

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

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

**КАФЕДРА ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ І ОЧИЩЕННЯ ВОД**

## **Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи бакалавра  
на тему

**«СИСТЕМА ВОДОВІДВЕДЕННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ СУМСЬКОЇ  
ОБЛАСТІ»**

Виконав: здобувач освіти 4-го курсу,  
групи ЦІ 2022-1  
спеціальності 192 "Будівництво та цивільна  
інженерія",

освітня програма «Цивільна інженерія»

**Дубина Я.М.**

**Керівник доц. Лукашенко С.В.**

**Рецензент доц. Тітов А.А.**

Харків - 2026 року

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

Факультет Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії

Кафедра Водопостачання, водовідведення і очищення вод

Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)

Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

Освітня програма Цивільна інженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ВВіОВ**

*[Підпис]* проф. Карагяур А.С.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2026 року

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

***Дубина Ян Максимович***

(Прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема проекту (роботи)

***Система водовідведення населеного пункту Сумської області***

керівник проекту (роботи) *Лукашенко Сергій Вікторович, к.т.н., доцент*  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від „26” травня 2026 р. № 447-03

2. Строк подання здобувачем роботи 18 червня 2026 р.





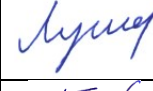
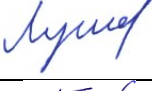
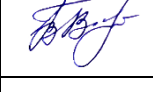
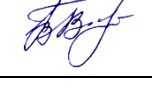
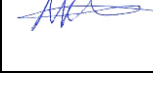
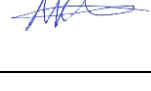
3. Вихідні дані до роботи

*Місто розташоване в Сумській області. Щільність населення 330, 270 та 50 чол. на 1 га, норма водовідведення складає 330, 240 та 25 л/(чол.·добу) відповідно. Ґрунти на території міста – суглинки. Ґрунтові води неагресивні. Глибина промерзання 1,0 м. Залягання ґрунтових вод – 6,5 м. В місті працює три промислових підприємства: цукровий завод (кількість працюючих – 1300 чол., кількість виробничих стічних вод – 1300 м<sup>3</sup>/добу), фабрика макаронних виробів (кількість працюючих – 1400 чол., обсяг виробничих стічних вод – 1400 м<sup>3</sup>/добу), станко-інструментальний завод (кількість працюючих – 1700 чол., обсяг виробничих стічних вод – 1700 м<sup>3</sup>/добу). Скид стічних вод передбачити в річку Ворскла.*

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *1. Генплан міста; 2. Повздовжні профілі колекторів виробничо-побутової та дощової мереж водовідведення; 3, 4. Каналізаційна насосна станція (плани, розрізи); 5, 6. Організація експлуатації системи*

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загальні відомості	доц. Лукашенко С.В.		
Технологічна частина	доц. Лукашенко С.В.		
Організація експлуатації системи	доц. Лукашенко С.В.		
Охорона праці	доц. Барбашин В.В.		
Показник оригінальності роботи	доц. Сорокіна К.Б.		
Допуск до захисту	проф. Карагяур А.С.		

7. Дата видачі завдання 26 травня 2026р

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина		
2	Технологічна частина		
3	Організація експлуатації системи		
4	Охорона праці		
5	Оформлення пояснювальної записки		
6	Підготовка графічного матеріалу. Виконання креслень		
7	Попередній захист кваліфікаційної роботи		

Здобувач освіти



Дубина Я.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



Лукашенко С.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ:

	стор.
ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	6
1.1 Природно-кліматична характеристика Сумської області	6
1.2 Характеристика водних ресурсів та особливості їх використання	8
1.3 Стан поверхневих водних об'єктів Сумської області, системи водовідведення та очищення стічних вод	10
1.4 Обґрунтування рішень, прийнятих у проєкті	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
2.1 Система відведення виробничо-побутових стічних вод міста	14
2.2 Система відведення поверхневих (дощових) вод	26
2.3 Насосна станція системи водовідведення	34
3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ	45
3.1 Функції та завдання міського комунального підприємства	45
3.2 Система контролю та планово-попереджувальних ремонтів у діяльності комунального підприємства	47
3.3 Правила безпечної експлуатації мереж і споруд водовідведення	51
3.4 Організація роботи насосної станції	54
3.5 Сучасні методи відновлення мереж водовідведення	56
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	75
4.1 Санітарно-гігієнічні умови праці	75
4.2 Організація безпечної праці	79
4.3 Забезпечення пожежної безпеки	84
ВИСНОВКИ	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88

## ВСТУП

Обсяг пояснювальної записки – 91 сторінка, 10 таблиць, 5 рисунків, 26 літературних джерел.

### ВОДОВІДВЕДЕННЯ, ВИРОБНИЧО-ПОБУТОВІ ТА ДОЩОВІ СТОКИ, НАСОСНА СТАНЦІЯ СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Метою цієї кваліфікаційної роботи є розроблення комплексу інженерних споруд для збору та транспортування міських стічних вод. У межах роботи розглядається актуальна задача створення ефективної системи водовідведення господарсько-побутових і виробничих стоків для одного з населених пунктів Сумської області. Виконано гідравлічний розрахунок каналізаційної мережі та визначені основні параметри роботи насосної станції.

Запровадження проектних рішень у сфері водовідведення сприятиме підвищенню рівня забезпеченості населених пунктів України системами каналізації, а також покращенню екологічного стану територій і якості життя населення.

Система водовідведення є комплексом інженерних споруд, технічних рішень і санітарно-гігієнічних заходів, призначених для організованого приймання стічних вод із житлових кварталів та промислових об'єктів, їх транспортування за межі населеного пункту, а також подальшого очищення, знезараження та безпечного відведення або утилізації.

Для забезпечення належного захисту навколишнього природного середовища та водних ресурсів від негативного впливу стічних вод, які утворюються в населених пунктах і на підприємствах, необхідно комплексно вирішувати питання їх збору, транспортування, очищення та відведення. Проектування відповідних інженерних споруд повинно базуватися на достовірних розрахунках, сучасних наукових підходах і вимогах нормативної документації.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

### 1.1 Природно-кліматична характеристика Сумської області

Сумська область знаходиться в межах помірно континентальної кліматичної зони, для якої характерні тепле літо та помірно холодна зима. Згідно з кліматичними спостереженнями за 2021 рік, середньорічна температура повітря становила від 6,9 до 8,4 °С, що відповідає багаторічним кліматичним показникам. У літній період максимальні температури досягали 33–35 °С, тоді як у січні фіксувалися мінімальні значення від –23 до –29 °С. Кількість атмосферних опадів за рік становила від 462 до 847 мм, що відповідає 87–135 % середньорічної норми.

У гідрографічному та водогосподарському відношенні область належить до басейну річки Дніпро і поділяється між двома суббасейнами — середнього Дніпра та Десни. Частина території, що належить до суббасейну середнього Дніпра, складає 53 %, а до суббасейну Десни — 47 %. Площа першого в межах області становить близько 27,5 тис. км<sup>2</sup>. До нього входять чотири середні річки — Псел, Ворскла, Хорол і Сула, а також 248 малих річок та струмків, 20 водосховищ, 160 озер і 2028 ставків. Річки Псел та Ворскла беруть початок на території Російської Федерації, тоді як Хорол і Сула формуються в межах області. Водні ресурси цього суббасейну використовуються для забезпечення потреб енергетики, промисловості, сільського господарства та населення. Наявність крейдяних відкладів зумовлює підвищений вміст карбонатів і гідрокарбонатів у воді, а вплив Курської магнітної аномалії сприяє природному підвищенню концентрації заліза.

Суббасейн річки Десна займає в межах області площу 17,6 тис. км<sup>2</sup>. До його складу входять річка Десна, яка протікає вздовж адміністративної межі Сумської та Чернігівської областей на відстані 37 км, а також річки Сейм і Клевень, витoki яких розташовані на території Росії. Крім того, суббасейн охоплює 114 малих річок і струмків, 20 водосховищ, 231 озеро та 781 ставок. Водні об'єкти цієї частини області використовуються для господарсько-побутових, промислових і

аграрних потреб. Через поширення торфових ґрунтів вода містить підвищену кількість гумінових речовин, що впливає на її кольоровість. Також спостерігається збільшення природного вмісту заліза під впливом геологічних особливостей території.

Оскільки вологість клімату поступово зменшується з півночі на південь області, аналогічна тенденція простежується і щодо водності малих річок. Дані екологічного моніторингу свідчать, що поверхневі води регіону належать до II класу якості та характеризуються як досить чисті. За показником забруднення вони відносяться до III класу, тобто є помірно забрудненими.

Територія області охоплює дві природні зони — Полісся та Лісостеп. Ґрунтовий покрив представлений типовими й опідзоленими чорноземами, дерново-підзолистими, а також ясно-сірими, сірими й темно-сірими лісовими ґрунтами. Таке різноманіття створює сприятливі умови для розвитку сільського господарства та вирощування культур, багатих на рослинний білок. Площа сільськогосподарських угідь становить 1698,0 тис. га, що відповідає 71,2 % території області.

Мінерально-сировинний потенціал Сумщини представлений паливно-енергетичними ресурсами (нафта, природний газ, конденсат, торф), будівельною сировиною, підземними водами та металургійною сировиною. Усього в області обліковано 326 родовищ 22 видів корисних копалин, із яких 70 перебувають у промисловій експлуатації. Серед них значну частину становлять родовища вуглеводнів. Найбільші поклади нафти зосереджені на Анастасієвському, Бугруватівському, Східно-Рогінцівському, Хухрянському, Перекопівському, Великобубнівському та Качанівському родовищах. Основні обсяги видобутку природного газу припадають на Рибальське та Волошківське родовища.

У геологічному відношенні територія області входить до складу Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Водоносні горизонти представлені переважно палеогеновими, крейдовими та нижньосеноманськими відкладами. Підземні води мають гідрокарбонатний натрієво-кальцієвий склад і придатні як для господарсько-питного, так і для технічного водопостачання.

Площа земель лісового фонду становить 452,1 тис. га, з яких 425,0 тис. га вкриті лісовою рослинністю. У лісах області зростає понад 120 видів деревних і чагарникових порід. Найбільшу частку займають сосна та дуб, на які припадає майже 78 % лісових площ. Рівень лісистості області дорівнює 17,9 %, що перевищує середній показник по Україні. На одного жителя припадає близько 0,42 га лісу. За обсягами лісового фонду Сумщина посідає одне з провідних місць серед регіонів держави. Середній вік насаджень становить 69 років, а загальний запас деревини оцінюється у 78,8 млн м<sup>3</sup>.

Флора і фауна області відзначаються значним видовим різноманіттям. Велика площа мисливських угідь сприяє розвитку рекреаційної діяльності, мисливства та рибальства. Природно-заповідний фонд налічує 309 об'єктів загальною площею понад 179 тис. га, що становить 7,52 % території області. До його складу входять об'єкти як загальнодержавного, так і місцевого значення [1, 2].

## **1.2 Характеристика водних ресурсів та особливості їх використання**

Водні ресурси Сумської області представлені поверхневими та підземними водами, які використовуються в різних сферах господарської діяльності. Промислові підприємства, аграрний сектор та житлово-комунальне господарство здійснюють водозабір із річок, озер, водосховищ і підземних джерел. Водночас окремі галузі використовують не саму воду, а її енергетичний потенціал або водний простір, зокрема гідроенергетика, рибне господарство та водний транспорт.

Основою водозабезпечення області є підземні води Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну та поверхневі водні об'єкти басейну Дніпра, включаючи річки Десну, Сулу, Псел і Ворсклу. Підземні води видобуваються за допомогою артезіанських свердловин та використовуються для централізованого водопостачання населених пунктів, а також для виробничих і сільськогосподарських потреб. Поверхневі води застосовуються переважно для технічного водопостачання та зрошення земель.

У межах області басейн Дніпра поділяється на два суббасейни — середнього Дніпра та Десни. Суббасейн середнього Дніпра займає 27 480 км<sup>2</sup> і включає чотири середні річки, численні малі водотоки, 20 водосховищ, 160 озер та понад дві тисячі ставків. Суббасейн Десни охоплює площу 17 572 км<sup>2</sup> і містить річку Десна, річки Сейм та Клевень, 114 малих річок, 20 водосховищ, 231 озеро та 781 ставок.

У 2021 році державний облік водокористування охоплював 519 суб'єктів господарювання. Як і в інших регіонах України, у Сумській області спостерігається тенденція до зменшення водності річок. Основними чинниками є зміни клімату, зменшення кількості атмосферних опадів, зростання температур та надмірне навантаження на водні об'єкти. Періоди маловоддя негативно впливають на забезпеченість водними ресурсами та створюють додаткові ризики для населення.

Попри зазначені тенденції, регіон наразі забезпечений необхідними запасами води для потреб населення та виробництва. У 2021 році обсяг забору підземних вод становив 41,00 млн м<sup>3</sup>, а використання поверхневих вод — 30,06 млн м<sup>3</sup>. Водночас серйозною проблемою залишається значний рівень втрат води під час її транспортування через зношеність водопровідних мереж. У комунальному секторі втрати води досягали майже третини від загального обсягу подачі.

У багатьох сільських населених пунктах відсутні централізовані системи водопостачання, тому населення використовує неглибокі ґрунтові води. Такі джерела легко піддаються забрудненню органічними та мінеральними речовинами, що часто призводить до невідповідності якості води санітарним вимогам. Найскладніша ситуація характерна для поліських районів області, вододільних територій та заплавлених великих річок.

Важливою екологічною проблемою залишається водовідведення та очищення стічних вод. За останні роки обсяги скидання стоків у поверхневі водойми залишалися практично незмінними. У 2021 році до водних об'єктів області було скинуто 18,51 млн м<sup>3</sup> забруднених стічних вод, що становило

близько 3,4 % загального обсягу скидів по Україні. За цим показником область посідала восьме місце серед регіонів держави.

Підземні водні ресурси розподілені територією області досить рівномірно. Основні водоносні горизонти приурочені до крейдових і палеогенових відкладів. Прогнозні ресурси підземних вод оцінюються у 1251,5 млн м<sup>3</sup> на рік, а затверджені експлуатаційні запаси становлять 210,8 млн м<sup>3</sup> на рік. У структурі загального водоспоживання частка підземних вод досягає 52 %, а їх використання залишається в межах допустимих експлуатаційних можливостей водоносних горизонтів [3, 4].

### **1.3 Стан поверхневих водних об'єктів Сумської області, системи водовідведення та очищення стічних вод**

В останні роки на території Сумської області, як і в більшості регіонів України, спостерігається стійка тенденція до зменшення водності річок. Основними причинами цього процесу є скорочення кількості атмосферних опадів, значна зарегульованість русел малих і середніх річок, а також підвищення середньорічних температур повітря, що призводить до зниження рівня води у водотоках. Періоди маловоддя негативно впливають на водозабезпечення населення, стан довкілля та рівень екологічної безпеки регіону.

Разом із тим область поки що не відчуває гострого дефіциту водних ресурсів. За підсумками 2021 року обсяг забору підземних вод становив 41,00 млн м<sup>3</sup>, а використання поверхневих водних ресурсів — 30,06 млн м<sup>3</sup>. Порівняно з попереднім роком загальний водозабір скоротився на 8,52 млн м<sup>3</sup>. При цьому обсяг забору поверхневих вод зменшився з 38,36 до 30,06 млн м<sup>3</sup>. Загальний обсяг водоспоживання у 2021 році склав 47,51 млн м<sup>3</sup>, що на 16 % менше порівняно з показниками 2020 року.

Протягом звітнього року державний облік водокористування охоплював 519 суб'єктів господарювання. Однією з найсерйозніших проблем систем водопостачання залишається значний фізичний знос водопровідних і каналізаційних мереж, особливо в комунальному секторі. Через незадовільний

технічний стан інженерних комунікацій виникають значні втрати води під час її транспортування. За даними комунальних підприємств, втрати води у мережах окремих населених пунктів досягали майже 30 % від загального обсягу подачі.

Значна кількість сільських населених пунктів області не забезпечена централізованими системами водопостачання. У зв'язку з цим населення використовує переважно ґрунтові води, що залягають на невеликій глибині — близько 5–10 м від поверхні. Такі водоносні горизонти є вразливими до забруднення органічними та мінеральними речовинами, тому якість води нерідко не відповідає вимогам санітарних нормативів. Найбільш проблемними щодо якості ґрунтових вод є північні райони області, території вододілів Конотопського та Роменського районів, а також заплавні ділянки основних річок.

Серед промислових галузей найбільші обсяги водоспоживання припадають на хімічну промисловість, частка якої становить 18,58 %. Далі за рівнем споживання водних ресурсів розташовуються машинобудування (2,34 %), енергетична галузь (0,95 %) та харчова промисловість (0,91 %).

Однією з актуальних екологічних проблем області залишається водовідведення та очищення стічних вод. Протягом останніх років обсяги скидання забруднених стоків у поверхневі водойми суттєво не змінювалися. У 2021 році до водних об'єктів області було скинуто 18,510 млн м<sup>3</sup> забруднених стічних вод, що на 1,379 млн м<sup>3</sup> менше порівняно з 2020 роком. Частка області у загальному обсязі скидання забруднених стічних вод по Україні становила 3,4 %. За цим показником Сумська область посідала восьме місце серед регіонів держави.

Хоча на території області функціонують очисні споруди, значна їх частина не забезпечує необхідного ступеня очищення стічних вод. Особливо це стосується комунальних систем очищення у містах і селищах, які тривалий час експлуатуються без суттєвої модернізації. Порівняно ефективно функціонують очисні споруди міст Глухів, Охтирка та Шостка. Водночас вагомий негативний

вплив на стан поверхневих вод справляють скиди недостатньо очищених або неочищених стоків.

Одним із найбільш поширених забруднювачів водних об'єктів є фосфатні сполуки, які надходять разом із побутовими та виробничими стічними водами. Більшість існуючих очисних споруд були спроектовані без урахування сучасних концентрацій фосфатів, тому ефективність їх видалення часто не перевищує 50 %. У зв'язку з цим практично всі очисні комплекси області потребують реконструкції та впровадження додаткових технологічних етапів, спрямованих на більш ефективне вилучення сполук фосфору.

Проведений аналіз свідчить, що вода є одним із найважливіших природних ресурсів, раціональне використання та охорона якого потребують комплексного підходу. Ефективне управління водними ресурсами повинно базуватися на поєднанні правових, організаційних, економічних, технічних, наукових і соціальних заходів. В умовах обмежених запасів якісної питної води та недостатнього фінансування водогосподарської галузі особливо важливим є впровадження сучасних принципів управління водними ресурсами та модернізація існуючої інфраструктури [5, 6].

