

**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

**«ВОДОВІДВЕДЕННЯ СТИЧНИХ ВОД МІСТА ЧЕРНІГІВСЬКОЇ
ОБЛАСТІ»**

Виконав: здобувач освіти 4-го курсу,
групи ЦІ 2022-2
спеціальності 192 "Будівництво та цивільна
інженерія",
освітня програма «Цивільна інженерія»

Шарков А.В.

Керівник доц. Лукашенко С.В.

Рецензент доц. Тітов А.А.

Харків - 2026 року

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

Факультет Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії

Кафедра Водопостачання, водовідведення і очищення вод

Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)

Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

Освітня програма Цивільна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ВВіОВ

проф. Карагяур А.С.

“ _____ ” _____ 2026 року

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

Шарков Андрій Віталійович

(Прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема проекту (роботи)

Водовідведення стічних вод міста Чернігівської області

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи 18 червня 2026 р.











3. Вихідні дані до роботи

Місто розташоване в Чернігівській області. Щільність населення 450, 350 та 370 чол. на 1 га, норма водовідведення 350, 260 та 320 л/(чол.·добу) Грунти на території міста – суглинки. Глибина промерзання 1,1 м. Залягання ґрунтових вод – 3,9 м. В місті два промислових підприємства: приладобудівний завод (кількість працюючих – 4000 чол., кількість виробничих стічних вод – 4000 м³/добу) та м'ясокомбінат (кількість працюючих – 3500 чол., кількість виробничих стоків – 3500 м³/добу). Скид стічних вод передбачити в річку Десна.

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

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

6. Консультанти розділів роботи


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

7. Дата видачі завдання 26 травня 2026р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач освіти  Шарков А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Лукашенко С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ:

	стор.
ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	6
1.1 Географічне розташування та кліматичні особливості території Чернігівської області	6
1.2 Водні ресурси та їх використання	9
1.3 Система водовідведення та стан очищення стічних вод у Чернігівській області	11
1.4 Обґрунтування проектних рішень	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
2.1 Виробничо-побутова мережа водовідведення міста	14
2.2 Дощова каналізаційна мережа	24
2.3 Каналізаційна насосна станція	32
3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ	44
3.1 Експлуатація обладнання станцій водовідведення	44
3.2 Підвищення ефективності роботи каналізаційної насосної станції	49
3.3 Автоматизація роботи каналізаційної насосної станції	53
3.4 Організація експлуатації насосних станцій	60
3.5 Планово-попереджувальні ремонти обладнання насосної станції	62
3.6 Технічна документація насосної станції	64
3.7 Обов'язки чергового та обслуговуючого персоналу насосної станції	65
3.8 Експлуатація насосних агрегатів	67
3.9 Регулювання роботи насосних станцій (насосних агрегатів)	70
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	76
4.1 Санітарно-гігієнічне забезпечення виробництва	76
4.2 Заходи безпеки під час виконання робіт	80
4.3 Забезпечення протипожежного захисту об'єкта	84
ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89

ВСТУП

Обсяг пояснювальної записки – 90 сторінок, таблиць – 9, рисунків – 12, використаних джерел – 18.

СТІЧНІ ВОДИ, КАНАЛІЗВІЦІЙНА МЕРЕЖА, СИСТЕМА ВОДОВІДВЕДЕННЯ, КАНАЛІЗАЦІЙНА НАСОСНА СТАНЦІЯ

Метою роботи є розробка системи інженерних споруд, призначених для збору та відводу стічних вод, які утворюються в межах об'єкту дослідження.

У цій кваліфікаційній роботі розглянуто та вирішено питання організації системи відведення стоків міста Чернігівської області згідно з чинними нормами і вимогами. Здійснено розрахунки каналізаційної мережі та визначено параметри роботи насосної станції.

Водовідведення — це сукупність інженерно-санітарних заходів і об'єктів інфраструктури, які забезпечують своєчасний збір забруднених вод, що виникають внаслідок життєдіяльності населення та роботи підприємств, їх оперативне виведення за межі забудованих територій, подальшу переробку, очищення, нейтралізацію та знезараження.

При будівництві нових житлових, громадських, виробничих або соціально-культурних об'єктів, а також при модернізації чи розширенні існуючих комплексів, необхідно проводити значний обсяг проектно-інженерних робіт з впровадження систем каналізації.

Для захисту довкілля та водних ресурсів від шкідливого впливу стоків із населених пунктів і промислових зон потрібно застосовувати комплексний підхід до проектування й експлуатації каналізаційних споруд на підставі науково обґрунтованих інженерних розрахунків.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Географічне розташування та кліматичні особливості території Чернігівської області

Чернігівська область займає крайню північ Лівобережної України. Її простягання з заходу на схід становить близько 180 км, з півночі на південь — близько 220 км. Площа області — 31,9 тис. км², що становить приблизно 5,3% території України; за площею Чернігівщина посідає друге місце в країні. Середня щільність населення — близько 31 особи на 1 км². На заході й північному заході область межує з Гомельською областю Білорусі, на півночі — з Брянською областю РФ, на сході — із Сумською, на півдні — з Полтавською, на південному заході — з Київською областями України. Обласний центр — Чернігів (станом на 01.01.2022 — 282,747 тис. мешканців) [1].

Рельєф і ґрунти. Середня висота над рівнем моря складає близько 120 м; на північному сході висоти зростають до 200 м, у південному заході — 120–150 м. Максимальна висота — 222 м поблизу с. Березова Гать Новгород-Сіверського району. Основна частина області належить до Придніпровської низовини, тоді як невелика північно-східна ділянка — до Середньої височини. Територія знаходиться в межах лісової смуги — Чернігівського Полісся, іноді виділяють також Новгород-Сіверське Полісся. Рельєф переважно слабохвилястий із загальним похилом з північного сходу на південний захід; рівнини розчленовані річковими долинами глибиною до 50 м. На вододілах і терасах зустрічаються великі лесові масиви з вираженою яружною ерозією. У лісостеповій та південно-східній частинах Новгород-Сіверського Полісся помітні крейдові підніжжя й ерозійні форми рельєфу, що є переходом до Середньої височини. На півночі переважають дерново-підзолисті, сірі й світло-сірі опідзолені та торф'яно-болотисті ґрунти; на півдні — чорноземи.

Клімат. Клімат області помірно континентальний. За останні роки спостерігається тенденція до підвищення середньорічної температури, насамперед через потепління зимових місяців. Середня температура

найхолоднішого місяця (січня) становить близько $-6...-7^{\circ}\text{C}$, найтеплішого (липня) — $19-20^{\circ}\text{C}$, причому в окремі роки показники можуть значно відхилятися. Різниця середньорічної температури між північною та південною частинами області — близько 1° . За даними гідрометеоцентру, абсолютний максимум повітря досягав $+41,4^{\circ}\text{C}$ (серпень 2010), абсолютний мінімум — $-40,2^{\circ}\text{C}$ (січень 1987). Період із середньодобовою температурою нижче 0° триває в середньому 104–119 днів на рік; із температурою вище 0° — 246–261 день. Середня дата стабільного переходу середньодобової температури вище 0° (початок весни) припадає на 28 лютого — 5 березня (у північно-східних районах — 9–13 березня). Стабільний перехід через 0° у бік зниження (початок зими) спостерігається 19–25 листопада залежно від району. Сніговий покрив зазвичай утворюється наприкінці листопада — на початку грудня; середня його висота 8–16 см, максимальна 43–59 см (перша декада березня 1987). Глибина промерзання ґрунту варіює значно; у холодні та малосніжні зими промерзання могло сягати 140–150 см, в останні роки інколи спостерігалось слабке або відсутнє промерзання.

Опади та вітри. Середньорічна сума опадів становить 594–676 мм; найбільше опадів випадає в червні–липні, найменше — у січні–березні. У окремі роки загальні річні суми змінюються від 400 до 850 мм; добові інтенсивні опади іноді досягають 100–140 мм. Напрями вітру розподілені нерівномірно: найчастіше дмуть західні та південні вітри. В холодний період переважають південно-західні та південні вітри, у теплий — західні та північно-західні. Середня річна швидкість вітру — 3–4 м/с; до 20 днів на рік можуть мати пориви 15 м/с і більше. Регіон відноситься до зони достатнього зволоження; середня річна відносна вологість повітря — 75–80% (влітку 50–70%, взимку 80–95%). Протягом року буває 20–44 дні з відносною вологістю 30% і менше.

Погодні та небезпечні явища. Поєднання фізико-географічних умов і сезонної динаміки атмосфери спричинює виникнення таких небезпечних

метеоявищ, як сильні вітри, хуртовини, ожеледь і тумани взимку, а також сильні дощі, грози й град у літній період.

Гідрографія. Чернігівська область належить до басейнів Десни та Дніпра. У басейні Десни формується близько 22% поверхневого стоку Дніпра й приблизно 15% загального стоку річок України. На території області протікають великі та середні річки: Дніпро (123 км у межах області), Десна (534 км), Сож (30 км), Судость (17 км), Сейм (65 км), Снов (210 км), Остер (188 км), Удай (228 км), а також 255 малих річок (179 з них довші за 10 км). Загальна довжина річкової мережі — 5 799,8 км (включно з 657,6 км великих, 767,4 км середніх і 4 374,8 км малих річок). Головною річкою регіону є Десна, яка тече із північного сходу на південний захід; її притоки включають Сейм, Доч і Остер (ліві), Убідь, Мена, Снов і Білоус (праві).

Корисні копалини і лісовий покрив. Територією проходять важливі транспортні шляхи міжнародного значення. Чернігівщина має поклади торфу (найбільші — у Чернігівському й Корюківському районах), родовища високоякісних скляних пісків (наприклад, с. Олешня Чернігівського району), крейди (Новгород-Сіверський район) та цегляної сировини по всій області. Є також родовища глин для кераміки та джерела мінеральних вод у центральній частині регіону. Область лежить у зонах мішаних лісів і лісостепу; загальна площа лісового фонду — 739,5 тис. га, з яких 659,9 тис. га вкриті лісом. Лісистість змінюється від 20–41% у північних районах до 7–20% у південних. На півночі поширені мішані ліси (сосна, дуб, береза, осика, чорна вільха, граб), у південній частині — переважно невеликі дубові масиви.

Заболоченість. Через геологічну будову, рельєф, клімат і значну лісистість значні площі регіону мають заболочений характер, особливо в поліській зоні та заплавах Дніпра, Десни і їхніх приток [2].

1.2 Водні ресурси та їх використання

Гідрографічна мережа Чернігівської області належить до басейнів великих річок Десни та Дніпра. За даними Державного водного кадастру ці басейни у межах області поділені на водогосподарські ділянки: басейн Дніпра — 7 ділянок, басейн Десни — 6 ділянок.

За інформацією Деснянського басейнового управління водних ресурсів, у межах області протікають великі та середні річки: Дніпро (123 км в межах області), Десна (534 км), Сож (30 км), Судость (17 км), Сейм (65 км), Снов (210 км), Остер (188 км), Удай (228 км), Трубіж (15 км), Супій (15 км), а також 255 малих річок, із яких 179 мають довжину понад 10 км. Загальна довжина річкової мережі становить 5 799,8 км, зокрема 657,6 км великих, 767,4 км середніх і 4 374,8 км малих річок.

