

**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
ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ»**

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

освітня програма «Цивільна інженерія»







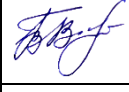
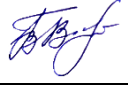


Подоляк М.О.

Керівник доц. Лукашенко С.В.

Рецензент доц. Тітов А.А.

Харків - 2026 року

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



(підпис)

Подольак М.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



(підпис)

Лукашенко С.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ:

| | стор. |
|--|-------|
| ВСТУП | 5 |
| 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ | 6 |
| 1.1 Кліматичні умови та природні особливості Херсонської області | 6 |
| 1.2 Водні ресурси та їх використання | 7 |
| 1.3 Екологічний стан поверхневих вод у Херсонській області. Каналізування міст та очистка стічних вод | 9 |
| 1.4 Обґрунтування проектних рішень | 11 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 13 |
| 2.1 Виробничо-побутова мережа водовідведення міста | 13 |
| 2.2 Дощова каналізаційна мережа | 23 |
| 2.3 Каналізаційна насосна станція | 30 |
| 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ | 40 |
| 3.1 Підвищення надійності та довговічності роботи мереж водовідведення за рахунок санації | 40 |
| 3.2 Організація роботи та експлуатація систем водовідведення. Аналіз умов функціонування водопровідно-каналізаційних систем | 55 |
| 3.3 Зниження надійності каналізаційних мереж внаслідок корозії трубопроводів. Основні закономірності корозійного руйнування бетонних і залізобетонних самопливних колекторів | 63 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ | 78 |
| 4.1 Виробнича санітарія | 78 |
| 4.2 Техніка безпеки | 83 |
| 4.3 Пожежна безпека | 88 |
| ВИСНОВКИ | 91 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 92 |

ВСТУП

Обсяг пояснювальної записки – 95 сторінок, 9 таблиць, 10 рисунків, 27 літературних джерел.

ВОДОВІДВІДНА МЕРЕЖА, СИСТЕМА ВОДОВІДВЕДЕННЯ, ГОСПОДАРСЬКО-ПОБУТОВІ ТА ВИРОБНИЧІ СТОКИ, ГОЛОВНА КАНАЛІЗАЦІЙНА НАСОСНА СТАНЦІЯ

Метою цієї кваліфікаційної роботи є розроблення комплексу інженерних споруд, призначених для збору та транспортування стічних вод, які утворюються на території населеного пункту. У межах роботи розглядається актуальне питання організації системи водовідведення господарсько-побутових і виробничих стічних вод для одного з населених пунктів Херсонської області відповідно до вимог чинних нормативних документів. Виконано гідравлічні розрахунки каналізаційної мережі та визначено основні параметри насосної станції.

Впровадження розробленого проєкту водовідведення сприятиме підвищенню рівня забезпеченості населених пунктів України централізованими каналізаційними системами, а також позитивно вплине на стан навколишнього середовища та якість життя населення.

Система водовідведення являє собою комплекс інженерних споруд, технічних засобів і санітарно-гігієнічних заходів, призначених для організованого відведення стічних вод із житлових кварталів, громадських і виробничих територій, їх транспортування до місць оброблення, а також подальшого очищення, знезараження та безпечного скидання або утилізації.

Під час будівництва нових житлових, громадських, виробничих і культурно-побутових об'єктів, а також при реконструкції чи модернізації існуючих споруд, необхідно передбачати комплексне проєктування систем водовідведення, що охоплює виконання інженерних розрахунків та прийняття обґрунтованих технічних рішень.

Для недопущення негативного впливу стічних вод на довкілля та водні об'єкти, які можуть зазнавати забруднення внаслідок діяльності населених пунктів і промислових підприємств, необхідно комплексно вирішувати завдання їх збирання, транспортування та очищення. Проєктування відповідних споруд повинно базуватися на достовірних інженерних розрахунках, сучасних наукових підходах і вимогах нормативної документації.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Кліматичні умови та природні особливості Херсонської області

Херсонська область розташована в межах Причорноморської низовини, у басейні нижньої течії річки Дніпро. Її територія омивається водами Чорного та Азовського морів, Сиваша і Каховського водосховища. Найбільшими водотоками регіону є Дніпро, протяжність якого в межах області становить 178 км, та Інгулець довжиною 180 км. Крім того, на території області налічується 24 малі річки загальною довжиною понад 547 км. Кількість озер досягає 693, а площа їх водної поверхні становить близько 170,2 тис. га. Водні об'єкти займають 15,1 % площі області, що майже утричі перевищує середній показник по Україні. Значна частина території належить до безстічних районів і займає близько 9,9 тис. км², або 34,7 % площі області.

Територія області простягається із заходу на схід на 258 км, а з півночі на південь – на 180 км. Загальна площа становить 28,5 тис. км², що забезпечує їй восьме місце серед областей України за розміром території.

На сході Херсонщина межує із Запорізькою областю, на півночі – з Дніпропетровською, на північному заході – з Миколаївською областю, а на півдні через Сиваш та Перекопський перешийок – з Автономною Республікою Крим. Загальна довжина державного кордону в межах області становить 458 км, з яких 350 км проходять Чорним морем і 108 км – Азовським.

Клімат регіону характеризується як помірно континентальний. Для нього властиві відносно м'які зими із середньомісячними температурами від –1 до –3 °С та тривале спекотне літо із середніми температурами +22...+23 °С і максимальними значеннями понад +40 °С. Середньорічна температура повітря становить 9,3–9,8 °С і демонструє тенденцію до поступового зростання.

Середня багаторічна кількість атмосферних опадів складає приблизно 400 мм на рік, хоча останніми роками спостерігається їх збільшення. Найбільша кількість опадів випадає в північно-західній частині області (450–470 мм), а найменша – у південних районах (близько 300 мм). Незважаючи на це,

Херсонська область залишається одним із найпосушливіших регіонів України. Основна частина опадів припадає на літній період і має характер злив. Сніговий покрив узимку є нестійким та зберігається нетривалий час, а в прибережних районах – близько двох тижнів. Внаслідок кліматичних змін останніх років сніговий покрив часто взагалі не утворюється.

Однією з характерних особливостей клімату є суховії – сильні вітри зі швидкістю понад 5 м/с, які супроводжуються низькою відносною вологістю повітря (менше 30 %) та високими температурами понад 25 °С. Такі погодні явища негативно впливають на розвиток і врожайність сільськогосподарських культур.

1.2 Водні ресурси та їх використання

Основним джерелом прісної води в Україні є річка Дніпро. Водність цієї річки, як і інших великих водотоків країни, значною мірою залежить від стану її приток, серед яких особливу роль відіграють малі річки, кількість яких в Україні перевищує 63 тисячі.

Важливе значення для водопостачання населення мають також підземні води. Близько 70 % жителів сільської місцевості та селищ міського типу забезпечують свої потреби в питній воді за рахунок ґрунтових вод або водоносних горизонтів, що експлуатуються через свердловини. Загалом якість підземних вод вища, ніж поверхневих, проте в окремих районах вони зазнають негативного впливу промислових та сільськогосподарських стоків.

Забезпечення населення Херсонської області питною водою здійснюється через систему водозабірних споруд і водопровідних мереж, значна частина яких перебуває у зношеному стані. Через технічні втрати під час транспортування втрачається до 40 % добутої води, а також спостерігаються процеси засолення водоносних горизонтів. Після реорганізації сільськогосподарських підприємств близько 800 свердловин залишилися без належного обслуговування.

Більшість сільських водозаборів функціонує на базі родовищ підземних вод із незатвердженими запасами, що потребує проведення додаткових

геологорозвідувальних робіт. Реалізація таких заходів вимагає значних фінансових ресурсів.

У ряді населених пунктів області населення забезпечується привізною водою. Постійно такою водою користуються понад 5,6 тис. осіб у 16 населених пунктах, а ще майже 2 тис. жителів восьми населених пунктів отримують її за потреби.

У місті Херсоні близько третини свердловин подають воду, показники якої не відповідають нормативам за вмістом хлоридів, сульфатів, сухого залишку та загальної жорсткості. Для покращення якості води застосовується змішування вод із різних джерел, що дозволяє забезпечити відповідність показників вимогам у розподільній мережі.

Результати досліджень якості води річки Дніпро свідчать про те, що концентрації основних хімічних показників, зокрема хлоридів і сульфатів, залишаються значно нижчими за гранично допустимі значення для рибогосподарських водойм. Загальний вміст розчинених солей також відповідає багаторічним середнім показникам.

За результатами гідробіологічних досліджень встановлено, що окремі ділянки нижнього Дніпра, зокрема від Нова Каховки до Херсона та рукав Конка, характеризуються відносно сприятливим екологічним станом. Якість води тут оцінюється як задовільна з тенденцією до покращення. Аналіз зоопланктону також підтверджує позитивні зміни екологічного стану водних об'єктів.

Водночас окремі водотоки залишаються значно забрудненими. Найгірші показники зафіксовано в річці Вірьовчина, а також у гирловій частині річки Інгулець та рукаві Кошова. За мікробіологічними характеристиками вода в цих районах відноситься до категорії брудних і навіть дуже брудних вод.

Погіршення якості питної води в місті Херсоні протягом останніх десятиліть значною мірою пов'язане з тривалою експлуатацією артезіанських свердловин понад нормативний термін їх служби, що призвело до порушення природного режиму підземних вод.

Перспективне вирішення проблеми забезпечення населення Херсона якісною питною водою пов'язується з освоєнням нових джерел водопостачання, зокрема шляхом використання водозаборів, розташованих на лівобережній частині області.

1.3 Екологічний стан поверхневих вод Херсонської області. Каналізування населених пунктів та очищення стічних вод

Водна мережа Херсонської області представлена насамперед річкою Дніпро, довжина якої в межах регіону становить близько 200 км, а також Каховським водосховищем і річкою Інгулець, протяжність якої сягає 180 км. Крім того, на території області розташовано 693 озера загальною площею понад 170 тис. га та 1154 ставки із сумарною площею водного дзеркала понад 12 тис. га. Загальна довжина прибережних захисних смуг водних об'єктів складає близько 3900 км.

За рівнем забезпеченості водними ресурсами Україна належить до держав із відносно низькими запасами прісної води. У розрахунку на одного мешканця цей показник значно поступається більшості європейських країн.

Суттєвою проблемою для окремих районів Херсонщини залишається недостатня забезпеченість населення якісною питною водою. У низці населених пунктів мешканці змушені користуватися привізною водою через відсутність місцевих джерел водопостачання, які б відповідали санітарним вимогам. Для покращення ситуації реалізуються проєкти будівництва групових водопроводів, зокрема Іванівського, що використовує воду Головного Каховського магістрального каналу. Подальше завершення цих проєктів дозволить значно підвищити рівень забезпечення населення якісною питною водою.

Також розроблено техніко-економічні обґрунтування будівництва Великоолександрівського та Великолепетиського групових водопроводів, реалізація яких дасть можливість забезпечити централізованим водопостачанням десятки населених пунктів області.

Води Дніпра є основним джерелом живлення великих зрошувальних систем області, серед яких Інгулецька, Краснознам'янська та Каховська. Крім того, вони забезпечують функціонування Північно-Кримського каналу. Загальна площа

земель, що зрошуються за рахунок вод Дніпра в межах області, становить близько 260 тис. га. Оскільки Дніпро є зарегульованою річкою, режими його використання визначаються спеціальними міжвідомчими рішеннями, обов'язковими для всіх водокористувачів.

На екологічний стан поверхневих вод басейну Дніпра впливають скиди очищених і недостатньо очищених стічних вод, надходження високомінералізованих шахтних вод із Криворізького басейну, а також транзитні води з інших регіонів. Щороку до водних об'єктів області скидається в середньому від 40 до 50 млн м³ стічних вод. Основними джерелами забруднення залишаються підприємства житлово-комунального господарства.

Найчастіше перевищення нормативних показників спостерігається за вмістом біогенних речовин, зокрема сполук азоту та фосфору, а також за показниками біохімічного та хімічного споживання кисню. Додатковим чинником погіршення якості води є нагінні явища, під час яких морська вода проникає вгору за течією Дніпра на значну відстань.

Протягом тривалого часу якість води в Дніпрі залишалася відносно стабільною та відповідала середньобагаторічним значенням. Зменшення антропогенного навантаження сприяло певному покращенню екологічного стану водойми. Водночас за окремими показниками, зокрема концентрацією фосфатів, спостерігалось погіршення ситуації. Високі літні температури також негативно впливають на водні екосистеми, прискорюючи процеси гниття органічних речовин, знижуючи вміст розчиненого кисню та спричиняючи загибель водних організмів.

Для захисту водних об'єктів від забруднення та виснаження законодавством передбачено створення водоохоронних зон і прибережних захисних смуг. Їх межі визначаються спеціальними проектами та закріплюються на місцевості. Значну загрозу для екологічного стану річок становить хаотична забудова прибережних територій, яка порушує природні процеси самоочищення водойм.

З метою захисту берегів Каховського водосховища від руйнування виконувалися берегоукріплювальні роботи на найбільш небезпечних ділянках.

Поряд із цим реалізуються заходи з відновлення природних джерел, очищення прибережних територій та ліквідації несанкціонованих сміттєзвалищ. Такі дії сприяють покращенню екологічного стану водних ресурсів області та їх раціональному використанню.

Очищені стічні води можуть повторно використовуватися в промисловості та сільському господарстві, зокрема для зрошення земель. У місті Херсоні очищені стоки після проходження очисних споруд відводяться через відкритий канал до річки Вільовчина. Для підвищення ефективності очищення перспективним є впровадження біоінженерних споруд доочищення, що дозволить забезпечити більш повне вилучення забруднювальних речовин.

Робота міських очисних споруд демонструє достатньо високий рівень ефективності. У процесі очищення значно зменшується концентрація завислих речовин, а також показники хімічного та біологічного споживання кисню, що свідчить про належну якість очищення стічних вод.

Для подальшого покращення забезпечення населення якісною питною водою необхідно здійснювати пошук нових водоносних горизонтів, будувати та реконструювати водозабірні споруди, модернізувати водопровідні мережі, а також впроваджувати сучасні технології доочищення води. Перспективним напрямком є використання локальних модульних станцій очищення безпосередньо у місцях споживання води. Також важливим залишається питання розвитку водопостачання з лівобережної частини області та модернізації існуючих систем експлуатації свердловин.

1.4 Обґрунтування проєктних рішень

Вибір раціональної схеми каналізування населеного пункту потребує попереднього детального аналізу рельєфу місцевості. На основі отриманих даних визначаються каналізаційні басейни, межами яких, як правило, є природні вододільні лінії. Саме вони формують структуру майбутньої системи водовідведення та визначають напрямки руху стічних вод.

У даному проєкті прийнято повну роздільну систему каналізації, за якої господарсько-побутові та виробничі стічні води відводяться окремо від дощових.

Такий підхід забезпечує більш ефективну роботу мережі та підвищує надійність функціонування очисних споруд. Обрана схема враховує особливості рельєфу території, який характеризується значною пересіченістю.

Першим етапом проєктування каналізаційної мережі є поділ території на окремі басейни каналізування відповідно до природних вододілів. Для територій із рівнинним рельєфом або одностороннім ухилом найбільш доцільним є використання самопливних мереж, що дозволяють мінімізувати витрати на перекачування стоків.

Трасування мережі залежить від комплексу природних та інженерних чинників, серед яких особливе значення мають рельєф місцевості, геологічна будова ґрунтів, рівень ґрунтових вод і місце розташування очисних споруд. Одним із найважливіших елементів системи є головний колектор, який прокладається по найнижчих ділянках території для забезпечення самопливного руху стічних вод.

Після визначення положення головного колектора здійснюється проєктування районних і вуличних колекторів. Їх прокладають таким чином, щоб забезпечити найкоротший та найбільш економічно вигідний шлях транспортування стоків до головної магістралі. При цьому перевага надається самопливному режиму роботи мережі.

За сприятливих інженерно-геологічних умов трубопроводи можуть закладатися на глибину до 7–8 м відкритим способом. Однак у випадках значного заглиблення мережі або складного рельєфу виникає необхідність у будівництві каналізаційних насосних станцій. Місця їх розташування визначаються на підставі гідравлічних розрахунків та техніко-економічного аналізу.

Таким чином, прийняття проєктних рішень повинно базуватися на всебічному врахуванні природних умов території, вимог надійності та ефективності роботи системи водовідведення, а також показників економічної доцільності її будівництва та подальшої експлуатації.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Виробничо-побутова мережа водовідведення міста

2.1.1 Схема каналізування та трасування мережі

У даному проєкті передбачено застосування неповної роздільної системи каналізації населеного пункту. За такої схеми господарсько-побутові та виробничі стічні води відводяться спільною каналізаційною мережею, тоді як атмосферні опади відводяться окремо за допомогою відкритих водовідвідних каналів і лотків.

Вибір схеми каналізування здійснюється на основі генерального плану населеного пункту з урахуванням особливостей рельєфу місцевості та необхідності максимального використання самопливного режиму транспортування стічних вод. Для даного проєкту прийнято пересічену схему каналізаційної мережі, яка найбільш повно відповідає природним умовам території.

Вуличну каналізаційну мережу запроектовано за схемою прокладання зі зниженої сторони кварталів. За такого рішення трубопроводи розташовуються вздовж проїздів з одного боку забудови, що забезпечує ефективне збирання та відведення стічних вод.

Поздовжні ухили вуличних мереж і колекторів приймаються максимально наближеними до природних ухилів місцевості. Це дозволяє забезпечити надійну роботу системи в самопливному режимі та мінімізувати витрати на перекачування стічних вод. Зібрані побутові та виробничі стоки по головному колектору самопливом надходять до головної каналізаційної насосної станції.

2.1.2 Визначення розрахункових витрат стічних вод від населення та промислових підприємств

Визначення обсягів стічних вод, які надходять до побутової каналізаційної мережі, виконується окремо для житлової забудови та промислових об'єктів. Головний колектор поділяється на окремі розрахункові ділянки, межами яких є точки приєднання бічних колекторів. Аналогічно бічні колектори розбиваються на ділянки між місцями підключення вуличних мереж.

Для кожної розрахункової ділянки визначається сумарна витрата стічних вод, яка включає попутну, транзитну, бокову та зосереджену складові. Попутна витрата формується за рахунок надходження стоків від житлової забудови, транзитна – від вище розташованих ділянок мережі, бокова – через приєднані колектори, а зосереджена – від окремих великих споживачів.

З метою спрощення розрахунків приймається припущення, що попутна витрата від житлових кварталів надходить на початку розрахункової ділянки разом із боковою витратою від приєднаних колекторів. Транзитна витрата формується за рахунок стічних вод, які надходять із попередніх ділянок мережі. Розрахунки виконуються на основі чисельності населення, що користується системою водовідведення.

Розрахункова кількість населення визначається за формулою:

$$N_p = F \cdot P \cdot \beta, \quad (2.1)$$

де:

F — площа житлової забудови, га;

P — щільність населення, осіб/га;

β — коефіцієнт, що враховує наявність громадських будівель у межах кварталу; приймається ($\beta = 0,9$).

Середні витрати побутових стічних вод від населення визначаються за такими залежностями:

$$Q_{сер.доб.} = \frac{n \cdot N_p}{1000}; \quad Q_{сер.год.} = \frac{n \cdot N_p}{24 \cdot 1000}; \quad q_{сер.с} = \frac{n \cdot N_p}{24 \cdot 3600}; \quad (2.2-2.4)$$

де:

n — середньодобова норма водовідведення на одного мешканця, л/добу;

N_p — розрахункова чисельність населення, осіб.

