до специфіки робіт і віддаленості ділянки від міської інфраструктури. Сумарна необхідна площа цих споруд відображена в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Розрахунок необхідної площі тимчасових будівель і споруд

Будівлі	Розрахункове число робітників, людей	Норма площі на 1 люд., м <sup>2</sup>	Необхідна площа, м <sup>2</sup>	Кількість інвентарних приміщень
Контора виконроба	1	4	4	1
Побутове приміщення	10	1,0	10,0	1
Приміщення для вживання їжі та відпочинку	10	1,0	10,0	1
Буфет	10	0,7	7,0	1
Медпункт	10	0,15	1,5	1
Туалет	10	0,1	1,0	1
Гардеробна	10	0,95	9,5	1
Душова	10	0,6	6,0	1
Всього			45,0	8

Таким чином отримали, що на будівельному майданчику будуть знаходитись 8 тимчасових будівель загальною площею 45,0 м<sup>2</sup>, які призначені для соціально-побутових потреб робітників.

#### 5.4.2 Визначення потреби складських приміщень

Проектування необхідних складів для матеріалів та конструкцій, включно з розрахунком їхньої площі, залежить від загального обсягу запланованих будівельно-монтажних робіт [22, 23]. Розрахунки площі складських приміщень виконуються послідовно, як це показано в Табл. 5.9. Потреба у матеріалах (гр. 3) встановлюється за зведеною відомістю матеріальних потреб. Термін використання матеріалів (гр. 4) визначається за календарним графіком робіт. Запас матеріалів на складі (гр. 5) встановлюється у межах 2–5 днів для постачання автомобільним транспортом. Для обліку коливань використовують коефіцієнт нерівномірності надходження (1,1 для автотранспорту) та коефіцієнт виробничої нерівномірності споживання протягом розрахункового періоду, який дорівнює 1,3.

Кількість матеріалів і конструкцій, які підлягають складуванню,  $Q_{ск}$  розраховують за формулою

$$Q_{скл} = \frac{Q_{об}}{T} T_n K_1 K_2, \quad (5.7)$$

Необхідну площу складу  $F_{скл}$  (м<sup>2</sup>)

$$F_{скл} = \frac{Q_{скл}}{q K_3}, \quad (5.8)$$

де  $q$  – норма складування матеріалів і виробів на 1 м<sup>2</sup> площі – складу;  $K_3$  – коефіцієнт, що враховує проходи і проїзди на площі складу, дорівнює 1,3.

Таблиця 5.9 – Розрахунок необхідної площі складських приміщень

Найменування матеріалів, конструкцій	Одиниця вимірювання	Загальна потреба матеріалів і конструкцій, $Q_{об}$	Час використання матеріалів і конструкцій, Т, дн	Норма запасу, Т, дн	Коефіцієнт нерівномірності надходження, $k_1$	Коефіцієнт нерівномірності споживання, $k_2$	Кількість матеріалів і конструкцій, які підлягають складуванню, $Q_{ск}$	Норма складування, на $1\text{ м}^2$ , $q$	Коефіцієнт використання складу, $k_3$	Розрахункова площа складу, $F_{скл}$ , $\text{м}^2$	Тип складу*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Труби залізобетонні	м	80	2	2	1,1	1,3	80	2	1,3	30	в
Труби поліетиленові	м	320	5	2	1,1	1,3	180	6,3	1,3	22	в
Арматура трубопровідна та фасонні частини	т	1,5	11	2	1,1	1,3	0,4	0,08	1,3	4	з
Лотки залізобетонні	$\text{м}^3$	36	9	2	1,1	1,3	11	0,5	1,3	18	в
Плити залізобетонні	$\text{м}^3$	60	21	4	1,1	1,3	16	0,5	1,3	25	в

Примітка\*: з – закритий склад; в – відкритий сльода.

За розрахунками встановлено, що найбільшу площу займають складу відкритого типу для зберігання залізобетонних труб та елементів конструкцій. Загальна площа всіх складських приміщень складає  $99\text{ м}^2$

### 5.5 Календарне планування будівельних робіт з реконструкції

Вирішення питань, пов'язаних з організацією будівельного процесу, неможливе без складання календарного плану, який встановлює послідовність робіт, їхню часову кореляцію та контролює дотримання термінів. Цей лінійний план розробляється згідно з формою табл. 5.10, спираючись на проектні обсяги, трудомісткість, час роботи механізмів, а також затверджені технологічні схеми [22, 23]. При впорядкуванні плану необхідно деталізувати: найбільш раціональну послідовність виконання, кількісний склад машин і робітників для кожної операції, кінцеві терміни у робочих і календарних днях, збалансоване часове планування у графічній формі, а також графіки залучення працівників та основної техніки. У табличну частину календарного плану вносяться: найменування об'єкту (реконструкції), види будівельних робіт у їх логічній послідовності (включно з підготовчими та ліквідаційними), а також попередньо розраховані об'єми та трудовитрати. Тут же зазначаються марки та типи будівельних машин.