#### **1.4 Обґрунтування рішень, прийнятих у проєкті**

Вибір раціональної схеми каналізування населеного пункту потребує попереднього детального аналізу рельєфу території. На підставі отриманих даних визначаються каналізаційні басейни, межі яких, як правило, збігаються з природними вододілами. Саме особливості рельєфу визначають напрямки руху стічних вод і суттєво впливають на побудову всієї системи водовідведення.

У даному проєкті передбачено застосування повної роздільної системи каналізації. Вибір такої схеми обумовлений особливостями рельєфу території, який характеризується значною пересіченістю. За цієї схеми мережа виробничо-побутової каналізації та система дощового водовідведення функціонують окремо, хоча можуть перетинатися в межах забудови.

Початковим етапом проєктування виробничо-побутової каналізаційної мережі є розподіл території на окремі басейни каналізування. Їх межі

встановлюються відповідно до природних вододільних ліній. У випадках, коли рельєф є рівнинним або має чітко виражений односторонній ухил, найбільш доцільним рішенням є використання самопливної схеми відведення стічних вод із максимальним охопленням території.

Схема трасування каналізаційної мережі формується з урахуванням рельєфних особливостей місцевості, геологічної будови ґрунтів, гідрогеологічних умов та місця розташування очисних споруд. При цьому розміщення очисних споруд часто є визначальним фактором під час вибору остаточної конфігурації мережі. Одним із перших проєктних рішень є нанесення на генеральний план траси головного каналізаційного колектора, який доцільно прокладати в найнижчих точках рельєфу для забезпечення самопливного транспортування стічних вод.

Після визначення траси головного колектора здійснюється проєктування вуличних і районних колекторів. Їх розташування повинно забезпечувати мінімальну довжину шляху руху стічних вод та максимально прямолінійну конфігурацію трубопроводів. За можливості вся система має працювати в самопливному режимі, що дозволяє зменшити експлуатаційні витрати та підвищити надійність роботи мережі.

За сприятливих інженерно-геологічних умов глибина закладання каналізаційних трубопроводів при відкритому способі будівництва може досягати 7–8 м. Однак у районах зі складним рельєфом або значними перепадами висот виникає необхідність у будівництві каналізаційних насосних станцій. Місця їх розташування визначаються за результатами гідравлічних розрахунків з урахуванням технічних, економічних та експлуатаційних критеріїв.

Отже, прийняття проєктних рішень щодо системи водовідведення повинно базуватися на комплексному аналізі природних, геологічних та гідрогеологічних умов території. Лише такий підхід дозволяє забезпечити ефективну, надійну та економічно обґрунтовану роботу всієї каналізаційної системи.

## **2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА**

### **2.1 Система відведення виробничо-побутових стічних вод міста**

#### **2.1.1 Вибір системи і схеми водовідведення, трасування мережі**

На основі отриманих даних про рельєф місцевості визначаємо басейни каналізування, межі яких у більшості випадків збігаються з природними вододілами. Саме вони формують основу для побудови ефективної системи водовідведення.

У даному проєкті прийнята повна роздільна система каналізації. Таке рішення обумовлене особливостями рельєфу території, який має пересічений характер. За цих умов мережа виробничо-побутового водовідведення перетинається з дощовою каналізацією, однак обидві системи функціонують незалежно одна від одної та виконують різні завдання.

На початковій стадії проєктування виробничо-побутової мережі територію населеного пункту поділяють на окремі каналізаційні басейни. Їх межі встановлюють відповідно до природних водороздільних ліній, що дозволяє раціонально організувати відведення стічних вод. Якщо місцевість характеризується рівнинним рельєфом або має односторонній ухил, доцільно максимально використовувати самопливний принцип роботи мережі.

Трасування каналізаційних колекторів виконується з урахуванням рельєфних особливостей території, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов, а також розташування очисних споруд. Вибір місця розміщення очисних споруд часто є одним із визначальних чинників під час формування загальної схеми мережі. Проєктування розпочинається з нанесення на ситуаційний план траси головного колектора, який, як правило, прокладають у природних пониженнях рельєфу. Після цього визначають розташування районних та вуличних колекторів. Їх необхідно прокладати найкоротшими можливими шляхами для забезпечення ефективного самопливного транспортування стічних вод до головного колектора.

За сприятливих ґрунтових умов і використання відкритого способу будівництва допускається прокладання трубопроводів на глибині до 7–8 м. Якщо ж через особливості рельєфу виникає необхідність значного заглиблення

колекторів, проєктом передбачається будівництво каналізаційних насосних станцій. Їх місце розташування встановлюється за результатами гідравлічних розрахунків з урахуванням технічних, економічних та природних факторів.

### 2.1.2 Визначення розрахункових витрат стічних вод

#### А) Витрати стічних вод від житлової забудови

Першим етапом розрахунку є визначення площ житлових кварталів у гектарах. Отримані значення наносяться на генеральний план населеного пункту. На цьому ж плані виконується трасування виробничо-побутової каналізаційної мережі.

Далі головний та бокові колектори поділяються на окремі розрахункові ділянки. Для кожної з них визначаються розрахункові витрати стічних вод. Загальна витрата на ділянці складається з попутної, транзитної, бокової та зосередженої складових. Вихідними даними для виконання розрахунків є чисельність населення, яке обслуговується відповідною ділянкою каналізаційної мережі.

Розрахункова кількість мешканців визначається за формулою:

$$N_p = F \cdot P \cdot \beta, \text{ чол.} \quad (2.1)$$

де:  $F$  – площа житлових кварталів, га;

$P$  – щільність населення, чол./га;

$\beta$  – коефіцієнт, що враховує наявність будівель громадського призначення в межах кварталу,  $\beta = 0,8-0,9$ ) [7, 8].

Середні витрати побутових стічних вод від населення визначаються за

$$Q_{сер.доб} = \frac{n \cdot N_p}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб}; \quad (2.2)$$

$$Q_{сер.год} = \frac{n \cdot N_p}{24 \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (2.3)$$

$$q_{сер.с} = \frac{n \cdot N_p}{24 \cdot 3600}, \text{ л/с}, \quad (2.4)$$

де:  $n$  – середньодобова норма водовідведення на одного мешканця за рік, л/(чол·доб).

Результати обчислення середніх витрат стічних вод для всіх розрахункових кварталів наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Визначення середніх витрат стічних вод від житлових кварталів міста

№№ розрахункових ділянок	№№ житлових кварталів, що визначають бокові і попутні витрати, які надходять у головний колектор		Розрахункове населення			Питоме середньодобове (за рік) водовідведення, л/(чол·доб)	Середні витрати		
			Площа житлових кварталів, F, га	Щільність житлової забудови, P, чол/га	Число мешканців, N <sub>p</sub> , чол		Добові Q <sub>доб</sub> , м <sup>3</sup> /доб	Годинні Q <sub>год</sub> , м <sup>3</sup> /год	Секундні q, л/с
1	2		3	4	5	6	7	8	9
Визначення середніх витрат стічних вод від житлових кварталів, які прилеглі до бокового колектора									
1-2	15,25		2,6	270	702	240	168,48	7,02	1,95
2-3	10,16,26		4,3	270	1161	240	278,64	11,61	3,23
3-4	11,17,21,27		2,6	270	702	240	168,48	7,02	1,95
4-5	12,18,22,28		4,8	270	1296	240	311,04	12,96	3,60
5-I	13,19,23,29		4,2	270	1134	240	272,16	11,34	3,15
I-II	бокові	14,20,24,30	8,4	270	2268	240	544,32	22,68	6,30
	попутні	38,46,49	5,4	270	1458	240	349,92	14,58	4,05
II-III	бокові	33-37,41-45,47,48,52,53	19,2	270	5184	240	1244,16	51,84	14,40
	попутні	61,69,78	5,2	270	1404	240	336,96	14,04	3,90
III-IV	бокові	51-60,62-68,70-77	36	270	9720	240	2332,80	97,20	27,00
	попутні	87	3,1	270	837	240	200,88	8,37	2,33
IV-V	бокові	79-86,88-94	20,5	330	6765	330	2232,45	93,02	25,84
	попутні	102,11	4,3	270	1161	240	278,64	11,61	3,23
V-VI	бокові	95-101,103-109	21,6	330	7128	330	2352,24	98,01	27,23
	попутні	119,129	3,7	270	999	240	239,76	9,99	2,78
VI-VII	бокові	111-118,120-128	25,7	330	8481	330	2798,73	116,61	32,39
	попутні	138,147	5,5	270	1485	240	356,40	14,85	4,13
VII-ГНС	бокові	130-137,139-146	28,1	330	9273	330	3060,09	127,50	35,42
Неканаліз. райони		1-9,31,32, 39,40,50,51	17,7	50	885	25	22,13	0,92	0,26
Разом					62043		17548,28	731,18	203,11

## **Б) Визначення витрат виробничих стоків промислових підприємств**

Під час визначення загальної кількості стічних вод, що надходять до міської каналізаційної мережі, необхідно враховувати витрати від промислових підприємств. До складу цих витрат входять виробничі стоки, які утворюються безпосередньо в технологічних процесах, а також господарсько-побутові стічні води, що виникають у результаті використання води працівниками для санітарно-побутових потреб.

Перед виконанням розрахунків проводиться аналіз основних характеристик підприємств, розташованих на території населеного пункту.

### **Цукровий завод**

Загальна чисельність персоналу становить 1300 осіб, із яких 25 % працюють у гарячих цехах. Режим роботи організований у три зміни: у першій зміні працює 40 % персоналу, у другій — 30 %, у третій — 30 %. Обсяг виробничих стічних вод складає 1300 м<sup>3</sup>/добу. Душовими установками користуються 70 % працівників.

### **Фабрика макаронних виробів**

На підприємстві працює 1400 осіб, з яких 35 % зайняті у гарячих виробничих цехах. Розподіл працівників за змінами аналогічний попередньому підприємству: 40 % — у першій зміні, по 30 % — у другій та третій. Кількість виробничих стоків становить 1400 м<sup>3</sup>/добу. Частка працівників, які користуються душовими, дорівнює 70 %.

### **Станко-інструментальний завод**

Загальна чисельність працівників складає 1700 осіб, із них 20 % працюють у гарячих цехах. Робота організована у три зміни: у першій зміні зайнято 50 % персоналу, у другій та третій — по 25 %. Обсяг виробничих стічних вод становить 1700 м<sup>3</sup>/добу. Душовими користуються 30 % працівників.

Для кожного підприємства окремо визначаються господарсько-побутові витрати стічних вод відповідно до нормативів водовідведення на одного працюючого. При цьому враховуються кількість працівників у кожній зміні,

характер виробництва, наявність гарячих цехів та забезпеченість душовими установками.

Загальна розрахункова витрата стічних вод від підприємства складається з технологічних, побутових та душових стоків. Отримані результати використовуються для визначення сумарного притоку стічних вод до міської каналізаційної мережі.

Зосереджена витрата стічних вод від промислових підприємств, розташованих поблизу розрахункових ділянок мережі, визначається за формулою:

$$q^{nm} = q_{tex} + q_{nob} + q_{душ}, \text{ л/с.} \quad (2.5)$$

де:

$q_{tex}$  – витрата виробничих стічних вод, л/с;

$q_{nob}$  – витрата господарсько-побутових стічних вод, л/с;

$q_{душ}$  – витрата душових стічних вод, л/с.

Розрахункова витрата технологічних стоків визначається за залежністю:

$$q_{tex} = \frac{Q_{зм} K_{год}}{8 \cdot 36}, \text{ л/с,} \quad (2.6)$$

е:

$Q_{зм}$  – кількість виробничих стоків за одну робочу зміну, м<sup>3</sup>/зм;

$K_{год}$  – коефіцієнт годинної нерівномірності.

Обсяг господарсько-побутових стічних вод за зміну визначається за формулою:

$$Q_{зм} = \frac{25 \cdot N_1 + 45 \cdot N_2}{1000}, \text{ м}^3/\text{зм}; \quad (2.7)$$

Розрахункова побутова витрата становить:

$$q_{nob} = \frac{25 \cdot N_1 \cdot K_1 + 45 \cdot N_2 \cdot K_2}{T \cdot 3600}, \text{ л,} \quad (2.8)$$

де:

$N_1$  – кількість працівників у холодних цехах;

$N_2$  – кількість працівників у гарячих цехах;

25 та 45 л/зм – нормативи водовідведення на одного працівника відповідно для холодних і гарячих цехів;

$K_1, K_2$  – коефіцієнти годинної нерівномірності водовідведення;

$T$  – тривалість робочої зміни, год.

Витрати душових стічних вод визначаються за формулою:

$$q_{душ} = \frac{c \cdot 500}{3600}, \text{ л/с}, \quad (2.9)$$

де:

$c$  – кількість душових сіток;

500 л/год – нормативна витрата води на одну душову сітку.

Кількість душових сіток встановлюється залежно від чисельності працівників, які користуються душем після зміни:

$$c = \frac{N_{душ}}{N_c} \quad (2.10)$$

де:

$N_{душ}$  – кількість працівників, що користуються душем;

$N_c$  – кількість працівників, які припадають на одну душову сітку.

Результати визначення зосереджених витрат стічних вод від промислових підприємств наведені в таблиці 2.2.



### 2.1.3 Гідравлічний розрахунок виробничо-побутової каналізаційної мережі

Гідравлічний розрахунок самопливної каналізаційної мережі виконується з метою визначення основних параметрів її роботи. У процесі розрахунку встановлюються необхідні діаметри трубопроводів, величини поздовжніх ухилів, швидкості руху стічних вод та ступінь заповнення труб.

У реальних умовах рух стічних вод у каналізаційній мережі є нерівномірним і змінним у часі. Проте для інженерних розрахунків його приймають як рівномірний турбулентний потік, що дозволяє застосовувати класичні гідравлічні залежності. Основою для розрахунку є формула Шезі, яка широко використовується при проєктуванні самопливних мереж водовідведення.

Гідравлічний розрахунок виконується для максимальної секундної витрати стічних вод, що відповідає найбільш несприятливому режиму роботи системи. Для спрощення розрахунків використовують спеціальні таблиці, номограми та графічні залежності, складені на основі формули Шезі.

Швидкість руху стічної рідини визначається за формулою:

$$V = c\sqrt{R \cdot i}, \quad (2.11)$$

де:

$V$  – середня швидкість руху стічних вод, м/с;

$c$  – коефіцієнт Шезі;

$R$  – гідравлічний радіус потоку, м;

$i$  – гідравлічний ухил трубопроводу.

Значення коефіцієнта ( $c$ ) визначається за формулою М. М. Павловського та залежить від матеріалу труб, ступеня їх шорсткості та режиму руху потоку.

$$C = \frac{R^y}{n_1}, \quad (2.12)$$

де:

$R$  – гідравлічний радіус потоку, м;

$u$  та  $n_1$  – коефіцієнти, значення яких приймаються відповідно до нормативної літератури [8].

Гідравлічний ухил трубопроводу визначається за формулою Дарсі:

$$i = \frac{\lambda \cdot V^2}{8 \cdot R \cdot g}, \quad (2.13)$$

де:

$i$  – гідравлічний ухил;

$\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного тертя по довжині трубопроводу;

$V$  – швидкість руху стічних вод, м/с;

$R$  – гідравлічний радіус, м;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Відповідно до прийнятої пересіченої схеми каналізування головний колектор розбивається на окремі розрахункові ділянки. Межі кожної ділянки встановлюються у місцях приєднання бічних колекторів за напрямком природного ухилу місцевості.

При визначенні розрахункових витрат стічних вод враховуються супутня, бічна, транзитна та зосереджена складові. Бічна витрата утворюється за рахунок стічних вод, що надходять через бічні колектори з розташованих вище районів забудови. Супутня витрата формується від кварталів, розміщених безпосередньо вздовж розрахункової ділянки, і для спрощення розрахунків умовно прикладається на її початку. Транзитна витрата являє собою обсяг стоків, що надходить із попередньої ділянки мережі.

Загальна розрахункова витрата на кожній ділянці визначається як сума супутньої, бічної та транзитної витрат із подальшим урахуванням загального коефіцієнта нерівномірності  $K_{gen.max}$ . Крім того, до розрахунку включаються зосереджені витрати, які формуються внаслідок скидання стічних вод від промислових підприємств.

Мінімальна глибина прокладання головного колектора призначається з урахуванням низки вимог:

- каналізаційний колектор повинен розташовуватись нижче водопровідних мереж;
- необхідно враховувати нормативну глибину промерзання ґрунту;
- при перетині з водопровідними мережами повинна забезпечуватися мінімальна вертикальна відстань 0,4 м;
- глибина закладання повинна запобігати пошкодженню труб під дією зовнішніх навантажень, при цьому відстань від поверхні землі до верху труби має становити не менше 0,7 м;
- повинна бути забезпечена можливість підключення всіх бічних колекторів.

Максимальна глибина прокладання трубопроводів залежить від інженерно-геологічних умов і допускається до 7–8 м.

Мінімальну глибину закладання головного колектора визначають за формулою:

$$h_1 = h_{\text{пром}} + 0,5 + 0,4 + \delta + d_k, \quad (2.14)$$

де:

$h_{\text{пром}}$  – нормативна глибина промерзання ґрунту, м;

$\delta$  – товщина стінки водопровідної труби, м;

$d_k$  – діаметр колектора на початковій ділянці, м.

Підставляючи прийняті значення:

$$h_1 = 0,7 + 0,5 + 0,4 + 0,02 + 0,35 = 2,00 \text{ м.}$$

Отже, мінімальна глибина закладання головного колектора становить 2,0 м.

Для забезпечення надійної роботи мережі та запобігання накопиченню осаду необхідно дотримуватися самоочисних швидкостей руху стічних вод. Їх величина залежить від ступеня наповнення трубопроводу  $((h/d))$  та його діаметра і приймається відповідно до чинних нормативних документів [8].

Для трубопроводів із неметалевих матеріалів максимальна допустима швидкість руху стічних вод не повинна перевищувати 4,0 м/с. Рекомендоване відносне наповнення труб під час проєктування приймається не більше 0,75 їхнього внутрішнього діаметра.

Одним із головних завдань при проектуванні каналізаційних колекторів є зменшення капітальних і експлуатаційних витрат. З цією метою слід прагнути до мінімально можливого заглиблення трубопроводів. Найбільш економічно доцільним є прокладання колектора з ухилом, близьким до природного ухилу поверхні землі. При цьому необхідно контролювати відповідність швидкостей руху стічних вод нормативним вимогам щодо самоочищення труб.

Під час підбору діаметрів труб необхідно забезпечувати збереження або поступове збільшення швидкості потоку на наступних ділянках мережі. У разі переходу до менших ухилів допускається деяке зменшення швидкості, однак вона не повинна бути меншою за допустиме мінімальне значення. Якщо через значні ухили місцевості швидкість потоку перевищує нормативні обмеження, передбачають улаштування перепадних колодязів.