Отримані результати розрахунків середніх витрат стічних вод для окремих районів та кварталів населеного пункту зводяться до відповідної розрахункової таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Витрата стічних вод від населення

| №№ бокового колективатора | №№ житлових кварталів | | Розрахункова населення | | | | Середні витрати | | |
|---------------------------|-----------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|--------------------|--|--------------------|--------------------|------------------|
| | | | площа житлових кварталів, га | щільність забудови, чол/га | число жителів, чол | питоме водовідведення на 1 жителя л/добу | добовий, м3 / добу | вартовий, м3 / год | секундний, л / с |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1-2 | | 1,11 | 22,5 | 230 | 4140 | 350 | 1449.00 | 60.38 | 18,87 |
| 2-3 | | 2,12 | 22,5 | 230 | 4658 | 350 | 1630.13 | 67.92 | 18.87 |
| 3-4 | | 3,13 | 22,5 | 230 | 4658 | 350 | 1630.13 | 67.92 | 18.87 |
| 4-5 | | 4,14 | 22,5 | 230 | 4658 | 350 | 1630.13 | 67.92 | 18.87 |
| 5-6 | | 5,15 | 22,5 | 230 | 4658 | 350 | 1630.13 | 67.92 | 18.87 |
| 6-7 | | 6,16 | 22,5 | 230 | 4658 | 350 | 1630.13 | 67.92 | 18.87 |
| 7-8 | | 7,17 | 22,5 | 230 | 4658 | 350 | 1630.13 | 67.92 | 18.87 |
| 8-9 | | 8,18 | 22,5 | 230 | 4658 | 350 | 1630.13 | 67.92 | 18.87 |
| 9-10 | | 9,19 | 22,5 | 230 | 4658 | 350 | 1630.13 | 67.92 | 18.87 |
| I-II | бічні | 10,20 | 22,5 | 230 | 4658 | 350 | 1630.13 | 67.92 | 18.87 |
| | попутні | 30,39 | 25 | 230 | 5175 | 350 | 1811.25 | 75.47 | 20.96 |
| II-III | бічні | 21-29,31-38 | 212,5 | 230 | 43988 | 350 | 15395.63 | 641.48 | 178.19 |
| | попутні | 49,59 | 25 | 160 | 3600 | 240 | 864.00 | 36.00 | 10.00 |
| III-IV | бічні | 40-48,50-58 | 225 | 160 | 32400 | 240 | 7776.00 | 324.00 | 90.00 |
| | попутні | 69,79 | 22,2 | 200 | 3996 | 270 | 1078.92 | 44.96 | 12.49 |
| IV-V | бічні | 60-68,70-78 | 202,5 | 200 | 36450 | 270 | 9841.50 | 410.06 | 113.91 |
| | попутні | 89,99 | 17,5 | 200 | 3150 | 270 | 850.50 | 35.44 | 9.84 |
| V-НС | бічні | 80-88,90-98 | 157,5 | 200 | 28350 | 270 | 7654.50 | 318.94 | 88.59 |
| Разом | | | | | 203684 | | 61573,55 | | |

У даному проекті враховано функціонування двох промислових підприємств:

а) машинобудівного заводу з чисельністю працюючих 3500 осіб та обсягом виробничих стічних вод 3500 м³/добу;

б) хлібозаводу з чисельністю працюючих 3000 осіб та кількістю виробничих стоків 4000 м³/добу.

Обидва підприємства працюють у тризмінному режимі.

Розрахункова зосереджена витрата стічних вод від промислових підприємств визначається як сума витрат технологічних, побутових та душових

стоків для зміни з найбільшою кількістю працівників. У даному випадку такою є перша зміна.

$$q_{розр.}^{зос.} = q_{техн.} + q_{поб.} + q_{душ.} \quad (2.5)$$

Розподіл технологічних стічних вод між змінами приймається таким:

- I зміна — 40 % від добового обсягу;
- II зміна — 30 %;
- III зміна — 30 %.

Кількість працюючих по змінах визначається за залежностями:

- I зміна: $(0,4 N_{пп})$;
- II зміна: $(0,3 N_{пп})$;
- III зміна: $(0,3 N_{пп})$,

де $N_{пп}$ — загальна чисельність працівників підприємства.

Витрата технологічних стічних вод визначається за формулою:

$$q_{техн} = \frac{Q \cdot K_{год}}{T \cdot 3,6} \cdot \frac{л}{с}; \quad (2.6)$$

де:

Q — обсяг технологічних стічних вод за зміну, $м^3$;

$K_{год}$ — коефіцієнт годинної нерівномірності;

T — тривалість зміни, год.

Розрахунок побутових стічних вод виконується за виразом:

$$q_{поб} = \frac{n_{хол} \cdot N_{хол} \cdot K_{хол}}{T \cdot 3600} + \frac{n_{гор} \cdot N_{гор} \cdot K_{гор}}{T \cdot 3600}, \text{ л/с}; \quad (2.7)$$

де:

$n_{хол}$ — норма водовідведення для працівників холодних цехів, що дорівнює 25 л/(зм·особу);

$n_{гор}$ — норма водовідведення для працівників гарячих цехів, що становить 45 л/(зм·особу);

$N_{хол}$ та $N_{гор}$ — кількість працівників відповідно в холодних та гарячих цехах;

$K_{хол} = 3$ — коефіцієнт нерівномірності водовідведення для холодних цехів;

$K_{гор} = 2,5$ — коефіцієнт нерівномірності для гарячих цехів;

T — тривалість робочої зміни, год.

Витрата душових стічних вод визначається за кількістю встановлених душових сіток. При розрахунку приймається, що на одну душову сітку припадає 500 л води на годину протягом 45 хвилин після завершення робочої зміни.

$$q_{\text{душ}} = \frac{C \cdot 500 \cdot 45}{60 \cdot 2700}, \text{ л/с}, \quad (2.8)$$

де: C — кількість душових сіток, що встановлюється залежно від категорії виробництва та чисельності працівників, які користуються душем у зміну з максимальною кількістю персоналу.

Після виконання розрахунків отримані значення технологічних, побутових та душових стічних вод підсумовуються для визначення загальної зосередженої витрати від кожного промислового підприємства. Результати розрахунків систематизуються та подаються у таблиці 2.2.

2.1.3 Гідравлічний розрахунок мережі виробничо-побутової каналізації

Гідравлічний розрахунок каналізаційної мережі виконується з метою визначення необхідних діаметрів трубопроводів, здатних пропускати розрахункові максимальні секундні витрати стічних вод, а також встановлення оптимальних ухилів, швидкостей руху потоку та ступеня наповнення труб.

Під час розрахунку бічного та головного колекторів у ручному режимі необхідно забезпечити відповідність таким основним вимогам:

- швидкість руху стічних вод повинна поступово збільшуватися від верхніх ділянок мережі до нижніх;
- швидкість потоку в бічних колекторах має бути меншою, ніж у головному колекторі;
- наповнення труб при розрахункових витратах повинно відповідати нормативним значенням;
- ухили трубопроводів необхідно приймати максимально наближеними до природних ухилів рельєфу місцевості;
- швидкість руху стічних вод у пластмасових трубах не повинна перевищувати 4 м/с.

Таблиця 2.2 - Витрати стічних вод від промислових підприємств

| №№ зміни | Години роботи | Кількість робітників, чол | | | технологічні стоки | | Побутові стоки | | | | | | душові стоки | | | Загальна розрахункова витрата, л/с |
|---------------------------|---------------|---------------------------|------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|------------------------|---------------|--------------------|----------------------------------|---------------|--------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| | | | | | | | холодні цехи | | | цеху із значним виділенням тепла | | | Кількість душових сіток | Норма водов., л на 1 сітку | Кількість душових стоків, л/с | |
| | | всього | в холодних цехах | в гарячих цехах | розраз. витрата, м ³ /см | N _c | норма водов. на 1 чол. | Коеф. нерівн. | розр. витрата, л/с | норма водов. на 1 чол. | Коеф. нерівн. | розр. витрата, л/с | | | | |
| Машинобудівний завод (№1) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | 8-16 | 1400 | 980 | 420 | 1400 | 48.61 | 25 | 3 | 2.55 | 45 | 2.5 | 1.64 | 75 | 500 | 10.42 | 63.22 |
| II | 16-24 | 1050 | 735 | 315 | 1050 | 36.46 | 25 | 3 | 1.91 | 45 | 2.5 | 1.23 | 100 | 500 | 13.89 | 53.49 |
| III | 0-8 | 1050 | 735 | 315 | 1050 | 36.46 | 25 | 3 | 1.91 | 45 | 2.5 | 1.23 | 75 | 500 | 10.42 | 50.02 |
| Хлібзавод (№2) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | 8-16 | 1600 | 1120 | 480 | 1200 | 41.67 | 25 | 3 | 2.92 | 45 | 2.5 | 1.88 | 86 | 500 | 11.90 | 58.36 |
| II | 16-24 | 1200 | 840 | 360 | 900 | 31.25 | 25 | 3 | 2.19 | 45 | 2.5 | 1.41 | 114 | 500 | 15.87 | 50.72 |
| III | 0-8 | 1200 | 840 | 360 | 900 | 31.25 | 25 | 3 | 2.19 | 45 | 2.5 | 1.41 | 86 | 500 | 11.90 | 46.75 |

Гідравлічний розрахунок проводиться для максимальних секундних витрат стічних вод із використанням спеціальних розрахункових таблиць і графіків, побудованих на основі формули Шезі для визначення швидкості руху рідини:

$$V = c\sqrt{R \cdot i}, \quad (2.9)$$

де: V — середня швидкість руху стічної рідини, м/с;

C — коефіцієнт Шезі;

R — гідравлічний радіус, м;

i — гідравлічний ухил трубопроводу.

Коефіцієнт Шезі визначається за формулою М. М. Павловського:

$$C = \frac{R^y}{n_1}, \quad (2.10)$$

де: y та n — коефіцієнти, значення яких приймаються відповідно до вимог ДБН В.2.5-75:2013 залежно від матеріалу труб та умов їх експлуатації.

Гідравлічний ухил трубопроводу визначається за формулою Дарсі:

$$i = \frac{\lambda \cdot V^2}{8 \cdot R \cdot g}, \quad (2.11)$$

де: λ — коефіцієнт гідравлічного опору по довжині трубопроводу;

V — швидкість руху потоку, м/с;

R — гідравлічний радіус, м;

g — прискорення вільного падіння, що дорівнює 9,81 м/с².

Для визначення основних гідравлічних параметрів мережі використовуються таблиці Добромислова, які дозволяють встановити залежність між витратою, діаметром трубопроводу, його наповненням, швидкістю потоку та ухилом.

У процесі розрахунку для кожної ділянки мережі визначаються діаметр трубопроводу, швидкість руху стічних вод, ступінь наповнення та необхідний ухил. Усі отримані результати систематизуються та заносяться до таблиці 2.3, яка є основою для подальшого проєктування мережі виробничо-побутової каналізації.

Таблиця 2.3 - Гідравлічний розрахунок каналізаційної мережі

| Номер позахункової | Довжина ділянки, м | Витрата від населення | | | | Коеф. нерівномірності | Розрахункова витрата від | Зосереджена витрата, л/с | Сумарна розрахункова | d, мм | V м/с | h/d | i | ixl | відмітки | | | | глибина заклада ння | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-----------|----------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------|----------|------|-------|------|--------------|------------|--------------|------------|---------------------------|------------|
| | | попутна | бокова | транзитна | загальна | | | | | | | | | | землі | | лотку | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | на початк | в кінці | на початк | в кінці | на початку | в кінці |
| боковий колектор | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-2 | 350,00 | | 18.87 | | 18.87 | 1.923 | 36.28 | 63.22 | 99.50 | 450 | 0.99 | 0.6 | 0,003 | 1,05 | 126,8 | 126,2 | 123,30 | 122,25 | 3,50 | 3,95 |
| 2-3 | 350,00 | | 18.87 | 18.87 | 37.73 | 1.796 | 67.77 | 63.22 | 130.99 | 500 | 1.05 | 0.6 | 0,003 | 1,05 | 126,2 | 124,8 | 122,20 | 121,15 | 4,00 | 3,65 |
| 3-4 | 350,00 | | 18.87 | 37.73 | 56.60 | 1.691 | 95.71 | 63.22 | 158.93 | 500 | 1.1 | 0.66 | 0,003 | 1,05 | 124,8 | 124,4 | 121,15 | 120,10 | 3,65 | 4,30 |
| 4-5 | 350,00 | | 18.87 | 56.60 | 75.47 | 1.653 | 124.75 | 63.22 | 187.97 | 630 | 1.16 | 0.55 | 0,003 | 1,05 | 124,4 | 123,7 | 120,00 | 118,95 | 4,43 | 4,78 |
| 5-6 | 350,00 | | 18.87 | 75.47 | 94.34 | 1.616 | 152.45 | 63.22 | 215.67 | 630 | 1.2 | 0.6 | 0,003 | 1,05 | 123,7 | 122,8 | 118,95 | 117,90 | 4,78 | 4,93 |
| 6-7 | 350,00 | | 18.87 | 94.34 | 113.20 | 1.597 | 180.79 | 63.22 | 244.01 | 630 | 1.23 | 0.65 | 0,003 | 1,05 | 122,8 | 121,9 | 117,90 | 116,85 | 4,93 | 5,08 |
| 7-8 | 350,00 | | 18.87 | 113.20 | 132.07 | 1.593 | 210.39 | 63.22 | 273.61 | 630 | 1.25 | 0.7 | 0,003 | 1,05 | 121,9 | 121 | 116,85 | 115,80 | 5,08 | 5,23 |
| 8-9 | 350,00 | | 18.87 | 132.07 | 150.94 | 1.588 | 239.69 | 63.22 | 302.91 | 630 | 1.27 | 0.75 | 0,003 | 1,05 | 121 | 119,8 | 115,70 | 114,65 | 5,23 | 5,08 |
| 9-10 | 350,00 | | 18.87 | 150.94 | 169.80 | 1.583 | 268.80 | 63.22 | 332.02 | 800 | 1.35 | 0.5 | 0,003 | 1,05 | 119,8 | 118,8 | 114,65 | 113,60 | 5,25 | 5,30 |
| головний колектор | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I-II | 1100,0 | 21,20 | 18.87 | 169.80 | 209.64 | 1.573 | 329.76 | 63.22 | 392.98 | 800 | 1.4 | 0.55 | 0,003 | 3,30 | 118,8 | 116 | 113,60 | 110,30 | 5,30 | 5,80 |
| II-III | 1130,0 | 9,25 | 178.19 | 209.64 | 397.83 | 1.526 | 607.08 | 63.22 | 670.30 | 1000 | 1.6 | 0.55 | 0,003 | 3,39 | 116 | 112,2 | 110,10 | 106,71 | 6,00 | 5,59 |
| III-IV | 1030,0 | 11,01 | 90.00 | 397.83 | 500.31 | 1.500 | 750.47 | 63.22 | 813.69 | 1000 | 1.64 | 0.6 | 0,003 | 3,09 | 112,2 | 108,6 | 106,71 | 103,62 | 5,59 | 5,08 |
| IV-V | 830,00 | 8,68 | 113.91 | 500.31 | 624.06 | 1.493 | 931.73 | 121.58 | 1053.31 | 1000 | 1.75 | 0.7 | 0,003 | 2,49 | 108,6 | 105,2 | 103,52 | 101,03 | 5,08 | 4,17 |
| V- ГНС | 230,00 | | 88.59 | 624.06 | 712.66 | 1.487 | 1059.72 | 121.58 | 1181.30 | 1000 | 1.77 | 0.75 | 0,003 | 0,69 | 105,2 | 104,5 | 101,03 | 100,34 | 4,17 | 4,16 |

2.1.4 Проектування побутової мережі каналізації

На підставі результатів виконаного гідравлічного розрахунку будуються поздовжні профілі бічного та головного колекторів виробничо-побутової каналізаційної мережі. Відмітки поверхні землі на профілях визначаються за генеральним планом методом інтерполяції між горизонталями. Відмітки лотків трубопроводів розраховуються відповідно до прийнятих ухилів та параметрів мережі.

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-75:2013 з'єднання трубопроводів у оглядових колодязях передбачається виконувати за схемою «шелиги в шелигу», що забезпечує безперешкодне проходження стічних вод і належні гідравлічні умови роботи мережі.

Мінімальна глибина закладання лотка трубопроводу на початковій ділянці першого бічного колектора приймається з урахуванням досвіду експлуатації каналізаційних мереж у даному районі будівництва. При визначенні цієї величини враховуються глибина сезонного промерзання ґрунту, необхідна відстань між трубопроводом і межею промерзання, нормативні вимоги щодо взаємного розташування мереж водопроводу та каналізації, а також запас глибини для можливого приєднання вуличних мереж. У проєкті початкова глибина закладання прийнята рівною:

$$H_{\text{поч. в т.}} = 3,5 \text{ м}$$

Найбільша глибина прокладання трубопроводу спостерігається на початку ділянки II–III та становить:

$$h_{\text{max}} = 6,0 \text{ м.}$$

Отримане значення не перевищує нормативно допустиму максимальну глибину закладання каналізаційних труб при будівництві відкритим способом у сухих ґрунтах, яка становить 8 м.

Оскільки запроєктована мережа складається із самопливних безнапірних колекторів, а рівень ґрунтових вод на окремих ділянках перетинає трасу трубопроводів, для будівництва мережі приймаються пластмасові труби, що

укладаються на штучно підготовлену основу. На ділянках, розташованих нижче рівня ґрунтових вод, таке рішення забезпечує надійність експлуатації та захист трубопроводів від зовнішніх впливів. Монтаж труб передбачається здійснювати безпосередньо на попередньо вирівняне та ущільнене дно траншеї.

Для забезпечення належної експлуатації мережі по всій довжині бічних і головного колекторів проєктуються оглядові колодязі. Їх розміщення передбачається:

- у місцях приєднання трубопроводів;
- у точках зміни напрямку траси;
- у місцях зміни ухилів або діаметрів труб;
- на прямих ділянках мережі через нормативні відстані.

Відстані між оглядовими колодязями на прямих ділянках приймаються залежно від діаметра трубопроводів:

- для труб діаметром 150 мм — 35 м;
- для труб діаметром від 200 до 450 мм — 50 м;
- для труб діаметром від 500 до 600 мм — 75 м;
- для труб діаметром від 700 до 900 мм — 100 м;
- для труб діаметром від 1000 до 1400 мм — 150 м.

На генеральному плані мережі нанесені всі основні вузлові, поворотні та приєднувальні колодязі. Їх конструктивні параметри та внутрішні діаметри прийняті відповідно до вимог чинного ДБН В.2.5-75:2013, що регламентує проєктування зовнішніх мереж і споруд водовідведення.

2.2 Дощова каналізаційна мережа

2.2.1 Трасування дощової мережі та розміщення дощоприймачів

Трасування мережі дощової каналізації виконується з урахуванням рельєфу місцевості, особливостей планування території, розташування місць випуску дощових колекторів, наявності підземних інженерних комунікацій та техніко-економічних показників проєкту. При цьому траси колекторів повинні забезпечувати найкоротший шлях відведення поверхневого стоку до найближчих водоприймачів або інших місць допустимого скидання дощових вод.

Для даного проєкту прийнята перпендикулярна схема дощової каналізації. За такої схеми збірні колектори прокладаються перпендикулярно до нижньої межі водозбірної території, що дозволяє забезпечити ефективне та економічно доцільне відведення поверхневого стоку до водних об'єктів.

Дощоприймачі на вулицях і площах міста розташовуються у всіх понижених місцях, де відсутній природний поверхневий стік. Крім того, їх передбачають на перехрестях вулиць у лотках проїжджої частини з боку надходження води, біля пішохідних переходів, в'їздів і виїздів із кварталів та мікрорайонів, а також уздовж вуличних лотків між перехрестями.

Відстань між дощоприймачами визначається залежно від поздовжнього ухилу вулиць. Оскільки в проєкті ухил вуличної мережі не перевищує 0,015, відстань між дощоприймальними колодязями приймається рівною 40 м.

Запроєктовану на генеральному плані дощову мережу поділяють на окремі розрахункові ділянки. Межами таких ділянок, як правило, є перехрестя вулиць. Для визначення площ водозбору, що належать до окремих ділянок колекторів, виконується поділ території в межах осей прилеглих вулиць на елементарні водозбірні площі.

2.2.2 Визначення розрахункових витрат дощових вод

Розрахункова витрата дощових вод визначається методом граничних інтенсивностей за формулою:

$$q_r = \frac{Z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F}{t_r^{1,2n-0,1}}, \text{ л/с} \quad (2.12)$$

де: Z_{mid} — середній коефіцієнт, що характеризує поверхню басейну стоку;

A та n — кліматичні параметри району будівництва;

F — площа водозбору, га;

t_r — розрахункова тривалість дощу, хв.

Для виконання гідравлічного розрахунку мережі використовується розрахункова витрата:

$$q_{cal} = q_r \cdot \beta, \text{ л/с}, \quad (2.13)$$

де:

$\beta = 0,66$ — коефіцієнт, який враховує використання вільної місткості трубопроводів у момент виникнення напірного режиму.

Параметри (A) та (n) рекомендується визначати за результатами обробки багаторічних спостережень метеорологічних станцій. За відсутності таких даних параметр (A) розраховується за формулою:

$$A = q_{20} \cdot 20^n \cdot \left(1 + \frac{\lg p}{\lg m_r}\right)^\gamma, \quad (2.14)$$

де:

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

n — показник степеня;

P — період одноразового перевищення розрахункової інтенсивності опадів;

γ — показник степеня;

m_r — параметр, що приймається відповідно до вимог нормативної документації.

Для умов проектування прийнято:

$$q_{20} = 95 \text{ л/с};$$

$$n = 0,69;$$

$$P = 0,7;$$

$$\gamma = 1,54.$$

У результаті розрахунку отримано:

$$A = 95 \cdot 20^{0,69} \cdot \left(1 + \frac{\lg 0,7}{\lg 112}\right)^{1,54} = 665,07.$$

Витрати поверхневого стоку з незабудованих територій, розташованих за межами населеного пункту, визначаються відповідно до вимог нормативного документа ВСН 63-76.