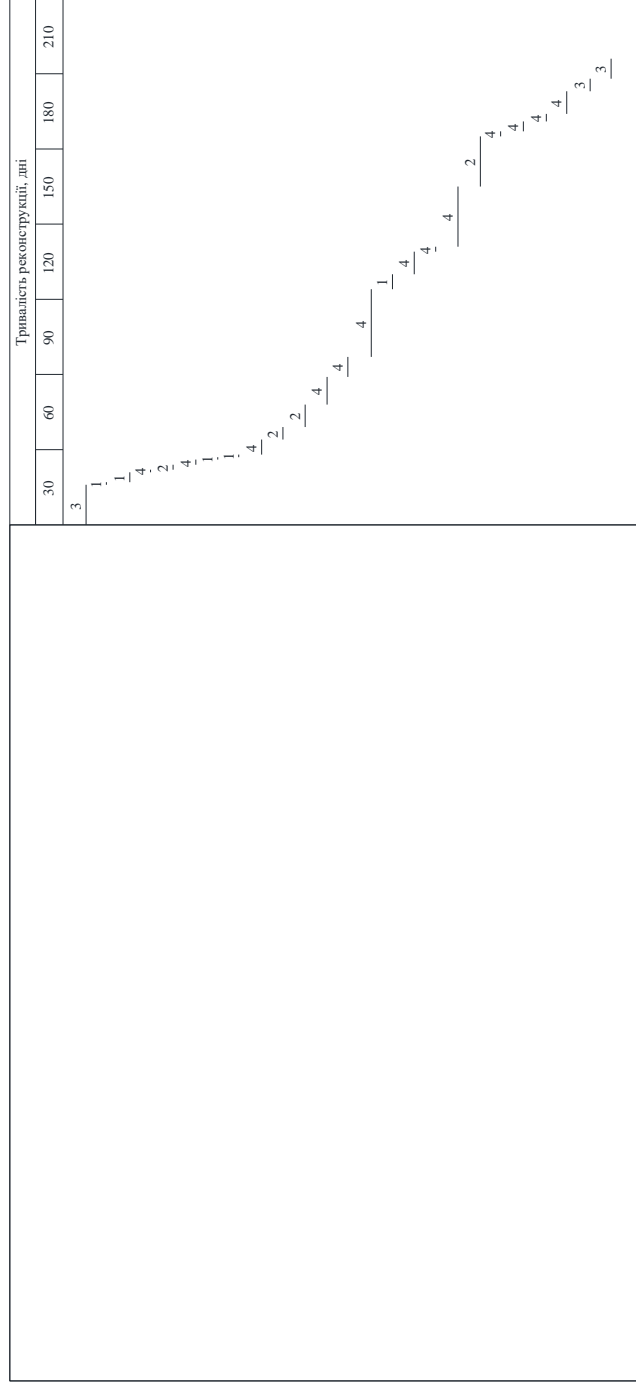
Трудомісткість на виконання всього об'єму робіт визначають за наступними формулами

$$Q_{\text{люд.-зм.}} = V \cdot N_{\text{вр.}} / (V_{\text{ДБН}} \cdot 8,2), \quad (5.9)$$

$$Q_{\text{маш.-зм.}} = V \cdot N_{\text{вр.}} / (V_{\text{ДБН}} \cdot 8,2), \quad (5.10)$$

де  $V$  – виконуваний об'єм робіт ( $\text{м}^2$ ,  $\text{м}^3$ , шт., т.);  $N_{\text{вр.}}$  – норма часу на виконання одиниці об'єму робіт у від до ДБН, люд.-год, маш.-год.;  $V_{\text{ДБН}}$  – одиниця об'єму робіт за ДБН; 8 – тривалість зміни, год.

Виходячи з тривалості виконання робіт, число працюючих машин встановлюється від 1 до 2; для робіт, що виконуються вручну, цей показник не зазначається. Приймається, що робота ведеться в одну зміну на добу. Щоб отримати тривалість процесу в календарних днях, тривалість у робочих днях множиться на коефіцієнт 1,3 (з урахуванням святкових/вихідних), і результат округлюється до цілого числа. Також розраховуються додаткові обсяги, що припадають на підготовчий період (10%), невраховані роботи (3%) та ліквідаційний період (5%). Графічне відображення терміну виконання роботи здійснюється горизонтальною смугою, довжина якої масштабно відповідає календарній тривалості, а над нею проставляється кількість задіяних робітників. Основними принципами при розробці графічної частини є: планування робіт у чіткій технологічній послідовності; суміщення технологічно не пов'язаних робіт (паралельно) та послідовне виконання пов'язаних робіт; забезпечення рівномірного використання трудових ресурсів для досягнення безперервності роботи ланок та поточності будівництва. Для контролю складається графік потреби в робітниках (рис. 5.1), який має демонструвати рівномірний рух робочої сили.

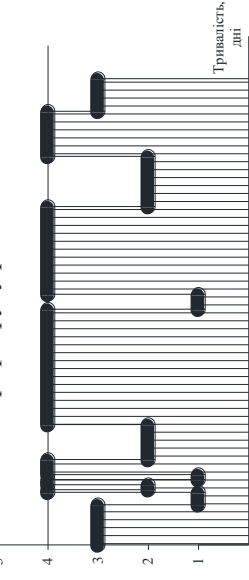


**Техніко-економічні показники**

1. Загальна трудомісткість за нормою, люд.-дн. - 486,8
2. Загальна трудомісткість за планом, люд.-дн. - 423,5
3. Тривалість робіт, роб.дні - 146
4. Тривалість будівництва, кал.дні - 202
5. Нормативна тривалість, дні - 220
6. Скорочення строків будівництва, дні - 18
7. Підвищення продуктивності праці, % - 12,9
8. Норма виробітку, % - 114,9
9. Питомі трудовитрати, люд.-дн./м<sup>2</sup>? - 0,35

Робітники,  
люд.

**Графік руху робітників**



Тривалість,  
дні

**Рисунок 5.1. – Календарний план виробництва робіт з реконструкції очисних споруд**

## 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД МІСТА П'ЯТИХАТКИ

### 6.1 Розрахунок кошторисної вартості робіт з реконструкції очисних споруд

Для розрахунку кошторисної вартості реконструкції використовуються дані про об'єми БМР та перелік потрібного обладнання й матеріалів. Кошторисна документація, згідно з Додатком А, включає [24-27]: Зведений кошторисний розрахунок, Об'єктний кошторис, Локальний кошторис і Відомість ресурсів. Зведений кошторисний розрахунок є підсумковим документом, що формується з об'єктних та локальних кошторисів, де визначається вартість основних робіт, а витрати за іншими розділами приймаються як відсоток від цієї вартості. До кінцевої суми додається резерв на непередбачені витрати. Варто відзначити, що зворотні суми від реалізації демонтованих матеріалів і деталей складають 15% від їхньої вартості. Об'єктний кошторис агрегує дані локальних кошторисів, кожен з яких є окремим рядком, і включає частину резерву. Локальні кошториси (форма 3) деталізують об'єми робіт та використовують чинні в Україні одиничні розцінки на роботи і матеріали. До підсумку основних витрат додаються накладні витрати (24%), призначені для оплати праці опосередковано залученого персоналу, а також планові накопичення (30%) – прибуток будівельної організації. Розрахунок кошторису для реконструкції очисних споруд м. П'ятихатки був виконаний із застосуванням програмного комплексу Кошторис-8.