Частина малих річок повністю або частково включена до меліоративних магістралей і має регульований стік. Загальна довжина відрегульованих русел малих річок — близько 1,4 тис. км; на них споруджено 532 гідротехнічні споруди, з яких 413 мають можливість регулювання. Річки Дніпро, Десна та нижня ділянка Сейму піддаються інтенсивним русловим процесам, що супроводжуються руйнуванням берегів та руслових форм, і погіршують стан господарських об'єктів і захисних споруд. Особливо небезпечні ці процеси на ділянках Десни поблизу населених пунктів (зокрема Остер, Соколівка, Надинівка, Максим, Ковчин, Макошине, Максаки, Змітнів, Спаське, Велике Устя, Мале Устя, а також у районі Бобровиці м. Чернігова), де можливі непередбачувані негативні екологічні наслідки.

За результатами інвентаризації водних об'єктів 2021 р. в області зафіксовано 833 озера, переважно розташовані в заплавах великих річок — Дніпра і Десни (595 озер). Режим рівнів озер нестабільний, оскільки їх живлення залежить від атмосферних опадів, поверхневого стоку з прилеглих водозборів, підземних джерел та гідрологічного зв'язку з річками. На тлі кліматичних змін у

2021 році спостерігалось зменшення водності деяких озер, іноді їх часткове чи повне пересихання.

Штучні водойми — водосховища та ставки — використовуються головним чином для рибництва, рибогосподарських потреб, а також як протиерозійні та протипожежні резервуари. За інвентаризацією 2021 р. Деснянським басейновим управлінням на території області зафіксовано: 19 водосховищ з водним дзеркалом 1,6 тис. га і об'ємом 39,2 млн м³; 729 руслових ставків з водним дзеркалом 4,6 тис. га і об'ємом 81,2 млн м³; 1001 нерусловий ставок з водним дзеркалом 2,0 тис. га і об'ємом 3,3 млн м³; 11 наливних ставків з водним дзеркалом 0,5 тис. га і об'ємом 5,9 млн м³; 8 комплексів технологічних водойм з водним дзеркалом 1,9 тис. га і об'ємом 31,3 млн м³. За період 2017–2021 рр. паспортизовано 187 водойм загальною площею водного дзеркала 2,1 тис. га.

Поверхневі водні ресурси області формуються з місцевого стоку, транзитного стоку з суміжних територій по Дніпру та Десні, стоку зі Сумської області по Сейму, підземних вод та запасів у водоймах, озерах і болотах. Основним джерелом питної води є підземні води. За даними Державної геологічної служби України прогнозні ресурси підземних вод у Чернігівській області складають 3 039 млн м³, експлуатаційні запаси — 204 млн м³. Вся територія області належить до Дніпровського артезіанського басейну; прісні підземні води приурочені до четвертинних, неогенових, палеогенових та крейдових відкладів. Усі водоносні горизонти мають загальнодержавне значення.

На питні та санітарно-побутові потреби населення в області використовуються виключно підземні води. Станом на 01.01.2022 райдержадміністраціями та облдержадміністрацією укладено 101 договір оренди щодо 113 водних об'єктів площею 1,5 тис. га; водойми здебільшого використовуються для рибогосподарських та рекреаційних цілей [3, 4].

У 2021 році, в рамках виконання рішення Ради нацбезпеки і оборони України від 15.04.2021 та відповідного Указу Президента, проведено інвентаризацію водних об'єктів на території Чернігівської області.

1.3 Система водовідведення та стан очищення стічних вод у Чернігівській області

На стан поверхневих вод області суттєво впливає скидання недостатньо очищених стічних вод через неефективну роботу каналізаційно-очисних споруд, порушення прибережних захисних смуг і водоохоронних зон, а також засмічення водойм побутовими відходами. Основними джерелами забруднення є підприємства житлово-комунального господарства. За даними моніторингу, у звітному періоді гідрохімічні показники поверхневих вод у створах спостереження в цілому суттєво не змінились і переважно відповідали гранично допустимим концентраціям для водойм рибогосподарського призначення. Водночас на комплексах очисних споруд, що експлуатуються підприємствами, спостерігаються системні проблеми — недовантаженість, зношеність обладнання та відсутність фінансування для поточних ремонтів або реконструкції.

Серед основних забруднювачів транскордонних водотоків називають органічні речовини, загальне залізо, марганець, іони амонію та фосфати. У 2021 році дослідження токсичності вод річок Десна, Стрижень і Білоус у межах м. Чернігів не проводили.

У дев'яти населених пунктах області комунально-побутові стоки відводяться на поля фільтрації — застарілу технологію очищення. Це стосується населених пунктів із суттєвою чисельністю мешканців і підприємницькою діяльністю (зокрема м. Городня, смт Сосниця, м. Носівка, смт Гончарівське, м. Десна). Питання будівництва сучасних очисних комплексів, які б зменшили негативний вплив на довкілля, поки що не вирішене.

У більшості об'єднаних територіальних громад не вирішено питання вивезення рідких відходів з вигрібів і накопичувачів. Відсутність облаштованих місць для цього сприяє несанкціонованому розміщенню відходів і забрудненню довкілля. Додатковою проблемою є широке використання населенням миючих засобів із фосфатами, що призводить до підвищеного вмісту фосфатів на вході в очисні споруди. Існуючі технологічні регламенти та поточні засоби очищення не завжди забезпечують ефективну обробку зворотних вод, у результаті чого фіксуються скиди недостатньо очищених стоків із перевищенням допустимих рівнів фосфатів.

Технічний стан водогосподарських споруд і очисних комплексів ускладнений переважно через зношеність обладнання та брак коштів на ремонти чи реконструкцію. У містах з великою кількістю населення та активною промисловістю очисні споруди здебільшого утримуються в задовільному стані. Натомість у сільській місцевості, через зупинку підприємств, нестачу матеріально-технічної бази та фахівців, а також зниження обсягів водовикористання, комплекси біологічного очищення часто не експлуатуються або працюють із порушенням технологічних регламентів.

Чергове використання застарілих методів очищення і подальше фізичне старіння обладнання може призвести до значного погіршення якості водних об'єктів області. Для ефективного вирішення проблеми необхідне фінансування з державного бюджету на реконструкцію діючих і будівництво нових сучасних очисних комплексів.

1.4 Обґрунтування проектних рішень

Перед розробленням схеми каналізації необхідно дослідити рельєф території населеного пункту та виділити басейни каналізування відповідно до природних водорозділів.

У цьому проєкті передбачено застосування повної роздільної системи каналізації, пристосованої до складного рельєфу. Мережі побутових і

виробничих стоків йдуть окремо від дощових систем, але їх проектні траси перетинаються з метою забезпечення надійного водовідведення. Проект розпочинається з поділу міської території на басейни каналізування, межі яких визначаються водорозділами. На ділянках з пологим рельєфом прагнуть максимально залучити самопливну схему. Трасування колекторів обирають з урахуванням місцевих геологічних і гідрогеологічних умов та розташування очисних споруд; роботи з прокладання починають від головного колектора, який закладають по понижених ділянках, після чого на плані позначають районні та вуличні колектори й підключають їх до головного найкоротшими маршрутами.

При відкритому способі прокладання труб максимальна глибина зазвичай не перевищує 7–8 м. За потреби значного заглиблення передбачають установку насосних станцій у місцях, визначених під час гідравлічного розрахунку.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Виробничо-побутова мережа водовідведення міста

2.1.1. Вибір системи і схеми каналізації

Вибір системи каналізації визначається сукупністю місцевих умов, санітарними вимогами та техніко-економічними показниками. До місцевих умов відносяться кількість мешканців, розвиток промисловості, обсяги та склад стічних вод, рельєф території, рівень благоустрою житлових забудов і міських територій.

Санітарні вимоги при виборі системи спрямовані на захист здоров'я населення та прилеглих територій від шкідливого впливу відходів, які можуть забруднювати ґрунт і повітря. Техніко-економічні критерії передбачають забезпечення швидкого й ефективного відведення та очищення стоків. У цьому проекті передбачено повну роздільну систему каналізації, оскільки вона відповідає місцевим і санітарним умовам. Вартість основних споруд при роздільній системі, як правило, менша, ніж при інших варіантах; окрім того, її впровадження та реконструкцію можна виконувати по чергах, в першу чергу зводячи найнеобхідні ділянки мережі та споруд.

З санітарної точки зору найбільш повно захищає довкілля загальносплавна система каналізації, оскільки всі види стоків потрапляють на очисні споруди. Проте її вартість вища через потребу в прокладанні великих відвідних колекторів і збільшенні потужностей очисних споруд.

Принципова схема каналізації міста в цьому проекті — пересічена, оскільки вона найкраще відповідає місцевим умовам. До головного колектора підключається кілька бічних колекторів, розташованих перпендикулярно до нього; вуличні мережі, що обслуговують квартали, приєднуються до бічних колекторів з обох сторін.

2.1.2 Розрахунок витрат стічних вод від населення

При проектуванні систем каналізації розрахункове середньодобове питомо водовідведення побутових стоків від житлових будинків приймають рівним

середньорічному питомому водоспоживанню (без урахування витрат на полив територій і зелених насаджень) згідно з нормативами [5].

Загальний коефіцієнт нерівномірності водовідведення приймається згідно табл. 2 [6].

Місто в проєкті розбите на три райони з такими показниками:

- Норма водовідведення, л/добу на 1 особу по районам: 350; 260; 320.
- Розрахункова щільність населення, чол/га:
 - I район — 450
 - II район — 350
 - III район — 370

Величина розрахункових витрат побутових стічних вод визначається щільністю забудови території та прийнятої норми водовідведення і визначаються за формулами:

- Середньодобова витрата $Q_{с.д.}$, м³/добу: розраховується як добуток питомої норми водовідведення на розрахункове населення кожної ділянки.
- Середньогодинна витрата $Q_{с.год.}$, м³/ГОД: визначається діленням $Q_{с.год.}$ на 24.
- Розрахункова витрата в літрах на секунду q , л/с: виходить з перерахунку середньогодинної витрати та врахування коефіцієнтів нерівномірності.

$$Q_{сер.доб} = \frac{n \cdot N_p}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}; \quad (2.1)$$

$$Q_{сер.год} = \frac{n \cdot N_p}{24 \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{ГОД}; \quad (2.2)$$

$$Q_{сер.с} = \frac{n \cdot N_p}{24 \cdot 3600}, \text{ л/с}; \quad (2.3)$$

де n — питомо середньодобове (за рік) водовідведення на одного мешканця в л/добу; N_p — розрахункове населення для кожної ділянки.

Підсумкові розрахунки середніх витрат від населення зводяться в таблицю (табл. 2.1), де наводяться значення $Q_{с.д.}$, $Q_{с.год.}$ та q для кожного району.