Для розрахунку середнього коефіцієнта стоку використовуються коефіцієнти для різних типів поверхонь водозбору.

| Вид поверхні | Коефіцієнт Z | Частка площі, % |
|------------------------|--------------|-----------------|
| Покрівлі | 0,273 | 25 |
| Бруківка | 0,145 | 5 |
| Асфальтове покриття | 0,273 | 25 |
| Території без покриття | 0,064 | 10 |
| Зелені насадження | 0,038 | 35 |

Розрахункова тривалість руху дощових вод визначається за формулою:

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \text{ мин.} \quad (2.15)$$

де:

t_{con} — час надходження води по поверхні до вуличного лотка;

t_{can} — час руху води по лотку до дощоприймача, приймається 5 хв;

t_p — час руху води трубопроводами до розрахункового перерізу.

Тривалість руху води по вуличних лотках визначається за формулою:

$$t_{can} = 0,021 \sum \frac{l_{can}}{V_{can}}, \text{ мин.} \quad (2.16)$$

де:

l_{can} — довжина окремих ділянок лотка, м;

V_{can} — швидкість руху води по лотку, м/с.

Середній коефіцієнт стоку розраховується як зважене середнє значення:

$$Z_{mid} = \frac{Z_1 \cdot F_1 + Z_2 \cdot F_2 + Z_3 \cdot F_3 + \dots}{F_1 + F_2 + F_3} \quad (2.17)$$

Для даної території отримано:

$$Z_{mid} = 0,1597$$

Мінімальна глибина закладання початкової ділянки дощового колектора визначається за залежністю:

$$H = h + i \cdot l + (d_{тр} - d_c), \quad (2.18)$$

де:

h — глибина встановлення дощоприймача, м;

i — ухил приєднувальної гілки, приймається 0,01;

l — довжина приєднувальної гілки, 40 м;

$d_{тр}$ — діаметр колектора на початковій ділянці;

d_c — діаметр приєднувальної гілки, який приймається в межах 100–150

мм.

За результатами розрахунку мінімальна глибина закладання становить:

$$H = 1,70 \text{ м.}$$

Для дощової каналізаційної мережі наповнення трубопроводів приймається рівним одиниці, тобто труби працюють при повному заповненні. Мінімальні швидкості руху дощових вод приймаються аналогічними до нормативних значень, установлених для мереж побутової каналізації.

Усі результати визначення розрахункових витрат та гідравлічних параметрів мережі систематизуються та заносяться до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Гідравлічний розрахунок колектора дощової мережі.

| Розрахункові ділянки | Довжина ділянок L, м | Площа, га | | | Швидкість, V _{полер} , м/с | час протікання | | | | Коеф. стоку Z _{mid} | A1, 2 | Виграта дощових вод, qr, л / с | Розрахункова виграта, q = qr · β, л/с | Діаметр, d, мм | Швидкість, v, м/с | Ухил, і | Падіння h = i · l, v | Відмітка землі, м | | Відмітка лотка, м | | Глибина залягання, м | |
|----------------------|----------------------|-----------|-----------|--------|-------------------------------------|---|--------|-------|-------|------------------------------|----------|-----------------------------------|--|----------------|-------------------|---------|----------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|----------------------|---------|
| | | прилегла | транзитна | всього | | t _{con} + t _{can} | t p | tr | Σtr | | | | | | | | | На початку | В кінці | На початку | В кінці | На початку | В кінці |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 1-2 | 350,00 | 7,5 | | 7,5 | 1,1 | 6,05 | 5,41 | 11,46 | 5,90 | 0,1597 | 2440,3 | 495,00 | 326,70 | 630 | 1,15 | 0,003 | 1,05 | 124,95 | 124,50 | 123,25 | 122,20 | 1,70 | 2,30 |
| 2-3 | 350,00 | 12,5 | 7,5 | 20 | 1,4 | 6,05 | 4,25 | 15,71 | 7,43 | 0,1597 | 2440,3 | 1 049,15 | 692,44 | 800 | 1,4 | 0,003 | 1,05 | 124,50 | 123,95 | 122,00 | 120,95 | 2,50 | 3,00 |
| 3-4 | 350,00 | 12,5 | 20 | 32,5 | 1,5 | 6,05 | 3,97 | 19,68 | 8,75 | 0,1597 | 2440,3 | 1 447,13 | 955,11 | 1000 | 1,42 | 0,0019 | 0,665 | 123,95 | 123,30 | 120,75 | 120,09 | 3,20 | 3,22 |
| 4-5 | 350,00 | 12,5 | 32,5 | 45 | 1,6 | 6,05 | 3,72 | 23,39 | 9,92 | 0,1597 | 2440,3 | 1 766,46 | 1165,87 | 1000 | 1,62 | 0,0025 | 0,875 | 123,30 | 122,55 | 120,09 | 119,21 | 3,22 | 3,34 |
| 5-6 | 350,00 | 12,5 | 45 | 57,5 | 1,7 | 6,05 | 3,50 | 26,89 | 10,98 | 0,1597 | 2440,3 | 2 039,29 | 1345,93 | 1000 | 1,71 | 0,003 | 1,05 | 122,55 | 121,80 | 119,21 | 118,16 | 3,34 | 3,64 |
| 6-7 | 350,00 | 12,5 | 57,5 | 70 | 1,7 | 6,05 | 3,50 | 30,39 | 12,01 | 0,1597 | 2440,3 | 2 271,07 | 1498,91 | 1200 | 1,64 | 0,002 | 0,7 | 121,80 | 121,20 | 117,96 | 117,26 | 3,84 | 3,94 |
| 7-8 | 350,00 | 12,5 | 70 | 82,5 | 1,8 | 6,05 | 3,31 | 33,70 | 12,95 | 0,1597 | 2440,3 | 2 482,82 | 1638,66 | 1200 | 1,65 | 0,002 | 0,7 | 121,20 | 120,40 | 117,26 | 116,56 | 3,94 | 3,84 |
| 8-9 | 350,00 | 12,5 | 82,5 | 95 | 1,8 | 6,05 | 3,31 | 37,01 | 13,86 | 0,1597 | 2440,3 | 2 670,74 | 1762,69 | 1200 | 1,84 | 0,0025 | 0,875 | 120,40 | 119,32 | 116,56 | 115,69 | 3,84 | 3,64 |
| 9-10 | 350,00 | 12,5 | 95 | 107,5 | 2 | 6,05 | 2,98 | 39,98 | 14,66 | 0,1597 | 2440,3 | 2 856,73 | 1885,44 | 1200 | 2,02 | 0,003 | 1,05 | 119,32 | 117,50 | 115,69 | 114,64 | 3,64 | 2,87 |
| 10-11 | 350,00 | 12,5 | 107,5 | 120 | 2,2 | 6,05 | 2,70 | 42,69 | 15,38 | 0,1597 | 2440,3 | 3 040,51 | 2006,74 | 1200 | 2,18 | 0,0035 | 1,225 | 117,50 | 114,50 | 113,14 | 111,91 | 4,37 | 2,59 |

2.2.3 Проектування мереж каналізації

2.2.3.1 Улаштування трубопроводів

Під час вибору матеріалу трубопроводів для каналізаційних мереж необхідно враховувати низку вимог будівельного, технологічного та економічного характеру. Будівельні вимоги передбачають забезпечення достатньої міцності, надійності та довговічності конструкцій, а також можливість індустріального виготовлення та монтажу труб. Технологічні вимоги полягають у забезпеченні герметичності мережі, високої пропускної здатності трубопроводів, стійкості матеріалу до корозії та процесів старіння. Економічні вимоги спрямовані на зниження вартості будівництва й експлуатації мережі при збереженні її надійності та ефективності.

Для проєктованої системи водовідведення доцільно застосовувати поліетиленові труби для безнапірних мереж, що відповідають вимогам ДСТУ EN 12201-2:2018. Такі труби випускаються діаметром від 110 до 1200 мм і характеризуються високою корозійною стійкістю, незначною шорсткістю внутрішньої поверхні та тривалим терміном служби.

З'єднання трубопроводів може виконуватися за допомогою різьбових з'єднань або поліфузійного зварювання. У випадку різьбового з'єднання герметизація забезпечується тефлоновою стрічкою або спеціальними ущільнювальними мастиками. При використанні поліфузійного зварювання утворюється монолітне з'єднання, що має високу міцність, герметичність та експлуатаційну надійність.

2.2.3.2 Улаштування основ під трубопроводи

Для забезпечення стійкості та довговічності каналізаційних трубопроводів необхідно передбачати відповідну основу під труби. Тип основи визначається залежно від інженерно-геологічних умов будівництва, фізико-механічних характеристик ґрунтів та величини навантажень, що діятимуть на трубопровід у процесі експлуатації.

У більшості випадків, за наявності сприятливих ґрунтових умов, труби укладають безпосередньо на вирівняне та ущільнене дно траншеї. Таке рішення

допускається для всіх видів ґрунтів, за винятком скельних, болотистих, пливунних та просадних ґрунтів II типу.

Як природна основа можуть використовуватися середньозернисті та крупнозернисті піски, сухі супіски, гравійні ґрунти, суміші піску зі щебенем або галькою, а також глинисті та суглинкові ґрунти за відсутності водоносних прошарків. До природних основ також належать скельні та напівскельні породи.

У складних інженерно-геологічних умовах необхідно передбачати штучні основи. Їх застосовують при прокладанні трубопроводів у водонасичених ґрунтах, лесах і лесоподібних суглинках, неоднорідних глинистих ґрунтах, а також на болотистих і торф'яних територіях.

У скельних ґрунтах трубопроводи укладають на піщану подушку товщиною не менше 0,10 м, що запобігає пошкодженню труб від нерівностей основи.

У водонасичених ґрунтах із достатньою водовіддачею влаштовують основу із щебеню, гравію або крупнозернистого піску завтовшки 0,15–0,20 м. Для відведення надлишкової води додатково передбачаються дренажні лотки.

У ґрунтах із низькою водовіддачею та пливунах рекомендується використовувати жорсткі бетонні конструкції у вигляді бетонної плити та бетонного ложа під трубопровід.

На болотистих і торф'яних ґрунтах доцільним є влаштування пальових основ із ростверком, що забезпечують рівномірний розподіл навантажень і запобігають нерівномірним осіданням трубопроводу.

2.2.3.3 Ізоляція трубопроводів

Однією з основних умов забезпечення тривалого терміну служби каналізаційних мереж є захист труб від агресивного впливу ґрунтових і стічних вод. Для цього застосовуються спеціальні ізоляційні покриття, які перешкоджають корозії матеріалу та руйнуванню конструкцій.

Залежно від конструкції та способу нанесення захисні покриття поділяються на жорсткі та пластичні. До жорстких видів ізоляції належать цементні штукатурки із залізненням поверхні, торкрет-бетонні покриття та

облицювання плитковими матеріалами. Пластичні ізоляційні покриття представлені бітумними, обмазувальними, обклеювальними та комбінованими системами захисту.

Серед сучасних ізоляційних матеріалів найбільшою надійністю та довговічністю характеризуються бітумно-гумові покриття та полімерні самоклеючі стрічки на основі полівінілхлориду (ПВХ), які наносяться шляхом навивання на зовнішню поверхню труб.

У даному проєкті як основу під трубопроводи приймається щебенева підготовка, що забезпечує необхідну несучу здатність та стійкість трубопроводів. Для захисту труб передбачається використання ізоляційного покриття на основі пуцоланових і сульфатостійких цементів із гідравлічними добавками, що забезпечує підвищену стійкість конструкцій до впливу агресивного середовища та збільшує термін їх експлуатації.

2.3 Каналізаційна насосна станція

У проєкті передбачено будівництво головної каналізаційної насосної станції (КНС), призначеної для перекачування господарсько-побутових і виробничих стічних вод міста на очисні споруди механічного та біологічного очищення.

Необхідний геодезичний напір насосної станції визначається як різниця між відміткою рівня води в камері гасіння на очисних спорудах та відміткою розрахункового рівня стічних вод у приймальному резервуарі насосної станції:

$$H_{\Gamma} = Z_{\text{oc}} - Z_{\text{рез}} \quad (2.19)$$

де:

$Z_{\text{oc}} = 111,9$ м — відмітка рівня води в камері гасіння очисних споруд;

$Z_{\text{рез}} = 100,34 - 1,0 = 99,34$ м — відмітка розрахункового рівня стічних вод у приймальному резервуарі.

Тоді геодезичний напір становить:

$$H_{\Gamma} = 111,9 - 99,34 = 12,56 \text{ м.}$$

Стічні води від міської каналізаційної мережі надходять до насосної станції через приймально-аварійний резервуар, який забезпечує надійність роботи системи у випадку аварійних ситуацій або тимчасового припинення роботи насосного обладнання.

Після перекачування насосами стічні води транспортуються до очисних споруд двома напірними трубопроводами. Довжина кожного напірного колектора становить 1,0 км. Наявність двох незалежних трубопроводів забезпечує резервування системи та підвищує її експлуатаційну надійність.

Відповідно до вимог чинних нормативних документів головна каналізаційна насосна станція належить до I категорії надійності електропостачання та експлуатації. Для споруд цієї категорії не допускаються перерви у роботі, оскільки зупинка перекачування стічних вод може призвести до підтоплення мережі, порушення санітарного стану території та виникнення аварійних ситуацій.

2.3.1 Визначення припливу стічних вод

Для вибору насосного обладнання та визначення режиму роботи насосної станції необхідно встановити погодинний приплив стічних вод до приймального резервуара. Розрахунок виконується на основі добових витрат господарсько-побутових і виробничих стічних вод з урахуванням нерівномірності їх надходження протягом доби.

Під час складання таблиці припливу приймаються такі умови:

- господарсько-побутові стічні води від населення міста надходять відповідно до графіка водовідведення, який формується за коефіцієнтом загальної нерівномірності $K_{gen.max}$ згідно з вимогами ДБН. Розподіл витрат здійснюється за окремими годинами доби;
- виробничі стічні води технологічного походження надходять рівномірно протягом кожної робочої зміни. При розрахунку враховується зміна з найбільшим обсягом стоків;
- побутові стічні води промислових підприємств надходять нерівномірно залежно від режиму роботи персоналу та кількості працівників у змінах;

- душові стоки утворюються після закінчення робочих змін та надходять до каналізаційної мережі протягом 45 хвилин після завершення роботи зміни.

На основі зазначених вихідних даних визначаються погодинні витрати стічних вод, що надходять до приймального резервуара насосної станції. Отримані результати систематизуються та наводяться у таблиці 2.5, яка використовується для подальшого розрахунку режиму роботи насосної станції та підбору насосного обладнання.

2.3.2 Розрахунок напірних трубопроводів

Для визначення параметрів напірних трубопроводів приймається попередньо встановлена величина максимальної сумарної подачі насосної станції та значення економічно доцільних швидкостей руху стічних вод. На каналізаційних насосних станціях I категорії надійності необхідно передбачати не менше двох напірних трубопроводів. При виході з ладу одного з них другий повинен забезпечувати пропускання 100 % розрахункової витрати. Тому кожний трубопровід розраховується на пропускання половини максимальної секундної витрати.

Розрахункова витрата визначається за даними таблиці сумарного водовідведення міста та промислового підприємства (табл. 2.5). Максимальний приплив стічних вод спостерігається в інтервалі від 8 до 9 години доби і становить $Q_{\text{сек}}^{\text{max}} = 4039,75 \text{ м}^3/\text{год}$. З урахуванням регулюючої функції приймального резервуара насосне обладнання підбирається таким чином, щоб його максимальна подача була дещо меншою за максимальний приплив стічних вод. Для розрахунку приймаємо подачу насосів $3900 \text{ м}^3/\text{год}$.

Максимальна секундна витрата становить:

$$q_{\text{сек}}^{\text{max}} = \frac{Q_{\text{сек}}^{\text{max}}}{3,6} = \frac{4039,75}{3,6} = 1083,33 \text{ л/с},$$

а витрата, що припадає на один напірний трубопровід:

$$0,5q_{\text{сек}}^{\text{max}} = \frac{1083,33}{2} = 541,67 \text{ л/с}.$$

Таблиця 2.5 – Приплив стічних вод до головної каналізаційної насосної станції

| ГОДИНИ ДОБИ | Стоки | | | | | | | | | | | | | | Суммарна витрата | |
|----------------|-----------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--|---------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| | від міста | | від промпідприємства №1 | | | | | | від промпідприємства №2 | | | | | | М ³ /ГОД | % |
| | % | М ³ /ГОД | технологічні, М ³ /ГОД | побутові від холодних цехів | | побутові від цехів зі значним виділенням тепла | | душові, М ³ /ГОД | технологічні, М ³ /ГОД | побутові від холодних цехів | | побутові від цехів зі значним виділенням тепла | | душові, М ³ /ГОД | | |
| | | | | % | М ³ /ГОД | % | М ³ /ГОД | | | % | М ³ /ГОД | % | М ³ /ГОД | | % | М ³ /ГОД |
| 0-1 | 1.65 | 1015.96 | 131.25 | 12.5 | 6.89 | 12.5 | 4.43 | 37.50 | 112.5 | 12.5 | 7.88 | 12.5 | 5.06 | 42.86 | 1364.33 | 1.98 |
| 1-2 | 1.65 | 1015.96 | 131.25 | 6.25 | 3.45 | 8.12 | 2.88 | | 112.5 | 6.25 | 3.94 | 8.12 | 3.29 | | 1273.26 | 1.85 |
| 2-3 | 1.65 | 1015.96 | 131.25 | 6.25 | 3.45 | 8.12 | 2.88 | | 112.5 | 6.25 | 3.94 | 8.12 | 3.29 | | 1273.26 | 1.85 |
| 3-4 | 1.65 | 1015.96 | 131.25 | 6.25 | 3.45 | 8.12 | 2.88 | | 112.5 | 6.25 | 3.94 | 8.12 | 3.29 | | 1273.26 | 1.85 |
| 4-5 | 1.65 | 1015.96 | 131.25 | 18.75 | 10.34 | 15.65 | 5.55 | | 112.5 | 18.75 | 11.81 | 15.65 | 6.34 | | 1293.75 | 1.88 |
| 5-6 | 4.2 | 2586.09 | 131.25 | 37.5 | 20.67 | 31.25 | 11.07 | | 112.5 | 37.5 | 23.63 | 31.25 | 12.66 | | 2897.87 | 4.20 |
| 6-7 | 5.8 | 3571.27 | 131.25 | 6.25 | 3.45 | 8.12 | 2.88 | | 112.5 | 6.25 | 3.94 | 8.12 | 3.29 | | 3828.56 | 5.55 |
| 7-8 | 5.8 | 3571.27 | 131.25 | 6.25 | 3.45 | 8.12 | 2.88 | | 112.5 | 6.25 | 3.94 | 8.12 | 3.29 | | 3828.56 | 5.55 |
| 8-9 | 5.85 | 3602.05 | 175 | 12.5 | 9.19 | 12.5 | 5.91 | 37.50 | 150 | 12.5 | 10.50 | 12.5 | 6.75 | 42.86 | 4039.75 | 5.86 |
| 9-10 | 5.85 | 3602.05 | 175 | 6.25 | 4.59 | 8.12 | 3.84 | | 150 | 6.25 | 5.25 | 8.12 | 4.38 | | 3945.12 | 5.72 |
| 10-11 | 5.85 | 3602.05 | 175 | 6.25 | 4.59 | 8.12 | 3.84 | | 150 | 6.25 | 5.25 | 8.12 | 4.38 | | 3945.12 | 5.72 |
| 11-12 | 5.05 | 3109.46 | 175 | 6.25 | 4.59 | 8.12 | 3.84 | | 150 | 6.25 | 5.25 | 8.12 | 4.38 | | 3452.53 | 5.00 |
| 12-13 | 4.2 | 2586.09 | 175 | 18.75 | 13.78 | 15.65 | 7.39 | | 150 | 18.75 | 15.75 | 15.65 | 8.45 | | 2956.47 | 4.29 |
| 13-14 | 5.8 | 3571.27 | 175 | 37.5 | 27.56 | 31.25 | 14.77 | | 150 | 37.5 | 31.50 | 31.25 | 16.88 | | 3986.97 | 5.78 |
| 14-15 | 5.8 | 3571.27 | 175 | 6.25 | 4.59 | 8.12 | 3.84 | | 150 | 6.25 | 5.25 | 8.12 | 4.38 | | 3914.33 | 5.67 |
| 15-16 | 5.8 | 3571.27 | 175 | 6.25 | 4.59 | 8.12 | 3.84 | | 150 | 6.25 | 5.25 | 8.12 | 4.38 | | 3914.33 | 5.67 |
| 16-17 | 5.8 | 3571.27 | 131.25 | 12.5 | 6.89 | 12.5 | 4.43 | 50.00 | 112.5 | 12.5 | 7.88 | 12.5 | 5.06 | 57.14 | 3946.42 | 5.72 |
| 17-18 | 5.75 | 3540.48 | 131.25 | 6.25 | 3.45 | 8.12 | 2.88 | | 112.5 | 6.25 | 3.94 | 8.12 | 3.29 | | 3797.78 | 5.50 |
| 18-19 | 5.2 | 3201.82 | 131.25 | 6.25 | 3.45 | 8.12 | 2.88 | | 112.5 | 6.25 | 3.94 | 8.12 | 3.29 | | 3459.12 | 5.01 |
| 19-20 | 4.75 | 2924.74 | 131.25 | 6.25 | 3.45 | 8.12 | 2.88 | | 112.5 | 6.25 | 3.94 | 8.12 | 3.29 | | 3182.04 | 4.61 |
| 20-21 | 4.1 | 2524.52 | 131.25 | 18.75 | 10.34 | 15.65 | 5.55 | | 112.5 | 18.75 | 11.81 | 15.65 | 6.34 | | 2802.30 | 4.06 |
| 21-22 | 2.85 | 1754.85 | 131.25 | 37.5 | 20.67 | 31.25 | 11.07 | | 112.5 | 37.5 | 23.63 | 31.25 | 12.66 | | 2066.62 | 3.00 |
| 22-23 | 1.65 | 1015.96 | 131.25 | 6.25 | 3.45 | 8.12 | 2.88 | | 112.5 | 6.25 | 3.94 | 8.12 | 3.29 | | 1273.26 | 1.85 |
| 23-24 | 1.65 | 1015.96 | 131.25 | 6.25 | 3.45 | 8.12 | 2.88 | | 112.5 | 6.25 | 3.94 | 8.12 | 3.29 | | 1273.26 | 1.85 |
| | 100% | 61573.55 | 3500 | | 183.75 | | 118.13 | 125.00 | 3000.00 | | 200.74 | | 135.00 | 142.86 | 68988.28 | 100% |

Розрахунок напірних трубопроводів виконується для двох режимів роботи: нормального (робочого) та аварійного.