За результатами проведених розрахунків отримали, що загальна кошторисна вартість реконструкції за зведений кошторисом складе 11141,924 тис.грн.

## 7. ОЦІНКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ПРИ ПРОВЕДЕННІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД

Проведення Оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) є обов'язковим згідно з ДБН А.2.2-1-2003, забезпечуючи аргументацію доцільності інвестицій та технічних рішень через призму екологічної безпеки. До основних завдань, які вирішує ОВНС [17], належить: характеристика поточної ситуації на території реконструкції; оцінка екологічних, соціальних і техногенних факторів, включаючи санітарно-епідемічну ситуацію; порівняльний аналіз альтернативних варіантів реалізації проєкту з вибором оптимального; визначення повного переліку та зон екологічно небезпечних впливів; встановлення їхніх кількісних та якісних характеристик; складання прогнозу змін у навколишньому середовищі; розробка програми запобіжних і обмежувальних заходів для відповідності законодавству; а також верифікація прийнятності залишкових впливів, які можуть лишитися після впровадження всіх захисних заходів. У процесі реконструкції та експлуатації очисні споруди м. П'ятихатки чинитимуть вплив на локальний клімат, повітряний басейн, ґрунти, а також поверхневі та підземні водні ресурси, причому цей вплив характеризується масштабом, інтенсивністю, динамічністю і тривалістю.

### 7.1 Обґрунтування розмірів санітарно-захисних зон та охорона навколишнього середовища

Згідно з нормативами ДБН В.2.5-75:2013, для реконструйованого майданчика очисних споруд встановлена санітарно-захисна зона (СЗЗ) шириною 200 м. Це відповідає нормативним вимогам, оскільки найближча

житлова забудова віддалена на 1000 м на північ. Хоча територія майданчика має ознаки техногенного підтоплення, слід зазначити, що у процесі очищення побутових стоків викиди шкідливих речовин відсутні. Оскільки на території розміщення очисних споруд немає родючого ґрунту, придатного для сільського господарства, необхідність у заходах рекультивації відсутня. Проектна технологічна схема, що використовується, гарантує очищення стічних вод до нормативних вимог і виключає негативний вплив на довкілля. Проте, з метою запобігання забрудненню природного середовища під час обох етапів (реконструкції та експлуатації), передбачено додаткові природоохоронні заходи. Для унеможливлення фільтрації стоків та забруднення ґрунтових вод усі ємнісні споруди мають гідроізоляцію (водонепроникні стіни і дно). Дренажні води з мулових майданчиків збираються та повертаються у початок технологічного циклу для повторного очищення.

## 7.2 Вплив робіт з реконструкції очисних споруд на повітряний простір будівельного майданчика

При виконанні будівельних і монтажних робіт на зрошувальній мережі застосовують наступний ряд будівельних машин:

- бульдозер SHANTUI SD11 для зрізки рослинного шару ґрунту, роботи на відвалі, зворотної засипки траншей і котлованів та відновлення рослинного шару ґрунту (всього на будівельному майданчику використовується 2,4 год.);

- екскаватор SHANTUI SE210 для розробки траншей, котлованів, навантаження матеріали для очистки стічних вод з недіючих біофільтрів (всього на будівельному майданчику використовується 66,6 год.);

- автокран КС-55727 для виконання всі робіт пов'язаних з демонтажем та монтажем залізобетонних конструкцій, трубопроводів, лотків, плит,

металевих конструкцій тощо (всього на будівельному майданчику використовується 2367,4 год.);

– автомобіль КАМАЗ 5511 для перевезення вантажів, вивезення старих елементів конструкцій, заготовки та постачання будівельних матеріалів і т.п. (всього на будівельному майданчику використовується 1584,6 год.);

Вся будівельна техніка спалюють пальне і викидає забруднюючі речовини в атмосферу: оксид вуглецю (CO), оксид азоту (NO<sub>2</sub>), вуглеводні (CH), сажу (C), оксид сірки (SO<sub>2</sub>), формальдегід (CH<sub>2</sub>O), бенз(α)пирен (БП). Кількість цих викидів регламентується потужністю двигуна внутрішнього згорання, конструктивних особливостей, питомих витрат пального.

Машини, що використовуються на реконструкції очисних споруд мають наступні технічні характеристики:

- бульдозер SHANTUI SD11 – 78 кВт;
- екскаватор SHANTUI SE210 – 112 кВт;
- автокран КС-55727 – 176 кВт;
- автомобіль КАМАЗ 5511 – 155 кВт.

У відповідності до потужності машин вони відносяться до групи «Б».

Максимальний викид забруднюючої речовини (г/год.) дизельною установкою визначається за формулою:

$$M_i = e_{mi} \cdot P_3 \quad (7.1)$$

де  $e_i$  – викид  $i$ -ї речовини на одиницю корисної роботи дизельної установки в режимі номінальної потужності, г/кВт·год.,  $P_3$  – експлуатаційна потужність дизельної установки, кВт, значення якої береться із технічної документації заводу виробника.

Розрахунки викидів забруднюючих речовин від кожної з машин виконані в табличній формі (табл. 7.1 і 7.2).