Ділянки мережі з розрахунковою витратою до 10–12 л/с належать до нерозрахункових. Для них приймається мінімальний діаметр трубопроводу 200 мм та поздовжній ухил 0,005.

З'єднання труб різних діаметрів виконується в оглядових колодязях за принципом «шелега в шелигу», при якому верхні внутрішні твірні труб суміщаються на одному рівні.

За результатами гідравлічного розрахунку будуються повздовжні профілі головного та бічних колекторів. Горизонтальний масштаб профілю приймається відповідно до генерального плану населеного пункту — 1:5000, а вертикальний масштаб — 1:100.

Відмітки поверхні землі на профілі наносяться з точністю до 0,01 м, а відмітки лотків трубопроводів — з точністю до 0,001 м.

Усі результати гідравлічного розрахунку виробничо-побутової каналізаційної мережі наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Гідравлічний розрахунок головного та бокового колекторів

№ розрахункової ділянки	Довжина ділянки L, м	Витрата від населення				K <sub>gen.max</sub>	Розрахункова витрата від населення, л/с	Зосереджена витрата від підприємств, Q <sub>пн</sub> , л/с	Сумарна розрахункова витрата, л/с	Діаметр, d, мм	Швидкість, v, м/с	Наповнення, h/d	Нахил, i	Падіння, h=i·L	Позначка землі		Позначка лотка		Глибина закладання, м	
		Бокова, л/с	Попутна, л/с	Транзитна, л/с	Загальна, л/с										На початку	В кінці	На початку	В кінці	На початку	В кінці
<b>БОКОВИЙ КОЛЕКТОР</b>																				
1-2	410,0		1,95		1,95	2,500	4,88	36,19	41,07	355	0,88	0,55	0,0045	1,64	76,34	75,62	74,34	72,50	<b>2,00</b>	3,13
2-3	70,00		3,23	1,95	5,18	2,470	12,78	36,19	48,97	355	1,01	0,55	0,0055	0,35	75,62	75,25	72,50	72,11	3,13	3,14
3-4	120,0		1,95	5,18	7,13	2,310	16,46	36,19	52,65	355	1,10	0,55	0,0065	0,42	75,25	74,57	72,11	71,66	3,14	2,91
4-5	110,0		3,60	7,13	10,73	2,080	22,31	36,19	58,50	355	1,20	0,57	0,0075	0,84	74,57	73,94	71,66	70,76	2,91	3,19
5-I	180,0		3,15	10,73	13,88	2,010	27,89	36,19	64,08	355	1,22	0,58	0,0075	0,77	73,94	72,40	70,76	69,93	3,19	2,47
<b>ГОЛОВНИЙ КОЛЕКТОР</b>																				
I-II	450,0	4,05	6,30	13,88	24,23	1,860	45,30	75,24	120,54	450	1,26	0,62	0,0055	2,25	72,40	71,74	69,84	67,36	2,57	4,38
II-III	440,0	3,90	14,40	24,23	42,53	1,730	73,99	75,24	149,23	500	1,28	0,62	0,004	1,98	71,74	70,16	67,31	65,55	4,43	4,61
III-IV	220,0	2,33	27,00	42,53	71,85	1,640	118,55	75,24	193,79	560	1,30	0,65	0,004	0,88	70,16	69,62	65,49	64,61	4,67	5,01
IV-V	330,0	3,23	25,84	71,85	100,91	1,590	161,46	75,24	236,70	630	1,31	0,67	0,003	1,16	69,62	68,57	64,54	63,55	5,08	5,02
V-VI	360,0	2,78	27,23	100,91	130,91	1,580	208,15	75,24	283,39	630	1,34	0,72	0,003	1,26	68,57	67,70	63,55	62,47	5,02	5,23
VI-VII	320,0	4,13	32,39	130,91	167,43	1,570	264,54	75,24	339,78	710	1,42	0,62	0,003	1,12	67,70	66,89	62,39	61,43	5,31	5,46
VII-НС	160,0	0,00	35,42	167,43	202,85	1,570	320,50	108,66	429,16	800	1,43	0,62	0,003	0,48	66,89	66,50	61,34	60,86	5,55	5,64

## 2.2 Система відведення поверхневих (дощових) вод

### 2.2.1 Прокладання мережі та розміщення дощоприймальних колодязів

Трасування дощової каналізаційної мережі виконується з урахуванням рельєфних особливостей території, характеру забудови, місць випуску поверхневого стоку у природні водні об'єкти, а також існуючих підземних інженерних комунікацій та економічної ефективності прийнятих проєктних рішень.

У більшості випадків дощові каналізаційні мережі проєктуються за ортогональною схемою. За такої схеми магістральні колектори прокладаються перпендикулярно до нижньої межі водозбірної площі, що забезпечує транспортування поверхневих стічних вод найкоротшим шляхом до місць їх відведення — річок, озер, ярів, балок або інших передбачених проєктом водоприймачів.

На території вулиць, проїздів та площ дощоприймальні колодязі встановлюються у всіх понижених місцях, де природний поверхневий стік є недостатнім. Крім того, їх розміщують:

- на перехрестях у лотках проїзної частини з боку підходу поверхневого стоку;
- поблизу пішохідних переходів;
- біля в'їздів та виїздів із кварталів або мікрорайонів;
- на прямих ділянках вулиць між перехрестями.

Відстань між дощоприймальними колодязями визначається залежно від поздовжнього ухилу вулиці. При ухилі до 0,015 рекомендований крок між дощоприймальниками становить 40 м.

Після нанесення мережі на генеральний план її поділяють на окремі розрахункові ділянки. Межами ділянок, як правило, слугують вуличні перехрестя та місця приєднання колекторів.

Для визначення площі водозбору, що припадає на кожен розрахункову ділянку, прилеглу територію розподіляють на окремі елементарні басейни стоку вздовж осей вулиць.

### 2.2.2 Розрахунок витрат дощових стічних вод

Розрахункову витрату дощових стоків визначають методом граничних інтенсивностей дощу. Для цього використовується залежність:

$$q_r = \frac{Z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F}{t_r^{1,2n-0,1}}, \text{ л/с}, \quad (2.15)$$

де:

$Z_{mid}$  – середньозважений коефіцієнт стоку;

$A, n$  – кліматичні параметри, що залежать від району будівництва;

$F$  – площа водозбору, га;

$t_r$  – розрахункова тривалість дощу, хв.

Розрахункова витрата дощових вод для виконання гідравлічного розрахунку мережі визначається за формулою:

$$q_{cal} = q_r \cdot \beta, \text{ л/с}, \quad (2.16)$$

де:

$\beta$  – коефіцієнт використання вільного об'єму мережі в момент виникнення напірного режиму; для даного проєкту приймається ( $\beta = 0,6$ ).

Параметри ( $A$ ) та ( $n$ ) визначаються за результатами статистичної обробки багаторічних спостережень за атмосферними опадами. За відсутності таких даних параметр ( $A$ ) обчислюють за формулою:

$$A = q_{20} \cdot 20^n \cdot \left(1 + \frac{\lg p}{\lg m_r}\right)^\gamma, \quad (2.17)$$

де:

$q_{20}$  – інтенсивність дощу тривалістю 20 хв при періоді одноразового перевищення ( $P=0,7$ ), л/(с·га);

$n$  – показник степеня, що характеризує інтенсивність опадів;

$P$  – період одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу;

$\gamma$  – емпіричний показник;

$m_r$  – параметр кліматичної характеристики району.

Для даного населеного пункту приймаються:

$$q_{20} = 75,5 \text{ л/(с·га)};$$

$$n = 0,72;$$

$$P = 0,7)$$

$$\gamma = 1,33.$$

У результаті розрахунку отримуємо:

$$A = 75,5 \cdot 20^{0,72} \cdot \left(1 + \frac{\lg 0,7}{940}\right)^{1,33} = 585,41.$$

Для визначення середнього коефіцієнта стоку прийнято такий розподіл поверхонь водозбору [9]:

Тип поверхні	Коефіцієнт стоку Z	Частка площі, %
Дахи будівель та асфальтобетонні покриття	0,285	25
Бруковані покриття	0,145	10
Гравійні покриття	0,285	25
Відкритий ґрунт	0,064	20
Озеленені території	0,038	20

Тривалість руху дощового стоку від найбільш віддаленої точки водозбору до розрахункового перерізу мережі визначається за формулою:

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \text{ хв.} \quad (2.18)$$

де:

$t_{con}$  – час стікання води поверхнею території;

$t_{can}$  – час руху води по вуличних лотках;

$t_p$  – час транспортування стоку трубопроводами.

Тривалість руху води по лотках обчислюється за залежністю:

$$t_{can} = 0,021 \sum \frac{l_{can}}{V_{can}}, \text{ хв.} \quad (2.19)$$

де:

$l_{can}$  – довжина окремих ділянок лотка, м;

$V_p$  – швидкість руху води по лотку, м/с.

Середньозважений коефіцієнт стоку визначається за формулою:

$$Z_{mid} = \frac{Z_1 \cdot F_1 + Z_2 \cdot F_2 + Z_3 \cdot F_3 + \dots}{F_1 + F_2 + F_3} \quad (2.20)$$

Для прийнятої структури покриттів:

$$Z_{mid} = \frac{0,285 \cdot 25 + 0,145 \cdot 10 + 0,285 \cdot 25 + 0,064 \cdot 20 + 0,038 \cdot 20}{100} = 0,1774$$

Мінімальна глибина закладання вуличного колектора дощової каналізації визначається за формулою:

$$H = h + i \cdot l + (d_{тр} - d_c), \quad (2.21)$$

$h$  – глибина розташування дощоприймального колодязя, м;

$i$  – ухил приєднувальної гілки (0,01);

$l$  – довжина приєднувальної гілки (40 м);

$d_{тр}$  – діаметр вуличного колектора, м;

$d_c$  – діаметр приєднувальної труби, м.

Для прийнятих параметрів мінімальна глибина закладання становить:

$$H=1,4 \text{ м.}$$

Під час гідравлічного розрахунку дощової каналізації трубопроводи приймаються працюючими з повним заповненням поперечного перерізу. Мінімальні швидкості руху води приймаються аналогічними вимогам, встановленим для побутових каналізаційних мереж.

Усі результати розрахунків наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Гідралічний розрахунок колектора дощової мережі.

Розрахункові	Довжина ділянок	Площа, га			Швидкість, $V_{\text{попер}}$	Час протоку				Коэф. стоку $Z_{\text{mid}}$	$A^{1,2}$	Витрата дощових вод, $q_r$ , л/с	Розрахункова витрата, $q=q_r \cdot \beta$ , л/с	Діаметр, $d$ , мм	Швидкість, $v$ , м/с	Нахил, $i$	Падіння $h = i \cdot l$ , м	Позначка землі		Позначка лотка		Глибина закладання, м	
		прилегла	транзитна	усього		$t_{\text{con}} + t_{\text{can}}$	$t_p$	$t_r$	$\sum t_r$									На початку	В кінці	На початку	В кінці	На початку	В кінці
1-2	155	1,8		1,8	1,1	4,55	2,40	6,95	4,40	0,1774	2093,9	152,10	91,26	350	1,05	0,005	0,775	80,15	79,10	78,68	77,91	1,47	1,19
2-3	120	2,1	1,8	3,9	1,35	4,55	1,51	8,46	5,11	0,1774	2093,9	283,53	170,12	400	1,4	0,008	0,96	79,10	77,80	77,86	76,90	1,24	0,90
3-4	120	2,1	3,9	6	1,55	4,55	1,32	9,77	5,71	0,1774	2093,9	390,56	234,34	450	1,5	0,008	0,96	77,80	76,90	76,85	75,89	0,95	1,01
4-5	115	2,05	6	8,05	1,65	4,55	1,18	10,96	6,23	0,1774	2093,9	480,14	288,08	500	1,5	0,007	0,805	76,90	76,20	75,84	75,03	1,06	1,17
5-6	215	2,9	8,05	10,95	1,75	4,55	2,09	13,05	7,12	0,1774	2093,9	571,61	342,96	500	1,75	0,008	1,72	76,20	74,90	75,03	73,31	1,17	1,59
6-7	115	2,15	10,95	13,1	1,85	4,55	1,06	14,10	7,55	0,1774	2093,9	644,33	386,60	560	1,75	0,007	0,805	74,90	74,20	73,25	72,45	1,65	1,76
7-8	145	2,3	13,1	15,4	1,85	4,55	1,33	15,44	8,09	0,1774	2093,9	706,98	424,19	560	1,83	0,008	1,16	74,20	72,40	72,45	71,29	1,76	1,11
8-9	180	2,2	15,4	17,6	1,85	4,55	1,65	17,09	8,75	0,1774	2093,9	747,52	448,51	560	1,89	0,009	1,62	72,40	71,70	71,29	69,67	1,11	2,04
9- Вип	210	0,6	17,6	18,2	1,85	4,55	1,93	19,02	9,49	0,1774	2093,9	712,33	427,40	560	1,89	0,008	1,68	71,70	67,80	69,67	67,99	2,04	-0,19

### **2.2.3 Улаштування трубопроводів**

Матеріал трубопроводів повинен відповідати комплексу будівельних, технологічних та економічних вимог. До основних вимог належать достатня міцність і довговічність, герметичність з'єднань, стійкість до корозії та агресивних середовищ, висока пропускна здатність, а також економічна доцільність використання.

Зазначеним вимогам повною мірою відповідають поліетиленові труби, які широко застосовуються у безнапірних каналізаційних мережах діаметром від 50 до 1200 мм, а також у системах дощового водовідведення діаметром від 16 до 1500 мм.

Монтаж поліетиленових труб виконується стиковим зварюванням відповідно до чинної технічної документації або розтрубним способом із використанням спеціальних фасонних елементів. При виконанні різьбових з'єднань герметичність забезпечується застосуванням тефлонових ущільнювальних стрічок або спеціальних герметизувальних матеріалів. Зварні з'єднання характеризуються високою міцністю та надійністю протягом усього терміну експлуатації мережі [10,11].

### **2.2.4. Влаштування основ під трубопроводи**

Для забезпечення надійної та тривалої експлуатації трубопровідної мережі необхідно передбачити відповідну основу під труби, тип якої обирається залежно від фізико-механічних характеристик ґрунтів та розрахункових навантажень. У більшості випадків, за винятком скельних, заболочених, пливунних ґрунтів і просадних ґрунтів II типу, укладання труб допускається безпосередньо на вирівняне та ущільнене дно траншеї.

Природну основу можна застосовувати на ділянках, складених середньо- та крупнозернистими пісками, сухими супісками, гравійними та піщано-гравійними ґрунтами, щільними суглинками й глинами без водоносних прошарків, а також скельними породами та породами, близькими до них за властивостями.

Необхідність улаштування штучної основи виникає у випадках прокладання трубопроводів у водонасичених або сухих піщаних ґрунтах із мулистими включеннями, лесових і лесоподібних суглинках, неоднорідних глинах, а також на заболочених чи торф'янистих територіях.

Під час будівництва в скельних ґрунтах під трубами влаштовують піщану подушку завтовшки не менше 10 см. У добре дренованих водонасичених ґрунтах як основу використовують шар гравію, щебеню або річкового піску товщиною 15–20 см у поєднанні з дренажними елементами. Для пливунів і слабкодренованих ґрунтів передбачають бетонну основу у вигляді плити з бетонним стільцем. У болотистих умовах застосовують пальові конструкції з ростверком, що забезпечують необхідну жорсткість та стійкість трубопроводу.

У даному проєкті для укладання труб прийнято використання природної основи.

### **2.2.5. Ізоляція труб**

З метою підвищення довговічності трубопроводів та захисту їх від негативного впливу ґрунтових і стічних вод застосовуються спеціальні ізоляційні матеріали та цементи підвищеної стійкості.

Для виготовлення залізобетонних труб, що працюють в умовах агресивного середовища, використовують сульфатостійкі або пуцоланові цементи з додаванням спеціальних гідравлічних компонентів, які підвищують їхню корозійну стійкість.

Залежно від умов експлуатації застосовують два основних типи захисної ізоляції:

- жорстку — цементні штукатурки із залізненням поверхні, торкретування або облицювання спеціальними плитками;
- пластичну — бітумні, обмазувальні, обклеювальні чи комбіновані покриття.

Одним із найбільш поширених і ефективних способів захисту труб є нанесення бітумно-гумових мастик або використання полівінілхлоридної

стрічки, яка намотується на зовнішню поверхню трубопроводу та забезпечує надійний захист від корозійних процесів [12].

#### **2.2.6. Оглядові колодязі**

Оглядові колодязі належать до основних елементів систем водопостачання та водовідведення і призначені для забезпечення доступу до підземних мереж під час їх експлуатації, контролю технічного стану, проведення профілактичних робіт і ремонту.

Відстань між колодязями визначається залежно від діаметра та матеріалу труб, глибини їх прокладання й інших конструктивних особливостей мережі. Для водопровідних систем ця відстань зазвичай становить від 50 до 100 м, хоча для труб великих діаметрів або складних інженерно-геологічних умов вона може бути збільшена.

На каналізаційних мережах оглядові колодязі встановлюють:

- у місцях підключення трубопроводів (вузлові колодязі);
- на поворотах траси (поворотні);
- у точках зміни ухилу або діаметра труб;
- на прямих ділянках мережі через визначені нормативами інтервали (лінійні).

Розміри колодязів підбираються відповідно до діаметра трубопроводів і зазвичай знаходяться в межах 300–600 мм. Остаточні параметри визначаються з урахуванням глибини прокладання мережі та умов її експлуатації.

Типовий оглядовий колодязь складається з бетонної основи, робочої камери, перекриття або перехідної частини, горловини, люка з кришкою, а також пристроїв для спуску обслуговуючого персоналу (скоб або сходів). Основу виконують із бетону марки 200. У сухих ґрунтах її товщина становить 80–150 мм, а за наявності ґрунтових вод визначається спеціальним розрахунком.

Для забезпечення герметичності конструкції та запобігання проникненню ґрунтових вод або витоку стоків використовують спеціальні ущільнювальні елементи, зокрема гумові манжети та кільцеві прокладки.

## 2.3 Насосна станція системи водовідведення

### 2.3.1 Розрахунок припливу стічних вод

Головна каналізаційна насосна станція передбачена в кінці головного колектора та призначена для транспортування господарсько-побутових і виробничих стічних вод від населеного пункту до очисних споруд.

Необхідність улаштування насосної станції виникає тоді, коли подальше збільшення глибини прокладання самопливних колекторів стає технічно або економічно недоцільним. Також будівництво КНС є обов'язковим у випадках, коли відкритий спосіб прокладання трубопроводів призводить до надмірного заглиблення мережі.