1. Робочий режим

При витраті $q_{сек}^{max} = 541,67$ л/с, виходячи з рекомендованих економічних швидкостей руху стічних вод $v = 1-3$ м/с, приймається залізобетонний трубопровід діаметром 800 мм. При цьому швидкість потоку становить $v = 1,07$ м/с, а питомі втрати напору – $1000i = 1,59$.

2. Аварійний режим

У разі відключення одного з напірних трубопроводів другий повинен пропускати повну розрахункову витрату $q_{сек}^{max} = 1083,33$ л/с. Для трубопроводу діаметром 800 мм швидкість руху стічних вод становить $v = 2,15$ м/с, а питомі втрати напору дорівнюють $1000i = 5,8$.

2.3.3 Визначення повного напору

Повний напір насосної станції визначається за формулою

$$H_{повн} = H_{г} + h_{нс} + h_{водом} + h_{н.тр} + h_{в}, \quad (2.20)$$

де $H_{г}$ — геодезична висота підйому рідини, яка приймається рівною різниці відміток рівня води у приймальній камері очисних споруд та розрахункового мінімального рівня води в приймальному резервуарі насосної станції:

$$H_{г} = z_{а} - z_{р} = 101,9 - 99,34 = 2,56 \text{ м}; \quad (2.21)$$

$h_{нс}$ — втрати напору у всмоктувальних та напірних трубопроводах у межах насосної станції, які приймаються в межах 3–5 м;

$h_{в}$ — необхідний вільний напір на виході потоку, що становить 1–3 м;

$h_{н.тр}$ — сумарні втрати напору в напірному трубопроводі:

$$h_{н.тр} = h_{довж} + h_{місц}, \quad (2.22)$$

де $h_{довж}$ — втрати напору по довжині трубопроводу;

$h_{місц}$ — місцеві втрати, які приймаються рівними 10 % від втрат по довжині:

$$h_{м} = 0,1 \cdot h_{довж}.$$

Розрахунок повного напору виконується для двох режимів роботи насосної станції: нормального та аварійного.

1. Нормальний режим

Максимальна секундна витрата становить

$$q_{сек}^{max} = 541,67 \text{ л/с.}$$

Втрати напору по довжині трубопроводу визначаються за формулою

$$h_{довж} = 1 \cdot 1000i, \quad (2.23)$$

де l — довжина напірного трубопроводу від насосної станції до очисних споруд, яка дорівнює 1,0 км.

Тоді:

$$h_{довж} = 1,0 \cdot 1,6 = 1,6 \text{ м; } h_{довж} = 1,1 \cdot 1,6 = 1,76 \text{ м.}$$

2. Аварійний режим

З урахуванням довжини напірних водоводів ($l=1,0$ км) передбачається влаштування перемички між ними. У випадку аварії на одному з трубопроводів повна витрата проходить через половину довжини системи, тобто через ділянку довжиною 0,5 км.

При цьому:

$$q_{сек}^{max} = 1083,33 \text{ л/с; } H_{г} = 2,56 \text{ м; } h_{нс} = 5 \text{ м; } h_{в} = 3 \text{ м; } h_{водом} = 1,5 \text{ м;}$$

Втрати напору на аварійній ділянці складуть:

$$h_{довж} = 0,5 \cdot 5,8 = 2,9 \text{ м; } h_{тр} = 1,1 \cdot 2,9 = 3,19 \text{ м.}$$

На неушкоджених ділянках потік транспортується двома трубопроводами, тому кожен із них пропускає половину загальної витрати:

$$0,5q_{сек}^{max} = 541,67 \text{ л/с.}$$

Для цих ділянок:

$$h_{довж} = 0,5 \cdot 1,6 = 0,8 \text{ м; } h_{тр} = 1,1 \cdot 0,8 = 0,88 \text{ м}$$

Отже, повний напір насосної станції становитиме:

$$H_{повн} = 2,56 + 3,19 + 0,88 + 5 + 1,5 + 3 = 16,1 \text{ м.}$$

2.3.4 Підбір насосного обладнання

Відповідно до розрахункової максимальної витрати $Q_{сек}^{max} = 3900 \text{ м}^3/\text{год}$ та необхідного напору $H_{повн} = 16,1 \text{ м}$ виконується вибір насосних агрегатів.

Для роботи каналізаційної насосної станції приймаються вертикальні каналізаційні насоси марки WILO EMU FA 40.75Z TA із сухим способом монтажу та діаметром робочого колеса 560 мм. Частота обертання робочого колеса становить 950 об/хв.

На станції встановлюються чотири насосні агрегати даної марки, з яких два працюють у робочому режимі, а два передбачені як резервні.

Основні характеристики обраного насоса наведені на рис. 2.1.

2.3.5 Побудова графіків сумісної роботи насосів і трубопроводів

Для визначення робочої точки системи «насос – трубопровід» на одному графіку в координатах (Q-H) наносяться характеристики насоса та трубопроводу. Точка їх перетину відповідає фактичним робочим параметрам системи — витраті та напору.

Характеристика трубопроводу описується рівнянням:

$$H = H_{ст} + S_{пр} \cdot Q^2. \quad (2.24)$$

де $H_{ст}$ — статичний напір системи:

$$H_{ст} = H_r + h_{св} = 12,56 + 3 = 15,56 \text{ м};$$

$S_{пр}$ — приведений коефіцієнт гідравлічного опору системи:

$$S_{пр} = \frac{h_{нс} + h_{водом} + h_{н.пр}}{(Q_{н.ст.})^2} = \frac{5 + 1,5 + 1,76}{(3900)^2} = 0,543 \cdot 10^{-6} \text{ год}^2/\text{м}^5. \quad (2.25)$$

На основі довільно вибраних значень витрати (Q) визначають відповідні значення напору (H), після чого отримані точки наносять на графік. З'єднання цих точок плавною кривою формує характеристику трубопровідної системи.

Побудований графік спільної роботи насосів і трубопроводів дає можливість оцінити режими функціонування системи та визначити її робочі параметри.

Оскільки в аварійному режимі необхідно забезпечити пропускання всієї розрахункової витрати на напірних водоводах передбачається встановлення перемички.

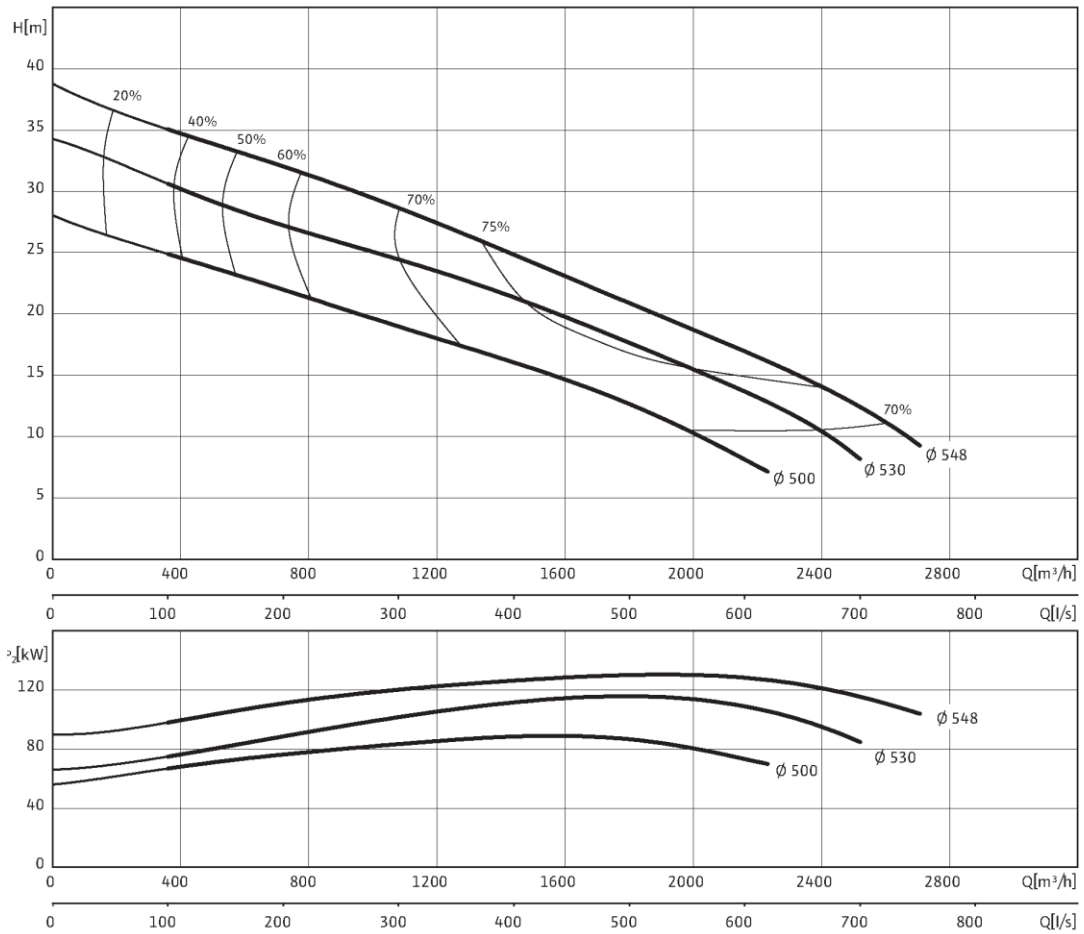
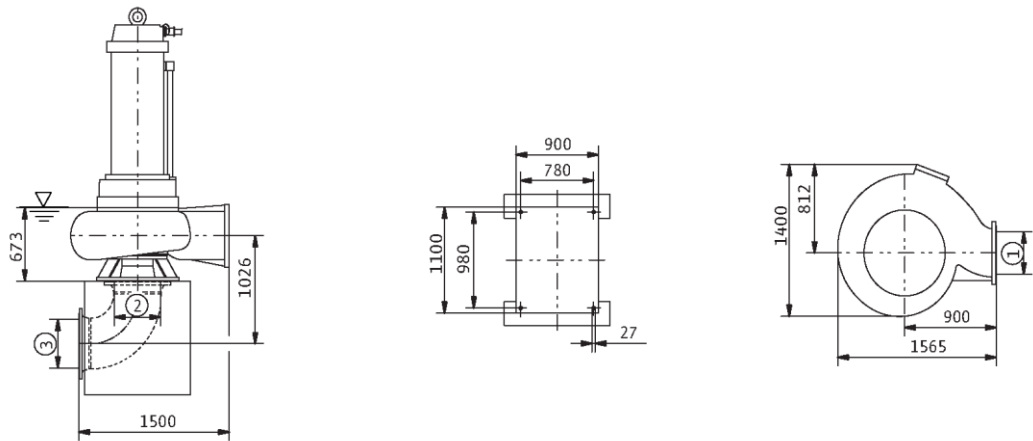


Рисунок 2.1 – Технічні характеристики насосу WILO EMU FA 40.75Z TA



1 = DN400 PN10 / ANSI B16.1, Class 125, Size 16; 2 = DN500 PN10 / ANSI B16.1, Class 125, Size 20; 3 = DN500 PN10

Рисунок 2.2 – Габаритне креслення WILO EMU FA 40.75Z TA - стаціонарна установка

$$S_{\text{привед}}^{\text{авар}} = \frac{\sum h_{\text{н.ст}}^{\text{авар}} + \sum h_{\text{водом}}^{\text{авар}} + \sum h_{\text{н.тр}}^{\text{авар}}}{Q_{\text{н.с.}}^2} = \frac{5 + 1,5 + 4,07}{(3900)^2} = 0,694 \cdot 10^{-6} \text{ год}^2/\text{м}^5. \quad (2.26)$$

На підставі отриманих даних будуються графіки сумісної роботи насосів із системою трубопроводів як для нормального, так і для аварійного режимів експлуатації.

2.3.6 Визначення ємності приймальних резервуарів

Приймальний резервуар каналізаційної насосної станції призначений для вирівнювання коливань припливу стічних вод та забезпечення стабільної роботи насосного обладнання.

Об'єм приймального резервуара визначається залежно від величини припливу стічних вод, продуктивності насосних агрегатів і допустимої кількості пусків електродвигунів. При цьому місткість резервуара повинна бути не меншою за п'ятихвилинну продуктивність одного насоса.

Розрахунковий об'єм резервуара визначається за формулою

$$W_{рез} = \frac{Q_{max.год} \cdot 5}{60} = \frac{3900 \cdot 5}{60} = 325 м^3 \quad (2.27)$$

Таким чином, необхідний об'єм приймального резервуара становить 325 м³.

2.3.7 Будівля насосної станції

Запроектована насосна станція призначена для перекачування господарсько-побутових та подібних до них за складом виробничих стічних вод із нейтральною реакцією середовища.

Габаритні розміри будівлі насосної станції в плані на відмітці ±0,000 становлять 18 × 39 м.

Підземна частина споруди розділена водонепроникною перегородкою на два основні відсіки: грабельне приміщення та приміщення насосних агрегатів. Приміщення насосного обладнання складається з надземної та підземної частин. У надземній частині розташовуються монтажні-ремонтні майданчики і вантажопідіймальне обладнання, тоді як у підземній частині встановлюються насосні агрегати.

На першому поверсі надземної частини, яка знаходиться над грабельним відділенням, передбачені монтажні майданчики. На другому поверсі

розміщуються електротехнічні, побутові та допоміжні приміщення. Для забезпечення безперебійної роботи насосна станція повинна отримувати електроживлення від двох незалежних джерел енергопостачання.

Фактична продуктивність насосної станції визначається за результатами аналізу графіків сумісної роботи насосів і напірних трубопроводів.

У грабельному відділенні встановлюються уніфіковані механічні решітки типу РМУ-4Б із шириною прозорів 16 мм. У каналах перед решітками передбачаються закладні елементи для монтажу щитових затворів. Піднімання та опускання затворів здійснюється за допомогою талі, яка обслуговує дане приміщення.

Відходи, що затримуються механічними решітками, спрямовуються на подрібнення. Для цього встановлюються дві дробарки молоткового типу Д-3Б. Після подрібнення відходи змішуються зі стічними водами, які подаються з напірного колектора в кількості 7–8 м³ на одну тону відходів. Отримана суміш повертається в канал перед механічними решітками.

Відходи, які не підлягають подрібненню, збираються у спеціальних контейнерах та періодично вивозяться за межі насосної станції. Робота механічних решіток, транспортерів та дробарок автоматизована, а їх пуск і зупинка здійснюються в автоматичному режимі.

У машинному залі передбачається встановлення чотирьох відцентрових каналізаційних насосів разом із всмоктувальними та напірними трубопровідними комунікаціями.

Відносні відмітки, наведені на кресленнях, прийняті відповідно до глибини закладання підвідних колекторів, яка становить 4,16 м. Підвідні колектори прокладаються з ухилом 0,003.

Під час виконання будівельних робіт необхідно додатково уточнити доцільність зрізання ґрунту навколо будівлі насосної станції залежно від фактичних умов будівельного майданчика.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ

3.1 Підвищення надійності та довговічності роботи мереж водовідведення за рахунок санації

Фактори, що впливають на надійність систем водовідведення

Системи водопостачання та водовідведення належать до об'єктів інженерної інфраструктури, які забезпечують життєдіяльність населених пунктів і функціонування промислових підприємств. Їх надійність повинна відповідати загальному рівню надійності енергетичного та комунального комплексу. Оскільки системи водовідведення безпосередньо пов'язані із забезпеченням санітарно-гігієнічних умов проживання населення, будь-які порушення їхньої роботи можуть спричинити значні соціальні, економічні та екологічні наслідки. Тому відмови таких систем вважаються небажаними, хоча повністю виключити їх виникнення в реальних умовах експлуатації практично неможливо.

На надійність функціонування систем комунального господарства впливає значна кількість факторів, які умовно поділяються на дві основні групи: випадкові та прогнозовані.

Випадкові фактори виникають незалежно від закономірностей розвитку системи та не піддаються точному прогнозуванню. До них належать механічні пошкодження окремих елементів мережі, раптові перебої в електропостачанні, аварії на суміжних інженерних комунікаціях, а також стихійні лиха, такі як повені, землетруси, урагани та інші природні явища.

Прогнозовані фактори пов'язані з природними процесами старіння та зношування елементів системи. До них належать фізичне старіння трубопроводів і споруд, корозійне руйнування матеріалів, виконання планових ремонтів, а також поступове збільшення навантаження на мережі внаслідок зростання чисельності населення, розвитку промисловості та розширення території забудови.

В окремих випадках фактори впливу поділяють на зовнішні та внутрішні. Зовнішні фактори обумовлені причинами, що не залежать від роботи самої

системи, наприклад природними катастрофами, аварійними відключеннями електроенергії або техногенними впливами. Внутрішні фактори пов'язані безпосередньо зі станом системи водовідведення та включають зношування обладнання, руйнування трубопроводів і споруд, а також недоліки технічної експлуатації.

Дія перелічених факторів може призводити до погіршення якості функціонування систем водовідведення та інших інженерних мереж. Наслідками такого впливу можуть бути:

- тимчасове зниження рівня надання комунальних послуг, зокрема транспортування та відведення стічних вод, яке не перевищує допустимих нормативних значень;
- тимчасове зниження ефективності роботи системи понад установлені нормативні межі, що характеризується як часткова відмова;
- повне припинення надання послуг з водовідведення, тобто повна відмова системи.

Для різних галузей комунального господарства встановлюються власні критерії оцінювання якості функціонування систем. Водночас чинні нормативні документи здебільшого регламентують параметри якості послуг, але не визначають конкретних показників надійності.

Оцінювання надійності систем водовідведення зазвичай включає виконання таких основних завдань:

1. Проведення перевірочних розрахунків існуючих та проєктованих споруд і обладнання з метою встановлення відповідності прийнятих технічних рішень вимогам будівельних норм і правил.
2. Визначення показників надійності діючих та проєктованих систем водовідведення.
3. Розроблення і впровадження організаційних та технічних заходів, спрямованих на підвищення надійності функціонування мереж.

4. Аналіз якості роботи системи з урахуванням умов експлуатації, допустимих перерв у наданні послуг та визначення заходів щодо покращення експлуатаційних показників.

Основні причини відмов мереж водовідведення

Порушення працездатності трубопровідних мереж можуть бути викликані різними причинами, серед яких найбільш поширеними є механічні пошкодження, корозійні процеси, руйнування стикових з'єднань та несправності запірно-регулювальної арматури.