Таблиця 7.1 – Значення викиду забруднюючих речовин будівельними машинами, які застосовані при реконструкції очисних споруд

Машина	Потужність, кВт	Група	Викиди, г/год.						
			CO	NO <sub>2</sub>	CH	C	SO <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O	БП
Бульдозер SHANTUI SD11	78	Б	484	749	226	39	94	9	0,0009
Екскаватор SHANTUI SE210	112	Б	694	1075	325	56	134	13	0,0013
Автокран КС-55727	176	Б	1091	1690	510	88	211	21	0,0021
Автомобіль КАМАЗ 5511	155	Б	961	1488	450	78	186	19	0,0019

Таблиця 7.2 – Значення викиду забруднюючих речовин будівельними машинами, які застосовані при реконструкції очисних споруд

Машина	Тривалість роботи, год.	Викиди, кг						
		CO	NO <sub>2</sub>	CH	C	SO <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O	БП
Бульдозер SHANTUI SD11	2,4	1	2	1	0,1	0,2	0,02	0,000002
Екскаватор SHANTUI SE210	66,6	46	72	22	4	9	1	0,0001
Автокран КС-55727	2367,4	2583	4000	1208	208	500	50	0,0050
Автомобіль КАМАЗ 5511	1584,6	1523	2358	712	123	295	29	0,0029
Всього		2631	4073	1231	212	509	51	0,0080

Масштаб впливу – викид забруднюючої речовини (кг) CO=2631; NO<sub>2</sub>=4073; CH=1231; C=212; SO<sub>2</sub>=509; CH<sub>2</sub>O=51; БП=0,008.

Інтенсивність впливу – викид забруднюючої речовини (кг/добу) CO=17,54; NO<sub>2</sub>=27,2; CH=8,2; C=1,4; SO<sub>2</sub>=3,4; CH<sub>2</sub>O=0,34.

Динамічність впливу – стабільно на весь період реконструкції

Тривалість впливу – на період реконструкції (5 місяців)

Витрата відпрацьованих газів дизельних двигунів від машин визначається за формулою:

$$G_{or} \approx 8,72 \cdot 10^{-6} \cdot b_3 \cdot P_з, \text{ кг/с} \quad (7.2)$$

де  $b_3$  – питома витрата палива на експлуатаційному (або номінальному) режимі роботи двигуна, г/кВт·год.

Об'ємна витрата відпрацьованих газів визначається за формулою:

$$Q_{or} = G_{or} / \gamma_{or}, \quad (7.3)$$

де  $\gamma_{or}$  – питома маса відпрацьованих газів при температурі  $t=0^{\circ}\text{C}$  – 1,31 кг/м<sup>3</sup>; при  $t=450^{\circ}\text{C}$  – 0,359 кг/м<sup>3</sup>;

Результат розрахунку витрат відпрацьованих газів проводимо в табл. 7.3.

Таблиця 7.3 – Оцінка витрат відпрацьованих газів від машин задіяних при реконструкції очисних споруд

Машина	Тривалість роботи, год.	Питома витрата палива, г/кВт·год.	Потужність дизельної установки, кВт	Витрата відпрацьованих газів, кг/с	Об'ємна витрата відпрацьованих газів, м <sup>3</sup> /с	Валовий викид відпрацьованих газів	
						тон	млн. м <sup>3</sup>
Бульдозер SHANTUI SD11	2,4	210	78	0,143	0,398	1,2	0,003
Екскаватор SHANTUI SE210	66,6	170	112	0,166	0,462	39,8	0,1
Автокран КС-55727	2367,4	125	176	0,192	0,534	1635,0	4,6
Автомобіль КАМАЗ 5511	1584,6	118	155	0,159	0,444	909,8	2,5
Всього						2585,9	7,2

Масштаб впливу	– 2585,9 т (7,2 млн.м <sup>3</sup> ) відпрацьованих газів.
Інтенсивність впливу	– 17,2 т/добу (48 тис.м <sup>3</sup> )
Динамічність впливу	– стабільно на весь період реконструкції
Тривалість впливу	– на період реконструкції (5 місяців)

### 7.3 Вплив реконструкції очисних споруд на ґрунтовий покрив

Проект організації будівництва передбачає низку заходів для запобігання негативному впливу на довкілля та раціонального використання родючого шару ґрунту. При реконструкції лінійних споруд здійснюється зрізка верхнього рослинного шару із подальшим його переміщенням у тимчасовий відвал. Після укладання комунікацій, зворотна засипка виконується у два етапи: мінеральним, а потім – рослинним ґрунтом; невикористаний залишок іде на ландшафтний благоустрій. Основними заходами щодо ґрунту є: попереднє зняття рослинного шару з котлованів і резервів; покриття мінерального шару у засипках рослинним ґрунтом товщиною 0,3–0,5 м; а також продумане розташування та організація тимчасових відвалів. Суворі обмеження стосуються експлуатації машин і механізмів: категорично заборонено здійснювати злив відпрацьованих масел і пального на землю (масла збираються у герметичні ємності для регенерації); також не допускається мийка техніки поблизу мереж чи водойм – для цього необхідно створити обладнані майданчики. Фінальним етапом робіт є планування та відновлення порушених територій, включаючи місця стоянки й ремонту будівельних машин.

Масштаб впливу	– 2 га; 880 м <sup>3</sup> ;
Інтенсивність впливу	– 2 га/міс.; 176 м <sup>3</sup> /міс;
Динамічність впливу	– стабільно на період реконструкції;
Тривалість впливу	– на період реконструкції (5 місяців).

#### 7.4 Вплив реконструкції очисних споруд на соціальне середовище

На реконструкції очисних споруд задіяна комплексна бригада будівельників, які не постійно задіяні на виробництві та складається:

- машиніст 6-го розряду – 4 чол.;
- монтажники 5-го розр. – 1 чол., 4-го розр. – 2 чол.; 3-го розр. – 1 чол.;
- землекопи 2-го розряду – 2 чол.

Всього – 10 чоловік

Склад комплексної будівельної бригади визначається на підставі календарного плану виробництва робіт та проекту організації робіт, а їх заробітна плата визначається на підставі складання кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт.

Масштаб впливу	– 10 чол. (188,06 тис. грн.).
Інтенсивність впливу	– 3761,2 грн./місяць/чол.
Динамічність впливу	– стабільно на весь період реконструкції.
Тривалість впливу	– на період реконструкції (5 місяців).