Розміщення каналізаційних насосних станцій допускається безпосередньо в межах населених пунктів за умови дотримання встановлених санітарних вимог. При добовій продуктивності до 50 тис. м<sup>3</sup> мінімальна відстань від КНС до житлової забудови повинна становити не менше 20 м. Якщо обсяг перекачування перевищує зазначене значення, санітарний розрив збільшується до 30 м. Навколо території станції необхідно передбачити озеленену захисну смугу шириною не менше 10 м.

Для визначення режиму роботи насосної станції виконують розрахунок середнього, мінімального та максимального припливу стічних вод до приймального резервуара. З цією метою складається погодинний графік надходження стоків протягом доби з урахуванням усіх джерел водовідведення.

Під час побудови таблиці припливу враховуються такі умови:

а) надходження господарсько-побутових стічних вод від населення визначається з урахуванням коефіцієнта загальної нерівномірності водовідведення, який приймається рівним:

$$K_{заг} = 1,42;$$

б) виробничі стічні води від промислових підприємств надходять у каналізаційну мережу рівномірно протягом усього часу роботи зміни;

в) побутові стоки, що утворюються на промислових підприємствах, розподіляються по годинах зміни нерівномірно згідно графікам;

г) стічні води від душових установок надходять до системи водовідведення після завершення кожної робочої зміни. Тривалість їх скидання приймається рівною 45 хвилинам.

На підставі наведених вихідних даних виконується розрахунок роботи насосної станції водовідведення. Отримані результати подаються у таблиці 2.5.

### **2.3.2 Вибір кількості напірних водоводів та режимів їх роботи**

Відповідно до вимог щодо забезпечення надійності роботи каналізаційних насосних станцій I категорії, система напірних трубопроводів повинна складатися щонайменше з двох незалежних водоводів. З огляду на це в проєкті передбачено прокладання двох напірних трубопроводів.

Для підвищення експлуатаційної надійності на середині траси між водоводами передбачається влаштування перемички, обладнаної п'ятьма засувками. Таке рішення забезпечує можливість локалізації аварійної ділянки та дозволяє в разі пошкодження одного з трубопроводів вивести з роботи лише його частину без припинення функціонування всієї системи водовідведення.

Розрахунок напірних водоводів виконуємо на підставі максимальної годинної витрати стічних вод. Для даного проєкту ця витрата становить 1375,25 м<sup>3</sup>/год.

Оскільки приймальний резервуар насосної станції виконує регульовальну функцію, фактична подача насосів і витрата у водоводах буде меншою за максимальний приплив. Після остаточного визначення робочих характеристик насосної станції результати розрахунків можуть бути уточнені.

Кожний напірний водовід перевіряється для двох розрахункових режимів:

- нормального режиму роботи, за якого через кожний трубовід транспортується 50 % максимального припливу стічних вод;
- аварійного режиму, коли весь потік стічних вод проходить через половину довжини одного водоводу внаслідок виходу з ладу другого трубопроводу.

Таблиця 2.5 – Розрахункові дані припливу стічних вод у приймальний резервуар головної насосної станції

Години доби	Від міста		Від промислових підприємств																	Зливні стоки, м <sup>3</sup>	Сумарна витрата, м <sup>3</sup>	
	%	м <sup>3</sup>	Підприємство №1						Підприємство №2				Підприємство №3									
			Технологічні стоки, м <sup>3</sup> /год	Побутові стоки від холодних цехів		Побутові стоки від гарячих цехів		Душові стоки, м <sup>3</sup>	Технологічні стоки, м <sup>3</sup> /год	Побутові стоки від холодних цехів		Побутові стоки від гарячих цехів		Душові стоки, м <sup>3</sup>	Технологічні стоки, м <sup>3</sup> /год	Побутові стоки від холодних цехів		Побутові стоки від гарячих цехів				Душові стоки, м <sup>3</sup>
				%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>			%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>			%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>			
0-1	1.63	285,68	48,75	12,5	2,74	12,5	1,37	27,30	52,5	12,5	2,56	12,5	2,07	29,40	53,125	12,5	3,19	12,5	1,20	5,31	4,43	519,61
1-2	1.63	285,68	48,75	6,25	1,37	8,12	0,89		52,5	6,25	1,28	8,12	1,34		53,125	6,25	1,59	8,12	0,78		4,43	451,73
2-3	1.63	285,68	48,75	6,25	1,37	8,12	0,89		52,5	6,25	1,28	8,12	1,34		53,125	6,25	1,59	8,12	0,78		4,43	451,73
3-4	1.63	285,68	48,75	6,25	1,37	8,12	0,89		52,5	6,25	1,28	8,12	1,34		53,125	6,25	1,59	8,12	0,78		4,43	451,73
4-5	1.63	285,68	48,75	18,75	4,11	15,65	1,72		52,5	18,75	3,84	15,65	2,59		53,125	18,75	4,78	15,65	1,50		4,43	463,01
5-6	4.23	741,36	48,75	37,5	8,23	31,25	3,43		52,5	37,5	7,68	31,25	5,17		53,125	37,5	9,56	31,25	2,99			932,78
6-7	5.83	1021,77	48,75	6,25	1,37	8,12	0,89		52,5	6,25	1,28	8,12	1,34		53,125	6,25	1,59	8,12	0,78			1183,40
7-8	5.8	1016,52	48,75	6,25	1,37	8,12	0,89		52,5	6,25	1,28	8,12	1,34		53,125	6,25	1,59	8,12	0,78			1178,15
8-9	6	1051,57	65	12,5	3,66	12,5	1,83	27,30	70	12,5	3,41	12,5	2,76	29,40	106,25	12,5	6,38	12,5	2,39	5,31		<b>1375,25</b>
9-10	6	1051,57	65	6,25	1,83	8,12	1,19		70	6,25	1,71	8,12	1,79		106,25	6,25	3,19	8,12	1,55			1304,07
10-11	6	1051,57	65	6,25	1,83	8,12	1,19		70	6,25	1,71	8,12	1,79		106,25	6,25	3,19	8,12	1,55			1304,07
11-12	5.02	879,81	65	6,25	1,83	8,12	1,19		70	6,25	1,71	8,12	1,79		106,25	6,25	3,19	8,12	1,55			1132,32
12-13	4.17	730,84	65	18,75	5,48	15,65	2,29		70	18,75	5,12	15,65	3,45		106,25	18,75	9,56	15,65	2,99			1000,99
13-14	5.76	1009,51	65	37,5	10,97	31,25	4,57		70	37,5	10,24	31,25	6,89		106,25	37,5	19,13	31,25	5,98			1308,52
14-15	5.84	1023,53	65	6,25	1,83	8,12	1,19		70	6,25	1,71	8,12	1,79		106,25	6,25	3,19	8,12	1,55			1276,03
15-16	5.84	1023,53	65	6,25	1,83	8,12	1,19		70	6,25	1,71	8,12	1,79		106,25	6,25	3,19	8,12	1,55			1276,03
16-17	5.76	1009,51	48,75	12,5	2,74	12,5	1,37	36,40	52,5	12,5	2,56	12,5	2,07	39,20	53,125	12,5	3,19	12,5	1,20	10,63		1263,23
17-18	5.72	1002,50	48,75	6,25	1,37	8,12	0,89		52,5	6,25	1,28	8,12	1,34		53,125	6,25	1,59	8,12	0,78			1164,13
18-19	5.05	885,07	48,75	6,25	1,37	8,12	0,89		52,5	6,25	1,28	8,12	1,34		53,125	6,25	1,59	8,12	0,78			1046,70
19-20	4.69	821,98	48,75	6,25	1,37	8,12	0,89		52,5	6,25	1,28	8,12	1,34		53,125	6,25	1,59	8,12	0,78			983,61
20-21	4.14	725,58	48,75	18,75	4,11	15,65	1,72		52,5	18,75	3,84	15,65	2,59		53,125	18,75	4,78	15,65	1,50			898,49
21-22	2.76	483,72	48,75	37,5	8,23	31,25	3,43		52,5	37,5	7,68	31,25	5,17		53,125	37,5	9,56	31,25	2,99			675,15
22-23	1.62	283,92	48,75	6,25	1,37	8,12	0,89		52,5	6,25	1,28	8,12	1,34		53,125	6,25	1,59	8,12	0,78			445,55
23-24	1.62	283,92	48,75	6,25	1,37	8,12	0,89		52,5	6,25	1,28	8,12	1,34		53,125	6,25	1,59	8,12	0,78			445,55
Разом		17526,15	1300		73,13		36,56	91,00	1400		68,25		55,125	98,00	1700,00		102,00		38,25	21,25	22,13	22531,84

### 2.3.3 Розрахунок необхідного напору головної насосної станції

Для подачі стічних вод до очисних споруд передбачається прокладання двох напірних трубопроводів із залізобетонних труб від насосної станції до приймальної камери очисних споруд.

Необхідний напір насосної станції визначається за формулою:

$$H = H_r + h_{hc} + h_{вод} + h_{не} + h_g, \text{ м} \quad (2.22)$$

де:

$H_r$  — геометрична висота підйому стічних вод;

$h_{hc}$  — втрати напору у всмоктувальних трубопроводах і внутрішніх комунікаціях насосної станції;

$h_{вод}$  — втрати напору у водомірному вузлі;

$h_{не}$  — втрати напору у зовнішніх напірних водоводах;

$h_g$  — вільний напір на виході.

Геометрична висота підйому визначається як різниця між відміткою максимального рівня води у приймальній камері очисних споруд та середнім рівнем стічних вод у приймальному резервуарі насосної станції.

Відмітка рівня води в приймальній камері очисних споруд:

$$Z = 69,8 \text{ м.}$$

Середній рівень стічних вод у резервуарі насосної станції:

$$Z_{рез} = 59,6 \text{ м.}$$

Тоді геометрична висота підйому становить:

$$H_r = 69,8 - 59,6 = 10,2 \text{ м.}$$

Втрати напору у внутрішніх комунікаціях насосної станції приймаються рівними 5,0 м, втрати у водомірі — 1,5 м, а вільний напір на виході — 3,0 м.

Втрати напору у зовнішніх водоводах включають втрати по довжині труб та місцеві втрати, які приймаються у розмірі 10 % від лінійних втрат.

Розрахунок виконується для нормального та аварійного режимів роботи системи.

### Нормальний режим

При нормальній роботі кожен із двох водоводів пропускає половину максимальної витрати:

$$Q = 375 \cdot 0,5 = 187,5 \text{ л/с.}$$

За результатами гідравлічного розрахунку прийнято:

- діаметр трубопроводу  $d = 500$  мм;
- швидкість руху стічних вод  $V = 1,12$  м/с;
- питомий гідравлічний ухил  $1000i = 2,18$ .

Втрати напору у водоводі визначаються за формулою:

$$h_{н.в.} = 1.1 \cdot l \cdot i_1 \text{ м.} \quad (2.23)$$

Після підстановки значень отримуємо:

$$h_{н.в.} = 1.1 \cdot 1,5 \cdot 2,18 = 3,6 \text{ м.}$$

Отже, необхідний напір насосної станції у нормальному режимі становить:

$$H = 10,2 + 5,0 + 1,5 + 3,6 + 3,0 = 23,3 \text{ м.}$$

### Аварійний режим

У разі виходу з ладу одного водоводу весь обсяг стічних вод транспортується через половину довжини другого трубопроводу.

Розрахункові параметри становлять:

- діаметр трубопроводу  $d = 500$  мм;
- швидкість потоку  $V = 2,24$  м/с;
- питомий гідравлічний ухил  $1000i = 7,41$ .

Втрати напору визначаються як сума втрат на аварійній та робочій частинах водоводу:

$$h_{н.в.} = 1,1 \cdot (l/2) \cdot i_2 + 1,1 \cdot (l/2) \cdot i_1. \quad (2.24)$$

$$h_{н.в.} = 1 \cdot 0,75 \cdot 7,41 + 1,1 \cdot 0,75 \cdot 2,18 = 7,9 \text{ м.}$$

Необхідний напір насосної станції при аварійному режимі роботи дорівнює:

$$H_{нв} = 10,2 + 1,5 + 5,0 + 7,9 + 3,0 = 27,6 \text{ м.}$$

### 2.3.4 Підбір насосного обладнання

Вибір насосного обладнання здійснюється за максимальною годинною витратою стічних вод, що надходять до насосної станції, та необхідним напором системи.

Максимальна годинна витрата становить:  $Q_{\max} = 1350 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Розрахунковий напір насосної станції:  $H = 27,6 \text{ м}$ .

Для забезпечення безперебійної та надійної роботи насосної станції приймається встановлення двох робочих і двох резервних насосних агрегатів марки Flygt NZ 3301 [13]. Продуктивність кожного насоса становить  $675 \text{ м}^3/\text{год}$  ( $187,5 \text{ л/с}$ ), а номінальний напір —  $28 \text{ м}$ , що повністю відповідає розрахунковим параметрам системи (див. рис. 2.1).

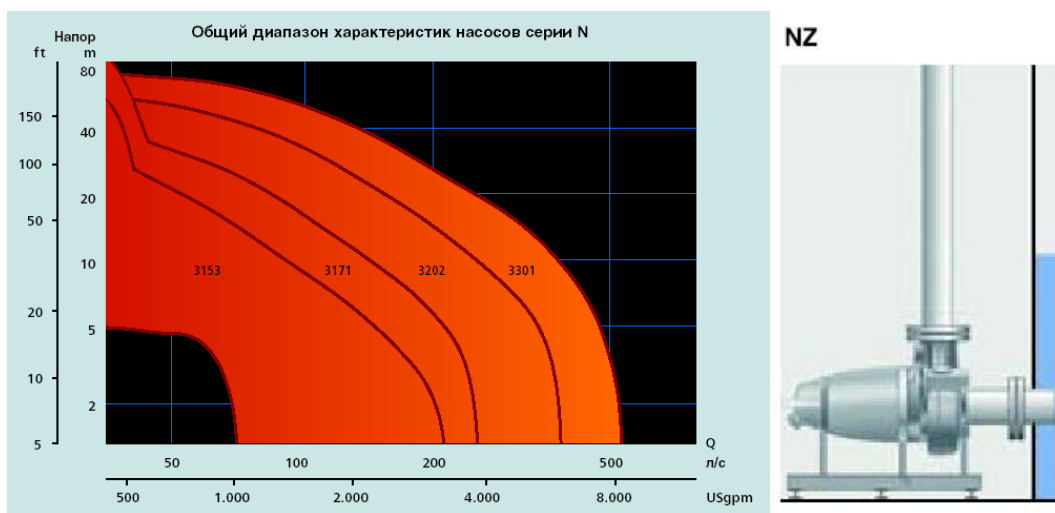


Рисунок 2.1 – характеристика та зовнішній вигляд насоного агрегату

З урахуванням конструктивних особливостей насосного обладнання та приєднувальних розмірів трубопроводів проектом передбачається будівництво насосної станції круглого типу. Планувальні рішення та конструктивні розрізи станції наведені на графічній частині проекту.

Підвідний самопливний колектор оснащується запірним пристроєм, що приводиться в дію механічним приводом, керування яким здійснюється з поверхні землі. Водночас повне перекриття колектора в аварійній ситуації може спричинити затоплення значної частини самопливної мережі, накопичення осадів у трубопроводах та їх подальше замулення. З огляду на це застосування

такого пристрою потребує додаткового техніко-економічного обґрунтування та розроблення заходів, спрямованих на запобігання можливим аварійним наслідкам.

### 2.3.5 Розрахунок об'єму приймального резервуара

Місткість приймального резервуара насосної станції визначається з урахуванням співвідношення між припливом стічних вод до резервуара та їх відкачуванням насосними агрегатами.

Мінімальний об'єм резервуара повинен відповідати кількості стічних вод, що може бути перекачана одним насосом протягом п'яти хвилин роботи:

$$W_{5\text{хв}} = \frac{675 \cdot 5}{60} = 56,25 \text{ м}^3 \quad (2.25)$$

У результаті виконаного гідравлічного розрахунку насосної станції були визначені витрати стічних вод, що надходять на очисні споруди.

Найбільша подача забезпечується одночасною роботою двох насосних агрегатів і становить:

$$675 \cdot 2 = 1350 \text{ м}^3/\text{год}, \quad \text{або } 375 \text{ л/с.}$$

Найменша подача відповідає роботі одного насоса та дорівнює:

$$675 \text{ м}^3/\text{год}, \quad \text{або } 187,5 \text{ л/с.}$$

Отримані значення максимальної та мінімальної витрат використовуються при подальшому проектуванні та розрахунку очисних споруд.

### 2.3.6 Характеристика насосної станції

Конструктивно станція виконана у шахтному варіанті з внутрішнім діаметром підземної та надземної частин 12 м.

У підземній частині споруди розміщені приймальний резервуар, машинний зал та приміщення для встановлення ґрат-дробарок.

У надземній частині передбачені трансформаторна підстанція потужністю 400 кВА, приміщення керування, побутові кімнати для персоналу та ремонтна майстерня. Проектом прийнято відкритий спосіб прокладання підвідного колектора.

### **Приймальний резервуар**

Конструкцією резервуара передбачено похиле дно, спрямоване до всмоктувальних патрубків насосів, що забезпечує ефективне відведення осаду та стічної рідини. Для проведення технічного огляду й ремонтних робіт над патрубками облаштовано два монтажні отвори, закриті рифленими металевими плитами. У резервуарі прокладені трубопроводи діаметром 50 мм, які з'єднані з напірною мережею та використовуються для спорожнення резервуара і промивання приямків у зоні забору стічних вод.

### **Грати-дробарки**

У спеціальному приміщенні встановлено дві дробарки марки КРД40М продуктивністю 1350 м<sup>3</sup>/год кожна. Обладнання оснащено електродвигунами типу 4А112 МВ8У3 потужністю 3 кВт із частотою обертання 750 об/хв. Вилучені на ґратках тверді включення подрібнюються і повертаються у потік стічних вод перед ґратами. Відходи, що не піддаються подрібненню, збираються у спеціальні контейнери та вивозяться за межі станції. Робота дробарок автоматизована і здійснюється відповідно до встановленого режиму.

### **Машинне відділення**

У машинному залі розміщено чотири каналізаційні насоси марки Flygt NZ 3301, з яких два працюють як основні, а два передбачені як резервні. Внутрішні трубопроводи насосної станції виконані зі сталевих труб. Діаметр всмоктувальних патрубків становить 400 мм, напірних — 300 мм, а напірного колектора — 500 мм. Усі з'єднання насосного обладнання та запірної арматури виконані за допомогою фланців. Автоматичне керування насосами здійснюється залежно від рівня стічних вод у приймальному резервуарі за допомогою регулятора-сигналізатора типу ЕРСР-2.