Таблиця 2.1 - Витрата стічних вод від населення

№№ бокового колектора	№№ житлових кварталів		Розрахункове населення				Середні витрати		
			площа житлових кварталів, га	щільність забудови, чіл/га	число жителів, чол	питоме водовідведення на 1	добова, м ³ /добу	годинна, м ³ /год	секундна, л/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1-2	1	1,8	450	729	350	255,15	10,63	2,95	
2-3	2,3	3,6	450	1458	350	510,30	21,26	5,91	
3-4	4	3,3	450	1337	350	467,78	19,49	5,41	
4-5	5	2,4	450	972	350	340,20	14,18	3,94	
5-6	6	3	450	1215	350	425,25	17,72	4,92	
6-7	7,8	1	450	405	350	141,75	5,91	1,64	
7-8	9,1	1	450	405	350	141,75	5,91	1,64	
8-9	11	0,9	450	365	350	127,58	5,32	1,48	
9-10	12	1,3	450	527	350	184,28	7,68	2,13	
I-II	бокові	13	2	450	810	350	283,50	11,81	3,28
	попутні	31,32	2,1	450	851	350	297,68	12,40	3,45
II-III	бокові	14-30	24,4	450	9882	350	3458,70	144,11	40,03
	попутні	81,82	3,8	450	1539	350	538,65	22,44	6,23
III-IV	бокові	33-80	51,2	450	20736	350	7257,60	302,40	84,00
	попутні	105,106	1,8	350	567	260	147,42	6,14	1,71
IV-V	бокові	83-104	26,4	350	8316	260	2162,16	90,09	25,03
	попутні	123,124	2,7	350	851	260	221,13	9,21	2,56
V-VI	бокові	107-122	26,2	350	8253	260	2145,78	89,41	24,84
	попутні	143,144	2	350	630	260	163,80	6,83	1,90
VI-VII	бокові	125-142	22,5	350	7088	260	1842,75	76,78	21,33
	попутні	163,164	3,1	370	1032	320	330,34	13,76	3,82
VII-VIII	бокові	145-162	30,9	370	10290	320	3292,70	137,20	38,11
	попутні	183,184	3	370	999	320	319,68	13,32	3,70
VIII-НС	бокові	165-182	29,9	370	9957	320	3186,14	132,76	36,88
	попутні	0	0		0		0,00	0,00	0,00
Разом					89211		28242,05	1176,75	326,88

2.1.3 Визначення розрахункових витрат від промислових підприємств

У межах цього проекту в місті функціонують два промислові підприємства:

а) приладобудівний завод: число працюючих $N = 4000$ осіб, добовий обсяг виробничих стоків — $4000 \text{ м}^3/\text{добу}$;

б) м'ясокомбінат: $N = 3500$ осіб, добовий обсяг виробничих стоків — $3500 \text{ м}^3/\text{добу}$. Обидва підприємства працюють у три зміни.

Зосереджена витрата стоків кожного промпідприємства визначається як сума технологічних, господарсько-побутових і душових стоків:

$$q_{розр.}^{сосер.} = q_{техн.} + q_{госп.} + q_{душ.} \quad (2.4)$$

Розподіл технологічних витрат по змінах приймається таким: I зміна — 40% від добової витрати; II і III зміни по 30% кожна. Число працюючих у змінах розраховується як $I = 0,4 \cdot N_{пп}$; $II = III = 0,3 \cdot N_{пп}$, де $N_{пп}$ — загальна кількість працівників на підприємстві.

Витрата технологічних стічних вод визначається за формулою (2.5) із урахуванням складу цехів (холодні й гарячі). Для холодних і гарячих цехів використовуються норми водовідведення на зміну: $n_{хол} = 25 \text{ л/зм} \cdot \text{чол}$, $n_{гар} = 45 \text{ л/зм} \cdot \text{чол}$. Кількість працівників у холодних і гарячих цехах позначається $N_{хол}$ і $N_{гар}$ відповідно. Для врахування нерівномірності годинної витрати застосовуються коефіцієнти $K_{хол} = 3$ і $K_{гар} = 2,5$. Тривалість зміни $T = 8$ годин. Формули (2.5)–(2.6) використовуються для розрахунку по змінах.

$$q_{техн} = \frac{Q_{зм}}{T \cdot 3,6}, \text{ л/с}; \quad (2.5)$$

$$q_{госп} = \frac{n_{хол} \cdot N_{хол} \cdot K_{хол}}{T \cdot 3600} + \frac{n_{гар} \cdot N_{гар} \cdot K_{гар}}{T \cdot 3600}, \text{ л/с}; \quad (2.6)$$

Душові стоки розраховують залежно від кількості душових сіток при нормі 500 л/год на 1 сітку протягом 45 хвилин після закінчення зміни:

$$q_{душ} = \frac{c \cdot 500 \cdot 45}{60 \cdot 2700}, \text{ л/с}, \quad (2.7)$$

де c — число душових сіток, вибирається залежно від категорії виробництва й частки працівників, що користуються душем у зміну з максимальною кількістю працюючих.

Результати розрахунків зосередженої витрати стоків від промислових об'єктів зводяться в таблицю 2.2.

2.1.4 Гідравлічний розрахунок виробничо-побутової мережі водовідведення

Гідравлічний розрахунок самопливних колекторів передбачає визначення діаметрів труб, ухилів (втрат напору), швидкостей потоку та ступеня наповнення колектора.

Хоч потік у каналізаційних мережах зазвичай є несталим і змінним, у проектній практиці його приймають як рівномірний турбулентний рух для спрощення розрахунків.

Гідравлічні розрахунки виконуються на розрахункову максимальну секундну витрату з використанням таблиць, графіків і формули Шезі для визначення швидкості:

$$V = c\sqrt{R \cdot i}, \quad (2.8)$$

де c — швидкісний коефіцієнт, що обчислюється за формулою Н.Н. Павловського:

$$C = \frac{R^y}{n_1}, \quad (2.9)$$

(значення визначаються за методиками і ДБН В.2.5-75:2013),

$$i = \frac{\lambda \cdot V^2}{8 \cdot R \cdot g}, \quad (2.10)$$

R — гідравлічний радіус (2.10),

i — гідравлічний ухил, який визначають за формулою Дарсі,

λ — коефіцієнт тертя по довжині,

g — прискорення вільного падіння, м/с².

На підставі наведених співвідношень визначають діаметри труб і ухили, що забезпечують необхідні швидкості самоочищення та прийнятний ступінь наповнення колекторів.

Таблиця 2.2 - Витрати стічних вод від промпідприємств

№№ змін	Години роботи	Кількість робітників, чол			Технологічні стоки		Побутові стоки						Душові стоки			Загальна розрахункова витрата, л/с
		Усього	у холодних цехах	у гарячих цехах	розрахунк. витрата, м ³ /зм	N _c	холодні цехи			цеху зі значним тепловиділенням			К-ть душових сіток	Норма водов., л на 1 сітку	К-ть душових стоків, л/с	
							норма водовідв на 1 чол.	Коеф. нерівн.	розрахунк. витрата, л/с	норма водовідв на 1 чол.	Коеф. нерівн.	розрахунк. витрата, л/с				
приладобудівний завод																
I	8-16	1600	1120	480	1600	55,56	25	3	2,92	45	2,5	1,88	86	500	11,90	72,25
II	16-24	1200	840	360	1200	41,67	25	3	2,19	45	2,5	1,41	114	500	15,87	61,13
III	0-8	1200	840	360	1200	41,67	25	3	2,19	45	2,5	1,41	86	500	11,90	57,17
м'ясокомбінат																
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

2.1.4.1 Визначення розрахункових витрат стічних вод для ділянок головного колектора

Згідно з прийнятою пересіченою схемою, головний колектор ділиться на розрахункові ділянки, початок і кінець яких розташовані в місцях приєднання бічних колекторів у напрямі падіння рельєфу.

При обчисленні розрахункових витрат застосовують поняття бокової, побіжної, транзитної та зосередженої витрат. Бокові витрати надходять від кварталів, що розміщені вище, через бічний колектор у початок кожної ділянки. Побіжні витрати надходять із прилеглих кварталів уздовж всієї довжини ділянки; для спрощення їх умовно приймають приєднаними на початку ділянки. Транзитна витрата — це витрата, що переходить з попередньої розрахункової ділянки. Розрахункова витрата ділянки обчислюється як сума бокової, побіжної та транзитної витрат, після чого до отриманої величини застосовується загальний коефіцієнт нерівномірності $K_{gen.max}$. Зосереджена витрата — це розрахункова витрата від промислових підприємств, підключених до мережі.

2.1.4.2 Визначення мінімальної та максимальної глибини прокладання колекторів

Мінімально допустима глибина залягання головного колектора визначається з урахуванням таких умов:

- забезпечення проходження колектора під водопровідними трубами;
- урахування глибини промерзання ґрунту;
- дотримання допустимої відстані між водоводами і колекторами при перетині (не менше 0,4 м);
- запобігання руйнуванню труби під зовнішнім навантаженням (вершина труби повинна бути заглиблена не менше ніж на 0,7 м);
- забезпечення можливості приєднання всіх бічних колекторів до головного.

Максимальна глибина закладення при відкритому способі прокладання обмежується техніко-економічними факторами і залежить від типу ґрунтів: для

скельних — 4–5 м, для вологих пливунних — 5–6 м, для сухих нескельних — 7–8 м.

$$h_1 = h_{\text{пром}} - 0,3,$$

де $h_{\text{пром}}$ – глибина промерзання ґрунту, $h_{\text{пром}} = 1,2$ м;

$$h_1 = 1,2 - 0,3 = 0,9 \text{ м};$$

$$h_2 = h_1 + (i \cdot l) - (z_1 - z_2) + \Delta,$$

$$h_2 = 0,9 + (0,01 \cdot 250) - (147,60 - 146,95) + 0 = 2,75 \text{ м}$$

2.1.4.3 Розрахункові швидкості, ступінь наповнення і ухили

Щоб уникнути замулювання каналізаційної мережі, мінімальні розрахункові швидкості руху стічних вод (самоочисні швидкості) слід приймати залежно від ступеня наповнення та діаметра труб (d , мм) згідно з ДБН В.2.5-75:2013. Для неметалевих труб максимальну розрахункову швидкість встановлюють на рівні 4 м/с. Розрахункове наповнення трубопроводів рекомендується не перевищувати $0,75 d$.

При проектуванні колекторів прагнуть мінімізувати приведені витрати, тому доцільно вибирати мінімально необхідну глибину закладення. Найбільш прийнятним є проектування ухилу колектора, рівного ухилу поверхні місцевості. Оскільки ухил трубопроводу впливає на швидкість потоку, при зменшенні ухилу слід контролювати, щоб швидкість не опускалась нижче самоочищувальної, а ступінь наповнення — не перевищувала допустимий рівень [7].

Підбираючи діаметри колекторів, необхідно забезпечувати зростання або принаймні незменшення швидкостей від однієї ділянки до наступної. При зміні рельєфу (від крутих схилів до більш пологих) допускається зниження швидкості, але не нижче самоочисної. На крутих ділянках, де швидкість може перевищити допустиму, застосовують перепадні колодязі для гасіння енергії потоку.

Ділянки з малими витратами (нижче 10–12 л/с) вважають нерозрахунковими: для них приймають мінімальний діаметр 200 мм та ухил 0,005.

З'єднання труб різних діаметрів рекомендується виконувати в оглядових колодязях методом «шелінга в шелінг», тобто поєднанням верхніх частин труб (шелінгів) по висоті.