#### 7.5 Заходи щодо зменшення негативного впливу об'єкта досліджень на стан навколишнього середовища

Для зменшення негативного впливу роботи очисних споруд на навколишнє середовище, а також щодо запобігання розвитку небезпечних процесів, слід застосовувати ресурсозберігаючі, захисні, відновлювальні, санітарні та охоронні технічні заходи, які потрібно передбачати при проектуванні та під час експлуатації споруд [17]. Основними із таких заходів слід виділити наступні (рис. 7.1).

Повітряний простір при викидах

- 1) Передбачити спеціальні витяжні пристрої у вхідних камерах дюкерів, в оглядових колодязях (у місцях різкого зниження швидкостей течії води в трубах діаметром понад 400 мм), в перепадних колодязях при висоті перепаду понад 1 м і витраті стічної води понад 50 л/с, у камерах гасіння напору, при встановленні вантузів на напірних трубопроводах
- 2) Гранична концентрація агресивних і шкідливих газів у колекторах не повинна перевищувати наступних величин: для забезпечення оберігання від газової і біологічної корозії вміст сірководню ( $H_2S$ ) не більше ніж 0,1 мг/дм<sup>3</sup>; для безпеки обслуговування вміст  $H_2S$  не більше ніж 10 мг/м<sup>3</sup>; вуглекислого газу ( $CO_2$ ) – 0,05 % вільного об'єму колектора при вологості від 45 % до 98 %; окису вуглецю (CO) не більше ніж 20 мг/м<sup>3</sup> або 0,0016 % вільного об'єму колектора; метану ( $CH_4$ ) не більше ніж 7000 мг/м<sup>3</sup> або 1 % вільного об'єму колектора; аміаку ( $NH_3$ ) не більше ніж 20 мг/м<sup>3</sup> або 0,0026 % вільного об'єму колектора.
- 3) Майданчик очисних споруд стічних вод рекомендується розташовувати, як правило, з підвітряної сторони для найбільш повторюваних вітрів теплої пори року по відношенню до житлової забудови і нижче межі населеного пункту за течією водотоку.
- 4) При реконструкції та новому будівництві очисних споруд рекомендується зменшувати викиди в атмосферне повітря забруднювальних газів ( $NH_3$ ,  $H_2S$ ) з аеротенків і мулових майданчиків. Для зменшення цих викидів підвідні лотки, канали та споруди рекомендується проектувати з перекриттям, а газу, що виділяється, очищати.

Водне середовище та ґрунтовий покрив при скидах

- 1) Запобігати потраплянню стічних вод у водне середовище та ґрунти, шляхом дотримання нормативних уклонів самопливних трубопроводів і каналів, які слід приймати залежно від допустимих мінімальних швидкостей руху стічних вод при найбільшому розрахунковому наповненні труб і каналів
- 2) Забезпечити надійність функціонування системи каналізації, що визначається безперервністю приймання розрахункової кількості стічних вод, забезпеченням ступеня очищення стічних вод і умов скидання їх у водні об'єкти в нормальних та екстремальних умовах, пов'язаних з переоб'ємом в електропостачанні, при виконанні ремонтних робіт, при природних і техногенних надзвичайних ситуаціях тощо:
  - надійність електропостачання (застосування двох незалежних джерел електропостачання, резервної автономної електростанції, акумуляторних батарей тощо);
  - дублювання комунікацій, проектування переключень, перепусків, обвідних ліній тощо;
  - проектування аварійних емкостей з подальшим їх спорожненням при роботі у нормальному режимі;
  - секціонування паралельно працюючих споруд із числом секцій, які забезпечуватимуть необхідну продуктивність без зниження ефективності очищення стічних вод при відключенні однієї секції для проведення ремонтних або аварійних робіт;
  - необхідне резервування робочого обладнання;
  - прогнозування можливих аварійних ситуацій та проектування заходів щодо попередження аварій.
- 3) Забезпечити очищення найбільш забрудненої частини поверхневого стоку у системі дощової каналізації, що утворюється в період випадання дощів, танення снігу та мийки дорожніх покриттів, тобто не менше ніж 70 % річного об'єму поверхневих стічних вод для сільбищних територій і територій підприємств першої групи, близьких до них за забрудненням.
- 4) Очисні споруди поверхневих стічних вод повинні проектуватися для кожного водозбірного басейну, який має випуск у водойму. За умов дотримання вимог чинного законодавства для невеликих відокремлених систем дощової каналізації з випуском у водойми, що не використовуються для питного водопостачання, допускається не передбачати очищення дощових вод:
  - від атмосферних опадів, що стікають із територій міських парків та лісопарків;
  - від атмосферних опадів із покрівель будівель окремо розташованих підприємств першої групи, що не мають викидів забруднювальних речовин в атмосферу;
  - від атмосферних опадів з невеликих сільбищних територій площею до 20 га.
- 5) На території міст і селищ міського типу з щільною забудовою не можна проектувати скидання очищених на локальних очисних спорудах дощових стічних вод у ґрунт, що може призвести до збільшення техногенного підтоплення прилеглих територій, їх заболочування, зниження несучої здатності природних та штучних основ і активізації небезпечних геологічних процесів.
- 6) Для регулювання стоку дощових вод рекомендується влаштовувати ставки або резервуари, а також використовувати укрупнені яри та існуючі ставки, що не є джерелами питного водопостачання, непридатні для купання і спорту та не використовуються в рибогосподарських цілях. У регулюючі ставки та резервуари, як правило, слід направляти через розподільні камери дощові води при виникненні найбільших витрат стоку. При цьому всі талі води та стік від часто повторюваних дощів необхідно пропускати в обхід ставка для подальшого їх очищення.
- 7) У разі неможливості забезпечити на загальних очисних спорудах видалення окремих забруднюючих речовин до рівня ГДС, за умови ефективної їх роботи та досягнення максимального ступеня розбавлення зворотних вод у водоймі, концентрації цих речовин належить знижувати за рахунок встановлення вимог до більш глибокого їх видалення зі стічних вод на локальних очисних спорудах у місцях їх утворення.
- 8) Стічні води населених пунктів перед скиданням у водні об'єкти, як правило, повинні біологічно очищатися від органічних забруднень згідно з Правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами.
- 9) При реконструкції існуючих або проектуванні нових споруд рекомендується застосовувати для знезараження хлоровмісні реагенти (хлор, хлорне вапно, гіпохлорит натрію або кальцію, монохлорамін, оксидантний газ, діоксид хлору тощо). Дехлорування знезараженої води перед скиданням у водний об'єкт потрібно передбачити (тіосульфатом натрію, діоксидом сірки тощо) відповідно до Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами.
- 10) Не допускається скидання у водні об'єкти стічних вод дощової каналізації без очищення та знезараження з територій епідеміологічно небезпечних об'єктів (лікарні, ветлікарні, могилиники тварин, полігони відходів тощо). При розрахунку водного балансу промислових підприємств слід передбачити максимально можливе повторне використання мало забруднених промислових та очищених поверхневих стічних вод.