Механічні пошкодження виникають унаслідок помилок під час проектування, неякісного виконання будівельно-монтажних робіт, проведення земляних робіт поблизу діючих комунікацій, а також в результаті осідання або зсуву ґрунтів. Такі пошкодження мають переважно випадковий характер і часто призводять до аварійних ситуацій.

Корозійні руйнування є однією з головних причин виходу трубопроводів з ладу. Особливо інтенсивно корозія проявляється на сталевих трубах, де з часом утворюються наскрізні отвори та свищі діаметром від декількох міліметрів до кількох сантиметрів, що спричиняє втрати герметичності системи.

Розгерметизація стикових з'єднань виникає з кількох причин:

- деформації трубопроводу внаслідок нерівномірного осідання ґрунту, що може бути пов'язано з недоліками влаштування основи під труби;
- виникнення температурних напружень у трубопроводах, особливо в осінньо-зимовий період, коли температура навколишнього середовища суттєво відрізняється від температури під час монтажу.

Окрему категорію складають відмови запірної арматури, які на практиці виникають навіть частіше, ніж пошкодження самих трубопроводів.

Для підземних сталевих трубопроводів структура відмов характеризується такими показниками:

- пошкодження лінійної частини трубопроводів становлять близько 35,5 % усіх випадків відмов;

- у межах цієї групи на пошкодження зварних швів припадає 19,5 %, на корозійні руйнування – 28,9 %, а на механічні пошкодження – 51,6 %;
- відмови арматури складають приблизно 65,5 % від загальної кількості відмов;
- серед відмов арматури найбільшу частку займають несправності засувок, які становлять близько 65,8 % від усіх пошкоджень даної групи.

Фактори зниження надійності водовідвідних мереж

Причини зниження надійності каналізаційних мереж можуть бути класифіковані за декількома групами факторів.

Проектний фактор.

Міцність окремих елементів трубопровідних систем, яка регламентується відповідними нормативними документами, зазвичай відповідає вимогам до даного виду споруд. Однак при об'єднанні окремих елементів у складну інженерну систему її загальна надійність може знижуватися. Це свідчить про можливі недоліки прийнятих розрахункових схем або про відхилення від проектних рішень на подальших стадіях реалізації проекту.

Технологічний фактор.

Важливий вплив на надійність системи має якість виготовлення будівельних конструкцій і труб. Уже на етапі виробництва можуть виникати дефекти, похибки та відхилення від вимог стандартів, які в подальшому негативно впливають на експлуатаційні характеристики мережі.

Під час обстеження партії із 180 залізобетонних труб, виготовлених для будівництва другої черги головного каналізаційного колектора м. Макіївка, було виявлено значну кількість виробничих дефектів. Візуальний контроль дозволив встановити наявність підвищеної шорсткості внутрішньої поверхні труб, дефектів бетону, пошкоджень стикових елементів та інших недоліків, що негативно впливають на гідравлічні характеристики мережі та сприяють виникненню засмічень.

Крім того, були зафіксовані порушення правил транспортування і розвантаження труб, що супроводжувалися виникненням динамічних ударів і додаткових пошкоджень конструкцій.

Аналіз результатів обстеження показав, що значна частина труб мала відхилення від нормативних вимог. Серед найбільш поширених дефектів були виявлені підвищена шорсткість внутрішньої поверхні, оголення арматури, пошкодження захисного шару бетону, кільцеві тріщини, каверни та дефекти розтрубних з'єднань. Наявність таких недоліків негативно впливає на експлуатаційні характеристики трубопроводів, знижує їхню довговічність і сприяє передчасному розвитку аварійних ситуацій.

Порівняння технологічних дефектів із їх впливом на експлуатаційний стан трубопроводів свідчить про те, що ще на етапі виготовлення можуть формуватися передумови для виникнення аварійних ситуацій у майбутньому. Навіть незначні відхилення від вимог стандартів здатні прискорити процес руйнування конструкцій та скоротити термін їх безаварійної роботи.

Будівельний фактор.

Будівельний фактор значною мірою характеризує рівень організації та культури виконання будівельно-монтажних робіт. Його вплив безпосередньо залежить від кваліфікації працівників, дотримання технологічних вимог, а також відповідальності виконавців робіт.

Недостатній контроль якості під час будівництва, порушення технології монтажу, недотримання проєктних рішень та нормативних вимог можуть призвести до виникнення прихованих дефектів, які проявляються вже під час експлуатації споруд. Додатковий негативний вплив мають складні інженерно-геологічні умови, високий рівень ґрунтових вод, несприятливі погодні умови та сезонність виконання робіт.

Усі перелічені чинники здатні суттєво погіршувати якість будівництва трубопроводних систем, що в подальшому безпосередньо впливає на їхню надійність та довговічність.

Експлуатаційний фактор.

Експлуатаційний фактор є одним із найважливіших, оскільки саме в процесі роботи проявляються всі недоліки, допущені на стадіях проектування, виготовлення конструкцій та будівництва.

Порушення правил технічної експлуатації, несвоєчасне проведення профілактичних заходів, недостатній контроль технічного стану споруд і обладнання можуть значно прискорювати процес зношування мереж та збільшувати ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

Особливість експлуатаційного фактора полягає в тому, що він має імовірнісний характер. Навіть незначні дефекти, які не були виявлені на попередніх етапах, з часом можуть розвиватися та призводити до серйозних пошкоджень елементів системи.

Аварійні ситуації на мережах водовідведення створюють загрозу для життя та здоров'я населення, завдають значної шкоди навколишньому природному середовищу, а також можуть призводити до руйнування матеріальних цінностей та об'єктів інфраструктури.

Екологічний ризик супроводжує як процес будівництва, так і експлуатацію об'єктів водовідведення. Він є складовою загального техногенного ризику та проявляється у вигляді забруднення поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря, земельних ресурсів, лісових масивів та інших компонентів природного середовища.

Наслідком аварій на каналізаційних мережах можуть бути витoki неочищених стічних вод, які призводять до порушення екологічної рівноваги, погіршення санітарного стану територій та виникнення небезпеки для населення.

Надійність каналізаційних мереж та шляхи її забезпечення

Каналізаційні мережі повинні проектуватися, будуватися та експлуатуватися таким чином, щоб забезпечувати безперервне і надійне транспортування стічних вод до очисних споруд. Основною вимогою до таких

систем є їхня здатність виконувати свої функції протягом усього нормативного терміну служби без суттєвого погіршення експлуатаційних показників.

Під надійністю каналізаційної мережі розуміють комплексну властивість системи, яка включає безвідмовність, довговічність та ремонтпридатність.

Безвідмовність характеризує здатність мережі виконувати свої функції без порушення працездатності протягом визначеного часу.

Довговічність визначається можливістю тривалої експлуатації мережі до настання граничного стану за умови виконання необхідного технічного обслуговування та ремонтів.

Ремонтпридатність характеризує здатність системи до швидкого відновлення працездатності після виникнення пошкоджень або несправностей.

Порушення безвідмовності проявляється у вигляді відмов мережі. У практиці експлуатації каналізаційних систем замість терміна «відмова» частіше використовуються поняття «аварія», «засмічення», «закупорювання трубопроводу», «пошкодження» або «порушення роботи мережі». Незважаючи на відмінності у формулюваннях, усі вони характеризують ситуації, за яких система не може повноцінно виконувати свої функції.

Як і будь-яка складна технічна система, каналізаційна мережа може підвищувати свою надійність шляхом резервування окремих елементів та створення запасу міцності конструкцій.

Теоретично найбільш надійним рішенням могла б бути система з повним дублюванням трубопроводів по всій довжині мережі. Однак реалізація такого підходу є економічно недоцільною через значну протяжність каналізаційних колекторів та великі витрати на будівництво.

Водночас у ряді випадків дублювання окремих ділянок мережі є доцільним або навіть необхідним. Зокрема, резервні трубопроводи передбачаються при перетині важливих транспортних магістралей, водних перешкод, тунелів, ярів, а також на відповідальних ділянках системи, вихід з ладу яких може спричинити значні негативні наслідки.

Важливою складовою забезпечення надійності є ремонтпридатність мережі. Для цього необхідно забезпечити доступ до основних споруд та елементів системи з метою проведення регулярних оглядів, профілактичних заходів та ремонтних робіт.

Каналізаційна мережа ефективно виконує свою функцію транспортування стічних вод за умови дотримання таких вимог:

1. Мінімальна кількість засмічень, закупорювань та пошкоджень трубопроводів, які можуть спричинити вилив стічних вод на поверхню землі або затоплення підземних споруд.
2. Відсутність скидання неочищених стічних вод у природні водойми без належного очищення.
3. Оперативне виявлення та ліквідація випадкових засмічень трубопроводів.
4. Своєчасне проведення поточних ремонтів і усунення незначних дефектів споруд та обладнання.

Практика експлуатації показує, що трудові витрати на обслуговування каналізаційних мереж розподіляються нерівномірно. Близько 10 % витрат праці припадає на періодичні огляди, 38 % — на профілактичне прочищення трубопроводів, 40 % — на ліквідацію засмічень і лише 12 % — на виконання поточних ремонтів.

Таким чином, найбільших витрат потребують роботи, пов'язані із запобіганням та усуненням засмічень, що підтверджує важливість своєчасного технічного обслуговування мереж водовідведення.

Причини виникнення засмічень та заходи щодо їх усунення

Для ефективної боротьби із засміченнями в каналізаційних мережах необхідно детально вивчати склад стічних вод, характер забруднень, їх концентрацію, а також умови транспортування потоку по трубопроводах. Не менш важливим є визначення причин накопичення відкладень у трубах і лотках оглядових колодязів, оскільки саме ці фактори найчастіше призводять до погіршення пропускної здатності мережі та виникнення аварійних ситуацій.

Нерозчинні тверді домішки, що містяться у стічних водах, залежно від власної густини та швидкості руху потоку займають різне положення в поперечному перерізі трубопроводу. Характер їх переміщення безпосередньо впливає на процес утворення відкладень та засмічень.

Важкі предмети та частинки, які випадково потрапляють у каналізаційну мережу, зазвичай переміщуються по дну трубопроводу. До таких домішок належать дрібне каміння, щебінь, пісок, вугілля, уламки скла, металеві предмети, консервні банки, а також кістки риб і тварин. За умови зниження швидкості руху стічних вод, особливо в періоди мінімального водовідведення, ці речовини поступово накопичуються на дні труб і можуть формувати щільні нерухомі відкладення.

Окрему групу становлять легкі плаваючі домішки, які переміщуються переважно у верхній частині потоку. До них належать жири, масла, смоли, нафтопродукти, гума, корки, деревна стружка, сірники, текстильні волокна та інші подібні речовини. Такі забруднення здатні накопичуватися на внутрішніх поверхнях трубопроводів, поступово зменшуючи їхній живий переріз.

Інша частина нерозчинних речовин перебуває у завислому стані та розподіляється по всьому перерізу потоку. До цієї категорії відносяться папір, дрібні ганчірки, волосся, нитки, волокнисті матеріали, залишки харчових продуктів та інші переважно органічні домішки. За певних умов вони можуть утворювати скупчення, які сприяють формуванню закупорок.

Досвід експлуатації каналізаційних мереж свідчить, що найбільш поширеними причинами порушення їх роботи є саме засмічення. Вони виникають у результаті накопичення ущільнених відкладень або потрапляння до трубопроводів сторонніх предметів, не характерних для побутових і виробничих стічних вод.

У процесі ліквідації пошкоджень та проведення ремонтних робіт важливе значення має тривалість відключення об'єктів від експлуатації. Загальний час

ремонту складається з двох основних складових: організаційного та активного періодів.

Організаційний період включає підготовку до виконання ремонтних робіт, мобілізацію необхідних матеріалів, техніки та персоналу, оформлення документації та підготовку робочої зони. Активний період охоплює безпосереднє виконання ремонтних операцій.

Скорочення тривалості кожного з цих етапів дає можливість зменшити загальний термін проведення ремонтів, підвищити ефективність експлуатації мереж та знизити економічні втрати, пов'язані з простоєм системи.

Зниження витрат на ремонт мереж, енерговитрат та строків виконання робіт

Одним із важливих напрямів підвищення ефективності функціонування систем водовідведення є скорочення експлуатаційних витрат та витрат на проведення ремонтних робіт. Для досягнення цієї мети застосовуються різноманітні енергозберігаючі, конструктивні та технологічні заходи.

Залежно від обсягу необхідних капіталовкладень енергозберігаючі заходи поділяються на безвитратні, маловитратні, середньовитратні та високовитратні.

Безвитратні та маловитратні енергозберігаючі заходи

Реалізація безвитратних і маловитратних заходів не потребує значних фінансових вкладень. Як правило, вони окуповуються протягом декількох місяців завдяки зменшенню експлуатаційних витрат та підвищенню ефективності роботи обладнання.

До таких заходів належать:

1. Дотримання правил технічної експлуатації систем водовідведення та обладнання.

Належна експлуатація передбачає своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів, контроль технічного стану насосного обладнання, заміну ущільнень, підтягування сальникових вузлів, ремонт або заміну несправної арматури, а також оперативне усунення витоків і дефектів.

Своєчасне виконання цих робіт дозволяє підтримувати обладнання у працездатному стані та запобігати розвитку аварійних ситуацій.

2. Заміна традиційних ущільнень насосного обладнання сучасними матеріалами.

Зокрема, ефективним заходом є використання ущільнень на основі тефлону замість азбестографітових матеріалів. Таке рішення забезпечує збільшення терміну служби ущільнювальних елементів у середньому в шість разів.

Додаткові витрати на придбання сучасних матеріалів компенсуються протягом відносно короткого періоду, який зазвичай не перевищує шести місяців.

3. Модернізація трубопровідної арматури.

Встановлення сучасної запірно-регулювальної арматури замість морально та фізично застарілих конструкцій дозволяє знизити втрати енергії, покращити керованість системою та підвищити загальну надійність її роботи.

Середньовитратні енергозберігаючі заходи

До середньовитратних належать заходи, витрати на впровадження яких окупуються протягом двох-трьох років експлуатації.

1. Оптимізація режимів роботи насосного обладнання.

Значна частина енерговитрат у системах водовідведення припадає на роботу насосних станцій. Тому важливим напрямом енергозбереження є забезпечення раціональних режимів роботи насосів.

Для цього можуть застосовуватися такі заходи:

- заміна малопродуктивних насосних агрегатів більш ефективними моделями;
- підбір насосів відповідно до фактичних гідравлічних характеристик мережі;
- відновлення паспортного коефіцієнта корисної дії насосів шляхом заміни ущільнень та балансування робочих коліс;
- автоматизація управління насосними агрегатами;

- використання частотно-регульованих електроприводів для плавного регулювання продуктивності насосів.

Застосування частотного регулювання дозволяє адаптувати роботу насосного обладнання до фактичних витрат стічних вод та значно зменшити споживання електроенергії.

2. Боротьба з утворенням відкладень у трубопроводах.

Накопичення відкладень на внутрішніх поверхнях труб призводить до збільшення гідравлічного опору та погіршення роботи системи.

Для боротьби з відкладеннями використовують механічні та хімічні методи очищення. Проведення таких робіт, як правило, потребує тимчасового виведення окремих ділянок мережі з експлуатації.

У сучасній практиці широко застосовуються автоматизовані установки для обробки води спеціальними реагентами типу комплексонів. Додавання таких речовин у невеликих концентраціях запобігає утворенню відкладень та сприяє підтриманню необхідних гідравлічних характеристик трубопроводів.

3. Виявлення та усунення витоків.

Втрати води через нещільності трубопроводів призводять до значних економічних збитків та погіршення експлуатаційних показників системи.

Локалізація місць витоків є складним технічним завданням і потребує використання спеціалізованого обладнання. Для цього застосовуються акустичні течешукачі, які фіксують звукові коливання, що виникають у місцях пошкодження трубопроводів.

Ефективним способом контролю також є встановлення приладів обліку води на вводах у будівлі, що дозволяє оперативно виявляти аномальні витрати та приховані витoki.

4. Диспетчеризація та автоматизовані системи керування.

Впровадження диспетчерських систем і автоматизованих систем керування технологічними процесами у поєднанні з частотно-регульованими

електроприводами забезпечує суттєве підвищення ефективності роботи систем водовідведення.

Такі системи дозволяють оптимізувати режими роботи обладнання, оперативно контролювати параметри функціонування мережі та своєчасно виявляти аварійні ситуації.

5. Стимулювання раціонального використання ресурсів.

Важливу роль у забезпеченні енергозбереження відіграє зацікавленість населення та персоналу підприємств у раціональному використанні водних та енергетичних ресурсів.

Встановлення приладів обліку води, тепла та електроенергії, а також перехід до оплати відповідно до фактичного споживання сприяють підвищенню відповідальності споживачів та зменшенню непродуктивних витрат ресурсів.

6. Аналіз режимів роботи систем водовідведення.

Важливим напрямом підвищення ефективності є систематичний аналіз режимів роботи насосних станцій та очисних споруд. Отримані результати дозволяють виявляти нераціональні режими експлуатації та розробляти заходи щодо їх оптимізації.

Високовитратні енергозберігаючі заходи

До високовитратних належать заходи, реалізація яких потребує значних капіталовкладень, однак у перспективі вони забезпечують суттєве зниження експлуатаційних витрат, підвищення надійності роботи систем водовідведення та скорочення витрат енергетичних ресурсів.

1. Удосконалення системи обліку та контролю енергоспоживання.

Одним із найважливіших напрямів енергозбереження в електрогосподарстві систем водовідведення є впровадження автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ). Такі системи забезпечують безперервний моніторинг споживання електричної енергії, дозволяють отримувати достовірну інформацію про фактичні витрати електроенергії окремими об'єктами та оперативно виявляти нераціональне використання енергетичних ресурсів.

Використання АСКОЕ створює можливість переходу на більш ефективні схеми тарифікації електроенергії, оптимізації режимів роботи обладнання та скорочення витрат на енергозабезпечення підприємств водопровідно-каналізаційного господарства.

2. Будівництво та модернізація очисних споруд із впровадженням утилізаційного обладнання.

Важливим напрямом підвищення енергоефективності є будівництво сучасних очисних споруд або реконструкція існуючих об'єктів із застосуванням обладнання для утилізації вторинних ресурсів.

Економічний ефект від впровадження таких заходів досягається не лише за рахунок отримання теплової енергії у вигляді гарячої води або пари, але й завдяки можливості вилучення та подальшого використання окремих компонентів стічних вод як вторинної сировини.

Сучасні технології очищення стічних вод дозволяють здійснювати утилізацію осадів, виробляти біогаз та використовувати його для покриття частини енергетичних потреб очисних споруд. Це сприяє підвищенню енергетичної незалежності підприємств та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Роль санації у підвищенні надійності та довговічності мереж водовідведення

Однією з найбільш актуальних проблем експлуатації систем водовідведення є поступове старіння трубопроводів та споруд. Тривала експлуатація мереж призводить до зношування матеріалів, утворення тріщин, корозійних пошкоджень, втрати герметичності стиків і зниження пропускної здатності трубопроводів.

Традиційним способом усунення подібних дефектів тривалий час залишалася повна заміна аварійних ділянок трубопроводів відкритим способом. Проте такий метод потребує значних фінансових витрат, пов'язаний із великими

обсягами земляних робіт, порушенням благоустрою територій та створенням суттєвих незручностей для населення.

У зв'язку з цим все більшого поширення набувають технології санації трубопроводів, які дозволяють відновлювати експлуатаційні характеристики мереж без необхідності повного демонтажу існуючих конструкцій.

Санація являє собою комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на відновлення або покращення технічного стану трубопроводів із максимальним збереженням існуючої інфраструктури. Основною метою санації є продовження терміну служби мереж, підвищення їхньої надійності та зниження ймовірності виникнення аварійних ситуацій.

Застосування сучасних методів санації дозволяє усувати широкий спектр дефектів, серед яких:

- корозійне руйнування стінок труб;
- тріщини та локальні пошкодження конструкцій;
- порушення герметичності стикових з'єднань;
- інфільтрація ґрунтових вод через дефекти трубопроводів;
- ексфільтрація стічних вод у навколишнє середовище;
- зменшення пропускної здатності внаслідок утворення відкладень;
- часткові деформації труб та зміщення стиків.

Використання технологій санації забезпечує суттєве підвищення надійності функціонування мереж водовідведення. Після виконання відновлювальних робіт трубопроводи набувають нових експлуатаційних характеристик, що дозволяє значно збільшити строк їхньої служби та знизити витрати на поточне утримання.

Особливо важливим є те, що більшість сучасних методів санації належать до безтраншейних технологій. Це дозволяє виконувати ремонтні роботи без значного розкриття поверхні землі, що суттєво зменшує обсяги земляних робіт та скорочує терміни реалізації проектів.