Додатково у машинному відділенні встановлені насос технічного водопостачання ВК 5/24 та дренажний насос ГНОМ 25-20.

### **Обладнання для підйому та транспортування вантажів**

У приміщенні ґрат передбачено монорельс із електричною талью

вантажопідйомністю 1–2 т. У машинному залі встановлено два ручні мостові крани вантажопідйомністю по 2 т кожний. Піднімання виконується за допомогою талей, закріплених на монорельсових шляхах.

Подача господарсько-питної та виробничої води здійснюється від зовнішнього водопроводу через ввід діаметром 50 мм. Вода використовується для забезпечення роботи водонагрівача, душових, санітарних вузлів та бака розриву струменя. З бака вода насосами ВК–5/24 подається до сальникових ущільнень обладнання. Для санітарного утримання приміщень передбачено поливні крани, підключені до мережі технічного водопостачання.

Стічні води від санітарно-побутових приміщень, а також вода з переливу бака надходять безпосередньо до приймального резервуара. Вода, що утворюється під час миття обладнання та роботи сальників, збирається у дренажному лотку і за допомогою дренажного насоса подається до резервуара.

### **Опалення**

Для опалення будівлі використовується система з перегрітою водою як теплоносієм. Як нагрівальні прилади прийнято конвектори типу «Акорд». У приміщеннях грат і машинному відділенні передбачено підтримання чергового режиму опалення для забезпечення необхідних умов експлуатації обладнання в холодний період року.

### **Вентиляція**

Основними джерелами забруднення повітряного середовища насосної станції є випари газів зі стічних вод у приміщенні грат та надлишкове тепло, що виділяється працюючим обладнанням у машинному залі. Для підтримання нормативних санітарно-гігієнічних умов проєктом передбачена приточно-втяжна система вентиляції з подачею свіжого повітря безпосередньо до робочої зони. Видалення повітря з приміщення грат здійснюється переважно з нижньої частини каналу (80 % загального обсягу), а решта 20 % відводиться з верхньої зони приміщення. Із машинного залу повітря видаляється природним способом через вентиляційні дефлектори, встановлені на покрівлі будівлі.

## 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ

### 3.1 Функції та завдання міського комунального підприємства

Міське комунальне підприємство водопостачання та водовідведення, яке традиційно називають «Водоканалом», є одним із найважливіших елементів міської інженерної інфраструктури. Від його ефективної діяльності значною мірою залежить рівень життя населення, санітарно-епідеміологічне благополуччя міста, стан навколишнього середовища та розвиток житлово-комунального і промислового секторів [14].

Надання населенню якісної питної води та організація збору й очищення стічних вод є основними напрямками діяльності таких підприємств. У сучасних умовах, коли зростає навантаження на водні ресурси через урбанізацію, зміни клімату та збільшення споживання води, значення підприємств водопровідно-каналізаційного господарства постійно підвищується.

Основне призначення підприємства полягає у створенні, експлуатації, технічному обслуговуванні та модернізації централізованих систем водопостачання і водовідведення. До його функцій належить забезпечення населення якісною питною водою, надання послуг з відведення та очищення стічних вод, а також підтримання надійної роботи інженерних мереж міста.

До основних завдань системи водопостачання належать:

- **Водозабір.** Забір води здійснюється з поверхневих або підземних джерел, таких як річки, озера, водосховища та водоносні горизонти. Для цього використовуються спеціалізовані водозабірні споруди та насосне обладнання.

- **Підготовка та очищення води.** Вода проходить комплекс технологічних процесів очищення, що забезпечують її відповідність чинним санітарним вимогам. Для цього застосовуються механічні, фізико-хімічні та біологічні методи обробки.

- **Транспортування споживачам.** Після очищення вода подається до споживачів через систему магістральних і розподільчих трубопроводів, насосних

станцій та резервуарів. Особлива увага приділяється підтриманню необхідного тиску в мережі.

- **Контроль якості води.** Виробничі лабораторії здійснюють постійний контроль показників якості води на всіх етапах її підготовки та транспортування.

Основними завданнями системи водовідведення є:

- **Збирання стічних вод.** Господарсько-побутові та виробничі стоки надходять у каналізаційну мережу від житлових будинків, підприємств і громадських установ.

- **Транспортування стоків.** За допомогою трубопроводів, колекторів та насосних станцій стічні води подаються до очисних споруд. Важливими умовами є герметичність системи та відсутність втрат.

- **Очищення стічних вод.** На очисних спорудах стоки проходять кілька ступенів очищення, після чого очищена вода відводиться у водні об'єкти або використовується повторно для технічних потреб.

Підприємство відповідає за надійне функціонування мереж водопостачання та каналізації, що передбачає:

- проведення своєчасних ремонтних робіт на трубопроводах;
- технічне обслуговування насосних станцій та іншого обладнання;
- впровадження енергозберігаючих технологій;
- реконструкцію та оновлення зношених елементів мереж.

Особливе значення має модернізація обладнання та впровадження автоматизованих систем керування технологічними процесами (SCADA).

До адміністративно-економічних функцій підприємства належать:

- ведення обліку використаної та відведеної води;
- розрахунок і нарахування плати за послуги;
- взаємодія зі споживачами щодо оплати послуг;
- контроль своєчасності розрахунків та роботи з боржниками.

Крім того, підприємство бере участь у реалізації державних та міжнародних інвестиційних програм, спрямованих на розвиток водогосподарської інфраструктури.

Важливою складовою діяльності є також комунікація з населенням, яка включає:

- оперативне інформування про аварійні ситуації, планові ремонти та тимчасові відключення;
- прийом і опрацювання звернень громадян;
- проведення інформаційно-роз'яснювальної роботи щодо раціонального використання водних ресурсів.

Таким чином, комунальне підприємство водопостачання та водовідведення забезпечує стабільне функціонування міського господарства, виконуючи широкий спектр технічних, економічних, санітарних, екологічних та соціальних завдань. Його ефективна робота є важливою умовою комфортного проживання населення, охорони здоров'я та збереження довкілля.

### **3.2 Система контролю та планово-попереджувальних ремонтів у діяльності комунального підприємства**

Надійність функціонування систем водопостачання та водовідведення визначається не лише технічним рівнем обладнання, а й ефективністю організації контролю та планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Саме завдяки систематичному нагляду за станом обладнання та своєчасному виконанню профілактичних заходів забезпечується безперебійна робота об'єктів водопровідно-каналізаційного господарства.

Система ППР являє собою комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на контроль технічного стану споруд, мереж, трубопроводів і технологічного обладнання, а також на своєчасне проведення ремонтних робіт відповідно до затверджених графіків [15].

Комунальні підприємства впроваджують комплексну систему контролю, яка дозволяє підтримувати належний технічний стан інженерної інфраструктури

та запобігати виникненню аварійних ситуацій. Водночас важливим напрямом розвитку є адаптація цієї системи до сучасних міжнародних стандартів управління активами та технічним обслуговуванням.

Основною метою контролю та ППР є забезпечення довговічної, надійної та економічно ефективної експлуатації мереж і споруд шляхом своєчасного виявлення несправностей та їх усунення до виникнення аварій.

Основними завданнями системи є:

- планування технічних оглядів та ремонтних заходів;
- контроль стану споруд і мереж;



Рисунок 3.1 – Проведення планово-попереджувального ремонту на насосній станції

- визначення ступеня зношеності трубопроводів;
- попередження гідравлічних та санітарних порушень;
- зменшення втрат води та негативного впливу на довкілля;
- використання сучасних технологій діагностики та аналізу даних;
- забезпечення безпечних умов праці під час виконання ремонтних робіт;

- формування профілактичного підходу до експлуатації інженерних систем.

### **Структура служби контролю та ППР**

До складу технічних служб підприємства, як правило, входять:

- служба головного інженера, яка координує технічну діяльність підприємства;
- відділ експлуатації мереж, що організовує та реалізує заходи ППР;
- виробничі лабораторії для контролю якості води та матеріалів;
- аварійно-ремонтні підрозділи для оперативного усунення несправностей;
- інформаційно-аналітичний відділ, який здійснює збір і аналіз технічної інформації;
- метрологічна служба, відповідальна за перевірку приладів обліку;
- екологічний підрозділ, що контролює дотримання природоохоронних вимог;
- відділ підготовки персоналу, який забезпечує підвищення кваліфікації працівників.

### **Основні етапи організації ППР**

#### **А) Технічне обстеження об'єктів**

Обстеження проводиться відповідно до затверджених графіків з урахуванням:

- поточного технічного стану обладнання;
- термінів попередніх ремонтів;
- інтенсивності експлуатації;
- результатів попередніх перевірок;
- сезонних факторів і кліматичних умов;
- статистики аварійності;
- звернень споживачів.

#### **Б) Розроблення плану робіт**

На підставі результатів обстежень складається план-графік, у якому визначаються:

- строки проведення робіт;
- перелік обладнання та споруд;
- обсяг ремонтних заходів;
- потреба в матеріально-технічних ресурсах;
- витрати часу та коштів;
- рівень пріоритетності окремих робіт;
- взаємодія з іншими комунальними службами.

#### **В) Виконання планово-попереджувальних робіт**

До складу робіт входять:

- ревізія та заміна запірної арматури;
- очищення трубопроводів і колекторів;
- перевірка насосного обладнання та вузлів обліку;
- усунення нещільностей і герметизація стиків;
- ремонт колодязів, люків та допоміжних споруд;
- обслуговування систем автоматизації та диспетчерського контролю;
- проведення гідравлічних випробувань;
- виконання профілактичної дезінфекції об'єктів водопостачання.

#### **Г) Документування результатів**

Після завершення робіт оформлюються:

- акти виконаних робіт;
- технічна документація та звіти;
- відомості про використані матеріали;
- записи в електронних системах моніторингу;
- оновлені технічні паспорти об'єктів;
- фотоматеріали для архівного зберігання та звітності.

#### **Засоби та сучасні технології контролю**

Для моніторингу стану інженерних мереж підприємства використовують:

- відеодіагностику трубопроводів для виявлення дефектів, відкладень та інших пошкоджень;

- ультразвукові й гідравлічні методи контролю технічного стану труб;



Рисунок 3.2 – Проведення ультразвукового сканування

- датчики тиску та витрати для контролю режимів роботи мереж;
- SCADA-системи для автоматизованого керування та диспетчеризації;
- GIS-технології для ведення електронних карт мереж і баз даних;
- безпілотні літальні апарати та георадарні комплекси для обстеження важкодоступних ділянок;
- системи віртуального моделювання для навчання персоналу та відпрацювання дій під час аварійних ситуацій.

Застосування сучасних методів контролю та планово-попереджувального ремонту дозволяє суттєво підвищити надійність експлуатації систем водопостачання і водовідведення, зменшити кількість аварій, оптимізувати витрати та забезпечити якісне надання послуг населенню.

### **3.3 Правила безпечної експлуатації мереж і споруд водовідведення**

Системи водовідведення мають важливе значення для підтримання належного санітарного стану населених пунктів. Водночас їх експлуатація пов'язана з низкою небезпечних факторів, які можуть становити загрозу для здоров'я та життя працівників. Наявність шкідливих газів, робота в глибоких

колекторах, вплив високого тиску та контакт із забрудненими стічними водами потребують суворого дотримання вимог охорони праці. Саме тому питання безпеки під час виконання робіт у системах водовідведення є одним із пріоритетних напрямів діяльності комунальних підприємств.

Техніка безпеки при експлуатації систем водовідведення охоплює комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на запобігання виробничому травматизму, отруєнням, аварійним ситуаціям та професійним захворюванням. Вимоги щодо безпечного виконання робіт регламентуються галузевими нормативними документами, державними санітарними правилами, Кодексом законів про працю України та внутрішніми інструкціями підприємств [16].

До найбільш поширених небезпек належать загазованість робочого середовища, ризик затоплення колекторів, контакт зі стічними водами, що можуть містити небезпечні мікроорганізми та хімічні речовини, обвалення ґрунту, падіння в колодязі, а також ураження електричним струмом під час роботи з обладнанням у вологих умовах. Для мінімізації цих ризиків на підприємствах проводяться спеціальні інструктажі, а виконання робіт здійснюється лише після відповідного погодження з відповідальними службами.

Одним із ключових організаційних заходів є проведення навчання та інструктажів з охорони праці: вступного, первинного на робочому місці та повторного. Працівники, які залучаються до виконання робіт підвищеної небезпеки, повинні мати відповідну кваліфікацію та допуск. Усі виробничі операції здійснюються під контролем майстра або іншої уповноваженої особи. Перед початком робіт перевіряють справність інструментів, засобів індивідуального захисту, погоджують дії з диспетчерською службою та уточнюють порядок реагування у випадку надзвичайних ситуацій [17].

Персонал повинен бути забезпечений необхідними засобами індивідуального захисту, серед яких спецодяг, гумове взуття, рукавиці, захисні каски, окуляри, респіратори або протигази, а також страхувальні пояси з тросами для роботи в колодязях і колекторах. Освітлювальні прилади мають бути

вибухозахищеного виконання. Крім того, місця проведення робіт повинні бути обладнані попереджувальними знаками та захисними огороженнями, особливо на територіях з інтенсивним рухом транспорту чи пішоходів [18].

Під час виконання робіт у колодязях і колекторах обов'язковими є попереднє провітрювання та контроль повітряного середовища за допомогою газоаналізаторів. Перебування працівника в замкнутому просторі допускається лише за наявності спостерігача, який знаходиться на поверхні та контролює безпеку виконання робіт. Виконання таких робіт одноосібно забороняється. Для освітлення використовуються автономні переносні світильники, придатні для роботи у вибухонебезпечних умовах. Працівники повинні бути ознайомлені з планом евакуації та порядком дій у разі виникнення небезпеки.

У випадку аварійних ситуацій, таких як раптове затоплення, задимлення або втрата свідомості працівником, усі роботи негайно припиняються. На місце події викликаються аварійні служби та медична допомога. Евакуація потерпілих здійснюється спеціально підготовленим персоналом із використанням відповідного рятувального обладнання. Після ліквідації наслідків події проводиться службове розслідування та оформлюється необхідна документація.

Важливою складовою системи охорони праці є постійне підвищення кваліфікації працівників. Персонал щорічно проходить перевірку знань з питань безпеки праці, бере участь у навчаннях і тренуваннях щодо ліквідації аварійних ситуацій, а також підтримує належний рівень фізичної підготовки. Особливу увагу приділяють психологічній готовності до роботи в обмежених і замкнутих просторах.

Таким чином, дотримання вимог техніки безпеки під час експлуатації систем водовідведення є необхідною умовою збереження здоров'я та життя працівників, а також забезпечення стабільної роботи комунальної інфраструктури. Постійне вдосконалення заходів безпеки, підвищення професійної підготовки персоналу та використання сучасних засобів захисту сприяють зниженню виробничих ризиків і забезпечують надійну роботу

підприємств галузі. Безпека праці повинна бути невід'ємною складовою щоденної діяльності кожного працівника системи водовідведення.

### **3.4 Організація роботи насосної станції**

Насосні станції водовідведення є невід'ємною складовою інженерних мереж населених пунктів. Їх основним завданням є перекачування стічних вод від споживачів до очисних споруд у тих випадках, коли транспортування самопливом неможливе або економічно недоцільне. Надійне функціонування насосних станцій має велике значення для підтримання санітарного стану територій, захисту довкілля та забезпечення стабільної роботи системи водовідведення.

Насосна станція водовідведення являє собою комплекс споруд і технічного обладнання, призначених для підняття та транспортування стічних вод на вищі відмітки, звідки вони можуть рухатися самопливом або подаватися до наступних насосних станцій. До складу такого комплексу входять приймальні резервуари, насосні агрегати, трубопроводи, запірні арматури, контрольно-вимірювальні прилади, системи вентиляції, електропостачання, диспетчерського контролю та зв'язку.

Експлуатаційний режим насосної станції визначається обсягами надходження стічних вод, сезонними та добовими коливаннями витрат, а також технічним станом обладнання і споруд. Надійність роботи станції забезпечується правильним підбором насосних агрегатів, регулярним технічним обслуговуванням, проведенням профілактичних заходів та своєчасним усуненням несправностей.

До основних експлуатаційних заходів належать систематичний контроль технічного стану насосів, електродвигунів, трубопроводів, арматури та з'єднань. Також необхідно регулярно очищати решітки, приймальні резервуари та інші елементи системи від сміття і твердих домішок. Особливу увагу приділяють

роботі контрольно-вимірювальних приладів, які забезпечують контроль рівня стічних вод, тиску, температури та витрати.

Суттєву роль у сучасній експлуатації насосних станцій відіграють автоматизовані системи управління. Використання SCADA-систем дозволяє здійснювати дистанційний контроль роботи обладнання, оперативно отримувати інформацію про відхилення від нормального режиму, своєчасно реагувати на аварійні ситуації та проводити аналіз експлуатаційних показників. Це сприяє підвищенню ефективності роботи станції та зниженню навантаження на обслуговуючий персонал.

Особливого значення набуває забезпечення безпечних умов праці. Робота насосних станцій пов'язана з ризиком ураження електричним струмом, впливом шкідливих газів, високою вологістю та можливістю затоплення окремих приміщень. Тому працівники повинні проходити відповідну підготовку, бути забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту, мати доступ до рятувального обладнання та чітко знати порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Важливим напрямом експлуатації є дотримання екологічних вимог. Порушення герметичності трубопроводів або аварійні ситуації на насосній станції можуть стати причиною забруднення поверхневих і підземних вод, а також ґрунтів. Для запобігання негативному впливу на довкілля проводяться регулярні перевірки стану обладнання, контролюється герметичність систем і рівень шумового навантаження.

З метою підтримання обладнання у працездатному стані на підприємствах впроваджується система планово-попереджувального обслуговування. Вона передбачає проведення щоденних оглядів, періодичних перевірок та регламентних ремонтів відповідно до затверджених графіків. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти дефекти, запобігати аварійним ситуаціям і продовжувати термін експлуатації обладнання.

Отже, експлуатація насосних станцій водовідведення є складним комплексом організаційних і технічних заходів, що вимагає високої кваліфікації персоналу, дотримання вимог безпеки, впровадження сучасних технологій автоматизації та постійного контролю технічного стану обладнання. Від ефективності роботи насосних станцій значною мірою залежать надійність функціонування каналізаційної мережі, екологічна безпека територій і комфортні умови проживання населення.

### **3.5 Сучасні методи відновлення мереж водовідведення**

#### **Вступ**

Значна частина каналізаційних колекторів, що експлуатуються в Україні, була побудована кілька десятиліть тому. Тривалий термін експлуатації та фізичне старіння трубопроводів призвели до того, що багато мереж перебувають у незадовільному технічному стані та потребують відновлення. Така ситуація є характерною для більшості населених пунктів країни.