Поводження з відходами, які утворюються в процесі очищення

- 1) Затримані на решітках відходи рекомендується зневоднювати до вологості 60 % – 70 % та вивозити в герметичних контейнерах на звалище або утилізацію. Для подрібнення затриманих на решітках відходів допускається застосовувати подрібнююче устаткування.
- 2) Затримані відходи допускається:
  - збирати в контейнери з герметичними кришками і вивозити в місця обробки твердих побутових і промислових відходів;
  - зневоднювати і спрямовувати для сумісної термічної обробки з осадами станції очищення стічних вод;
  - використовувати при компостуванні.
- 3) Осади, що утворюються в процесі очищення стічних вод (пісок, осади первинних відстійників, надлишковий активний мул та інші), повинні проходити обробку, яка забезпечує можливість їх подальшої утилізації, забезпечує раціональне використання території, захист ґрунту, ґрунтових вод і атмосфери, можливість утилізації біогазу.
- 4) Осади очисних станцій, як правило, повинні проходити стабілізаційну обробку (рекомендується використовувати біологічні, хімічні, термічні і термо-хімічні методи стабілізації).
- 5) Осад господарсько-побутових стічних вод населених пунктів потрібно знезаражувати в рідкому вигляді або після зневоднення. Знезараження і дегельмінтизація осадів може забезпечуватися:
  - прогріванням до 60 °C протягом не менше ніж 20 хв.;
  - біотермічним компостуванням;
  - термічною сушкою в сушарках різного типу (в тому числі низькотемпературних, які розігрівають осад до 60 °C);
  - застосуванням знезаражувальних реагентів (за технічними рекомендаціями науково-дослідних організацій);
  - іншими новітніми методами.

Рисунок 7.1. – Заходи щодо зменшення негативного впливу об'єкта досліджень на стан навколишнього середовища

## 8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 8.1 Вимоги санітарних норм під час очищення стічних вод з використанням біотехнологій

Суть біологічного очищення комунальних стоків полягає у видаленні органічних та деяких неорганічних забруднень за допомогою процесів, ідентичних природному самоочищенню. Очищення відбувається завдяки біоценозу – складному комплексу мікроорганізмів, де бактерії (число родів яких може сягати 5–10, а видів – сотні) є ключовими елементами. Ці організми взаємодіють між собою через складні механізми (метабіоз, симбіоз), створюючи біомасу з високою концентрацією клітин. Оскільки стічні води містять значну кількість бактерій, персонал, задіяний у процесі біологічної очистки, піддається професійній небезпеці інфікування чи отруєння. Для попередження такої загрози всі робітники повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту та суворо виконувати всі санітарно-епідеміологічні вимоги, спрямовані на зниження ризику захворювань.

Разом з тим, основними об'єктами підвищеної небезпеки при виконанні робіт під час біологічної очистки є аеротенки та реагентне господарство, до складу якого входять:

- споруди біологічної очистки (аеротенки);
- контактні резервуари;
- повітродувна станція;
- хлораторна;
- склад хлору.

На станціях очищення стічних вод обов'язковим етапом перед випуском очищеної рідини у водоприймач є дезінфекція за допомогою хлору або хлоровмісних сполук. У м. П'ятихатки для цього використовується рідкий хлор. Цей елемент є високонебезпечним, оскільки спричиняє подразнення та задуху. Вступаючи в реакцію з біологічними тканинами, хлор викликає запалення, особливо сильно впливаючи на слизові оболонки, шкіру та органи дихання. Інгаляція хлору у високих концентраціях може призвести до ураження легеневої паренхіми, що спричиняє набряк легень та задуху. Крім того, довготривала дія хлору може мати наслідком порушення роботи серцево-судинної системи. Зважаючи на токсичність, для використання хлору встановлені суворі нормативи, які представлені в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Вплив та загальна характеристика знезаражуючої речовини (хлор) в залежності від її концентрації

Концентрація	Показники
1 мг/м <sup>3</sup>	ГДК у повітрі робочої зони виробничих приміщень
3,5 мг/м <sup>3</sup>	відчутний запах
15 мг/м <sup>3</sup>	відбувається роздратування горла
30 мг/м <sup>3</sup>	кашель, задушення
40 мг/м <sup>3</sup>	максимально допустима концентрація при короткочасному впливі

З огляду на те, що хлор на станції очистки зберігається в баках під надлишковим тиском, існує високий ризик його вибуху або витoku. Профілактика цих інцидентів вимагає постійної уваги, оскільки спровокувати вибух може нагрівання вище 30<sup>0</sup>С, сильний механічний удар або обмерзання ємностей. Усі приміщення, де працюють з хлором, обладнані припливно-витяжною вентиляцією. Крім того, шкідливі гази (зокрема сірководень, метан, аміак, двоокис вуглецю), що накопичуються в колодязях, становлять додаткову небезпеку, оскільки їх інгаляція може викликати отруєння, тимчасову втрату працездатності або, при високих концентраціях, смерть. Також сирі осадки є