Перевагами застосування безтраншейних технологій санації є:

- мінімальне порушення транспортного руху та міської інфраструктури;

- збереження дорожніх покриттів і благоустрою території;
- скорочення строків виконання робіт;
- зменшення витрат на відновлення поверхонь після ремонту;
- підвищення екологічної безпеки робіт;
- зниження ризику пошкодження суміжних інженерних комунікацій;
- можливість виконання ремонту в умовах щільної міської забудови.

Санація трубопроводів дозволяє не лише усунути наявні дефекти, але й підвищити гідравлічну ефективність мережі. Використання сучасних полімерних матеріалів із гладкою внутрішньою поверхнею сприяє зменшенню коефіцієнта шорсткості труб, що забезпечує покращення умов транспортування стічних вод та зменшення втрат напору.

Економічна ефективність санації обумовлена зниженням витрат на аварійно-відновлювальні роботи, скороченням кількості пошкоджень мереж та зменшенням експлуатаційних витрат протягом усього життєвого циклу трубопроводу.

Таким чином, застосування сучасних технологій санації є одним із найбільш перспективних напрямів підвищення надійності, довговічності та ефективності функціонування систем водовідведення. Використання цих технологій дозволяє забезпечити стабільну роботу мереж, зменшити ризик виникнення аварійних ситуацій та продовжити термін експлуатації трубопроводів без необхідності їх повної заміни.

3.2 Організація роботи та експлуатація систем водовідведення

Аналіз умов функціонування водопровідно-каналізаційних систем

На підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства організовується система моніторингу, призначена для постійного спостереження за зміною факторів, що впливають на функціонування систем водопостачання та водовідведення. Отримані в процесі моніторингу дані систематично аналізуються, а у випадках, коли негативні тенденції можуть бути усунені або

сповільнені, розробляються та впроваджуються відповідні технічні й організаційні заходи. До таких заходів належать ліквідація витоків, зменшення інфільтрації, удосконалення систем обліку води та інші роботи, спрямовані на покращення експлуатаційних показників систем.

Якщо ж зміни мають незворотний характер, проводиться їх прогнозування та розробляються заходи щодо підвищення надійності окремих елементів або споруд системи.

На сучасному етапі розвиток водопровідно-каналізаційного господарства стримується низкою проблем. Основними серед них є недостатність фінансових ресурсів для забезпечення належної експлуатації та ремонту мереж і споруд, значний фізичний знос обладнання, недосконалість системи управління галуззю, а також потреба в удосконаленні нормативно-правової бази, яка регламентує діяльність підприємств водопостачання та водовідведення.

Оперативне управління системами водопостачання та водовідведення

Споруди та обладнання систем водопостачання і каналізації зазвичай розташовані на значній території та знаходяться на великій відстані одне від одного. Для забезпечення їх узгодженої та безперебійної роботи використовується диспетчерське управління.

Основним завданням диспетчерської служби є розроблення пропозицій щодо оптимізації роботи окремих об'єктів і всієї системи в цілому, контроль за дотриманням встановлених режимів роботи та своєчасне внесення коригувань у разі виникнення відхилень. Оптимізація режимів експлуатації здійснюється на основі аналізу показників якості функціонування системи.

Управлінські рішення приймаються на підставі оперативної інформації, яка надходить до диспетчера з контрольних точок системи. Ця інформація дозволяє оцінити відповідність фактичних режимів роботи встановленим параметрам та своєчасно виявляти відхилення.

Наприклад, робота насосної станції характеризується величиною напору в напірних трубопроводах, обсягом перекачаної рідини та іншими технологічними

показниками. Про безперебійність водопостачання свідчить підтримання необхідного рівня вільного напору в контрольних точках мережі.

Необхідна інформація може надходити як від обслуговуючого персоналу, так і автоматично від датчиків тиску, рівня, витрати та інших вимірювальних приладів.

Оскільки потреби споживачів постійно змінюються, встановлений режим роботи через певний час може перестати відповідати фактичному навантаженню системи. Такі зміни відображаються у значеннях контрольованих параметрів та потребують оперативного реагування.

Більшість ситуацій, які виникають під час експлуатації систем, повторюються регулярно та можуть бути спрогнозовані. Саме тому значна частина диспетчерського управління сьогодні здійснюється в автоматизованому режимі. Для цього використовуються програмні комплекси, які забезпечують автоматичне формування керуючих команд у відповідь на сигнали від контрольних приладів.

У випадках виникнення непередбачуваних аварійних ситуацій, таких як розрив трубопроводу або необхідність забезпечення пожежогасіння, функції управління повністю переходять до диспетчера. Виведення будь-якого обладнання або споруди з експлуатації чи переведення їх у резервний режим допускається лише за погодженням з диспетчерською службою. Диспетчер несе відповідальність за прийняті рішення та повинен мати необхідні повноваження для оперативного керування системою.

На великих підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства застосовується багаторівнева структура диспетчерського управління. У такій системі функціонують центральна диспетчерська служба та локальні диспетчерські пункти на окремих виробничих об'єктах, наприклад насосних або очисних станціях. При цьому повноваження та межі відповідальності кожної диспетчерської служби повинні бути чітко визначені.

Контроль експлуатації та ведення виробничої документації

Оперативне управління виробничими процесами супроводжується постійним виробничим контролем, головною метою якого є перевірка ефективності виконання технологічних операцій та підтвердження дотримання встановлених режимів роботи.

Для цього здійснюється контроль параметрів, які характеризують функціонування об'єктів системи. Вимірювання повинні виконуватися виключно за допомогою сертифікованих приладів, таких як витратоміри, манометри, рівнеміри та інші засоби вимірювальної техніки.

Контрольні вимірювання проводяться у спеціально визначених точках, погоджених під час пусконаладжувальних робіт. Вибір місць вимірювання здійснюється таким чином, щоб отримані результати найбільш повно характеризували роботу відповідного об'єкта.

Монтаж і експлуатація вимірювальних приладів виконуються відповідно до вимог виробників обладнання та чинних нормативних документів. Особлива увага приділяється правильності зняття показань та своєчасності їх реєстрації.

Як правило, контрольні показники фіксуються щогодини або з іншою періодичністю, встановленою технологічним регламентом чи вимогами диспетчерської служби. На автоматизованих об'єктах контроль параметрів може здійснюватися безперервно з автоматичною передачею інформації до диспетчерського пункту та формуванням сигналів тривоги при відхиленні показників від допустимих значень.

Для підтримання виробничих фондів у справному стані проводиться систематичний моніторинг технічного стану споруд, обладнання та інженерних мереж. За результатами такого моніторингу виконуються профілактичні заходи, поточні та капітальні ремонти. У разі необхідності приймаються рішення щодо реконструкції або повної заміни об'єктів, які вичерпали свій ресурс.

Виконання робіт з моніторингу та технічного обслуговування покладається на оперативний персонал підприємства за участю ремонтних і спеціалізованих служб.

Усі виробничі процеси підлягають обов'язковому документуванню. Оператори ведуть експлуатаційні журнали, до яких заносяться технологічні показники роботи обладнання, результати оглядів, виявлені несправності та заходи щодо їх усунення.

Експлуатаційні журнали є основним джерелом інформації для аналізу роботи виробничих об'єктів, тому вони повинні заповнюватися своєчасно, грамотно та містити повну й достовірну інформацію.

Забезпечення надійності систем і споруд у процесі експлуатації

Під час аналізу надійності роботи систем водовідведення особливу увагу приділяють виявленню причин виникнення відмов, тривалих простоїв обладнання та передчасного зносу споруд.

Для підтримання необхідного рівня безвідмовності здійснюється комплекс заходів технічного обслуговування, до якого входять профілактичні роботи та планово-попереджувальні ремонти. Разом з тим значна частина аварійних ситуацій виникає не лише внаслідок фізичного зносу обладнання, а й через помилки персоналу, неправильне призначення режимів роботи або порушення технологічних регламентів.

Ремонтопридатність об'єктів значною мірою залежить від того, наскільки під час експлуатації зберігалися проєктні умови їх роботи. Затримки у виконанні ремонтів часто пов'язані з недосконалою організацією ремонтних служб або неточним прогнозуванням обсягів ремонтних робіт, яке повинно базуватися на результатах технічної діагностики.

Показники довговічності споруд та обладнання значною мірою визначаються якістю технічного обслуговування, своєчасністю проведення ремонтів, рівнем виконання будівельно-монтажних робіт, а також якістю використаних матеріалів і технічних засобів.

Екологічність процесу експлуатації

Експлуатація систем водопостачання та водовідведення неминуче супроводжується впливом на навколишнє середовище. Під час функціонування об'єктів можуть утворюватися забруднені стічні води, осади, газоподібні викиди, а також виникати шумове навантаження та порушення природного стану територій і водних об'єктів.

У таблиці 3.1 наведено основні види негативного впливу, що виникають при експлуатації каналізаційних мереж, насосних станцій та очисних споруд.

Мережі водовідведення в процесі роботи можуть стати джерелом забруднення ґрунтів і підземних вод через просочування неочищених стоків крізь пошкодження трубопроводів. Забруднення також можливе внаслідок виходу стічних вод на поверхню через засмічення мереж, перевантаження системи або аварійні скиди через випуски насосних станцій.

Таблиця 3.1 – Види екологічного впливу систем водовідведення на навколишнє середовище

| Об'єкти | Стічні води | Гази | Осади | Шуми | Порушення природних умов водних джерел | Забруднення територій |
|---------------------------------------|-------------|------|-------|------|--|-----------------------|
| Мережі та насосні станції каналізації | + | + | - | + | + | + |
| Очисні споруди каналізації | + | + | + | + | + | + |

Примітка: знак «+» означає наявність відповідного впливу.

Під час транспортування стічних вод трубопроводами та каналами в атмосферу виділяються різні гази, серед яких найбільше значення має сірководень, що погіршує якість повітря.

На очисних спорудах каналізації також відбувається утворення газових викидів. Крім того, можливі випадки потрапляння стічних вод на прилеглу територію та в ґрунт, а в аварійних ситуаціях – їх скид через спеціальні випуски. У процесі очищення утворюються осади, які становлять потенційну санітарну небезпеку. Їх стабілізація та зневоднення супроводжуються виділенням газів, а сушіння на мулових майданчиках може спричиняти забруднення ґрунтів, атмосферного повітря та поверхневого стоку. Такі майданчики також потребують значних земельних площ.

Експлуатація об'єктів водовідведення повинна здійснюватися відповідно до вимог екологічної безпеки. Це передбачає підтримання екологічної рівноваги та недопущення негативного впливу на довкілля і здоров'я населення.

Для забезпечення екологічної безпеки необхідно визначати допустимий рівень впливу на природні екосистеми шляхом встановлення екологічних нормативів. Такі нормативи регламентують склад і кількість забруднюючих речовин, що надходять у навколишнє середовище, а також допустимі рівні шумового та інших фізичних впливів.

Водопровідно-каналізаційне підприємство розробляє екологічний паспорт, у якому містяться відомості про вплив виробничої діяльності на довкілля, умови природокористування та встановлені нормативи впливу. Зміст цього документа регулярно оновлюється відповідно до змін вихідних даних.

Контроль за дотриманням екологічних вимог здійснюється за допомогою системи моніторингу, оснащеної необхідними засобами вимірювання та контролю.

Слід враховувати, що погіршення якості води у водному об'єкті може бути спричинене не лише недостатньою ефективністю очищення стоків, а й аварійними скидами неочищених стічних вод через випуски насосних станцій. Тому доцільним є впровадження автоматизованих систем контролю за роботою аварійних випусків.

Одними з основних джерел забруднення атмосфери та ґрунтів залишаються осади, що утворюються в процесі очищення природних і стічних вод. Підвищену небезпеку становлять також об'єкти хлорного господарства, де можливі аварійні викиди хлору або аміаку в атмосферне повітря.

Нагляд за дотриманням встановлених екологічних нормативів здійснюється підприємством водопровідно-каналізаційного господарства. Виявлені порушення використовуються як один із критеріїв оцінки екологічної безпечності об'єктів системи.

Економічність як показник якості експлуатації

Одним із найважливіших показників ефективності експлуатації систем водопостачання та водовідведення є економічність. Найбільш повно вона характеризується собівартістю продукції, тобто сумою витрат на виробництво однієї калькуляційної одиниці продукції (1000 м³ води або стічних вод).

Собівартість визначається за формулою

$$C = \frac{Z}{W} \quad (3.1)$$

де Z – річні експлуатаційні витрати системи водопостачання або каналізації, тис. грн;

W – річна продуктивність системи, виражена в калькуляційних одиницях.

До складу річних експлуатаційних витрат входять витрати на електричну та теплову енергію, амортизаційні відрахування, оплату праці персоналу, матеріали та реагенти, цехові витрати, обслуговування внутрішньобудинкових мереж, а також інші виробничі витрати. Найбільшу частку в структурі собівартості, як правило, займають витрати на енергоносії, амортизацію, заробітну плату та реагенти.

У системах водовідведення основними споживачами електроенергії є насосні агрегати та повітродувне обладнання. Зниження енергоспоживання досягається шляхом забезпечення роботи устаткування з високим коефіцієнтом корисної дії. Для цього необхідно правильно підбирати режими роботи,

своєчасно виконувати регулювання та підтримувати обладнання у справному технічному стані. У багатьох випадках модернізація або заміна застарілого обладнання на сучасніше дозволяє швидко компенсувати понесені витрати за рахунок економії електроенергії.

Амортизаційні відрахування безпосередньо залежать від вартості основних фондів. За несприятливих умов експлуатації, які прискорюють фізичне зношення споруд і обладнання, амортизаційні витрати можуть істотно зростати. Ефективним способом їх скорочення є своєчасне проведення ремонтів, реконструкції та відновлення об'єктів. Зокрема, санація водопровідних і каналізаційних мереж дозволяє значно продовжити термін їх експлуатації та відновити працездатність без повної заміни.

Зменшення витрат на оплату праці досягається завдяки раціональній організації виробничих процесів і підтриманню оптимальної чисельності персоналу, достатньої для забезпечення безпечної та безперебійної роботи системи.

Витрати на реагенти можуть бути скорочені шляхом оптимізації їх дозування з урахуванням фактичних умов очищення води та технологічних вимог виробництва.

3.3 Зниження надійності каналізаційних мереж внаслідок корозії трубопроводів. Основні закономірності корозійного руйнування бетонних і залізобетонних самопливних колекторів

Результати багаторічних спостережень свідчать, що основною причиною пошкодження бетонних і залізобетонних самопливних колекторів є корозійні процеси, які виникають під впливом експлуатаційного середовища. Більшість дослідників пов'язують розвиток цих процесів із життєдіяльністю мікроорганізмів, що входять до складу біологічних забруднень стічних вод.

Інтенсивність і характер корозійних руйнувань визначаються рядом факторів, серед яких:

- склад і властивості бетону, що залежать від якості та кількості компонентів, способу ущільнення суміші, щільності матеріалу та режимів його теплової обробки;
- склад стічних вод, зокрема наявність органічних речовин, кислотних або лужних домішок;
- гази, які утворюються в каналізаційних колекторах під час транспортування стоків, зокрема сірководень, вуглекислий газ, аміак та метан.

Дослідження показали такі закономірності розвитку корозії:

1. Руйнування колекторів під впливом сірководню спостерігається переважно в населених пунктах, де стічні води містять підвищену кількість сульфатів, а температура стоків перевищує 20 °С.
2. У бетонних колекторах, якими транспортуються свіжі стічні води з високою концентрацією сульфатів, корозія практично не виникає за умови забезпечення швидкостей потоку, достатніх для самоочищення труб.
3. Руйнування бетону окисненим сірководнем відбувається незалежно від способу прокладання колектора.
4. Початкові ділянки каналізаційних мереж є найбільш сприятливими для використання бетонних труб, оскільки стічні води тут ще не зазнали процесів загнивання.
5. Захисні покриття з керамічної плитки, бітумних матеріалів або сірчано-піщаних замазок не забезпечують достатнього захисту бетону від корозійного впливу.
6. Одним із найефективніших методів боротьби з корозією є попередня обробка стічних вод хлором, що пригнічує розвиток бактерій, які утворюють агресивні гази.

Основні причини формування агресивного середовища в трубопроводах. Хімічні процеси корозії бетонних колекторів

У лотковій частині каналізаційних колекторів поступово накопичуються осади, що випадають зі стічних вод. За відсутності кисню в цих відкладах активно розвиваються сульфатвідновлювальні бактерії, продуктами життєдіяльності яких є сірководень (H_2S) і вуглекислий газ (CO_2).

Сірководень накопичується в надводній частині колектора та конденсується на внутрішніх поверхнях труб. Тут він окиснюється тіоновими бактеріями з утворенням сірчаної кислоти, яка поступово руйнує бетонні конструкції (рисунок 3.2).

Біокорозія каналізаційних труб можлива лише за наявності у стічних водах сірководню. Процес руйнування зазвичай розглядається як двостадійний. На першому етапі сульфатвідновлювальні бактерії генерують сірководень. На другому етапі після його осадження на поверхні труб тіонові бактерії окиснюють його до сірчаної кислоти, яка активно взаємодіє з цементним каменем і спричиняє його руйнування.



Рисунок 3.2 – Схема корозії бетонних труб

Обстеження аварійних ділянок каналізаційних мереж дозволили встановити такі особливості розвитку корозії:

1. Найбільш небезпечними є стоки підприємств харчової, біохімічної та переробної промисловості, що містять значну кількість органічних забруднень.
2. У більшості випадків корозійне руйнування відбувається у надводній частині труб і споруд.
3. Інтенсивна корозія спостерігається на ділянках, розташованих після локальних очисних споруд з анаеробними процесами очищення.
4. У напірних трубопроводах корозійні процеси практично не проявляються, проте після переходу потоку до безнапірного режиму швидкість руйнування різко зростає.
5. Підвищення температури та зростання кислотності стічних вод сприяють прискоренню корозійних процесів.
6. Найбільш уразливими є місця зміни гідравлічного режиму потоку: перепадні колодязі, вузли приєднання трубопроводів, ділянки зі значними ухілами та інші аналогічні об'єкти.

Стадії біокорозії каналізаційних труб. Формування агресивного середовища та його вплив на матеріал трубопроводів. Захист трубопроводів і зменшення агресивності стічних вод

У таблиці 3.2 наведено основні стадії біологічного руйнування бетонних трубопроводів.

Таблиця 3.2 – Стадії біокорозії каналізаційних трубопроводів

| рН бетону | Характер процесу |
|-----------|--|
| 1 | 2 |
| 12 | Відбувається карбонізація вапна. |
| 8,4 | Фіксується сірководень, що утворюється в осадах; формуються тіосірчана та політіонові кислоти. |

| 1 | 2 |
|-----|--|
| 7,5 | Бактерії окиснюють тиосірчані кислоти до політіонових; бактерії виду <i>T. thioparus</i> утворюють сірку та сірчану кислоту. |
| 5,0 | Бактерії <i>T. concretivorus</i> активно продукують сірчану кислоту. |
| 2,0 | Руйнування бетону значно прискорюється внаслідок різкого зниження рН. |

Процес формування агресивного середовища та його вплив на матеріал труб можна умовно поділити на три основні стадії:

1. Утворення сірководню в анаеробних умовах осаду та стічної рідини під дією сульфатвідновлювальних бактерій.
2. Виділення сірководню зі стічної рідини в газовий простір колектора.
3. Розчинення газоподібного сірководню в конденсаті на поверхні труб і його подальше окиснення тіоновими бактеріями до сірчаної кислоти, яка руйнує бетонні та залізобетонні конструкції.

Вибір заходів захисту безпосередньо залежить від механізму розвитку корозії. Для підвищення довговічності колекторів доцільно використовувати корозійностійкі матеріали, зокрема полімербетони та полівінілхлоридні труби. Водночас оцінка агресивності середовища за біохімічними показниками є досить складною процедурою, оскільки потребує спеціальних методів дослідження та може застосовуватися лише до колекторів, у яких сформувалася характерна мікрофлора.

Зменшення агресивності стічних вод досягається шляхом підтримання належного гідравлічного режиму роботи мережі, запобігання утворенню застійних зон, видалення осадів, а також застосування реагентної обробки стоків для пригнічення розвитку сульфатвідновлювальних бактерій та зниження концентрації сірководню.

Придушення процесів сульфатредукції

Сульфатредукція є ключовою стадією біологічних процесів, які зумовлюють розвиток корозії в каналізаційних мережах. Саме на цьому етапі створюються умови для подальшого утворення сірководню, його виділення в газову фазу та формування агресивного середовища. Тому пригнічення процесу сульфатредукції дозволяє запобігти виникненню наступних стадій корозійного руйнування трубопроводів.