За результатами гідравлічного розрахунку виконують подовжній профіль головного і бічних колекторів у масштабах: горизонтальний — 1:5000 (генплан міста), вертикальний — 1:100. Висоти земної поверхні на профілі фіксують з точністю до 1 см, а позначення лотків — до 1 мм.

Усі результати розрахунку колекторів оформляються в таблицю 2.3.

2.1.4.4 Організація промивання, прочищення та вентиляції каналізаційної мережі

Експлуатація мережі включає проведення промивань, механічного та гідравлічного прочищення і контроль вентилявання системи.

Початкові ділянки зазвичай прочищують накопиченням стічних вод в оглядових колодязях та з наступним різким випуском у мережу, що створює підвищені швидкості й сприяє вимиванню осадів. Однак такий спосіб не завжди дає потрібний ефект.

При утворенні щільних відкладень їх видаляють механічним способом або поєднаним прочищенням з промиванням водою. Найбільш ефективним вважається гідравлічне прочищення за допомогою куль або циліндрів, діаметр яких трохи менший за внутрішній діаметр труби. Прочищення штангами займає більше часу через необхідність їхнього з'єднання та розбирання.

Через неповне заповнення труб стічною рідиною в їхньому перетині накопичуються гази, що виділяються зі стоків, та пари, які сприяють корозії труб і створюють значну загрозу для обслуговчого персоналу під час монтажних та ремонтних робіт. Підпитка повітря відбувається також через негерметичні люки оглядових колодязів. Повітря в стояках тепліше за зовнішнє, тому виникає природна тяга: тепле, менш густе повітря піднімається вгору по стояку, сприяючи витяжці газів із мережі.

Таблиця 2.3 - Гідравлічний розрахунок каналізаційної мережі

Номер розрахункової	Довжина ділянки, м	Витрата від населення				Коеф. нерівномірн. Кген. max.	Розрахункова витрата від населення л/с	Зосереджена витрата, л/с	Сумарна розрахункова витрата л/с	d, мм	V м/с	h/d	i	i x l	Відмітки				Глибина закладання	
		побіжний	боковий	транзитний	загальний										землі		лотока		в началі	в кінці
															в началі	в кінці	в началі	в кінці		
Боковий колектор																				
1-2	200,00		2,95		2,95	2,500	7,38		7,38	200	0,71	0,4	0,007	1,40	146,85	145,82	144,10	142,70	2,75	3,12
2-3	180,00		5,91	2,95	8,86	2,219	19,66		19,66	250	0,8	0,5	0,005	0,90	145,82	145	142,65	141,75	3,17	3,25
3-4	190,00		5,41	8,86	14,27	2,026	28,92		28,92	250	0,88	0,65	0,005	0,90	145	144,22	141,75	140,85	3,25	3,37
4-5	185,00		3,94	14,27	18,21	1,950	35,51		35,51	315	0,92	0,52	0,005	0,95	144,22	143,23	140,79	139,84	3,44	3,40
5-6	100,00		4,92	18,21	23,13	1,885	43,61		43,61	315	0,97	0,6	0,005	0,93	143,23	142,65	139,84	138,91	3,40	3,74
6-7	105,00		1,64	23,13	24,77	1,875	46,45		46,45	315	0,99	0,63	0,005	0,50	142,65	141,93	138,91	138,41	3,74	3,52
7-8	115,00		1,64	24,77	26,41	1,864	49,24		49,24	315	1	0,65	0,005	0,58	141,93	141,48	138,41	137,84	3,52	3,65
8-9	105,00		1,48	26,41	27,89	1,855	51,74		51,74	315	1,01	0,67	0,005	0,53	141,48	141,23	137,84	137,31	3,65	3,92
9-10	110,00		2,13	27,89	30,02	1,841	55,27		55,27	315	1,03	0,72	0,005	0,55	141,23	140,8	137,31	136,76	3,92	4,04
Головний колектор																				
I-II	300,00	3,45	3,28	30,02	36,75	1,798	66,08	72,25	138,33	500	1,19	0,55	0,004	1,20	140,8	139,5	136,58	135,38	4,23	4,13
II-III	450,00	6,23	40,03	36,75	83,02	1,641	136,23	72,25	208,48	630	1,33	0,52	0,004	1,80	139,5	137,75	135,25	133,45	4,26	4,31
III-IV	235,00	1,71	84,00	83,02	168,72	1,584	267,26	72,25	339,51	800	1,35	0,5	0,003	0,71	137,75	137	133,28	132,57	4,48	4,43
IV-V	320,00	2,56	25,03	168,72	196,31	1,577	309,57	72,25	381,83	800	1,4	0,54	0,003	0,96	137	136	132,57	131,61	4,43	4,39
V-VI	230,00	1,90	24,84	196,31	223,04	1,570	350,17	72,25	422,42	800	1,6	0,54	0,004	0,92	136	135	131,61	130,69	4,39	4,31
VI-VII	350,00	3,82	21,33	223,04	248,19	1,564	388,17	72,25	460,42	800	1,75	0,54	0,005	1,75	135	133	130,69	128,94	4,31	4,06
VII-VIII	340,00	3,70	38,11	248,19	290,00	1,552	450,08	72,25	522,33	800	1,95	0,54	0,006	2,04	133	130,95	128,94	126,90	4,06	4,05
VIII-ГНС	200,00	0,00	36,88	290,00	326,88	1,542	504,04	135,47	639,51	800	2,05	0,6	0,006	1,20	130,95	130	126,90	125,70	4,05	4,30

2.2 Дощова каналізаційна мережа

Проектування траси дощової каналізації виконується з урахуванням особливостей рельєфу території, розташування місць випуску дощових колекторів, ступеня насиченості підземними інженерними мережами, а також техніко-економічних показників. Основною метою є забезпечення відведення поверхневих стоків найкоротшим шляхом до найближчих водоприймачів.

Для відведення дощових вод застосовується перпендикулярна схема каналізаційної мережі. За цією схемою збірні колектори прокладаються перпендикулярно до нижньої межі території водозбору, що дозволяє найкоротшим маршрутом скидати атмосферні води у річки, озера, балки або інші дозволені місця приймання стоку.

На міських вулицях і площах дощоприймальні колодязі встановлюють у всіх понижених ділянках, де відсутня можливість природного поверхневого відведення води. Їх також розміщують на перехрестях у межах лотків проїзної частини зі сторони надходження потоку, біля пішохідних переходів, в'їздів та виїздів із кварталів і мікрорайонів, а також уздовж вулиць між перехрестями. Відстань між дощоприймачами визначається величиною поздовжнього ухилу проїзної частини. За умови, що ухил вулиць міста не перевищує 0,015, крок між дощоприймальними колодязями приймається рівним 40 м.

Після нанесення дощової мережі на генеральний план її поділяють на окремі розрахункові ділянки. Межами таких ділянок, як правило, слугують перехрестя вулиць. Для визначення площі водозбору, що припадає на кожен ділянку колектора, виконують поділ території в межах осей прилеглих вулиць на окремі елементарні водозбірні площі.

2.2.1. Визначення розрахункових витрат дощових вод

Величину витрати дощових вод q_r , л/с, визначають методом максимальних інтенсивностей за формулою:

$$q_r = \frac{z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F}{t_r^{(1,2n-0,1)}}, \text{ л/с} \quad (2.11)$$

де:

Z_{mid} — середній коефіцієнт, що характеризує поверхню водозбірного басейну;

A, n — параметри, значення яких залежать від кліматичних умов району будівництва;

F — площа стоку, га;

t_r — розрахункова тривалість дощу, хв.

Розрахункову витрату дощового стоку для гідравлічного розрахунку мережі визначають за виразом:

$$q_{cal} = q_r \cdot \beta, \text{ л/с} \quad (2.12)$$

де β — коефіцієнт, що враховує використання вільного об'єму трубопроводної мережі в момент виникнення напірного режиму. Для розрахунків приймається $\beta = 0,68$.

Параметри A та n бажано визначати на основі статистичної обробки багаторічних спостережень, отриманих із записів автоматичних дощомірів.

За відсутності таких даних параметр A обчислюється за формулою:

$$A = q_{20} \cdot 20^n \cdot \left(1 + \frac{\lg p}{\lg m_r}\right)^\gamma \quad (2.13)$$

де:

q_{20} — інтенсивність дощу тривалістю 20 хв при періоді одноразового перевищення $P = 0,7$, л/(с·га). Для Чернігівської області згідно з ДБН В.2.5-75:2013 приймається $q_{20} = 92$ л/(с·га);

n — показник степеня, $n = 0,64$;

P — період одноразового перевищення розрахункової інтенсивності опадів, $P = 0,7$;

γ — показник степеня, $\gamma = 1,54$.

Тоді:

$$A = 100 \cdot 20^{0,64} \cdot \left(1 + \frac{\lg 0,7}{\lg 110}\right)^{1,54} = 554,20$$

Для незабудованих територій водозбору, що розташовані за межами населеного пункту, розрахунок витрат дощового стоку виконується відповідно до нормативів, які застосовуються при проектуванні штучних споруд на автомобільних дорогах (табл. 2.4) [8].

Таблиця 2.4 - Середні значення коефіцієнтів стоку для різних типів поверхонь

№	Вид поверхні	Z	Частка поверхні, %
1	Покрівлі будівель	0,285	25
2	Бруківка	0,145	5
3	Асфальтобетонне покриття	0,285	30
4	Території без твердого покриття	0,064	20
5	Озеленені ділянки	0,038	20

Розрахункова тривалість руху дощових вод по поверхні та трубопроводах визначається залежністю:

$$t_r = t_{\text{пов}} + t_{\text{лот}} + t_p, \text{ хв} \quad (2.14)$$

де:

$t_{\text{пов}}$ — час руху стоку по поверхні до лотку, хв;

$t_{\text{лот}}$ — час руху води з лотку до дощоприймача, хв;

t_p — час транспортування води трубопроводаом до розрахункового перерізу, хв.

Час руху стічних вод по лотках визначається за формулою:

$$t_{\text{лот}} = 0,021 \sum \frac{l_{\text{лот}}}{V_{\text{лот}}}, \text{ хв} \quad (2.15)$$

де:

$l_{\text{лот}}$ — довжина окремих ділянок лотків, м;

$V_{\text{лот}}$ — розрахункова швидкість руху води на відповідній ділянці, м/с.

Середній коефіцієнт стоку Z_{mid} визначають як зважене середнє значення з урахуванням площ різних типів поверхонь:

$$Z_{mid} = \frac{Z_1 F_1 + Z_2 F_2 + Z_3 F_3 + \dots}{F_1 + F_2 + F_3} \quad (2.16)$$

У результаті розрахунку отримано:

$$Z_{mid} = 0,1844$$

Мінімальна глибина закладання вуличного колектора дощової каналізації:

$$H = h + i \cdot l + (d_{тр} - d_c) \quad (2.17)$$

де:

h — глибина встановлення дощоприймача, м;

i — ухил приєднувальної гілки, прийнятий рівним 0,01;

l — довжина приєднувальної гілки, 40 м;

$d_{тр}$ — діаметр трубопроводу початкової ділянки колектора, м;

d_c — діаметр приєднувальної гілки, який становить 100–150 мм.

$$H = 1,50 \text{ м.}$$

Розрахункове наповнення труб приймається повному перерізу труби ($h/d = 1$). Мінімально допустима швидкість руху води при максимальному наповненні трубопроводів приймається аналогічною до значень, установлених для побутової каналізації.