потенційною біологічною загрозою: їхня висока вологість, неприємний запах та значна бактеріальна забрудненість негативно впливають на санітарні умови праці. Для гарантування безпеки робітників на етапі біологічної очистки та роботи з хлором необхідно: забезпечити безпеку зберігання, транспортування та використання дезінфекційних засобів; підтримувати хлораторні станції у справному стані, забезпечуючи їх освітленням, водопостачанням, вентиляцією та опаленням; суворо дотримуватися температурних умов зберігання хлору та запобігати ударам ємностей; постійно контролювати витрати хлору та якість повітря; виключити потрапляння реактивів на електроприлади для уникнення пожеж; вимагати використання спеціального одягу та ЗІЗ при роботі з небезпечними речовинами; заборонити доступ стороннім особам без інструктажу та засобів захисту; а при виконанні ремонтних робіт у колодязях – працювати не менше ніж трьом особам із застосуванням спеціальних засобів захисту, рятувальних поясів і протигазів.

## 8.2 Основні заходи безпеки для робітників підприємства при експлуатації очисних споруд

У своїй діяльності підприємство керується такими документами, як стандарти безпеки праці, правила та норми техніки безпеки при улаштуванні та експлуатації очисних споруд системи водовідведення, охорона праці у житлово-комунальному господарстві, а також інструкції стосовно пожежної безпеки об'єкту [28-31].

До складу очисних споруд м. П'ятихатки входять:

- приймальна камера;
- решітки-дробарки;
- піскоуловлювачі;
- первинні та вторинні відстійники;
- аеротенки (споруди біологічної очистки);
- хлораторна;

- насосно-повітродувна станція;
- контактні резервуари;
- майданчики накопичення осаду.

Таким чином, найбільшу небезпеку для життя та здоров'я робітників несуть наступні споруди механічної очистки: приймальна камера з решітками дробарками та насосно-повітродувна станція. Негативними проявами роботи таких споруд є: шум, вібрація, електро- та пожежонебезпека.

Шум та вібрацію створюють робочі органи решіток-дробарок під час експлуатації, а також насосно-силове обладнання при роботі. Всі агрегати мають живлення від електромережі, тому існує вірогідність електричного замикання, удару струмом працівників або виникнення пожежі.

На основі положень «Закону України про охорону праці» та інших нормативно-правових актів у сфері безпечної експлуатації устаткування, на підприємстві впроваджені чіткі правила. До роботи на очисних спорудах можуть бути допущені виключно особи, які досягли 18 років, пройшли обов'язковий медогляд, спеціалізоване навчання та первинний інструктаж з техніки безпеки. Важливою складовою є розвинена система інструктажів, що включає регулярне навчання навичкам надання першої медичної допомоги. Робітники, які обслуговують механічну очистку або працюють з механізмами, зобов'язані знати: свої посадові обов'язки, будову, призначення та принципи функціонування обладнання, графіки профілактики і чищення, методи налагодження та усунення засмічень, правила використання спецодягу та індивідуальних засобів захисту (ЗІЗ), а також основи надання домедичної допомоги. Всі механізми та електрообладнання підлягають обов'язковому заземленню та зануленню, а кожен виробничий простір повинен бути оснащений пожежним щитом. Для зниження рівня технологічного шуму та вібрацій від механізмів застосовуються технічні рішення, такі як центрування валів, своєчасна заміна деталей, використання сучасних композитних матеріалів, а також обов'язкове застосування індивідуальних засобів захисту (навушників).

## ВИСНОВКИ

Відповідно до завдання кваліфікаційної роботи проведено дослідження шляхів підвищення ефективності роботи та організаційно-технологічних рішень щодо реконструкції очисних споруд т. П'ятихатки Кам'янського району Дніпропетровської області.

Проектом передбачено часткову заміну технологічних трубопроводів та переобладнання будівлі недіючих біофільтрів під аеротенки. Досліджені та розроблені проектом рішення наступні:

- 1) Проаналізовані природно-кліматичні та геолого-гідрогеологічні умови майданчику розташування очисних споруд.
- 2) Досліджений сучасний технічний стан та технологічні параметри роботи очисних споруд. В роботі виконано розрахунок основних ланок роботи споруд механічної та біологічної очистки стічних вод. Розрахункові витрати міських стічних вод складають 4140 м<sup>3</sup>/добу. Передбачено застосування наступного комплексу споруд в кількості: грати у приймальній камері – ширина 0,835 м; піскоуловлювач – 1 шт. довжиною 24 м і робочою площею 0,375 м<sup>2</sup>; первинні відстійники – 2 шт. радіальні, розраховані на затримання осаду у кількості 6,84 м<sup>3</sup>/добу; аеротенки – глибиною 4,0 м і загальною площею 165 м<sup>2</sup>, витрата повітря 19044 м<sup>3</sup>/добу; вторинні відстійники – 2 шт. радіальні, з гідравлічним навантаженням 1,65 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год.); мулові майданчики – площею 2720 м<sup>2</sup> і навантаженням 1,61 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>; піскові майданчики – площею 75 м<sup>2</sup> і навантаженням 1,46 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>; біологічний ставок. Очищені стічні води скидаються до річки Саксагань.
- 3) Визначені основні об'єми будівельно-монтажних робіт з реконструкції, а саме: заміна підвідних трубопроводів залізобетонних труб Ø800 мм та довжиною 80 м; демонтаж/монтаж залізобетонних лотків довжиною

160 м; демонтаж будівлі недіючих біофільтрів та реконструкція їх під аеротенки. Загальний об'єм робіт складаю 1200 м<sup>3</sup>.