За результатами натурних досліджень встановлено, що найбільш сприятливими зонами для розвитку сульфатредукції є місця накопичення мулових відкладень, ділянки із застійним рухом стічних вод, а також напірні трубопроводи. У діючих системах водовідведення пригнічення цього процесу може здійснюватися за допомогою профілактичних заходів, зниження температури стоків, введення спеціальних реагентів та аерації.

Превентивні заходи

Профілактика розвитку сульфатредукції полягає насамперед у дотриманні нормативних вимог до складу стічних вод та забезпеченні належного технічного стану мережі. Одним із важливих показників є хімічне споживання кисню (ХСК), яке характеризує вміст органічних речовин у стоках. Допустима концентрація органічних забруднень становить 350 мг/л.

На практиці підприємства харчової та переробної промисловості нерідко скидають у каналізацію стічні води зі значним перевищенням встановлених нормативів, розраховуючи на їх подальше розбавлення іншими потоками. Проте на ділянках мережі з несприятливими гідравлічними умовами такі стоки створюють передумови для розвитку анаеробних процесів і сульфатредукції.

Зниження температури стічних вод

Даний метод базується на сезонних особливостях розвитку сульфатредукції. У холодний період року цей процес практично припиняється через підвищений вміст розчиненого кисню у воді та зниження інтенсивності біохімічних реакцій. Із підвищенням температури стоків активність бактерій відновлюється.

Особливо актуальним цей спосіб є для напірних трубопроводів, де процеси сульфатредукції проявляються найбільш інтенсивно. Встановлено, що за температури близько 4 °С щільність води досягає максимального значення, а умови для розвитку сульфатвідновлювальних бактерій стають несприятливими. Тому охолодження стічної води до температур, характерних для зимового періоду, може значно знизити інтенсивність утворення сірководню.

Охолодження стоків може здійснюватися за допомогою сучасних технологічних систем у приймальних резервуарах насосних станцій або шляхом створення навколо окремих ділянок напірних трубопроводів штучно охолодженого ґрунтового середовища.

Введення реагентів

Реагентний метод ґрунтується на застосуванні речовин, здатних порушувати життєдіяльність сульфатвідновлювальних бактерій або окиснювати утворені сульфіді. Найбільш поширеними реагентами є хлор, нітрати та пероксид водню.

Застосування хлору має певні обмеження, оскільки його надлишок може негативно впливати на біологічні процеси очищення стічних вод на очисних спорудах. Для досягнення максимального ефекту реагенти рекомендується вводити на початку напірних трубопроводів, враховуючи порівняно невисоку швидкість окиснення сульфідів, яка становить близько 1,5–2 мг/год.

Насичення стічних вод киснем

Використання аерації базується на тому, що процес сульфатредукції відбувається лише в анаеробних умовах. Подавання в стічну воду повітря або чистого кисню створює аеробне середовище, несприятливе для розвитку сульфатвідновлювальних бактерій.

Одночасно відбувається окиснення розчинених сульфідів, що додатково знижує ризик утворення сірководню. Недоліками методу є значні експлуатаційні витрати, пов'язані із застосуванням рідкого кисню, а також необхідність утримання спеціального аераційного обладнання.

Зменшення загазованості трубопроводів

Другий етап біологічної корозії пов'язаний із виділенням сірководню зі стічної рідини та його накопиченням у підсклепінному просторі колектора. Для запобігання цьому процесу необхідно або зменшити утворення газу, або забезпечити його контрольоване та прискорене видалення.

Досягти цього можна шляхом повного заповнення трубопроводів стічною водою, підлужування стоків, регулювання режимів руху потоку, а також організації ефективної вентиляції колекторів.

Інтенсифікація дегазації

Відомо, що найбільш інтенсивне виділення газів відбувається в місцях підвищеної турбулентності потоку, особливо у перепадних колодязях. Ця особливість стала основою для створення спеціальних споруд-дегазаторів, призначених для прискореного відокремлення газів від стічної води.

Такі споруди рекомендується розміщувати в характерних точках мережі: у камерах переходу самопливних колекторів до напірних трубопроводів, на сифонних переходах та інших ділянках, де створюються сприятливі умови для виділення газів.

Тривалий час одним із поширених способів боротьби із загазованістю вважалося використання природної вентиляції. Проте дослідження показали, що її ефективність суттєво залежить від температурних умов і є достатньою лише в холодний період року. У зв'язку з цим більш доцільним вважається застосування примусової вентиляції.

Практичний досвід експлуатації показує, що для зниження агресивності сильно забрудненого газового середовища до прийняттого рівня необхідно забезпечити не менше ніж п'ятикратний повітрообмін.

Заходи зі зниження впливу біологічної корозії

Під час експлуатації каналізаційних трубопроводів зменшення негативного впливу біологічного фактора може досягатися шляхом реалізації комплексу захисних заходів, серед яких:

- осушення верхньої частини внутрішньої поверхні труб;
- надання поверхням труб біоцидних властивостей, що перешкоджають розвитку мікроорганізмів;
- підвищення корозійної стійкості бетонних виробів методом флюатування;
- застосування захисних мастичних покриттів на основі еластомерних матеріалів;
- використання труб та облицювальних матеріалів з високою хімічною стійкістю до дії агресивних середовищ.

Комплексне застосування зазначених заходів дозволяє значно знизити інтенсивність корозійних процесів, продовжити термін служби каналізаційних мереж та підвищити надійність їх експлуатації.

Натурні обстеження аварійних каналізаційних мереж

Сучасний стан каналізаційних мереж України вимагає реалізації заходів щодо підвищення їх надійності та довговічності. Значна частина трубопроводів експлуатується протягом тривалого часу та характеризується високим ступенем фізичного і корозійного зношування. Ситуація ускладнюється використанням застарілих матеріалів, порушеннями технології монтажу, недостатньою якістю ущільнення стиків, несприятливими умовами експлуатації та відсутністю систематичного поточного ремонту. Наслідком цього є погіршення технічного стану мереж і негативний вплив на навколишнє середовище.

Для прийняття обґрунтованого рішення щодо реконструкції або капітального ремонту трубопроводів необхідно отримати достовірну інформацію про їх фактичний технічний стан. Така інформація є основою для вибору найбільш ефективного способу відновлення мережі.

На практиці часто використовуються непрямі методи оцінювання стану трубопроводів. Вони базуються на аналізі гідравлічних параметрів роботи мережі, що дозволяє оцінити її пропускну здатність та виявити можливі пошкодження. При цьому враховуються рік будівництва, матеріал труб і колодязів, результати візуальних обстежень доступних ділянок мережі, а також

дані щодо хімічного складу стічних вод і газового середовища. На основі отриманих відомостей визначається ступінь агресивності середовища та виконується розрахунок можливого корозійного зношування конструкцій.

Однак такі методи дають лише орієнтовне уявлення про технічний стан мережі. Остаточна оцінка може бути виконана тільки після детального внутрішнього обстеження трубопроводу.

Найбільш точним методом діагностики є телевізійна інспекція внутрішньої поверхні труб із подальшим аналізом отриманих матеріалів експертами. Достовірність результатів забезпечується лише за умови попереднього очищення трубопроводу від осадів і відкладень. Лише в чистому трубопроводі можливо виявити всі наявні дефекти та правильно оцінити їх характер і масштаби.

Широке впровадження роботизованих телевізійних комплексів обумовлене не лише високою точністю діагностики, а й значним економічним ефектом від своєчасного виявлення пошкоджень.

На підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства широко використовуються сучасні технічні засоби телеінспекції. Зокрема, для обстеження каналізаційних мереж застосовуються мініатюрні камери спостереження типу RIK 35/30 та RIK 5560-RA (рисунок 3.4), а також спеціалізовані очисники дна колекторів із вбудованими бездротовими камерами (рисунок 3.5). Для очищення трубопроводів використовуються сучасні промивальні агрегати високого тиску.



Рисунок 3.4 – Мініатюрна камера спостереження RIK 35/30

Малогабаритна камера RIK 35/30 призначена для візуального контролю стану трубопроводів та вибору оптимальної технології їх очищення або ремонту.

Вона забезпечує кольорову передачу зображення та може використовуватися в трубах діаметром від 40 до 200 мм. Невелика маса обладнання значно спрощує його транспортування та експлуатацію.

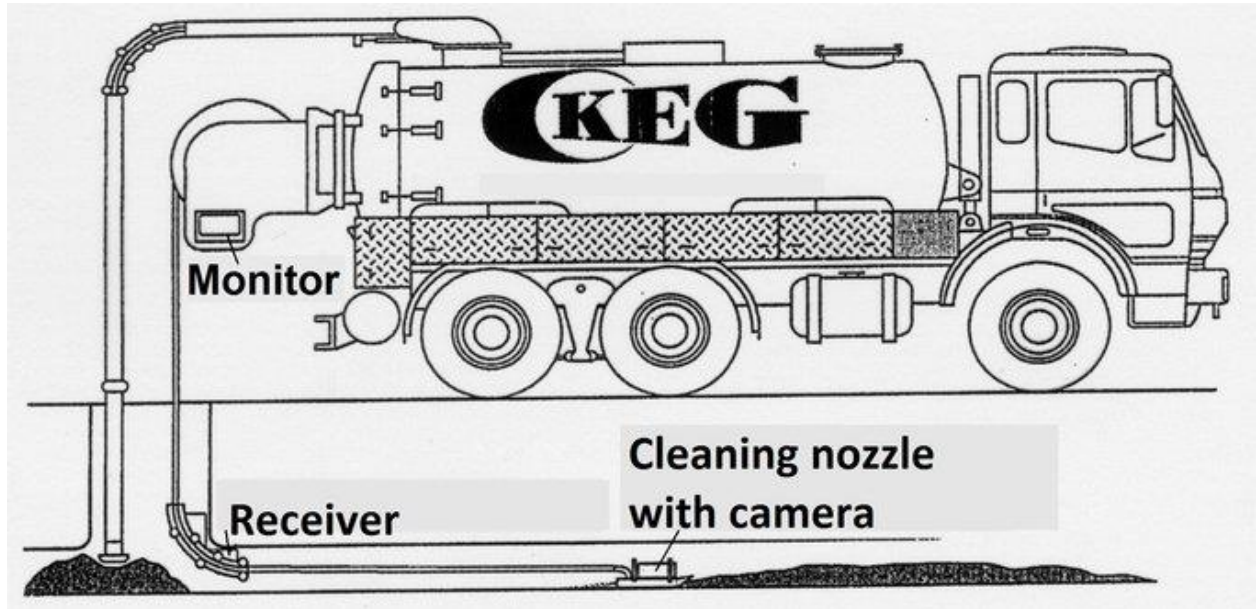


Рисунок 3.5 – Очисник дна з камерою спостереження

Склад і концентрація забруднень у стічних водах різних підприємств та їх вплив на каналізаційні мережі

Міські стічні води, які являють собою суміш господарсько-побутових та виробничих стоків, зазвичай вважаються неагресивними щодо бетонних конструкцій. Аналіз складу стічних вод різних підприємств показує, що більшість із них не чинить безпосереднього руйнівного впливу на бетон або проявляє лише слабку агресивність за окремими показниками.

Разом із тим між видом стічних вод та довговічністю бетонних і залізобетонних труб простежується чітка залежність. Умовно всі стоки можна поділити на три групи:

- господарсько-побутові стічні води;
- змішані стоки, в яких переважає побутова складова;
- промислові стічні води або стоки з незначним розбавленням побутовими водами.

Найменша швидкість корозійного руйнування характерна для трубопроводів, що транспортують господарсько-побутові стоки. Найбільш інтенсивна корозія спостерігається при транспортуванні промислових стічних вод.

Порівняльний аналіз показує, що залізобетонні труби мають менший термін служби порівняно з бетонними. Це пояснюється тим, що корозія арматури прискорює загальний процес руйнування конструкції. Крім того, термін експлуатації трубопроводів, які транспортують промислові стоки, приблизно у три рази менший, ніж мереж, призначених для відведення господарсько-побутових вод.

Попередня підготовка трубопроводів

Перед виконанням ремонтно-відновлювальних робіт необхідно провести ретельну підготовку трубопроводу. Внутрішню поверхню відключеної ділянки мережі очищають від осадів, відкладень та інших забруднень. Для цього використовують скребки, щітки, очисні поршні та піскоструминне обладнання. Після завершення очищення всі залишки забруднень видаляються з внутрішньої порожнини труб.

Якість виконаних робіт контролюється за допомогою телевізійної діагностики. Перед початком реконструкції також проводиться обстеження камер перемикання, визначаються можливі осідання, зміщення конструкцій, наявність провалів ґрунту, деформацій або обвалів трубопроводів.

На етапі підготовки до діагностики припиняється подача води на відповідну ділянку мережі та виконується відключення засувки і трійників. Найбільш повну інформацію про технічний стан трубопроводу забезпечує його внутрішнє обстеження за допомогою спеціалізованих телевізійних камер (рисунк 3.6).

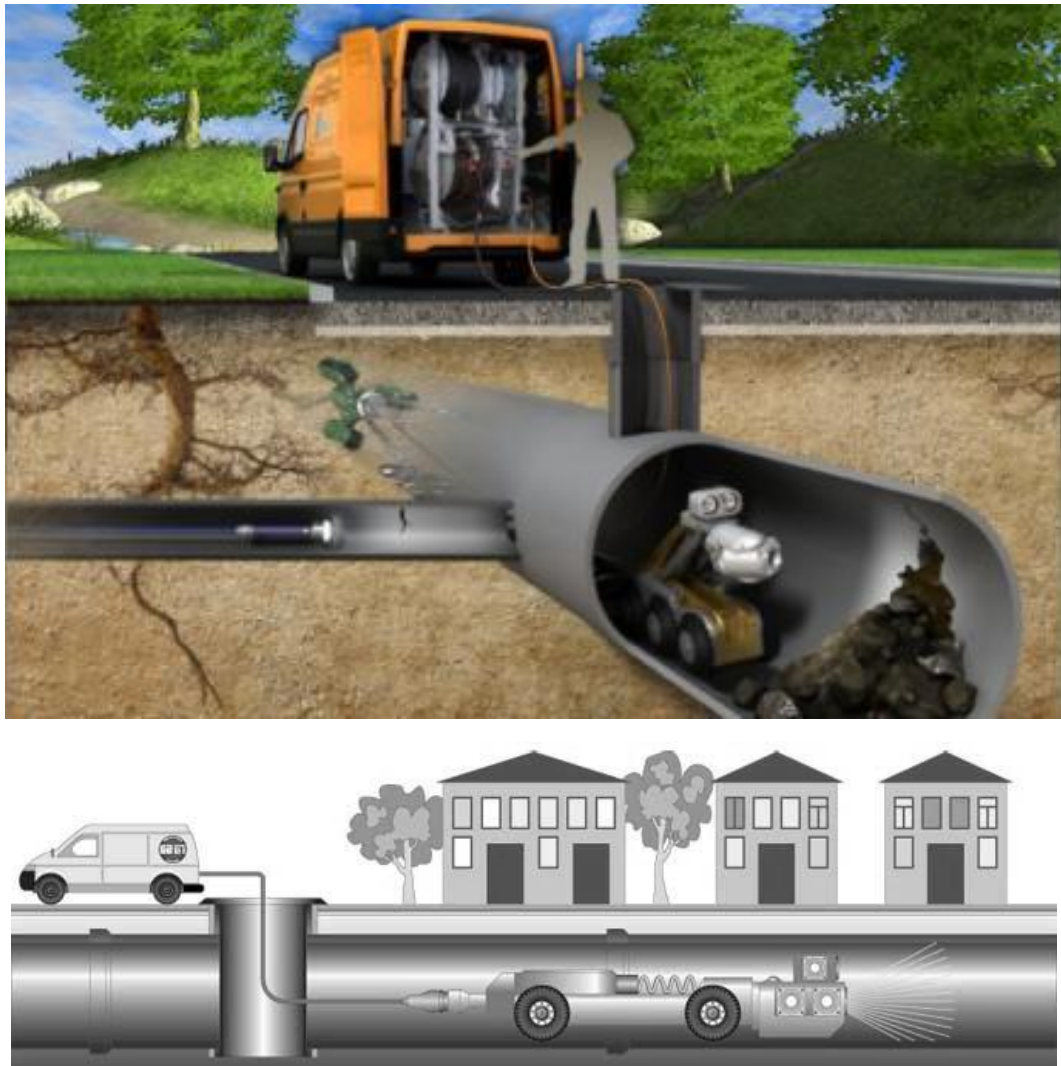


Рисунок 3.6 – Обстеження трубопроводу телевізійними малогабаритними камерами

Ефективність телевізійної діагностики значною мірою залежить від якості попереднього гідродинамічного очищення, рівня освітленості трубопроводу та правильного розташування камери під час обстеження.

У випадках значного обростання внутрішніх поверхонь труб перед проведенням реконструкції здійснюється їх додаткове очищення. Технологія очищення підбирається залежно від діаметра труб та характеру відкладень.

Місця розташування котлованів визначаються з урахуванням місцевих умов: щільності забудови, наявності підземних і наземних комунікацій, можливості розміщення обладнання та технічного стану трубопроводу, що підлягає відновленню.

Перед початком протягування нової труби рекомендується виконати випробувальне протягування контрольного зразка. Такий зразок складається із двох з'єднаних труб із захисними оголовками та має довжину від 5 до 10 діаметрів трубопроводу. Його використання дозволяє оцінити можливість безперешкодного проходження нового трубопроводу по існуючій трасі.

На ділянках із завалами, обвалами або непрохідними зонами виконуються розкривні роботи для усунення перешкод, вирівнювання траси та очищення трубопроводу.

Таким чином, реконструкція трубопроводів здійснюється із застосуванням спеціалізованих машин і механізмів, оснащених реверсивними головками, барабанами для протягування труб, парогенераторами, електрогенераторами, резервуарами для води та комплексами телевізійної діагностики (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 – Робототехнічні комплекси для телеінспекції трубопроводів

Технологія горизонтально спрямованого буріння

Одним із сучасних способів прокладання та реконструкції інженерних комунікацій є технологія горизонтально спрямованого буріння (ГСБ). Ця технологія широко використовується в багатьох країнах світу завдяки своїй економічності, високій швидкості виконання робіт та мінімальному впливу на навколишнє середовище.

Метод дозволяє прокладати трубопроводи під дорогами, залізничними коліями, водними об'єктами та іншими природними або штучними перешкодами без порушення поверхні землі.

Висока точність проходження траси забезпечується використанням спеціальної локаційної системи, яка в режимі реального часу передає оператору інформацію про положення бурової головки.

Установка горизонтально спрямованого буріння розміщується на невеликій відстані від місця входу бурового інструменту в ґрунт (див. рис. 3.8).

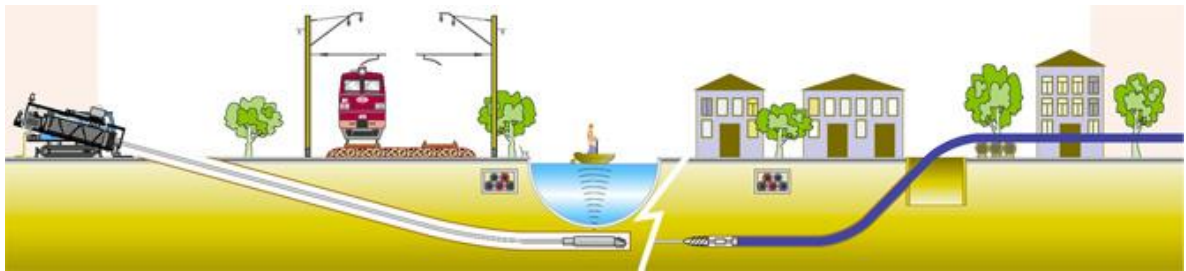


Рисунок 3.8 – Метод горизонтально спрямованого буріння

Після завершення пілотного буріння бурова головка замінюється спеціальним розширювачем (рімером), який розширює свердловину до необхідного діаметра. Одночасно виконується протягування нового трубопроводу.

Технологія ГСБ дозволяє монтувати як поліетиленові, так і сталеві труби різного призначення. До основних переваг методу належать висока швидкість виконання робіт, економічна ефективність, можливість обходу природних та штучних перешкод, мінімальне порушення благоустрою території та швидка окупність витрат на будівництво.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ

Розділ бакалаврської роботи «Охорона праці» присвячений дослідженню небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть виникати під час виконання будівельно-монтажних робіт та подальшої експлуатації об'єкта. Особлива увага приділяється розробленню організаційних і технічних заходів, спрямованих на усунення або зменшення негативного впливу таких факторів на працівників.

Основними завданнями охорони праці є запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням, пожежам, аваріям та іншим небезпечним ситуаціям, які можуть виникнути під час виконання робіт.

Предметом вивчення охорони праці є людина в процесі трудової діяльності, умови виробничого середовища, технологічні процеси, обладнання та їх взаємодія з працівником.