Отримані результати гідравлічного розрахунку наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Гідравлічний розрахунок колектора дощової мережі

Розрахункові ділянки	Довжина ділянок L, м	Площа, га			Швидкість, V _{попер} , м/с	Час протікання				Коеф. стоку Z _{mid}	A ^{1,2}	Витрата дощових вод, q _r , л/с	Розрахункова витрата, q=q _r ·β, л/с	Діаметр, d, мм	Швидкість, v, м/с	Ухил, і	Падіння h = i · L, v	Відмітка землі, м		Відмітка лотока, м		Глибина закладання, м	
		прилегла	транзитна	всього		t _{con} + t _{can}	t _p	t _r	∑t _r									В началі	В кінці	В началі	В кінці	В началі	В кінці
1-2	160	2,3		2,3	1,3	5,05	2,09	7,14	3,72	0,1844	1960,7	223,63	152,07	400	1,2	0,006	0,96	138,85	138,05	137,35	136,39	1,50	1,66
2-3	140	2,81	2,3	5,11	1,5	5,05	1,59	8,73	4,25	0,1844	1960,7	434,53	295,48	500	1,5	0,006	0,84	138,05	137,50	136,29	135,45	1,76	2,05
3-4	155	2,89	5,11	8	1,6	5,05	1,65	10,38	4,77	0,1844	1960,7	606,11	412,15	630	1,54	0,0045	0,6975	137,5	137,00	135,32	134,62	2,18	2,38
4-5	125	1,45	8	9,45	1,7	5,05	1,25	11,63	5,15	0,1844	1960,7	663,58	451,23	630	1,6	0,0055	0,6875	137	136,20	134,62	133,94	2,38	2,26
5-6	140	2,52	9,45	11,97	1,8	5,05	1,32	12,95	5,53	0,1844	1960,7	782,18	531,88	710	1,45	0,0035	0,49	136,2	135,60	133,86	133,37	2,35	2,24
6-7	155	2,77	11,97	14,74	1,5	5,05	1,76	14,70	6,02	0,1844	1960,7	884,71	601,60	800	1,4	0,0025	0,3875	135,6	135,25	133,28	132,89	2,33	2,36
7-8	115	2,27	14,74	17,01	1,5	5,05	1,30	16,01	6,38	0,1844	1960,7	964,65	655,96	800	1,4	0,0025	0,2875	135,25	135,10	132,89	132,60	2,36	2,50
8-9	130	2,27	17,01	19,28	1,6	5,05	1,38	17,39	6,74	0,1844	1960,7	1034,57	703,51	800	1,42	0,003	0,39	135,1	134,95	132,60	132,21	2,50	2,74
9-10	130	2,31	19,28	21,59	1,6	5,05	1,38	18,77	7,09	0,1844	1960,7	1100,86	748,59	800	1,5	0,0035	0,455	134,95	134,65	132,21	131,76	2,74	2,90
10-11	130	2,28	21,59	23,87	1,7	5,05	1,30	20,07	7,41	0,1844	1960,7	1163,87	791,43	800	1,6	0,0035	0,455	134,65	134,20	131,76	131,30	2,90	2,90
11-Вп	300	0,57	23,87	24,44	1,7	5,05	3,00	23,07	8,14	0,1844	1960,7	1085,78	738,33	800	1,6	0,0035	1,05	134,2	130,00	131,30	130,25	2,90	-0,25

2.2.2 Проектування каналізаційних мереж

2.2.2.1 Улаштування трубопроводів

Матеріали, які застосовуються для виготовлення трубопроводів каналізаційних мереж, повинні відповідати ряду вимог:

- будівельним, що передбачають забезпечення необхідної міцності конструкцій, довговічності їх експлуатації та можливості індустріального виготовлення;

- технологічним, які полягають у забезпеченні герметичності трубопроводів, високої пропускної здатності, стійкості до корозії та процесів старіння матеріалу;

- економічним, спрямованим на зменшення витрат на виготовлення і монтаж труб.

Зазначеним вимогам повною мірою відповідають поліетиленові труби, які застосовуються для будівництва безнапірних каналізаційних мереж відповідно до ДСТУ Б В.2.5-32:2007 діаметром від 50 до 1200 мм, а також для мереж дощової каналізації згідно з ДСТУ Б В.2.7-151:2008 діаметром від 16 до 1500 мм. Монтаж труб здійснюється методом стикового зварювання відповідно до затвердженої технологічної документації або за допомогою розтрубних з'єднань із використанням поліетиленових фасонних елементів.

При виконанні різьбових з'єднань герметизацію забезпечують за допомогою тефлонових стрічок або спеціальних ущільнювальних паст. Зварні стики утворюють однорідні та надійні з'єднання, що характеризуються високою міцністю і герметичністю.

2.2.2.2 Улаштування основ під трубопроводи

Для забезпечення надійної та довготривалої роботи трубопроводів необхідно передбачати відповідну основу під труби. Тип основи визначається залежно від несучої здатності ґрунту та умов експлуатаційного навантаження. У більшості випадків, за винятком скельних, болотистих, пливунних і просадних

ґрунтів II типу, труби допускається укладати безпосередньо на вирівняне та ущільнене дно траншеї.

Як природна основа можуть використовуватися середньо- та крупнозернисті піски, сухі супіски, гравій різної фракції, суміші піску зі щебенем або галькою, а також глинисті та важкі суглинкові ґрунти за відсутності водоносних прошарків. До природних основ також належать скельні та близькі до них породи.

Штучні основи необхідно передбачати при прокладанні труб у водонасичених і неоднорідних ґрунтах, дрібнозернистих пісках із мулуватими включеннями, лесових і лесоподібних суглинках, болотистих та торф'яних ґрунтах.

У скельних породах трубопроводи укладають на піщану подушку завтовшки 10 см. У водонасичених ґрунтах з добрими дренажними властивостями застосовують підсіпку зі щебеню, гравію або крупного річкового піску товщиною 0,15–0,20 м з улаштуванням дренажних лотків для відведення води.

У пливунах та водонасичених ґрунтах із низькою водовіддачею передбачають бетонну плиту та бетонний стілець під трубопровід. Для болотистих і торф'яних ґрунтів застосовують жорсткі пальові основи з ростверками.

2.2.2.3 Ізоляція труб

Однією з основних умов забезпечення довговічності каналізаційних мереж є надійний захист труб від впливу ґрунтових і стічних вод. Для цього використовують спеціальні цементні склади та різноманітні ізоляційні покриття.

Ізоляція внутрішньої та зовнішньої поверхонь труб може бути жорсткою або пластичною. До жорстких видів ізоляції належать цементна штукатурка із залізненням, торкрет-штукатурка та облицювання плитковими матеріалами. До пластичних покриттів відносяться бітумна, обмазувальна, обклеювальна та комбінована обмазувально-обклеювальна ізоляція.

Найбільш ефективними та довговічними вважаються бітумно-гумові покриття та полімерні самоклеючі стрічки на основі полівінілхлориду, які намотуються на зовнішню поверхню трубопроводу.

У даному проєкті приймається основа під трубопроводи у вигляді шару щебеню, а для захисту труб використовується ізоляційне покриття на основі пуцоланових і сульфатостійких цементів із гідравлічними добавками.

2.2.2.4 Оглядові колодязі

Оглядові колодязі передбачаються на каналізаційних мережах у місцях приєднання трубопроводів, зміни напрямку траси, зміни ухилів або діаметрів труб, а також на прямих ділянках мережі для забезпечення можливості її обслуговування та контролю технічного стану.

На прямих ділянках відстань між оглядовими колодязями визначається залежно від діаметра трубопроводу:

Діаметр труб, мм	Відстань між колодязями, м
200–450	50
500–600	75
700–900	100
1000–1400	150
1500–2000	200
понад 2000	250–300

Конструкція оглядового колодязя включає основу, робочу камеру, перекриття або перехідну частину, горловину, люк із кришкою, ходові скоби для спуску обслуговуючого персоналу, а також залізобетонну плиту та лоткову частину з монолітного бетону марки 200.

У сухих ґрунтах товщину основи колодязя приймають у межах 80–150 мм. За наявності ґрунтових вод параметри основи визначаються окремим розрахунком з урахуванням гідрогеологічних умов будівельного майданчика.

2.3 Каналізаційна насосна станція

2.3.1 Вибір майданчика головної насосної станції

Розташування станції приймається у найнижчій частині території, що каналізується, що забезпечує надходження стічних вод самопливом до приймального резервуара. Рівень ґрунтових вод знаходиться на глибині 4,0 м від поверхні землі. Вибір майданчика для розміщення насосної станції здійснюється з урахуванням санітарно-гігієнічних вимог, особливостей рельєфу місцевості, транспортної доступності, а також наявності надійних джерел електропостачання. Для зменшення впливу об'єкта на навколишнє середовище навколо насосної станції передбачається створення санітарно-захисної зеленої зони. Глибина закладання споруди визначається залежно від відміток підвідного головного колектора та умов його приєднання до приймального резервуара насосної станції.

2.3.2 Визначення розрахункових припливів

На основі даних погодинної витрати стоків встановлюються необхідна продуктивність насосів, їх кількість та режим роботи.

Режим притоку стічних вод визначається шляхом складання графіків або таблиць погодинного надходження для різних категорій стічних вод. Господарсько-побутові стоки від житлової забудови розраховуються за середньодобовою витратою.