- 4) Передбачено технологію виконання всіх видів будівельних робіт із застосуванням наступного комплекту техніки: бульдозер Shantui SD11; екскаватор Shantui SE210; автомобіль Камаз 5511; кран автомобільний КС-55727.
- 5) За результатними розрахунків калькуляції трудових витрат та фонду заробітної плати встановлено, що загальна трудомісткість реконструкції очисних споруд складає 412,6 людино-днів, тривалість робіт – 136 дні, а загальний фонд заробітної плати – 405,28 тисяч гривень.
- 6) В роботі виконано техніко-економічне обґрунтування параметрів процесу реконструкції очисних споруд: кошторисна вартість будівництва – 11141,924 тис. грн.; термін будівництва – 5 місяців. Календарним планом виробництва робіт з реконструкції очисних споруд запроектовано виконання всіх видів робіт протягом 202 календарних днів; норма виробітку складає 114,9%; підвищення продуктивності праці – 12,9%, а питомі трудовитрати – 0,35 людино-днів/м<sup>3</sup>. За графіком руху робітників встановлено, що склад комплексної бригади будівельників наступний: машиністи бульдозера, екскаватора та автомобільного крана – по 1 людині на механізм; два землекопа та чотири монтажника.
- 7) При розробці проекту технологічних та організаційних рішень під час виробництва робіт з реконструкції очисних споруд проведено оцінювання впливу їх експлуатації на навколишнє середовище. Встановлено, що основними елементами, які зазнають негативного впливу, є повітряний простір під час спалювання будівельною технікою паливно-мастильних матеріалів: викид забруднюючої речовини (кг) CO=2631; NO<sub>2</sub>=4073; CH=1231; C=212; SO<sub>2</sub>=509; CH<sub>2</sub>O=51.
- 8) У роботі розглянуті питання охорони праці на підприємстві та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Айрапетян Т.С. Конспект лекцій з дисциплін «Очистка побутових стічних вод» та «Споруди та обладнання водовідведення» / Т.С. Айрапетян; Харк. нац. ун–т міськ. госп–ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 121 с.
2. Водовідведення. Навчальний посібник. Українсько-швейцарський проект «Публічно-приватне партнерство для поліпшення сантехнічної освіти в Україні». Автор-упорядник: Пеховка М.В. Київ.: 2019. – 148 с..
3. Горб А.С. Клімат Дніпропетровської області / Горб А.С., Дук Н.М. – Д.: ДНУ, 2006. – 204 с.
4. Благодарна Г. І. Водопостачання та водовідведення. Конспект лекцій / Г. І. Благодарна, І. О. Гуцал. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 101 с
5. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Введений з 01.01.2014. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 128с.
6. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація / В.С. Кравченко. – К.: Кондор, 2003. – 288 с.
7. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Навчальний посібник / Укл.: О.А. Василенко, С.М. Епоян та ін., Київ-Харьків, 2012. – 538 с.
8. Місто П'ятихатки. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/>.
9. Рубан С.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. Монографія / С.А. Рубан, М.А. Шинкаревський. – К.: УкрДГРІ, 2005. – 572 с.
10. Мацієвська О.О. Водопостачання і водовідведення: Навчальний посібник– Львів: Львівська політехніка, 2015. – 144 с.
11. Довідник по клімату ССРСР. Вип. 10. Ч.ІV. Вологість повітря, атмосферні опади і сніговий покрив. 1969.–696с.
12. Довідник по клімату ССРСР. Вып.10.Ч.ІІ. Температура повітря і ґрунту. 1967. – 608 с.

13. Паранько І.С., Сіворонов А.О, Євтсхов В.Д. П-18 Загальна геологія. Навчальний посібник. Кривий Ріг: Мінерал. 2003. - 464 с
14. Український гідрометеорологічний центр [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://meteo.gov.ua>.
15. Характеристика природних умов та ресурсів Дніпропетровської області [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.geograf.com.ua/geoinfo-centre/21-physical-geography-ukraine-world/282-natural-resourses-dniepropetrovsk>.
16. Гіроль М.М., Проценко С.Б., Гіроль А.М. Проектування систем водовідведення, очищення та утилізації стічних вод в малих населених пунктах та сільській місцевості – Рівне: НУВГП, 2013. – 65 с.
17. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.
18. ДСТУ Б А.2.4-32:2008. Водопровід і каналізація. Робочі креслення.
19. ДСТУ Б А.3.2-14:2011. Експлуатація водопровідних і каналізаційних споруд і мереж. Загальні вимоги безпеки (ГОСТ 12.3.006-75, MOD).
20. ДСТУ Б В.2.6-53:2008. Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови. (Національний стандарт України)
21. ДСТУ Б В.2.6-64:2008. Панелі стінові зовнішні бетонні і залізобетонні для житлових і громадських будинків. Технічні умови. (Національний стандарт України)
22. ДБН А.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва.
23. ДБН В.1.2-14:2008. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.
24. ДБН Д.2.2-1-99. Збірник 1. Земляні роботи. Ресурсні елементарні кошторисні норми на будівельні роботи. – К.: Держбуд, 2000. – 186 с.
25. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013. Правила визначення вартості будівництва
26. ДСТУ Б Д.2.2-1:2012. Ресурсні елементарні кошторисні норми на будівельні роботи. Земляні роботи. (Збірник 1)

27. ДСТУ Б Д.2.2-23:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Каналізація – зовнішні мережі. (Збірник 23).
28. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення
29. ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
30. Охорона праці в агропромисловому комплексі : підручник / [А. С. Беліков, К. М. Сухий, А. С. Кобець та ін.]; МОН України; УДУНТ; ДДАЕУ; під заг. ред. засл. діяча науки і техніки України, д.т.н., проф. А. С. Белікова. – Дніпро: Журфонд, 2025. – 644 с.
31. Гіроль М. М. Охорона праці у водопровідно-каналізаційному господарстві. Навчальний посібник // М. М. Гіроль, М. В. Бернацький, В. Є. Хомко. – Рівне: НУВГП. – 2010. 351 С.
32. Горб А.С. Клімат Дніпропетровської області / Горб А.С., Дук Н.М. – Д.: ДНУ, 2006. – 204 с.