Практика експлуатації каналізаційних мереж свідчить, що виникнення аварійних ситуацій і погіршення працездатності систем пов'язане не лише із завершенням нормативного строку служби труб. Значний вплив мають також корозійне руйнування верхньої частини труб, зношення лоткової частини, пошкодження стінок трубопроводів та руйнування стикових з'єднань. Додатковими факторами є помилки, допущені на стадіях проєктування, будівництва або експлуатації, які негативно впливають на гідравлічний режим роботи мереж.

Наслідком таких пошкоджень стає інфільтрація ґрунтових вод у каналізаційні трубопроводи, що призводить до збільшення обсягів стоків, які надходять на очисні споруди. Водночас ексфільтрація викликає витікання стічних вод у навколишнє середовище, що сприяє підтопленню територій, підвищенню рівня ґрунтових вод, руйнуванню дорожнього покриття та інших об'єктів міської інфраструктури.

Аналіз причин аварійності каналізаційних мереж дозволив визначити основні види пошкоджень трубопроводів, оцінити їхню частоту виникнення та встановити вплив на загальний технічний стан систем водовідведення (див. табо. 3.1).

Таблиця 3.1 – Основні причини аварій у каналізаційних мережах

Причина пошкодження	Частка аварій, %
Корозія склепіння	24
Зношення лотка	22
Руйнування оглядових колодязів	21
Зовнішнє руйнування тіла труб	18
Руйнування стикових з'єднань	15
Разом	100

Забезпечення стабільного та безаварійного функціонування систем водовідведення є одним із найважливіших завдань комунальних підприємств. Тому особливої актуальності набуває реконструкція та відновлення трубопроводів, які втратили свої експлуатаційні характеристики.

Підвищення надійності та довговічності мереж можливе завдяки своєчасному виконанню ремонтно-відновлювальних робіт на пошкоджених ділянках. Вирішення цієї проблеми має важливе технічне, економічне, екологічне та соціальне значення.

Для ремонту та реконструкції каналізаційних трубопроводів застосовуються два основні способи:

- відкритий метод, який передбачає розробку траншей та проведення робіт після розкриття трубопроводу;
- безтраншейний метод, що дозволяє виконувати відновлення мереж із мінімальним впливом на поверхневу інфраструктуру.

Незважаючи на відносну простоту відкритого способу, його використання супроводжується значними незручностями: порушенням транспортного руху,

руйнуванням дорожнього покриття, пошкодженням зелених насаджень та необхідністю виконання масштабних робіт із благоустрою території після завершення ремонту.

Безтраншейні технології значною мірою позбавлені зазначених недоліків. У більшості європейських країн понад 95 % робіт із будівництва та реконструкції трубопроводів здійснюються саме такими методами. Їх застосування дозволяє зменшити загальні витрати на виконання робіт на 10–40 % залежно від діаметра трубопроводу. У деяких містах Західної Європи використання відкритого способу ремонту в межах міської забудови суттєво обмежене або взагалі заборонене.

В Україні впровадження безтраншейних технологій розпочалося наприкінці 1980-х – на початку 1990-х років. Сьогодні вітчизняний ринок пропонує широкий вибір обладнання та матеріалів для виконання таких робіт, а підприємства водопровідно-каналізаційного господарства активно використовують сучасні методи відновлення мереж, одним із яких є санація трубопроводів [19,20].

### **3.5.1 Суть санації трубопроводів. Методи, види та етапи виконання**

Санація трубопроводів являє собою сучасну безтраншейну технологію ремонту та відновлення мереж, яка передбачає усунення дефектів труб і стикових з'єднань без демонтажу всієї існуючої конструкції. Завдяки цьому забезпечується відновлення працездатності трубопроводу з мінімальним втручанням у навколишню інфраструктуру.

Залежно від способу проведення робіт санацію поділяють на два основні різновиди:

1. Відновлення без руйнування існуючого трубопроводу (релайнінг).
2. Відновлення із руйнуванням старої труби та заміною її новою (реновація).

До найбільш поширених методів санації без демонтажу старого трубопроводу належать:

1. Нанесення цементно-піщаного покриття — формування захисного шару з цементно-піщаної суміші на внутрішній поверхні сталевих або чавунних напірних труб.
2. Метод «труба в трубі» — протягування всередину існуючого трубопроводу нової полімерної труби меншого діаметра. Метод придатний для труб різного призначення та розмірів.
3. Рукавна санація («панчоха») — введення всередину трубопроводу гнучкого полімерного рукава, який після затвердіння утворює нову внутрішню оболонку труби.
4. Методи з використанням ефекту пам'яті форми (У-лайнер, Омега-лайнер) — монтаж деформованих полімерних труб, які після нагрівання відновлюють початкову форму та щільно прилягають до стінок існуючої труби.
5. Спиральне навивання — формування всередині трубопроводу нової труби шляхом навивання полімерної стрічки по спіралі. Метод застосовується для напірних і безнапірних мереж.
6. Локальна санація — ремонт окремих дефектних ділянок шляхом нанесення спеціальних ремонтних матеріалів або встановлення локальних вставок.

Процес санації трубопроводів методом релайнінгу включає декілька основних етапів:

1. Первинне телевізійне обстеження трубопроводу.
2. Очищення внутрішньої поверхні труб.
3. Підготовка монтажних котлованів або використання існуючих колодязів.
4. Контрольне телевізійне обстеження після очищення.
5. Виконання санаційних робіт.
6. Відновлення бокових підключень.
7. Заключний контроль якості та введення трубопроводу в експлуатацію.

На початковому етапі здійснюється телеінспекція із застосуванням спеціального обладнання, до складу якого входять відеокамера, система освітлення, пристрої запису та моніторингу. У ході обстеження визначаються місця пошкоджень, порушення герметичності стиків, деформації, засмічення, проростання коренів рослин, а також перевіряються геометричні параметри та ухили трубопроводу. На підставі отриманих даних складається технічний висновок, обирається оптимальна технологія ремонту та розробляється план виконання робіт [19].

Очищення трубопроводів може здійснюватися кількома способами:

- механічним або електромеханічним із використанням тросів, скребоків, щіток, йоржів та інших пристроїв;
- гідродинамічним шляхом промивання внутрішньої поверхні струменями води під високим тиском через спеціальні насадки.

Після очищення проводиться повторна телеінспекція для оцінки якості підготовчих робіт. Контроль стану трубопроводу виконується на всіх ключових етапах технологічного процесу: до очищення, після очищення, перед санацією та після завершення відновлювальних робіт.

Вибір конкретного способу санації залежить від технічного стану трубопроводу, його призначення, матеріалу виготовлення, ступеня пошкодження, глибини прокладання та особливостей місцевих умов. Саме тому детальна попередня діагностика є обов'язковою умовою для прийняття ефективного технічного рішення. Після завершення санаційних робіт усі оновлені характеристики трубопроводу вносяться до технічної документації та схем інженерних мереж для подальшої експлуатації [21-23].

### **Нанесення цементно-піщаного покриття**

Даний спосіб уже багато років використовується для відновлення напірних трубопроводів, виготовлених із металу. Цементно-піщане покриття (ЦПП) вважається ефективною технологією усунення дефектів внутрішньої поверхні сталевих і чавунних труб систем водовідведення діаметром від 150 до 2800 мм.

Суть методу полягає у нанесенні під тиском на попередньо зволожену внутрішню поверхню труб цементно-піщаного розчину за допомогою спеціального обладнання з подальшим його твердненням і висушуванням. Покриття може наноситися методом центрифугування або відцентрового набризкування.

Перед виконанням робіт трубопровід очищають і обстежують, після чого на ділянці встановлюють та налаштовують розбрикувальний пристрій. Під час нанесення суміші обладнання рухається вздовж труби із сталою швидкістю у зворотному напрямку. Розчин подається через обертову головку з електричним або пневматичним приводом. Для рівномірного розподілу суміші використовуються металеві пластини гребінчастої форми, закріплені радіально. Остаточне вирівнювання шару здійснюється спеціальними конусними елементами. Необхідна товщина покриття забезпечується регулюванням подачі розчину та швидкості обертання робочого механізму. Залежно від діаметра та матеріалу труби мінімальна товщина шару зазвичай становить від 4 до 12 мм. Остаточне значення визначається технічним станом трубопроводу, рівнем його зношення та тривалістю подальшої експлуатації.

Для приготування розчину застосовують пісок із розміром зерен до 1 мм та воду температурою від +10 до +30 °С, яка відповідає встановленим технічним вимогам. Співвідношення цементу і піску приймається в межах 1:1–1:1,2 за об'ємом, а водоцементне співвідношення становить 0,3–0,36.

Як альтернативу цементно-піщаному покриттю використовують цементно-полімерні композиції або епоксидні смоли. Епоксидне покриття наноситься методом центрифугування за допомогою спеціальних обертових щіток. Перед його нанесенням внутрішню поверхню труб необхідно очистити значно ретельніше, ніж при використанні ЦПП. Процес полімеризації триває від 12 до 24 годин, а товщина сформованого шару складає приблизно 0,8–1,2 мм. Найчастіше цей варіант застосовується для труб невеликих діаметрів.

Переваги методу:

- відносна простота виконання робіт;
- невисока вартість завдяки доступності вихідних матеріалів;
- формування рівної та гладкої внутрішньої поверхні;
- тривалий термін експлуатації покриття — до 50 років;
- можливість використання для труб різного діаметра.

Недоліки:

1. Неможливість застосування для труб із суттєвими деформаціями та значними руйнуваннями.
2. Введення трубопроводу в експлуатацію можливе лише через 3–5 діб після завершення робіт (при використанні епоксидних матеріалів цей термін менший).

### **Метод «труба в трубі»**

Ця технологія широко використовується для відновлення як напірних, так і безнапірних трубопроводів. Її суть полягає у введенні всередину існуючої пошкодженої труби нової полімерної труби через стартовий котлован до приймального. Для цього застосовують напрямні пристрої та пневматичну лебідку, розташовану в кінцевій точці ділянки. Після монтажу між новою та старою трубою утворений простір заповнюється спеціальним тампонажним розчином, який забезпечує надійну фіксацію конструкції та запобігає проникненню ґрунтових вод.

Оскільки поліетиленові труби можуть пошкоджуватися під час протягування, для їх захисту використовують труби з посиленням зовнішнім шаром або моделі з поліпропіленовим захисним покриттям. Крім поліетилену, можуть застосовуватись труби зі склопластику, полівінілхлориду чи поліпропілену.

Технологічний процес включає:

- обстеження та очищення ділянки трубопроводу;
- спорудження стартового і приймального котлованів із кріпленням їх стінок;

- облаштування бетонної основи та підготовку технологічного отвору;
- встановлення лебідки у приймальному котловані;
- приєднання спеціальної насадки та сталевго троса до полімерної труби;
- протягування нової труби всередині існуючої.

Процес монтажу відзначається високою швидкістю виконання. При цьому діаметр старої труби має перевищувати діаметр нової приблизно на 10–15 %. Довжина суцільного звареного трубного батога може досягати 700 м. Незважаючи на певне зменшення внутрішнього перерізу, гладка поверхня нової труби дозволяє компенсувати втрату пропускної здатності.

Після завершення монтажу міжтрубний простір заповнюють цементним розчином із добавками, які покращують його амортизаційні властивості. Далі котловани засипають, а трубопровід вводять в експлуатацію. Метод ефективний лише на прямолінійних ділянках без поперечних деформацій. Для його реалізації необхідно мати можливість зварювання труб на поверхні та достатньо довгий стартовий котлован. Продуктивність робіт може досягати 250 м трубопроводу за добу.

Переваги:

- висока швидкість виконання санації;
- можливість застосування для труб різних діаметрів;
- стійкість до корозії та абразивного впливу;
- підвищення міцності конструкції завдяки використанню старої труби як захисного кожуха;
- довговічність понад 50 років.

Недоліки:

1. Можливість застосування лише на прямолінійних ділянках.
2. Неможливість використання при наявності поперечних деформацій трубопроводу.
3. Зменшення внутрішнього діаметра мережі.

### Метод композитного рукава («панчохи»)

Дана технологія передбачає введення всередину існуючого трубопроводу гнучкого рукава з композитного матеріалу, виготовленого на основі синтетичного фетру або войлоку. Перед монтажем рукав просочують термореактивними смолами, які після затвердіння формують нову міцну оболонку. Конструкція рукава складається з трьох функціональних шарів:

- внутрішнього герметизувального полімерного шару;
- середнього шару з поліефірного полотна, що утримує смолу;
- зовнішнього армувального шару з полімерних волокон, який забезпечує необхідну міцність.

Рукави виготовляються на підприємстві-виробнику, де їх просочують поліефірними або епоксидними смолами та транспортують у спеціальних охолоджуваних контейнерах. Іноді просочення виконується безпосередньо перед монтажем на об'єкті. Товщина стінок рукава становить 3–10 мм для труб діаметром 300–600 мм та 4–18 мм для труб діаметром 600–1600 мм.

Перед початком робіт обов'язково виконують телеінспекцію, гідродинамічне очищення та сушіння трубопроводу. Монтаж може здійснюватися через існуючі колодязі або через спеціально підготовлені котловани.

Існують два основних способи встановлення композитного рукава.

#### 1. Метод вивертання під дією водяного стовпа

Після введення рукава в трубу в нього подається вода під тиском, завдяки чому рукав поступово вивертається та просувається до кінця ділянки. Після монтажу через нього циркулює вода, нагріта приблизно до 80 °С. Нагрівання триває від 6 до 24 годин, забезпечуючи полімеризацію смоли. Після завершення процесу воду охолоджують і видаляють. У результаті утворюється герметичний самонесучий трубопровід із прогнозованим строком служби понад 50 років. Замість води для вивертання може використовуватись стиснене повітря, а нагрівання здійснюватися парою.

## 2. Метод протягування з ультрафіолетовою полімеризацією

На дно трубопроводу спочатку укладається захисна плівка, після чого рукав протягують лебідкою по всій довжині ділянки. Кінці рукава герметизують заглушками, через які подається повітря. Під його тиском рукав розправляється та щільно прилягає до внутрішньої поверхні труби. Для затвердіння матеріалу всередину заводять секції ультрафіолетових ламп, які переміщуються по всій довжині рукава. Для труб до 600 мм використовують лампи потужністю 600 Вт, а для більших діаметрів — до 1000 Вт. Тривалість процесу зазвичай становить близько чотирьох годин. Контроль здійснюється за допомогою відеокамер і температурних датчиків.

Технологія ультрафіолетового затвердіння є більш сучасною, оскільки не потребує застосування термореактивних смол безпосередньо на об'єкті. Рукав із фотореактивною смолою виготовляється на заводі та може зберігатися до шести місяців.

Метод використовується для санації напірних і безнапірних трубопроводів із сталі, чавуну, залізобетону, кераміки та азбестоцементу діаметром від 150 до 1600 мм і довжиною до 250 м. Після завершення робіт обов'язково виконується контрольна телеінспекція.

Переваги методу:

- висока продуктивність робіт;
- мінімальні обсяги земляних робіт;
- можливість санації трубопроводів зі складною конфігурацією та поворотами до 90°;
- незначне зменшення внутрішнього діаметра;
- покращення гідравлічних характеристик;
- висока стійкість до корозії та стирання;
- відсутність кільцевого зазору між новою оболонкою та старою трубою;
- термін експлуатації понад 50 років.

Недоліки:

1. Необхідність збереження достатньої міцності існуючого трубопроводу.
2. Підвищені вимоги до якості підготовки внутрішньої поверхні.
3. Імовірність неповного прилягання рукава до стінок труби на окремих ділянках.

### **3.5.2 Протягування полімерних труб U- та Ω-подібного профілю**

Технологія відновлення трубопроводів із використанням U- та Ω-подібних лайнерів належить до сучасних безтраншейних методів санації. Вона була розроблена німецькою компанією RENAУ та представлена у 2011 році. Основою методу є застосування полімерних труб, які попередньо деформуються у профіль, що нагадує літери «U» або «Ω», що значно спрощує їх транспортування та монтаж усередині існуючого трубопроводу.

U-лайнери виготовляються з поліетилену високої щільності (PE-HD) і використовуються переважно для реконструкції напірних трубопроводів діаметром від 100 до 400 мм. Ω-лайнери являють собою багатошарову конструкцію з ПВХ та поліетилену і застосовуються для санації самопливних мереж діаметром від 100 до 800 мм. Формування профільованого перерізу може виконуватися як безпосередньо під час виробництва, так і шляхом деформації стандартної круглої труби спеціальним обладнанням.

Довжина ділянки, що підлягає санації, може досягати 600 м і визначається насамперед діаметром труби та умовами транспортування лайнера на барабані. Підготовлена профільована труба подається через стартову камеру в існуючий трубопровід та протягується до приймальної камери. Після завершення монтажу виконується відновлення початкової круглої форми труби за рахунок ефекту пам'яті матеріалу. Для цього на кінцях лайнера встановлюють герметичні заглушки, через які подають стиснене повітря або водяну пару. Під впливом тиску та температури труба повертається до початкової геометрії та щільно контактує зі стінками старого трубопроводу.

Лайнери даного типу характеризуються високою механічною міцністю та здатністю самостійно сприймати навантаження навіть у випадках значного руйнування існуючої труби. Простота монтажу та надійність конструкції сприяють широкому впровадженню цієї технології у практику реконструкції інженерних мереж.

Переваги технології:

- використання тонкостінних гнучких труб товщиною до 5 мм, що мінімізує втрату внутрішнього перерізу трубопроводу;
- відсутність кільцевого зазору між новою та старою трубою завдяки щільному приляганню;
- можливість виконання робіт на криволінійних ділянках мережі;
- компактність технологічного обладнання;
- тривалий строк служби відновленого трубопроводу, який перевищує 50 років.

Недоліки технології:

1. Необхідність якісного попереднього очищення внутрішньої поверхні трубопроводу.
2. Значна вартість спеціалізованого обладнання.

Метод спірального навивання

Метод спіральної навивки належить до сучасних технологій безтраншейної санації та має важливу перевагу — можливість виконання робіт без повного припинення експлуатації трубопроводу. Відновлення може проводитися навіть за умов часткового заповнення мережі стічними водами на рівні 30–40 %, що особливо актуально для колекторів, які не мають резервних або обвідних ліній.

Технологія придатна для трубопроводів різних діаметрів і конфігурацій, включаючи круглі, яйцеподібні та інші нестандартні перерізи. Вона також використовується для ремонту вертикальних інженерних споруд, таких як шахти, резервуари та колодязі. Метод застосовується як у напірних, так і в безнапірних системах водовідведення.