Обсяги виробничих, душових та господарсько-побутових стічних вод від промислових підприємств приймаються відповідно до режиму їх скидання у каналізаційну мережу. Результати розрахунків припливу стічних вод в насосну станцію наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Приплив стічних вод до головної каналізаційної насосної станції

Годин и добы	Стоки														Сумарна витрата	
	від міста		від підприємства №1					від підприємства №2								
	%	м³/год	технологі чні, м³/год	побутові від холодних цехів		побутові від цехів зі значним тепловиділенням		Душе- ві, м³/год	технолог ічні, м³/год	побутові від холодних цехів		побутові від цехів зі значним тепловиділенням		Душе- ві, м³/год	м³/год	%
				%	м³/год	%	м³/год			%	м³/ч					
0-1	1,65	465,99	150	12,5	7,88	12,5	5,06	42,86	131,25	12,5	6,89	12,5	4,43	37,50	851,86	2,32
1-2	1,65	465,99	150	6,25	3,94	8,12	3,29		131,25	6,25	3,45	8,12	2,88		760,79	2,08
2-3	1,65	465,99	150	6,25	3,94	8,12	3,29		131,25	6,25	3,45	8,12	2,88		760,79	2,08
3-4	1,65	465,99	150	6,25	3,94	8,12	3,29		131,25	6,25	3,45	8,12	2,88		760,79	2,08
4-5	1,65	465,99	150	18,75	11,81	15,65	6,34		131,25	18,75	10,34	15,65	5,55		781,28	2,13
5-6	4,2	1186,17	150	37,5	23,63	31,25	12,66		131,25	37,5	20,67	31,25	11,07		1535,44	4,19
6-7	5,8	1638,04	150	6,25	3,94	8,12	3,29		131,25	6,25	3,45	8,12	2,88		1932,84	5,27
7-8	5,8	1638,04	150	6,25	3,94	8,12	3,29		131,25	6,25	3,45	8,12	2,88		1932,84	5,27
8-9	5,85	1652,16	200	12,5	10,50	12,5	6,75	42,86	175	12,5	9,19	12,5	5,91	37,50	2139,86	5,84
9-10	5,85	1652,16	200	6,25	5,25	8,12	4,38		175	6,25	4,59	8,12	3,84		2045,23	5,58
10-11	5,85	1652,16	200	6,25	5,25	8,12	4,38		175	6,25	4,59	8,12	3,84		2045,23	5,58
11-12	5,05	1426,22	200	6,25	5,25	8,12	4,38		175	6,25	4,59	8,12	3,84		1819,29	4,96
12-13	4,2	1186,17	200	18,75	15,75	15,65	8,45		175	18,75	13,78	15,65	7,39		1606,54	4,38
13-14	5,8	1638,04	200	37,5	31,50	31,25	16,88		175	37,5	27,56	31,25	14,77		2103,74	5,74
14-15	5,8	1638,04	200	6,25	5,25	8,12	4,38		175	6,25	4,59	8,12	3,84		2031,10	5,54
15-16	5,8	1638,04	200	6,25	5,25	8,12	4,38		175	6,25	4,59	8,12	3,84		2031,10	5,54
16-17	5,8	1638,04	150	12,5	7,88	12,5	5,06	57,14	131,25	12,5	6,89	12,5	4,43	50,00	2050,69	5,59
17-18	5,75	1623,92	150	6,25	3,94	8,12	3,29		131,25	6,25	3,45	8,12	2,88		1918,72	5,23
18-19	5,2	1468,59	150	6,25	3,94	8,12	3,29		131,25	6,25	3,45	8,12	2,88		1763,39	4,81
19-20	4,75	1341,50	150	6,25	3,94	8,12	3,29		131,25	6,25	3,45	8,12	2,88		1636,30	4,46
20-21	4,1	1157,92	150	18,75	11,81	15,65	6,34		131,25	18,75	10,34	15,65	5,55		1473,21	4,02
21-22	2,85	804,90	150	37,5	23,63	31,25	12,66		131,25	37,5	20,67	31,25	11,07		1154,18	3,15
22-23	1,65	465,99	150	6,25	3,94	8,12	3,29		131,25	6,25	3,45	8,12	2,88		760,79	2,08
23-24	1,65	465,99	150	6,25	3,94	8,12	3,29		131,25	6,25	3,45	8,12	2,88		760,79	2,08
	100%	28242,05	4000		210,00		135,00	142,86	3500		56,25		118,13	125,00	36656,79	100%

Згідно з отриманими даними найбільший приплив стічних вод до приймального резервуара головної насосної станції спостерігається в період з 8:00 до 9:00 години та становить 2139,86 м³/год. Саме ця витрата є визначальною при виборі насосного обладнання та розрахунку основних елементів насосної станції.

2.3.3 Вибір насосного обладнання

Для забезпечення надійної та економічної експлуатації насосної станції доцільно застосовувати насоси одного типу та конструктивного виконання. Використання однотипного обладнання спрощує технічне обслуговування, ремонт і забезпечення запасними частинами.

Вибір насосів здійснюється на підставі розрахункової витрати стічних вод та необхідного напору. Для цього попередньо визначається повний напір, який повинен створювати насос при подачі стічних вод до очисних споруд:

$$H_{\text{повн}} = H_{\Gamma} + h_{\text{нс}} + h_{\text{вод}} + h_{\text{н.тр}} + h_{\text{вільн}} \quad (2.18)$$

де:

- H_{Γ} — геометрична висота підйому рідини, м;
- $h_{\text{нс}}$ — втрати напору в межах насосної станції, м;
- $h_{\text{вод}}$ — втрати напору у водоводах та напірних трубопроводах, м;
- $h_{\text{н.тр}}$ — втрати напору в напірному трубопроводі, м;
- $h_{\text{вільн}}$ — вільний напір, м.

Відмітка максимального рівня у приймальній камері очисних споруд:

$$Z = 133,21 \text{ м.}$$

Відмітка середнього рівня стічних вод у резервуарі насосної станції:

$$Z_{\text{рез}} = 126,07 - 1,0 = 125,07 \text{ м.}$$

Рівень стічних вод у резервуарі приймається на 0,75–1,25 м нижче лотка підвідного колектора.

Тоді геометрична висота підйому становить:

$$H_{\Gamma} = 133,21 - 125,07 = 8,14 \text{ м.}$$

Втрати напору всередині насосної станції приймаються в межах 2,5–5,0 м залежно від компоновки обладнання та схеми трубопроводів. Вільний напір для забезпечення надійної роботи системи приймається в межах 1–3 м.

Після визначення всіх складових повного напору виконується підбір насосів за каталогами виробників з урахуванням розрахункової подачі, необхідного напору, коефіцієнта корисної дії та умов експлуатації насосної станції.

2.3.4 Розрахунок напірних трубопроводів і підбір насосного обладнання

Для транспортування стічних вод від головної насосної станції до очисних споруд передбачається прокладання двох напірних водоводів. Згідно з вимогами надійності роботи системи кожен із трубопроводів у разі аварійного виходу з ладу другого повинен забезпечувати пропускання 100 % розрахункової витрати стічних вод. З цією метою на напірних водоводах передбачаються дві перемички, які забезпечують можливість переключення потоків та підтримання безперервної роботи системи.

Діаметри напірних трубопроводів та втрати напору в них визначаються за результатами гідравлічного розрахунку із використанням довідкових таблиць для напірних мереж [4].

Відстань між головною насосною станцією та очисними спорудами становить 3 км.

Втрати напору у водоводах визначаються за формулою:

$$H_{\text{вод}} = h_{\text{довж}} + h_{\text{м}} \quad (2.19)$$

де:

$h_{\text{довж}}$ — втрати напору по довжині трубопроводу, м;

$h_{\text{м}}$ — місцеві втрати напору, які приймаються рівними 10 % від лінійних втрат.

Максимальна секундна витрата стічних вод становить:

$$Q_{\text{сек}}^{\text{max}} = 2139,86 \text{ м}^3/\text{год.}$$

З урахуванням регулюючого об'єму приймального резервуара та при добовій витраті стічних вод понад 5000 м³/добу подачу насосів доцільно

приймати дещо меншою за максимальний приплив. Тому розрахункова продуктивність насосної станції приймається рівною:

$$Q = 2100 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тоді розрахункова секундна витрата становить:

$$q_{\text{сек}}^{\text{max}} = \frac{2100}{3,6} = 583 \text{ л/с.}$$

При роботі двох напірних трубопроводів витрата на один трубопровід дорівнює:

$$0,5q_{\text{сек}}^{\text{max}} = \frac{583}{2} = 292 \text{ л/с.}$$

Виходячи з рекомендованих економічних швидкостей руху стічних вод у межах 1–3 м/с, приймаємо діаметр напірного трубопроводу: $d = 630 \text{ мм}$

При цьому швидкість руху води становить: $v = 1,03 \text{ м/с}$,

а гідравлічний ухил: $1000i = 2,08$.

Втрати напору по довжині трубопроводу визначаються як:

$$h_{\text{довж}} = 3 \cdot 2,08 = 6,24 \text{ м.}$$

Повний напір насосної станції за нормального режиму роботи становить:

$$H_{\text{повн}} = 8,14 + 6,24 + 0,63 + 3 + 1,5 + 1 = 20,51 \text{ м.}$$

Для перевірки роботи системи в аварійному режимі враховується встановлення камери переключення на напірних трубопроводах, що обумовлено їх значною довжиною (3 км).

У випадку аварії на одному з водоводів вся розрахункова витрата проходить через один трубопровід:

$$q_{\text{сек}}^{\text{max}} = 583 \text{ л/с.}$$

Для діаметра трубопроводу 630 мм при такій витраті:

$$v = 2,05 \text{ м/с}, 1000i = 7,49$$

Втрати напору на аварійній ділянці становлять:

$$h_{\text{довж1-2}} = 1 \cdot 7,49 = 7,49 \text{ м.}$$

Місцеві втрати:

$$h_{\text{м1-2}} = 0,1 \cdot 7,49 = 0,75 \text{ м.}$$

На інших ділянках мережі, де аварія відсутня, подача здійснюється двома трубопроводами, тому витрата в кожному з них становить:

$$0,5q_{\text{сек}}^{\text{max}} = 292 \text{ л/с.}$$

Для цієї витрати при діаметрі 630 мм:

$$v = 1,03 \text{ м/с}$$

$$1000i = 2,08$$

Втрати напору на окремих ділянках визначаються:

$$h_{l1-2} = 7,49 \text{ м}, h_{l2-3} = 2 \cdot 2,08 = 4,16 \text{ м}$$

Сумарні лінійні втрати напору:

$$h_{l1-3} = 7,49 + 4,16 = 11,65 \text{ м}$$

Місцеві втрати:

$$h_{m1-3} = 1,17 \text{ м}$$

У результаті повний напір насосної станції в аварійному режимі становить:

$$H_{\text{повн}} = 8,14 + 11,65 + 1,17 + 3 + 1,5 + 1 = 26,46 \text{ м.}$$

Таким чином, найбільший розрахунковий напір спостерігається саме при аварійному режимі роботи трубопроводів. Тому для подальшого підбору насосного обладнання приймаються такі розрахункові параметри:

$$H_{\text{повн}} = 27 \text{ м}$$

$$0,5q_{\text{сек}}^{\text{max}} = 292 \text{ л/с}$$

За отриманими значеннями подачі та напору приймаються до встановлення три робочі та два резервні насоси марки FLYGT NZ 3301 [9]. Загальний вигляд та тараактеристика насосу FLYGT NZ 3301 представлені на рис.2.1. Насоси є відцентровими горизонтального виконання та мають такі технічні характеристики:

- продуктивність — 195 л/с; напір — 27 м; частота обертання — 960 об/хв.

Застосування трьох робочих насосів забезпечує необхідну сумарну подачу станції, а наявність двох резервних агрегатів підвищує надійність роботи

системи водовідведення та гарантує безперервне перекачування стічних вод у разі виходу окремих насосів з експлуатації.