Усі заходи, передбачені даним розділом, спрямовані на створення безпечних і комфортних умов праці під час будівництва та забезпечення надійної й безпечної експлуатації запроектованих споруд у майбутньому [24, 25].

4.1 Виробнича санітарія

4.1.1 Розрахунок потреби у тимчасових побутових приміщеннях

Одним із важливих завдань виробничої санітарії на будівельному майданчику є створення таких умов праці, які виключають негативний вплив виробничих факторів на здоров'я працівників. З цією метою передбачається облаштування комплексу тимчасових побутових приміщень для забезпечення санітарно-гігієнічних потреб персоналу.

Розрахунок необхідної кількості та площі тимчасових будівель виконується відповідно до вимог чинної «Інструкції з проектування побутових приміщень» [25].

Результати розрахунків наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Підбір тимчасових побутових приміщень

| № з/п | Назва приміщення | Кількість працівників, осіб | Норма на 1 особу, м ² | Необхідна площа, м ² |
|-------|--|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Душові | Чол. – 39 | 0,55 | 10,2 |
| | | Жін. – 11 | 0,55 | 5,7 |
| 2 | Гардеробні | Чол. – 39 | 0,71 | 28 |
| | | Жін. – 11 | 0,71 | 7,7 |
| 3 | Санітарні вузли | Чол. – 39 | 0,11 | 3,9 |
| | | Жін. – 11 | 0,11 | 1,1 |
| 4 | Приміщення для приймання їжі | 50 | 1,1 | 50 |
| 5 | Приміщення для сушіння та очищення спецвзуття | 50 | 0,21 | 10 |
| 6 | Приміщення для обігріву та захисту від атмосферних впливів | 50 | 0,71 | 35 |
| 7 | Кімната відпочинку працівників | 50 | 0,71 | 35 |

Загальна площа тимчасових побутових споруд становить 158 м².

Для розміщення побутових приміщень передбачається використання інвентарних вагончиків розміром 2,5×6 м. Необхідну кількість вагончиків визначаємо за формулою:

$$n = 158 / 15 = 11. \quad (4.1)$$

Приймаємо 11 вагончиків.

Вагончики розміщуються на території будівельного майданчика з дотриманням нормативних відстаней: не менше 2 м від транспортних проїздів та не менше 1 м між окремими спорудами.

4.1.2 Розрахунок освітлення будівельного майданчика

Для забезпечення безпечного виконання робіт у темний час доби на будівельному майданчику передбачається система штучного освітлення. Розрахунок виконується методом загального світлового потоку відповідно до вимог ДСТУ Б А.3.2-15:2011 та ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Для освітлення території приймаються прожектори заливного світла типу ПЗС-45 з лампами потужністю 1000 Вт при напрузі живлення 220 В.

Необхідна кількість прожекторів визначається за формулою:

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

де:

m – коефіцієнт, що враховує світлову віддачу джерела світла;

$E_n = 50$ лк – нормативна освітленість;

$k = 1,5$ – коефіцієнт запасу;

$S = 686$ м² – площа будівельного майданчика;

$I_{\text{св}} = 18\,200$ лм – світловий потік лампи;

$h = 0,38$ – коефіцієнт корисної дії прожектора;

$Z = 0,75$ – коефіцієнт просторового розподілу світлового потоку.

Коефіцієнт m визначається за залежністю:

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

де:

$u = 0,8$ – коефіцієнт використання світлового потоку;

$z = 0,75$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

$h = 0,38$ – коефіцієнт корисної дії прожектора.

Підставляючи вихідні дані у формулу розрахунку, отримуємо:

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

Отже, для забезпечення нормативного рівня освітлення будівельного майданчика необхідно встановити 12 прожекторів типу ПЗС-45.

Прожектори розміщуються на спеціальних опорах або освітлювальних щоглах. Висота їх встановлення визначається за формулою:

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

Після підстановки числових значень маємо:

$$h = \sqrt{\frac{18200}{300}} = 6,1.$$

Таким чином, прожектори рекомендується встановлювати на висоті приблизно 6,1 м, що забезпечить необхідний рівень освітленості та рівномірний розподіл світлового потоку по всій території будівельного майданчика.

4.1.3 Тимчасове водопостачання для господарсько-побутових та протипожежних потреб

У проєкті передбачено забезпечення будівельного майданчика питною водою для господарсько-побутових потреб працівників та для цілей пожежогасіння. З цією метою на території об'єкта прокладається тимчасова водопровідна мережа діаметром 100 мм.

Пожежні гідранти розташовуються вздовж проїздів на відстані 2,5 м від краю дороги. Відстань між сусідніми гідрантами приймається не більше 100 м, що відповідає вимогам пожежної безпеки.

До тимчасового водопроводу підключаються умивальники, душові установки, санітарно-побутові приміщення та приміщення для приймання їжі.

4.1.4 Заходи щодо зменшення шуму та вібраційного впливу

Вібрація є одним із характерних факторів більшості будівельних процесів і здатна негативно впливати на стан здоров'я працівників. Одним із завдань виробничої санітарії є впровадження комплексу заходів, спрямованих на зниження рівня вібраційного навантаження або його повне усунення.

Локальна вібрація впливає не тільки на частини тіла, що безпосередньо контактують з обладнанням, але й через центральну нервову систему може позначатися на функціонуванні всього організму.

Результати медичних досліджень свідчать, що тривалий вплив вібрації призводить до зниження працездатності працівників. На початкових стадіях її дія проявляється швидкою втомлюваністю, головним болем, болями у суглобах та онімінням пальців рук.

Відповідно до чинних санітарних норм, тривалість роботи з ручним вібраційним інструментом не повинна перевищувати двох третин тривалості робочої зміни. При цьому необхідно передбачати регламентовані перерви для відпочинку працівників. Заходи щодо боротьби з вібрацією мають розроблятися ще на стадії проєктування організації робіт.

До комплексу санітарно-гігієнічних заходів належать забезпечення працівників засобами індивідуального захисту від вібрації, контроль за їх використанням, а також проведення періодичних медичних оглядів для визначення придатності персоналу до виконання робіт у відповідних умовах.

Зниження локальної вібрації під час роботи з ручним механізованим інструментом досягається шляхом використання спеціальних рукавиць із віброгасними прокладками з піноматеріалу товщиною близько 12 мм.

Для зменшення впливу загальної вібрації рекомендується застосування спеціального робочого взуття з амортизувальними елементами в підошві. Незважаючи на деяке зниження комфортності при носінні, таке взуття ефективно зменшує передачу коливань на організм працівника.

Поряд із вібрацією значним шкідливим виробничим фактором є шум. небезпечним вважається рівень шуму, що перевищує 75 дБ. Основними джерелами шуму на будівельному майданчику є робота механізмів, удари деталей, тертя рухомих елементів та супутні вібраційні процеси.

Підвищений рівень шуму негативно впливає на органи слуху, нервову систему та загальний стан працівників. Для його зниження застосовуються шумозахисні заходи, раціональне чергування режимів праці та відпочинку, а також засоби індивідуального захисту органів слуху.

4.2 Техніка безпеки

4.2.1 Безпечне виконання будівельно-монтажних робіт

Керівництво будівельного майданчика повинно забезпечити створення безпечних і нешкідливих умов праці для всіх учасників будівництва. Під час виконання будівельно-монтажних робіт необхідно дотримуватись вимог чинних нормативно-правових актів з охорони праці [26], правил організації робіт у зоні руху транспорту та галузевих інструкцій з безпечного виконання спеціалізованих робіт.

Допуск працівників до виконання виробничих операцій без проведення вступного та первинного інструктажу з охорони праці не допускається. Робочі місця повинні бути огорожені, а доступ сторонніх осіб до небезпечних зон обмежений. По периметру необхідно встановлювати попереджувальні знаки та інформаційні таблички, які повинні бути добре помітними як удень, так і в темний час доби.

Усі працівники забезпечуються спеціальним одягом, захисним взуттям та необхідними засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт.

Розміщення будівельної техніки, тимчасових споруд, складів матеріалів, інженерних мереж і транспортних проїздів повинно відповідати рішенням, прийнятим у проєкті організації будівництва.

Проєкт виконання робіт має передбачати застосування сучасних технологій і механізмів, високий рівень організації праці та комплекс заходів із забезпечення безпечного ведення робіт. Особлива увага приділяється питанням безпечної роботи на висоті, освітленню території, огороженню небезпечних зон та захисту від ураження електричним струмом.

Під час організації виробничих процесів необхідно враховувати наявність постійних та потенційних небезпечних зон, які можуть виникати залежно від характеру виконуваних робіт.

4.2.2 Розрахунок небезпечних зон під час виконання земляних робіт

Під час будівництва насосної станції виконуються такі види земляних робіт:

- зняття рослинного шару ґрунту бульдозером;
- розробка котловану екскаватором-драглайном;
- планування основи котловану та зворотне засипання за допомогою бульдозера.

У разі проходження підземних інженерних комунікацій у межах робочої зони необхідно отримати письмовий дозвіл від організацій, що здійснюють їх експлуатацію.

Котлован розробляється з улаштуванням відкосів із закладанням 1:0,75. Ґрунт належить до II категорії, а кут нахилу відкосу становить 60°.

До управління землерийною технікою допускаються лише працівники, які пройшли відповідне навчання та перевірку знань.

Екскаватор має бути обладнаний справною звуковою сигналізацією та встановлений на підготовленому майданчику з використанням упорів, що виключають можливість його самовільного переміщення.

Завантаження ґрунту у транспортні засоби дозволяється виконувати лише з боку або з тильної частини автомобіля. Перебування людей між екскаватором і транспортним засобом під час завантаження забороняється. Також не допускається перебування працівників у зоні роботи землерийної техніки під час її функціонування.

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

$$L_1 = 0,5 + B/2 = 0,5 + 3,1/2 = 2,05 \text{ м,}$$

де B — ширина машини, м.

Загальна безпечна відстань становить:

$$L = L_1 + H(1/\text{tg}\varphi_1 - 1/\text{tg}\varphi_2),$$

де:

$\varphi_1 = 25^\circ$ — кут природного укосу ґрунту;

$\varphi_2 = 60^\circ$ — кут укосу відкосу;

$H = 6$ м — глибина котловану.

Після підстановки значень отримуємо:

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

Отже, небезпечна зона, у межах якої забороняється рух транспортних засобів і будівельної техніки, становить 11 м від бровки котловану.

4.2.3 Розрахунок вантажозахоплювальних стропів

Безпечне виконання монтажних робіт значною мірою залежить від правильного підбору вантажозахоплювальних пристроїв та такелажного оснащення, що застосовуються для піднімання, переміщення, монтажу і тимчасового закріплення будівельних конструкцій.

Для стропування елементів використовуються стропи, які повинні бути перевірені на міцність. Розрахункове навантаження на одну вітку стропа визначається за формулою:

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

де:

$Q = 6$ т — маса найбільш важкої конструкції;

$n = 4$ — кількість віток стропа;

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

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

Після підстановки числових значень отримаємо:

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

Розривне зусилля стропа визначається з урахуванням коефіцієнта запасу міцності:

$$S_p = k \cdot S,$$

де:

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

Тоді:

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

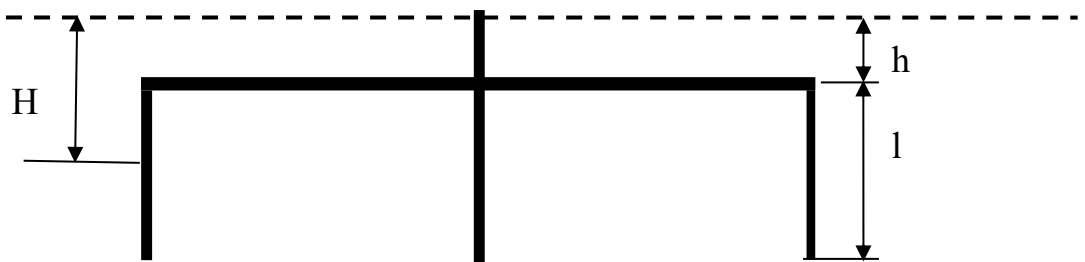
Отримане значення розривного зусилля є основою для вибору типу та параметрів стропа.

Під час роботи вантажопідіймального крана небезпечна зона повинна бути огорожена та позначена попереджувальними знаками безпеки. Маса вантажу разом із тарою та вантажозахоплювальними пристроями не повинна перевищувати допустиму вантажопідйомність крана при відповідному вильоті стріли.

4.2.4 Розрахунок заземлювального пристрою

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

Для забезпечення електробезпеки передбачено влаштування контуру заземлення із сталевих труб діаметром 50 мм та довжиною 3 м.



Глибина розташування центра заземлювача визначається за формулою:

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

де:

$l = 3$ м — довжина труби;

$h = 0,8$ м — глибина її занурення.

Після підстановки значень отримуємо:

$$H = 0,8 + \frac{300}{2} = 230 \text{ см.}$$

або **230 см.**

Для з'єднання вертикальних заземлювачів використовується сталева смуга шириною 40–50 мм і товщиною 4–7 мм.

Опір одного трубчастого заземлювача визначається за формулою:

$$R_{mp} = 0,366 \frac{\rho}{l} \left(\ln \frac{2l_B}{d_B} + 0,5 \ln \frac{4H+l_B}{4h-l_B} \right), \text{ Ом}$$

де:

$l = 300$ см — довжина труби;

$d = 5$ см — діаметр труби;

$\rho = 7000$ Ом·см — питомий електричний опір ґрунту (суглинок);

$H = 230$ см — глибина залягання центра заземлювача.

Після виконання розрахунку отримуємо:

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

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів визначається залежністю:

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

де:

$K_s = 1,8$ — коефіцієнт сезонних змін;

$R_z = 4$ Ом — допустимий опір заземлювального пристрою;

$\eta_{tr} = 0,85$ — коефіцієнт використання вертикальних електродів.

Підставивши вихідні дані, одержимо:

$$n = \frac{19 \cdot 1,8}{4 \cdot 0,85} = 4,4 \text{ шт.}$$

Приймаємо **5 вертикальних заземлювачів**.

Опір горизонтальної заземлювальної смуги визначається за формулою:

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

де:

$l_{пол} = 12$ м — довжина смуги;

$b = 6$ см — ширина смуги;

$\eta_{смуги} = 0,5$ — коефіцієнт використання смуги;

$h = 0,8$ м — глибина її прокладання.

У результаті розрахунку отримуємо:

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

Фактичний опір контуру заземлення визначається як паралельне з'єднання вертикальних і горизонтальних елементів:

$$R_3 = \frac{R_{тр} R_{смуги}}{R_{тр} + R_{смуги}}, \text{ Ом.}$$

Після підстановки числових значень:

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

Оскільки отримане значення $R_3 = 3,95 \text{ Ом}$ не перевищує нормативно допустиме значення 4 Ом , запроєктований заземлювальний пристрій відповідає вимогам електробезпеки та може бути прийнятий до експлуатації.

4.3 Пожежна безпека

4.3.1 Визначення категорії вибухопожежної небезпеки виробництва

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 під час розроблення генерального плану будівництва необхідно враховувати не лише умови праці працівників, а й санітарно-гігієнічні та протипожежні вимоги. При цьому слід забезпечувати нормативні протипожежні розриви між будівлями і спорудами, а також раціональне розміщення об'єктів залежно від їх функціонального призначення.

Під час розташування будівель і споруд на будівельному майданчику враховується напрямок переважаючих вітрів. Об'єкти, що характеризуються підвищеною пожежною або вибухопожежною небезпекою, розміщуються з підвітряного боку відносно інших споруд.

Для забезпечення можливості оперативного гасіння пожеж на території будівництва передбачаються під'їзні дороги для пожежної техніки та мережа протипожежного водопостачання, які повинні бути влаштовані до початку виконання основних будівельно-монтажних робіт.

На будівельному майданчику передбачено складування арматури та залізобетонних виробів. Дані об'єкти належать до III ступеня вогнестійкості та не відносяться до вибухопожежонебезпечних виробництв.

4.3.2 Визначення ступеня вогнестійкості об'єкта

Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2016 [27] вогнестійкість будівлі характеризує здатність будівельних конструкцій зберігати несучу здатність, цілісність та теплоізолювальну функцію в умовах пожежі протягом нормативного часу.

Ступінь вогнестійкості визначається призначенням будівлі, категорією приміщень за вибухопожежною та пожежною безпекою, поверховістю, конструктивними рішеннями та наявністю систем протипожежного захисту.

Проектована каналізаційна насосна станція належить до категорії В за пожежною безпекою та має II ступінь вогнестійкості.

Витрата води на гасіння однієї пожежі приймається 7 л/с. У приміщенні насосної станції передбачається внутрішній протипожежний водопровід із пожежними кранами, розташованими в легкодоступних місцях поблизу входів та шляхів евакуації.

4.3.3 Протипожежні заходи на будівельному майданчику

Для забезпечення пожежної безпеки будівельний майданчик обладнується під'їзними шляхами для пожежної техніки та мережею тимчасового протипожежного водопостачання. Пожежні гідранти встановлюються через кожні 100 м уздовж водопроводу на відстані не менше 2,5 м від краю проїжджої частини.

Електропостачання будівельного майданчика виконується ізольованими проводами, прокладеними на опорах. Висота прокладання повинна становити не менше 6 м над проїздами, 3,5 м над пішохідними проходами та 2,5 м над робочими зонами. У місцях, де висота прокладання менша за нормативну, проводи розміщують у захисних металевих трубах або коробах.

Відповідальність за дотримання вимог пожежної безпеки покладається на керівника будівництва. Для оперативного виклику пожежно-рятувальних підрозділів забезпечується постійний телефонний зв'язок з аварійними службами.

Діаметр тимчасового протипожежного водопроводу прийнято 100 мм. Для куріння працівників обладнується спеціально відведене місце, оснащене навісом, лавкою та урнами для недопалків.

Пожежний інвентар розміщується на спеціальних щитах у доступних місцях і маркується відповідно до встановлених вимог.

4.3.4 Типи та кількість вогнегасників

На території будівельного майданчика передбачається спеціальний майданчик для зберігання пожежного інвентарю та первинних засобів пожежогасіння.

Для ліквідації можливих загорянь використовуються вогнегасники типу ОХП-10, призначені для гасіння твердих горючих матеріалів і легкозаймистих рідин. Вогнегасною речовиною є хімічна піна.

У приміщенні виконробської передбачено встановлення двох вогнегасників ОХП-10 та одного пожежного щита, укомплектованого необхідним інвентарем.

ВИСНОВОК

1. Виконано аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів,
2. Запропоновано комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж і аварійних ситуацій.

ВИСНОВКИ

1. Виконано гідравлічний розрахунок виробничо-побутової каналізаційної мережі та побудовано поздовжні профілі бокового і головного колекторів, призначених для транспортування стічних вод до очисних споруд.
2. Проведено гідравлічний розрахунок дощової каналізаційної мережі та побудовано її поздовжній профіль відповідно до вимог чинних нормативних документів.
3. Розглянуто порядок приймання змонтованих мереж водовідведення в експлуатацію та визначено основні показники, за якими здійснюється оцінка їх технологічної готовності.
4. Проаналізовано сучасні методи санації трубопроводів каналізаційних мереж. Встановлено, що використання безтраншейних технологій дозволяє ефективно відновлювати працездатність мереж із мінімальним порушенням благоустрою території та скороченням термінів виконання робіт.
5. Розроблено розділ «Охорона праці», у якому виконано аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а також запропоновано комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж і аварійних ситуацій.
6. Результати виконаної роботи підтверджують можливість забезпечення надійного та безпечного функціонування систем водовідведення за умови дотримання вимог чинних нормативних документів, сучасних технологій будівництва та експлуатації інженерних мереж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко М.Ф., Чорний С. Г. Екологія Херсонщини. – Навчальний посібник. – Херсон:, 2001. – 156с.
2. Регіональна доповідь «Про стан навколишнього природного середовища Херсонської області у 2010 році. – Херсон. Айланд. 2011. - 215с..
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. Наукові основи раціонального використання природно-ресурсного потенціалу Херсонської області : монографія / Малєєв В.О., Кузнецов С.І., Карманов В.В., Безпальченко В.М. Херсон : ФОП Вишемирський В.С., 2018. 336 с.
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 зливогого 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. (дата звернення 08.06.2025). – Назва з екрана.
- Насосы Flygt 3153, 3171, 3202 и 3301серии N - SU GROUP. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: 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 \[Електронний ресурс\]](https://zakon.rada.gov.ua). – 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=AOvVaw2HtEW7Ql8xg896
qbasomFR

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.
27. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги [Електронний ресурс] : [чинний від 2017-06-01]. — Київ : Мінрегіон України, 2017. — 41 с.