Принцип технології полягає у формуванні нового трубопроводу всередині існуючого шляхом спірального намотування спеціального полімерного профілю. Профіль виготовляється з армованого або неармованого ПВХ чи високоміцного поліетилену та обладнується замковими елементами для надійного з'єднання окремих витків. Для підвищення жорсткості конструкції використовуються зовнішні ребра підсилення.

Монтаж здійснюється за допомогою спеціальної навивальної установки, яка розміщується біля колодязя або котловану. Полімерна стрічка подається з бобіни та поступово формує всередині старої труби нову герметичну оболонку. Роботи можуть виконуватися як із поверхні землі, так і безпосередньо всередині трубопроводу.

Залежно від умов експлуатації та характеристик об'єкта використовуються кілька модифікацій технології:

- SPR — для труб діаметром до 5500 мм та вертикальних споруд; після монтажу простір між трубами заповнюється спеціальним розчином.
- SPR PE — застосовується для труб діаметром 900–3000 мм із цегли, бетону, каменю чи склопластику; використовує сталеві-поліетиленовий профіль.
- SPR EX — призначена для трубопроводів діаметром 150–1800 мм, забезпечує щільне прилягання до внутрішньої поверхні та рекомендована для сейсмонебезпечних районів.
- SPR ST — використовується для мереж діаметром 450–2500 мм із традиційних матеріалів та передбачає застосування ПВХ-профілю з металевим армуванням.

У результаті виконання робіт формується новий герметичний трубопровід із високою кільцевою жорсткістю та несучою здатністю.

Переваги методу:

- можливість проведення робіт без повного припинення транспортування стічних вод;

- покращення гідравлічних характеристик мережі;
- відсутність внутрішніх стиків і швів;
- можливість санації ділянок довжиною до 500 м;
- придатність для криволінійних трас;
- застосування для труб будь-якої форми поперечного перерізу;
- висока продуктивність монтажу — до 40–50 м на добу;
- підвищення жорсткості та стійкості трубопроводу до динамічних навантажень;
- безперервність процесу монтажу без руйнування існуючої конструкції;
- компактні розміри обладнання;
- розрахунковий термін експлуатації понад 50 років.

Недоліки методу:

1. Висока вартість спеціалізованих установок.
2. Необхідність імпорту профільних матеріалів та комплектуючих.

### **Метод локальної санації**

Локальна санація застосовується для усунення окремих дефектів трубопроводів, таких як тріщини, місцеві корозійні пошкодження, негерметичність стикових з'єднань та інші локальні руйнування. Метод ефективний як для напірних, так і для самопливних мереж водовідведення.

Суть технології полягає у відновленні лише пошкодженої ділянки без необхідності ремонту всього трубопроводу. Для цього використовують полімерні матеріали, ремонтні склади або армовані вставки, просочені спеціальними смолами. Роботи виконуються у сухому трубопроводі під контролем відеокамери.

Одним із найпоширеніших варіантів є встановлення ремонтної манжети з армованого матеріалу, просоченого полімерною смолою. Манжету закріплюють на пневматичному пакері та транспортують до місця пошкодження. Після подачі стисненого повітря пакер розширюється, забезпечуючи щільне притискання манжети до стінок труби. Процес полімеризації триває приблизно 30 хвилин,

після чого пакер видаляється, а ремонтна вставка залишається всередині трубопроводу.

Іншим варіантом є застосування ремонтних гільз із нержавіючої сталі. Перед монтажем їх покривають спеціальним еластичним клеєм. За допомогою пневматичного обладнання гільза розширюється до необхідного діаметра та щільно прилягає до внутрішньої поверхні труби, герметизуючи пошкоджену ділянку.

Також використовується технологія ін'єктування двокомпонентних синтетичних смол, які подаються безпосередньо в місце дефекту через спеціальний пристрій. Після затвердіння утворюється міцна ремонтна муфта, що відновлює герметичність трубопроводу.

Метод локальної санації може застосовуватись для труб різного призначення та практично будь-якого діаметра.

Переваги методу:

- ремонт виконується лише в зоні пошкодження;
- значне зменшення витрат порівняно з повною санацією;
- висока міцність відновленої ділянки;
- мінімальне втручання в роботу трубопроводу.

Недоліки методу:

1. Порівняно висока вартість спеціалізованих матеріалів.
2. Одноразовість більшості ремонтних манжет і вставок.

### **Методи санації з руйнуванням існуючого трубопроводу (реновація)**

Реновація, або берстлайнинг, являє собою безтраншейний спосіб реконструкції трубопроводів, за якого стара труба руйнується, а на її місце одночасно протягується нова. Ця технологія застосовується у випадках значного фізичного зносу мереж або необхідності збільшення їх пропускної здатності.

Основною перевагою методу є можливість прокладання нової труби більшого діаметра, що дозволяє збільшити пропускну спроможність мережі в 1,5–2 рази. Технологія придатна для труб із бетону, залізобетону, кераміки,

чавуну, сталі та азбестоцементу й може використовуватися навіть у складних геологічних умовах та щільній міській забудові.

#### Реновація методом горизонтально-направленого буріння

Однією з найпоширеніших технологій реновації є метод горизонтально-направленого буріння, який дозволяє виконувати заміну трубопроводів без розриву всієї траси. На початковому етапі влаштовуються стартовий і приймальний котловани. У стартовому котловані монтується установка з гідравлічними домкратами та опорною плитою, яка забезпечує передачу зусилля на бурові штанги.

Штанги послідовно проштовхуються через існуючий трубопровід до досягнення приймального котловану. Під час виконання робіт траєкторія руху контролюється навігаційною системою, що забезпечує точність проходження по осі старої труби.

Після виходу бурового інструменту в приймальний котлован до штанг приєднується спеціальна руйнівна головка з розширювачем, а також новий полімерний трубопровід через шарнірний вертлюг. Далі установка переводиться у режим зворотного протягування. Під час зворотного руху руйнівна головка дробить стару трубу, а її уламки ущільнюються в навколишньому ґрунті. Одночасно нова труба затягується в утворений канал.

Після завершення процесу бурові штанги демонтуються, а новий трубопровід підключається до існуючої мережі. Технологія дозволяє виконувати заміну труб діаметром до 500 мм на ділянках довжиною до 500 м незалежно від типу ґрунту.

#### **Реновація із застосуванням пневмоударних машин**

Ще одним ефективним способом відновлення мереж є використання пневмоударних машин, які також називають пневмомолотами або пневмопробійниками. Робочим елементом установки є руйнівна насадка, оснащена ріжучими кромками, ножами та розширювачами.

Принцип роботи полягає у створенні серії ударних імпульсів стисненим повітрям. Енергія ударів передається руйнівній головці, яка дробить існуючий трубопровід і відтискає його уламки в навколишній ґрунт. Одночасно за руйнівним пристроєм протягується нова полімерна труба.

Перед початком робіт особливу увагу приділяють точному центруванню установки відносно осі трубопроводу, а також облаштуванню надійного сталевому упору, який сприймає реактивні навантаження від роботи обладнання.

Технологія дає змогу реконструювати трубопроводи діаметром до 2000 мм із продуктивністю до 260 м за одну добу, що робить її однією з найефективніших серед методів безтраншейної заміни мереж.

### **Санація методом гідропроколу**

Метод гідропроколу базується на використанні спеціального наконечника, закріпленого на новій трубі, яка поступово проштовхується крізь старий трубопровід за допомогою гідравлічного обладнання.

У процесі руху наконечник руйнує стінки існуючої труби та одночасно формує канал для прокладання нового трубопроводу. Контроль за переміщенням робочого органа здійснюється оператором за допомогою спеціальних локаторів і систем позиціонування.

Технологія найбільш ефективна для реконструкції мереж діаметром до 600 мм на відносно коротких ділянках довжиною до 60 м. Простота обладнання та висока точність виконання робіт забезпечують її широке застосування під час відновлення локальних відрізків трубопроводів.

### **Переваги методів реновації**

Технології санації з руйнуванням існуючого трубопроводу мають низку суттєвих переваг:

- відсутність необхідності виконання попередньої телеінспекції та очищення старої труби;
- висока швидкість проведення ремонтно-відновлювальних робіт;

- можливість збільшення внутрішнього діаметра та пропускної здатності мережі;
- ефективність навіть при значному ступені руйнування існуючого трубопроводу;
- можливість застосування в складних інженерно-геологічних умовах;
- виконання робіт на значних глибинах залягання;
- придатність для використання в умовах щільної міської забудови;
- незалежність від сезонних та кліматичних факторів.

### **Недоліки методів реновації**

Поряд із перевагами існують і певні обмеження:

1. Під час виконання робіт необхідно враховувати розташування суміжних підземних комунікацій, оскільки значні зусилля руйнування можуть спричинити їх пошкодження.
2. Використання спеціалізованого обладнання потребує значних фінансових витрат, хоча вони компенсуються високою продуктивністю та скороченням термінів виконання робіт.

Санація трубопроводів систем водовідведення є сучасним та ефективним способом відновлення зношених інженерних мереж без виконання масштабних земляних робіт. Порівняно з традиційними траншейними методами вона дозволяє уникнути руйнування дорожнього покриття, обмеження руху транспорту та значних незручностей для населення. Крім того, роботи можуть виконуватися практично за будь-яких погодних умов, у тому числі в зимовий період.

Застосування сучасних полімерних матеріалів забезпечує високу стійкість відновлених трубопроводів до корозії, абразивного зношування та впливу агресивних середовищ. Нові трубні конструкції мають покращені гідравлічні характеристики завдяки гладкій внутрішній поверхні, що сприяє підвищенню пропускної здатності мережі та зменшенню експлуатаційних витрат.

Економічна ефективність санації обумовлена скороченням обсягів земляних робіт, мінімальним залученням будівельної техніки, відсутністю необхідності відновлення благоустрою територій після завершення робіт та можливістю використання існуючої траси трубопроводу. Водночас значно знижуються ризики пошкодження інших підземних інженерних комунікацій.

Важливою перевагою безтраншейних технологій є також їхня екологічна безпечність. Мінімальне втручання в навколишнє середовище дозволяє зменшити негативний вплив на ґрунти, зелені насадження та міську інфраструктуру.

Отже, застосування сучасних методів санації є одним із найбільш перспективних напрямків реконструкції систем водовідведення. Використання безтраншейних технологій забезпечує підвищення надійності та довговічності трубопровідних мереж, зниження витрат на їх експлуатацію та створення умов для стабільного функціонування міської каналізаційної інфраструктури впродовж тривалого часу [20-23].

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **Вступ**

Розділ бакалаврської роботи «Охорона праці» спрямований на виявлення потенційних виробничих небезпек і шкідливих факторів виробничого середовища, а також на розроблення комплексу заходів для їх усунення або мінімізації. Основним завданням є запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням працівників, виникненню пожеж та інших аварійних ситуацій.

Предметом дослідження в галузі охорони праці є людина під час виконання трудових обов'язків, умови виробничого середовища, а також її взаємодія з технологічними процесами та виробничим обладнанням.

Передбачені проєктом заходи повинні гарантувати безпечне виконання будівельно-монтажних робіт і створювати належні умови для подальшої безпечної експлуатації запроектованих споруд та інженерних систем [24, 25].

### **4.1 Санітарно-гігієнічні умови праці**

#### **4.1.1 Розрахунок потреби у тимчасових побутових приміщеннях**

Одним із важливих завдань виробничої санітарії на будівельному майданчику є створення належних санітарно-побутових умов для персоналу. З цією метою проєктом передбачається встановлення тимчасових побутових споруд.

Визначення необхідної кількості та площі таких приміщень виконується відповідно до вимог «Інструкції з проєктування побутових приміщень» [25].

Результати проведених розрахунків наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Визначення потреби у тимчасових побутових приміщеннях

№ з/п	Назва приміщення	Кількість працівників, осіб	Норма на 1 особу, м <sup>2</sup>	Потрібна площа, м <sup>2</sup>
1	Душові	Ч: 58	0,54	12
		Ж: 15	0,54	5
2	Гардеробні	Ч: 58	0,7	45
		Ж: 15	0,7	19
3	Санітарні вузли	Ч: 58	0,1	5,2
		Ж: 15	0,1	3,6
4	Приміщення для приймання їжі	73	1,0	21
5	Приміщення для сушіння та очищення спецвзуття	73	0,2	14,6
6	Приміщення для обігріву та захисту від несприятливих погодних умов	73	0,7	49,8
7	Кімната відпочинку працівників	73	0,7	49,8

Сумарна площа всіх тимчасових побутових приміщень становить 208 м<sup>2</sup>.

Для розміщення побутових приміщень передбачено використання інвентарних вагончиків розміром 2,5×6 м. Необхідна їх кількість визначається за формулою:

$$n = 245 / 15 = 15,8. \quad (4.1)$$

Отриманий результат округлюється до цілого значення в більшу сторону, тому на будівельному майданчику встановлюється 16 вагончиків. При їх

розташуванні відстань до під'їзних шляхів повинна бути не меншою ніж 2 м, а проміжок між окремими вагончиками — не менше 1 м.

#### 4.1.2 Розрахунок освітлення будівельного майданчика

Розрахунок системи штучного освітлення будівельного майданчика виконано методом світлового потоку відповідно до вимог ДСТУ Б А.3.2-15:2011 та ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Для забезпечення нормативної освітленості території прийнято прожектори заливного світла типу ПЗС-45, обладнані лампами потужністю 1000 Вт, які працюють від мережі напругою 220 В.

Кількість прожекторів  $n$  визначається за формулою:

$$n = \frac{m \cdot E_n \cdot k \cdot S}{I_{св} \cdot h \cdot Z}, \quad (4.2)$$

де  $m$  — коефіцієнт, що враховує світлотехнічні характеристики джерела світла і визначається залежністю:

$$m = \frac{1}{u \cdot z \cdot h}, \quad (4.3)$$

де:

$u$  — коефіцієнт використання світлового потоку ( $u = 0,8$ );

$h$  — коефіцієнт корисної дії освітлювальної установки ( $h = 0,35-0,38$ );

$z$  — коефіцієнт нерівномірності освітлення ( $z = 0,75$ );

$E_n$  — нормативна освітленість території ( $E_n = 50$  лк);

$k$  — коефіцієнт запасу ( $k = 1,5$ );

$I_{св}$  — світловий потік однієї лампи ( $I_{св} = 18\,200$  лм);

$S$  — площа будівельного майданчика ( $S = 686$  м<sup>2</sup>);

$Z$  — коефіцієнт, що враховує характер розподілу світлового потоку в просторі ( $Z = 0,75$ ).

Після підстановки вихідних даних у формулу отримуємо:

$$n = \frac{50 \cdot 1,5 \cdot 686}{18200 \cdot 0,38 \cdot 0,75} \approx 12.$$

Отже, для створення необхідного рівня освітлення території потрібно встановити 12 прожекторів типу ПЗС-45.

Монтаж прожекторів передбачається на спеціальних освітлювальних мачтах. Висота їх встановлення визначається за формулою:

$$h = \sqrt{\frac{I_{св}}{300}} = \sqrt{\frac{18200}{300}} = 6,1, \quad (4.4)$$

де  $I_{св}$  — світловий потік джерела світла, лм.

#### **4.1.3 Тимчасове водопостачання для господарсько-побутових і протипожежних потреб**

У проєкті бакалаврської роботи передбачено забезпечення будівельного майданчика питною водою. Для цього запроєктовано тимчасову водопровідну мережу діаметром 100 мм, яка одночасно забезпечує потреби працівників та подачу води для пожежогасіння.

Пожежні гідранти встановлюються на відстані 2,5 м від краю проїжджої частини, при цьому відстань між сусідніми гідрантами не повинна перевищувати 100 м.

До тимчасової мережі водопостачання підключаються умивальники, душові кабінки, санітарно-побутові приміщення та приміщення для приймання їжі.

#### **4.1.4 Заходи зі зменшення впливу шуму та вібрації**

Вібрація є одним із характерних факторів, що супроводжують виконання будівельних робіт та експлуатацію виробничого обладнання. Вона негативно впливає на фізичний стан працівників, тому одним із завдань виробничої санітарії є розроблення та впровадження заходів щодо зниження її шкідливої дії.

Локальна вібрація впливає не тільки на частини тіла, які безпосередньо контактують із джерелом коливань, а й через нервову систему може позначатися на функціонуванні всього організму.

Результати медичних досліджень свідчать, що тривалий вплив виробничої вібрації призводить до зниження працездатності. На початкових етапах можуть спостерігатися швидка втомлюваність, головний біль, дискомфорт у суглобах та больові відчуття в пальцях рук.

Згідно з вимогами санітарних норм, тривалість роботи з вібраційним інструментом не повинна перевищувати двох третин тривалості робочої зміни, а режим праці має передбачати регламентовані перерви. Заходи щодо боротьби з вібрацією необхідно враховувати ще на стадії проектування об'єкта.

До комплексу санітарно-гігієнічних заходів належать забезпечення працівників засобами індивідуального захисту від вібрації, контроль правильності їх використання, а також проведення періодичних медичних оглядів з метою виявлення осіб, яким протипоказана робота в умовах підвищеної вібрації.

Для зниження рівня локальної вібрації під час роботи з ручними механізованими інструментами застосовуються спеціальні рукавиці з амортизуючими вставками з пористих матеріалів товщиною близько 12 мм.

Зменшенню загальної вібрації сприяє використання спеціального захисного взуття з амортизувальними елементами в підошві, хоча таке взуття може бути менш комфортним при тривалому використанні.

Поряд із вібрацією суттєвим шкідливим фактором виробничого середовища є шум. Якщо його рівень перевищує допустиме значення 75 дБ, він негативно впливає на здоров'я працівників. Основними джерелами шуму є удари деталей, тертя рухомих механізмів та супутні вібраційні процеси.

Підвищений шум негативно позначається на роботі слухового апарату, нервової системи та загальному самопочутті працівників. Для зменшення його впливу необхідно застосовувати звукоізоляційні заходи, раціонально організовувати режими праці та відпочинку, а також використовувати засоби індивідуального захисту органів слуху.

## **4.2 Організація безпечної праці**

### **4.2.1 Безпечні методи виконання будівельно-монтажних робіт**

Керівництво будівельного майданчика повинно забезпечити створення безпечних і нешкідливих умов праці для всіх працівників. Виконання

будівельно-монтажних робіт має здійснюватися відповідно до вимог чинних нормативно-правових актів з охорони праці [26], інструкцій щодо організації робіт в умовах вуличного руху та спеціалізованих правил безпеки для окремих видів робіт.

Не допускається залучення працівників до виконання виробничих завдань без проходження вступного та первинного інструктажів з охорони праці. Робочі зони повинні бути огорожені, захищені від доступу сторонніх осіб та обладнані попереджувальними знаками й інформаційними написами, які мають бути добре помітними у будь-який час доби.