NZ

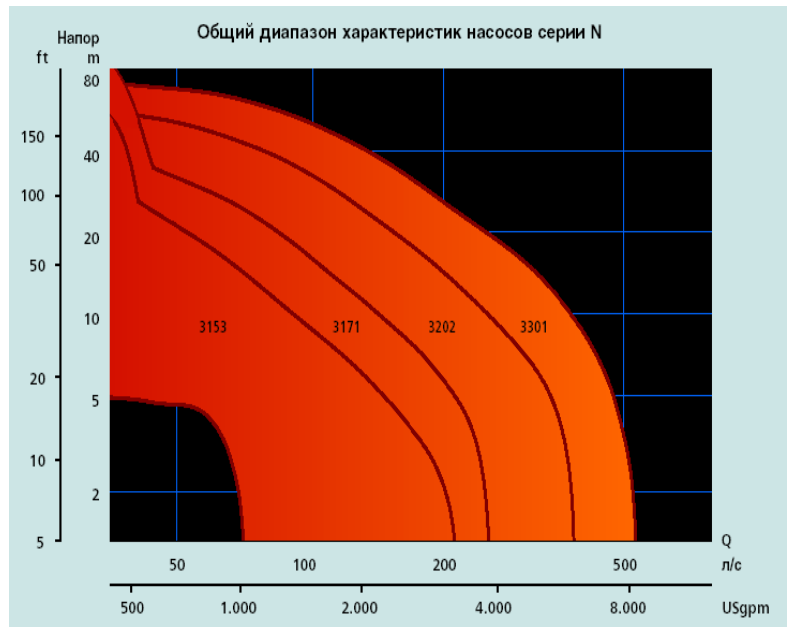


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд та тарактеристика насосу FLYGT NZ 3301

2.3.5 Визначення місткості приймального резервуара

Об'єм приймального резервуара визначають з урахуванням графіка притоку стоків. Об'єм резервуара визначаємо за формулою:

$$W_{\text{рез}} = \frac{Q_{\text{max}} \cdot 5}{60} \quad (2.20)$$

де: Q_{max} — максимальна подача одного насоса, м³/год.

Тоді:

$$W_{\text{рез}} = \frac{700 \cdot 5}{60} = 58 \text{ м}^3.$$

Отже, необхідна місткість приймального резервуара становить 58 м³.

Дно резервуара проектується з ухилом у напрямку всмоктувальних трубопроводів насосів для забезпечення повного видалення осаду та покращення гідравлічних умов роботи станції. Над всмоктувальними трубопроводами передбачаються два технологічні отвори, перекриті рифленими металевими

листами. Вони використовуються для огляду, монтажу та обслуговування трубопроводів, а також для очищення резервуара за допомогою промивних пристроїв.

Від збірного напірного колектора до приймального резервуара підводяться трубопроводи спорожнення діаметром 150 мм, які одночасно використовуються для промивання зони всмоктування насосів.

Всмоктувальні трубопроводи є одними з найвідповідальніших елементів насосної станції. Для мінімізації втрат напору їх довжина повинна бути якомога меншою, а кількість фасонних частин — мінімальною. У проєкті передбачено п'ять всмоктувальних ліній діаметром 400 мм. Трубопроводи та фасонні елементи виконуються зі сталевих труб із зварними з'єднаннями. Їх прокладання здійснюється по поверхні підлоги, над підлогою або в спеціальних каналах, що забезпечує зручність монтажу, експлуатації та очищення.

Для насосних агрегатів із автоматизованим керуванням пускові засувки обладнуються електроприводами. Фланцеві з'єднання застосовуються лише в місцях приєднання насосів, запірної арматури та інших елементів обладнання.

У машинному залі передбачаються бетонні фундаменти під коліна всмоктувальних патрубків насосів розмірами 800×1000 мм, а також окремі фундаменти під засувки на всмоктувальних трубопроводах діаметром 400 мм з електроприводами розмірами 400×700 мм.

2.3.6 Будівля насосної станції

Головна насосна станція призначена для перекачування господарсько-побутових та близьких за складом виробничих стічних вод із нейтральною або слабколужною реакцією середовища.

Розміри будівлі насосної станції в плані становлять 18×12 м. Конструктивно станція виконана шахтного типу з діаметром підземної частини 14 м.

Підземна частина споруди розділена водонепроникною перегородкою на два основні відділення: приміщення механічних решіток та насосне відділення.

Насосне відділення складається з надземної та підземної частин. У надземній частині розміщуються монтажні та ремонтні майданчики, а також вантажопідіймальне обладнання. Підземна частина поділяється на приміщення електродвигунів і насосний зал.

На першому поверсі надземної частини, розташованої над грабельним відділенням, передбачаються монтажні майданчики, а на другому поверсі — електротехнічні, побутові та допоміжні приміщення.

У приміщенні механічних решіток встановлюються дві решітки-дробарки типу КРД-40М. Одна з них працює постійно, друга автоматично вводиться в роботу при підвищенні рівня стічних вод у приймальному резервуарі та включенні третього насосного агрегату. Ширина прозорів решіток становить 16 мм.

Перед решітками в підвідних каналах передбачаються закладні елементи для встановлення щитових затворів. Їх підйом та опускання здійснюються за допомогою електричної талі. Подрібнені відходи змішуються зі стічними водами з напірного колектора у співвідношенні 7–8 м³ води на 1 т відходів і повертаються в канал перед механічними решітками. Відходи, що не підлягають подрібненню, збираються в спеціальні контейнери та вивозяться за межі станції. Робота решіток-дробарок і транспортуючих механізмів повністю автоматизована.

На підвідному каналі встановлюється аварійний щитовий затвор, призначений для перекриття подачі стічних вод у приймальний резервуар у разі виникнення аварійних ситуацій.

У машинному залі розміщуються п'ять горизонтальних відцентрових каналізаційних насосів із відповідними всмоктувальними та напірними трубопроводами. Три насоси працюють у штатному режимі, два є резервними. Усі трубопроводи в межах насосної станції виконуються зі сталевих труб.

З'єднання насосів, арматури та фасонних частин здійснюються за допомогою фланцевих стиків. Діаметр всмоктувальних патрубків насосів

становить 250 мм, напірних патрубків — 200 мм, а збірного напірного колектора — 630 мм. Напірні трубопроводи виводяться зі станції з двох боків збірного колектора, на якому встановлюються засувки з електричними приводами.

Кожен насос обладнується зворотним клапаном і засувкою на напірній лінії. Пуск насосів виконується при відкритих засувках, а їх закриття здійснюється лише під час проведення ремонтних робіт.

Робота насосної станції автоматизована та залежить від рівня стічних вод у приймальному резервуарі. Для контролю рівня використовується електричний регулятор-сигналізатор типу ЭРСУ-2. У випадку аварійної зупинки робочого насоса або досягнення аварійного рівня в резервуарі автоматично вмикається резервний агрегат.

Для забезпечення технологічних потреб у машинному залі додатково встановлюються насос технічного водопостачання марки ВК 5/24 та дренажний насос типу ГНОМ 25-20.

Для виконання монтажних і ремонтних робіт у приміщенні решіток-дробарок передбачена монорейка з електричною таллю вантажопідйомністю 1 т. У машинному залі встановлюються ручний мостовий кран вантажопідйомністю 2 т та електрична канатна таль аналогічної вантажопідйомності.

Система водопостачання насосної станції підключається до зовнішньої мережі водопроводу вводом діаметром 50 мм. Вода використовується для господарсько-питних і виробничих потреб, подається до водонагрівача, санітарно-побутових приміщень та бака розриву струменя. Через насоси-підвищувачі типу ВК 5/24 вода надходить до систем ущільнення сальників насосів.

Для миття підлоги та стін виробничих приміщень передбачені поливальні крани, підключені до системи технічного водопостачання. Побутові стоки від душових, санвузлів та переливів бака розриву струменя надходять безпосередньо до приймального резервуара. Дренажні води збираються у

спеціальному лотку та за допомогою дренажного насоса повертаються до резервуара.

Система опалення працює на перегрітій воді з параметрами теплоносія 150/70 °С. Як опалювальні прилади використовуються конвектори типу «Акорд». У приміщеннях машинного залу та механічних решіток передбачається черговий режим опалення.

Для видалення шкідливих газів і надлишкового тепла проєктується загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція. У приміщенні механічних решіток 80 % повітря видаляється через місцеві відсмоктувачі підвідного каналу, а 20 % — із верхньої зони приміщення. В машинному залі повітрообмін здійснюється природною вентиляцією через дефлектори.

Перекриття підземної частини виконуються з монолітного залізобетону. У перекриттях передбачаються монтажні люки та прорізи для технологічного обладнання. Над машинним залом влаштовуються залізобетонні балки для встановлення підкранового обладнання. Стіни будівлі можуть виконуватися як із збірних залізобетонних панелей, так і з цегли.

Навколо будівлі насосної станції влаштовується вимощення шириною 1 м із асфальтобетонним покриттям по бетонній підготовці. Біля виходів із будівлі передбачаються бетонні майданчики.

Для запобігання затопленню насосної станції та переповненню каналізаційної мережі у випадку аварійного припинення роботи насосів передбачається аварійний випуск із найближчого оглядового колодязя підвідного колектора. На аварійному випуску встановлюється шибер або засувка з електроприводом.

Експлуатація насосної станції здійснюється в автоматичному режимі залежно від рівня стічних вод у приймальному резервуарі. Кількість працюючих насосів змінюється відповідно до фактичного припливу стічних вод: у періоди мінімального навантаження працює один насос, а в години максимального водовідведення — три насосні агрегати.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ

3.1 Експлуатація обладнання станцій водовідведення

Експлуатація каналізаційної насосної станції (КНС) являє собою комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення надійного та безперервного транспортування стічних вод, підтримання нормативних умов роботи обладнання, дотримання вимог охорони праці та попередження виникнення аварійних ситуацій. Ефективність функціонування КНС значною мірою залежить від своєчасного технічного обслуговування обладнання, автоматизації виробничих процесів та належної організації експлуатаційного контролю [10,11].

Основні завдання експлуатації КНС

До основних завдань експлуатації каналізаційних насосних станцій належать:

- забезпечення безперервного відведення стічних вод відповідно до фактичного режиму їх надходження;
- підвищення енергоефективності роботи насосних агрегатів шляхом вибору оптимальних режимів експлуатації;
- контроль технічного стану обладнання для запобігання аваріям, пошкодженням трубопроводів та виникненню гідравлічних ударів;
- забезпечення безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу;
- підтримання санітарного стану приміщень і споруд насосної станції.

Нормальна експлуатація КНС передбачає постійний контроль таких параметрів, як тиск у системі, продуктивність насосів, рівень стічних вод у приймальному резервуарі, температура підшипників, рівень вібрації обладнання та параметри електроживлення.

Технічне обслуговування обладнання

Надійність роботи насосної станції значною мірою визначається якістю проведення технічного обслуговування. До основних заходів належать:

- щоденні огляди обладнання оперативним персоналом;

- контроль роботи автоматизованих систем керування;
- очищення приймального резервуара від накопиченого осаду;
- очищення механічних решіток, кошиків та інших пристроїв для затримання сміття;
- перевірка герметичності з'єднань та сальникових ущільнень;
- своєчасна заміна мастильних матеріалів;
- діагностика стану електродвигунів і насосного обладнання;
- проведення планових поточних та капітальних ремонтів.

Для оцінки технічного стану насосів періодично виконуються вимірювання їх фактичних характеристик та порівняння отриманих показників із паспортними даними. Особливу увагу приділяють контролю зносу робочих коліс, підшипників і ущільнювальних елементів.

Автоматизація та диспетчерський контроль

Сучасні насосні станції оснащуються автоматизованими системами керування, що забезпечують підтримання оптимального режиму роботи обладнання без постійної присутності персоналу.