Працівники повинні бути забезпечені спеціальним одягом, захисним взуттям та необхідними засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт.

Розміщення будівель, тимчасових споруд, складів, інженерних мереж, транспортних шляхів та будівельних машин повинно відповідати рішенням, передбаченим проєктною документацією.

Проєкт виконання робіт (ППР) має враховувати застосування сучасних технологій і високопродуктивного обладнання, забезпечувати належний рівень організації праці та створювати умови для зниження виробничого травматизму. У його складі повинні бути передбачені заходи щодо безпечного виконання робіт на висоті, організації освітлення території, огороження небезпечних зон та запобігання ураженню електричним струмом.

Під час виконання робіт необхідно враховувати наявність постійних і тимчасових небезпечних зон, які можуть виникати залежно від специфіки технологічного процесу.

#### **4.2.2 Розрахунок небезпечних зон при виконанні земляних робіт**

Під час будівництва насосної станції передбачається виконання таких видів земляних робіт:

- зняття рослинного шару ґрунту бульдозером;
- розробка котловану екскаватором-драглайном;

– планування дна котловану та виконання зворотної засипки бульдозером.

У випадку проходження підземних інженерних комунікацій у межах робочої зони проведення земляних робіт допускається лише після отримання письмового погодження від організацій, які експлуатують відповідні мережі.

Розроблення котловану виконується з відкосами у співвідношенні 1:0,75. Ґрунт належить до II категорії складності, а кут нахилу відкосу становить 60°.

До роботи на землерийних машинах допускаються тільки працівники, які пройшли спеціальне навчання та перевірку знань.

Екскаватор має бути оснащений звуковим сигнальним пристроєм і встановлюватися на рівному та стійкому майданчику з надійними упорами, що виключають його самовільне зміщення.

Завантаження ґрунту в кузови самоскидів дозволяється здійснювати лише з бокової або задньої сторони транспортного засобу. Перебування людей між екскаватором і автомобілем під час завантаження не допускається. Також забороняється знаходження працівників у зоні роботи землерийної техніки під час її функціонування.

Відстань від бровки котловану до осі руху машин визначається за формулою:

$$L_1 = 0,5 + \frac{B}{2} = 0,5 + \frac{3,1}{2} = 2,05$$

де  $B$  — ширина машини, що дорівнює 3,1 м.

Безпечна відстань визначається залежністю:

$$L = L_1 + H \left( \frac{1}{\operatorname{tg}\phi_1} - \frac{1}{\operatorname{tg}\phi_2} \right),$$

де  $\phi_1 = 25^\circ$  — кут природного укосу ґрунту;

$\phi_2 = 60^\circ$  — кут нахилу відкосу;

$H = 6$  м — глибина котловану.

Після підстановки числових значень отримаємо:

$$L = 2,05 + 6 \left( \frac{1}{0,46} - \frac{1}{1,7} \right) = 11\text{м.}$$

Отже, мінімальна ширина небезпечної зони, в межах якої забороняється рух будівельної техніки, становить 11 м від бровки котловану.

#### 4.2.3 Розрахунок вантажозахватних стропів

Однією з важливих умов безпечного виконання монтажних робіт є правильний підбір вантажозахватних пристроїв та такелажного оснащення, які використовуються для піднімання, переміщення та встановлення будівельних конструкцій.

Міцність стропів визначається за формулою:

$$S = \frac{Q}{n \cdot \cos \alpha \cdot k_1},$$

де  $Q = 6$  т — маса найважчого елемента;

$n = 4$  — кількість гілок стропа;

$\alpha = 45^\circ$  — кут нахилу стропа до вертикалі;

$k_1 = 0,45$  — коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження.

Після виконання розрахунку:

$$S = \frac{6}{4 \cdot 0,7 \cdot 0,45} = 4,76 \text{ т}$$

Необхідне розривне зусилля визначається за формулою:

$$S_p = k \cdot S = 4,76 \cdot 4,5 = 21,42 \text{ т.}$$

де  $k = 4,5$  — коефіцієнт запасу міцності.

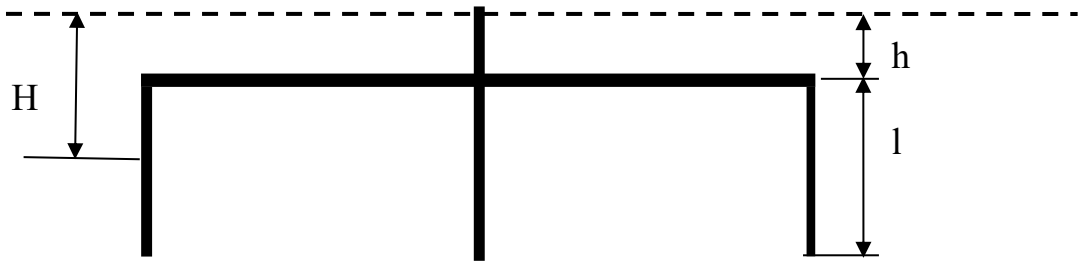
Небезпечна зона роботи вантажопідіймального крана повинна бути огорожена та позначена відповідними попереджувальними знаками.

Маса вантажу разом із тарою та вантажозахватними пристроями не повинна перевищувати допустиму вантажопідйомність крана для відповідного вильоту стріли.

#### 4.2.4 Розрахунок заземлення

Електропостачання будівельного майданчика здійснюється від міської електричної мережі. Подача електроенергії виконується трипровідною повітряною лінією, прокладеною на опорах висотою 4,5 м.

Контур захисного заземлення передбачено виконати зі сталевих труб діаметром 50 мм та довжиною 3 м.



Глибина розташування заземлювача визначається за формулою:

$$H = h + \frac{l}{2},$$

де  $h = 0,8$  м — глибина занурення труби;

$l = 3$  м — довжина заземлювача.

Після розрахунку:

$$H = 0,8 + 3/2 = 2,3 \text{ м.}$$

Для заземлювальної смуги приймається ширина 40–50 мм та товщина 4–7 мм.

Опір одного трубчастого заземлювача визначається за відповідною розрахунковою залежністю і становить:

$$R_{mp} = 0,366 \frac{7000}{300} \left( \ln \frac{2 \cdot 300}{0,05} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 230 + 300}{4 \cdot 230 - 300} \right) = 19 \text{ Ом.}$$

Кількість необхідних заземлювачів визначається за формулою:

$$n = \frac{R_{mp} \cdot K_c}{R_z \cdot \eta_{mp}}$$

де  $K_c = 1,8$  — коефіцієнт сезонності;

$R_z = 4$  Ом — нормативний опір заземлення;

$\eta_{mp} = 0,85$  — коефіцієнт використання заземлювача.

Після підстановки значень:

$$n = (19 \cdot 1,8) / (4 \cdot 0,85) = 4,4.$$

Таким чином, для забезпечення нормативного значення опору заземлення необхідно встановити не менше п'яти трубчастих заземлювачів.

Опір з'єднувальної заземлювальної смуги за результатами розрахунку становить:

$$R_{\text{смуги}} = 0,366 \frac{\rho}{l_{\text{пол}}} \ln \frac{2l_{\text{пол}}^2}{h \cdot b \cdot \eta_{\text{смуги}}},$$

$$R_{\text{смуги}} = 0,366 \frac{7000}{12} \ln \frac{2 \cdot 12_{\text{пол}}^2}{0,8 \cdot 6 \cdot 0,5} = 4,2 \text{ Ом.}$$

Фактичний опір усієї системи заземлення визначається за формулою:

$$R_3 = \frac{R_{\text{тр}} R_{\text{смуги}}}{R_{\text{тр}} + R_{\text{смуги}}} = \frac{4,2 \cdot 4}{4,2 + 4} = 3,95 \leq 4 \text{ Ом.}$$

Оскільки отримане значення не перевищує нормативний показник 4 Ом, запроєктована система заземлення відповідає вимогам електробезпеки та може бути прийнята до експлуатації.

### 4.3 Забезпечення пожежної безпеки

#### 4.3.1 Визначення категорії вибухопожежної небезпеки виробництва

Відповідно до вимог ДБН А.3.2.-2-2009 та ДСТУ Б В.1.1-36:2016, під час розроблення генерального плану будівництва необхідно враховувати не лише забезпечення безпечних умов праці, а й дотримання санітарно-гігієнічних та протипожежних вимог. Особлива увага приділяється витримуванню нормативних відстаней між виробничими, допоміжними та житловими будівлями, а також раціональному розміщенню споруд залежно від їх функціонального призначення [26].

Розташування об'єктів на території повинно здійснюватися з урахуванням переважаючих напрямків вітру. Будівлі та споруди, які належать до категорії підвищеної пожежної або вибухопожежної небезпеки, доцільно розміщувати з підвітряного боку відносно інших об'єктів.

Для забезпечення безперешкодного доступу пожежно-рятувальної техніки на території будівництва передбачаються необхідні проїзди та мережі водопостачання, які повинні бути введені в експлуатацію до початку основних будівельно-монтажних робіт.

На будівельному майданчику запроектовані склади для зберігання арматури та залізобетонних виробів, які відповідно до нормативних вимог належать до об'єктів III ступеня вогнестійкості.

#### **4.3.2 Визначення ступеня вогнестійкості об'єкта**

Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2002, вогнестійкість будівлі характеризує здатність її конструктивних елементів зберігати несучу здатність і функціональне призначення в умовах впливу високих температур під час пожежі. Ступінь вогнестійкості визначається з урахуванням функціонального призначення споруди, категорії пожежної небезпеки, поверховості, об'ємно-планувальних характеристик та наявності систем протипожежного захисту.

Запроектована насосна станція належить до об'єктів II ступеня вогнестійкості та відноситься до категорії В за вибухопожежною небезпекою.

Розрахункові витрати води на ліквідацію однієї пожежі прийняті в розмірі 7 л/с. Для забезпечення оперативного пожежогасіння будівля обладнується внутрішнім протипожежним водопроводом із пожежними кранами, встановленими у доступних і добре помітних місцях, зокрема біля входів та в коридорах.

#### **4.3.3 Протипожежні заходи на будівельному майданчику**

Для забезпечення належного рівня пожежної безпеки будівельний майданчик обладнано під'їзними шляхами для пожежної техніки та пожежними гідрантами, які встановлюються на тимчасовому водопроводі через кожні 100 м на відстані 2,5 м від краю дороги.

Електропостачання об'єкта здійснюється за допомогою ізольованих проводів, прокладених на опорах. Висота їх розміщення повинна становити не менше 12,5 м над зонами виконання робіт, 3,5 м над пішохідними проходами та 6 м над транспортними проїздами. У випадках, коли проводка проходить на висоті менше 2,5 м, вона повинна бути захищена металевими трубами або коробами.

Відповідальність за дотримання вимог пожежної безпеки на будівельному майданчику покладається на керівника будівництва. Для своєчасного виклику пожежно-рятувальних підрозділів передбачено наявність постійного телефонного зв'язку з аварійними службами.

Діаметр тимчасового пожежного водопроводу прийнято рівним 100 мм. Для працівників, які палять, облаштовується окреме спеціально відведене місце, оснащене навісом, лавкою та ємністю для недопалків.

Розташування пожежних гідрантів і кранів відображається на будівельному генеральному плані. Увесь пожежний інвентар фарбується в червоний колір та розміщується на пожежних щитах у легкодоступних місцях території будівництва.

#### **4.3.4 Типи та кількість вогнегасників**

На території будівельного майданчика передбачено спеціальний майданчик для розміщення засобів пожежогасіння та пожежного інвентарю.

Як основні первинні засоби пожежогасіння прийнято вогнегасники типу ОХП-10, які використовуються для ліквідації загорянь твердих і рідких горючих матеріалів. Вогнегасною речовиною є хімічна піна або спеціальний хімічний розчин.

У приміщенні прорабської встановлюються два вогнегасники ОХП-10, а також пожежний щит, укомплектований необхідним інвентарем для локалізації та ліквідації осередків займання.

### **Висновки**

1. Розроблено розділ «Охорона праці», у якому виконано аналіз потенційних виробничих небезпек і шкідливих факторів виробничого середовища,

2. Запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням, пожежам та аварійним ситуаціям.

## ВИСНОВКИ

1. У ході виконання бакалаврської роботи проведено гідравлічний розрахунок виробничо-побутової каналізаційної мережі. За результатами розрахунків побудовано поздовжні профілі головного та бокового колекторів, призначених для відведення стічних вод до очисних споруд.
2. Виконано гідравлічний розрахунок мережі дощової каналізації та розроблено її поздовжній профіль, що дозволяє оцінити умови транспортування поверхневого стоку.
3. Розглянуто процедуру приймання змонтованих мереж водовідведення в експлуатацію. Визначено основні показники та критерії оцінки технічної готовності систем до подальшої роботи.
4. Проведено аналіз сучасних методів санації трубопроводів каналізаційних мереж. Встановлено, що застосування безтраншейних технологій дає можливість обирати найбільш ефективний спосіб ремонту залежно від технічного стану мережі та умов її експлуатації.
5. Розроблено розділ «Охорона праці», у якому виконано аналіз потенційних виробничих небезпек і шкідливих факторів виробничого середовища, а також запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням, пожежам та аварійним ситуаціям.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Екологічний паспорт Сумської області [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/Sumskaobl\\_2021.pdf](https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/Sumskaobl_2021.pdf) (дата звернення 03.06.2025). – Назва з екрана.
2. Географія Сумської області: особливості природи, соціальноекономічного розвитку та раціонального природокористування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://pgf.sspu.edu.ua/images/2021/11/30/monografiya\\_sum\\_obl\\_2021\\_1f89e.pdf](https://pgf.sspu.edu.ua/images/2021/11/30/monografiya_sum_obl_2021_1f89e.pdf) (дата звернення 04.06.2025). – Назва з екрана.
3. Обухов Є.В. Показники забезпеченості населення України водними ресурсами на початку 2019 року / Є.В Обухов // Гідроенергетика України: – № 1-2. – 2019. С. 31–35.
4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/12/Sum2021-zi-zminamy.pdf> (дата звернення 04.06.2025). – Назва з екрана.
5. Обухов Є.В. Сучасні показники забезпечення населення України водними ресурсами / Обухов Є.В // Український гідрометеорологічний журнал, 2011: – № 8. – С. 176–181.
6. Яцик А.В. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління / А.В. Яцик, Ю.М. Грищенко, Л.А. Волкова: підручник для студентів вищих навч. закладів. – Київ: Генеза, 2007. – 360 с.
7. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5 – 74:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 287 с..
8. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5 – 75:2013 / Міністерство регіонального розвитку,

- будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 210 с.
9. ВСН 63-76. Інструкція з розрахунку зливого стоку води з малих басейнів. – [Чинний від 1976–12–01]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2007. – 47 с. – (Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи).
  10. ДСТУ Б В.2.5-32:2007 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Труби безнапірні з поліпропілену, поліетилену, непластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для зовнішніх мереж каналізації будинків і споруд та кабельної каналізації. Технічні умови – [Чинний від 2008–01–01] – Київ: Державне підприємство «Центр-СЕПРОтепломережа», 2007. – 50 с.
  11. ДСТУ Б В.2.7-151:2008 Будівельні матеріали. Труби поліетиленові для подачі холодної води. Технічні умови (EN 12201-2:2003, MOD) – [Чинний від 2009–06–01] – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 50 с.
  12. Посібник з проектування і будівництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://elplast.com.ua/download/pos\\_vodovidved\\_ukr.pdf](https://elplast.com.ua/download/pos_vodovidved_ukr.pdf). (дата звернення 08.06.2025). – Назва з екрана.
  13. Насосы Flygt 3153, 3171, 3202 и 3301 серии N - SU GROUP. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.sugroup.com.ua/files/Flygt\\_Broshuri\\_Ru/2168940.pdf](http://www.sugroup.com.ua/files/Flygt_Broshuri_Ru/2168940.pdf) (дата звернення 09.06.2025). – Назва з екрана.
  14. Офіційний портал Верховної Ради України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua>. Інструкція обліку та класифікації аварій на міських водопровідних та каналізаційних системах. КДІ 204-12, Укр. 213-92: Держжитлокомунгосп України; Наказ, Інструкція від 16.12.1992 № 71. (дата звернення 06.04.2025). – Назва з екрана.
  15. Про затвердження Правил технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України: Наказ Державного комітету

- України по житлово-комунальному господарству від 5 липня 1995 року N 30 // Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 липня 1995 р. за N 231/767.
- 16.НПАОП 41.0-1.01-79. Правила техніки безпеки при експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених місць. [Чинний від 1977–10–04]. – М: Мінжитлокомунгосп РРФСР, 1979. – 136 с. – (Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи).
- 17.Душкін С.С. Надійність водопроводно-каналізаційних систем: конспект лекцій / Душкін С.С., Дегтяр М.В. – Харків, ХНУМГ вид. О.М. Бекетова, 2015,-115 с.
18. Орлов В.О. Обладнання та експлуатація систем водопостачання і водовідведення: навч. посібник. В.О. Орлов, Л.Л. Литвиненко, О.М. Квартенко. – Рівне: НУВГП, 2011. – 288 с.
- 19.Алейнікова А.І. Розрахунок ефективності впровадження моніторингу стійкого функціонування комплексу каналізаційних мереж і споруд. / А.І. Алейнікова, Б.С. Сорокін, В.Ю. Сорокіна // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2021. - Том 105, №3. - С.51-58.
- 20.Епоян С.М. Технологія безтраншейної реновації трубопроводів водовідведення методом спіральної навивки / С.М. Епоян, В.Ю. Сорокіна, О.Г. Ісакієва, О.Г. Гайдучок // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2021. – Том 104, № 2 – С.278-283.
- 21.Положення про проведення планово-попереджувальних ремонтів на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства України / Державний комітет України по житлово-комунальному господарству– Київ, 1997.–67с.
- 22.Гіроль М.,Охримюк Б., Собчак Г., Лагуд Г. Системи водовідведення: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2011. - 444с.
- 23.Інтернет ресурс: Українські санаційні технології. [Електронний ресурс]. – Режим  
доступу:

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.ust.org.ua/&ved=2ahUKEwjVovS-rLX-AhUaHewKHdDJC8w4ChAWegQIBBAB&usg=AOvVaw2HtEW7Ql8xg896qbasomFR>

24. Закон України про охорону праці. Офіц. видання. – Київ.: 2025.
25. Державні нормативні акти з охорони праці. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dnop.com.ua>. (дата звернення 04.05.2025). – Назва з екрана.
26. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення: ДБН А.3.2.-2-2009 / Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ). – Київ, 2012. – 250 с.