Автоматизована система дозволяє:

- здійснювати автоматичне включення та відключення насосних агрегатів залежно від рівня стічних вод у приймальному резервуарі;
- забезпечувати введення резервних насосів у роботу при відмові основних агрегатів;
- контролювати основні параметри функціонування обладнання;
- передавати інформацію на диспетчерський пункт;
- формувати аварійні сигнали у разі виникнення несправностей.

Використання частотних перетворювачів дає можливість регулювати продуктивність насосів відповідно до фактичного припливу стічних вод, що дозволяє знизити споживання електроенергії та продовжити строк служби обладнання.

Склад обладнання каналізаційної насосної станції

До складу технологічного обладнання КНС входять:

- основне насосне обладнання та електродвигуни (див. рис. 3.1);



Рисунок 3.1 – Насосні агрегати каналізаційної насосної станції

- механічне обладнання (решітки, дробарки, транспортуючі механізми);
- трубопроводи, засувки, зворотні клапани та інша запірно-регулювальна арматура;
- електротехнічне обладнання, трансформатори та розподільчі пристрої;
- контрольно-вимірювальні прилади та засоби автоматизації (див. рис. 3.2);



Рисунок 3.2– Щити керування насосними агрегатами КНС

- системи вентиляції, водопостачання, каналізації, опалення та протипожежного захисту.

Для кожного агрегату ведеться технічний паспорт, у якому фіксуються його основні характеристики, результати ремонтів, технічних оглядів та випробувань. Усі механізми повинні мати інвентарні номери, що відповідають експлуатаційній документації, а трубопроводи — відповідне кольорове маркування та позначення їх призначення.

Особливості експлуатації насосного обладнання

Режим роботи насосної станції повинен бути узгоджений із режимом функціонування всієї системи водовідведення, включаючи каналізаційну мережу, приймальні резервуари та очисні споруди.

Обслуговуючий персонал зобов'язаний:

- підтримувати заданий режим роботи насосних агрегатів;
- здійснювати контроль технічного стану обладнання;
- проводити своєчасне усунення виявлених несправностей;
- забезпечувати належний санітарний стан приміщень;
- виконувати планово-попереджувальні ремонти.

Кількість пусків і зупинок насосів регламентується технічною документацією виробника. Запуск насосів може здійснюватися як на відкриту, так і на закриту засувку залежно від характеристик напірних трубопроводів і умов роботи системи.

Експлуатація механічних решіток

Важливим елементом насосної станції є механічні решітки, призначені для затримання великих забруднень. Під час експлуатації необхідно регулярно перевіряти стан стрижнів решіток, величину прозорів між ними, справність тягових ланцюгів та механізмів очищення.

Найпоширенішими несправностями є:

- перекіс граблин через нерівномірне розтягування ланцюгів;
- заклинювання зубців;

- обрив тягових ланцюгів;
- деформація скидачів сміття;
- викривлення стрижнів решіток.

Усі ремонтні роботи виконуються лише після повного відключення обладнання від електроживлення.

Сучасна практика експлуатації показує збільшення кількості полімерних відходів у стічних водах. Поліетиленова плівка, пластикові пляшки та інші полімерні матеріали негативно впливають на роботу дробарок, спричиняючи їх засмічення та зниження ефективності роботи. У зв'язку з цим все частіше застосовується схема збору відходів у контейнери з подальшим вивезенням на полігони твердих побутових відходів [12].

Експлуатація приймального резервуара

Приймальний резервуар повинен бути відокремлений від машинного залу герметичною водо- та газонепроникною перегородкою з якісною гідроізоляцією. У місцях проходження трубопроводів через стінки резервуара передбачаються спеціальні сальникові ущільнення.

Глибина робочої частини резервуара для невеликих і середніх станцій приймається не менше 1,5–2,0 м, а для великих насосних станцій — від 2,5 м і більше.

Дно резервуара проєктується з ухилом у напрямку приямка не менше 0,05–0,10 для забезпечення ефективного видалення осаду. Практичний досвід показує, що збільшення ухилу покращує транспортування осадів до всмоктувальних трубопроводів.

Для запобігання накопиченню осаду застосовують системи його збурювання або змивання водою. Найбільш ефективними є системи відкритих промивних випусків, які подають воду від напірного трубопроводу безпосередньо до зон накопичення осаду.

Осад із важкодоступних ділянок резервуара періодично видаляється шляхом промивання за допомогою брандспойтів під час профілактичних ремонтів або в періоди мінімального припливу стічних вод.

Для середніх і великих насосних станцій доцільним є поділ приймального резервуара на дві секції, що забезпечує зручність очищення, огляду та проведення ремонтних робіт без припинення експлуатації станції.

Найвищий рівень стічних вод у резервуарі приймається на рівні лотка підвідного колектора, що виключає утворення підпору та накопичення осаду в каналізаційній мережі. Перекриття резервуара розташовується не менше ніж на 0,5 м вище максимального розрахункового рівня стічної рідини та обладнується оглядовими люками й ходовими скобами для проведення експлуатаційних робіт.

3.2 Підвищення ефективності роботи каналізаційної насосної станції

Одним із найважливіших напрямів удосконалення роботи каналізаційних насосних станцій є підвищення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат. Значна частка витрат під час експлуатації КНС припадає саме на споживання електричної енергії насосними агрегатами. Тому оптимізація режимів роботи обладнання та впровадження сучасних технологій є актуальним завданням для підприємств водовідведення.

Під час експлуатації насосних станцій виникають непродуктивні витрати електроенергії, основними причинами яких є:

1. Використання фізично та морально застарілого обладнання. Значна кількість насосних агрегатів експлуатується протягом терміну, що у декілька разів перевищує нормативний ресурс, визначений виробником. Унаслідок цього їх технічні характеристики не відповідають сучасним вимогам, а коефіцієнт корисної дії часто становить лише 30–50 %.
2. Проектування більшості насосних станцій здійснювалося в період відносно низької вартості енергоресурсів. Насосне обладнання підбиралося за максимальними розрахунковими навантаженнями, які фактично виникають рідко. Це призвело до роботи агрегатів у режимах

часткового навантаження та зі значними надлишковими напорами, що негативно впливає на енергоефективність.

3. Обмежений вибір насосного обладнання на момент будівництва багатьох станцій змушував проєктувальників приймати насоси із суттєвим запасом продуктивності та напору. У результаті обладнання часто працює поза зоною оптимальних характеристик.
4. Відхилення фактичних режимів роботи системи «насос – трубопровід» від проєктних параметрів. Причинами цього є старіння трубопроводів, збільшення їх шорсткості, зростання гідравлічних втрат, а також зменшення обсягів водоспоживання та водовідведення порівняно з розрахунковими значеннями.

Для зниження експлуатаційних витрат та підвищення ефективності роботи КНС доцільно реалізовувати такі заходи:

- модернізацію насосного обладнання та його підбір відповідно до фактичних умов експлуатації;
- впровадження регульованого електроприводу;
- автоматизацію технологічних процесів;
- оптимізацію режимів роботи насосних агрегатів;
- використання сучасних систем моніторингу та диспетчерського контролю.

Одним із найефективніших способів підвищення енергоефективності є заміна застарілих насосів сучасними високопродуктивними агрегатами. На сьогодні широкого застосування набули насоси провідних світових виробників, таких як Grundfos, Flygt та Wilo. Вони характеризуються високим коефіцієнтом корисної дії, надійністю та тривалим терміном експлуатації.

Незважаючи на відносно високу початкову вартість сучасного насосного обладнання, економічна доцільність його використання підтверджується аналізом витрат протягом життєвого циклу. Відповідно до досліджень, виконаних фахівцями Інституту гідравліки США, організації Eurorump та Міністерства енергетики США, витрати на придбання насосного агрегату

становлять лише 3–8 % загальних витрат за весь період його експлуатації. Основна частка витрат припадає на споживання електроенергії, яке може становити від 53 до 80 % сумарних витрат життєвого циклу обладнання.

Таким чином, модернізація насосного обладнання є одним із найбільш ефективних шляхів скорочення експлуатаційних витрат та підвищення економічної ефективності роботи насосних станцій.

Особливий інтерес для систем водовідведення становлять занурювані насоси. Такі агрегати встановлюються безпосередньо в приймальному резервуарі та під'єднуються до напірного трубопроводу за допомогою спеціальних муфт або фланцевих з'єднань. Залежно від характеристик стічних вод можуть застосовуватися насоси з вихровими робочими колесами або колесами N-типу. На рис. 3.3 наведено схему занурюваного насоса.

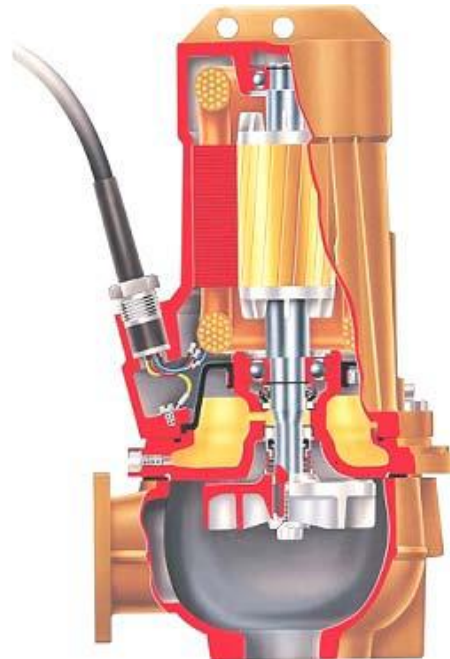
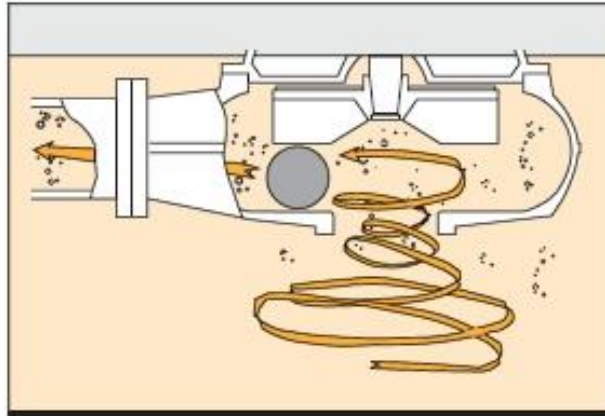


Рисунок 3.3 – Занурюваний насос (з вихровим всмоктуванням) в розрізі
1-кабель електроживлення, 2- електродвигун, 3-підшипник, 4- масляна камера, 5-робоче колесо, 6-напірний патрубок, 7- всмоктуючий отвір

Вихрові робочі колеса забезпечують утворення потужного вихрового потоку навколо насоса, що сприяє транспортуванню твердих частинок без їх

контакту з поверхнею робочого колеса (рис 3.4.). Завдяки цьому значно зменшується абразивне зношування деталей та практично виключається можливість засмічення насоса волокнистими матеріалами.



1-напрямок руху води при всмоктуванні, 2-засмічення, 3-напрямок руху води в напірному водоводі.

Рисунок 3.4 – Принцип дії занурюваного насоса з вихровим всмоктуванням засмічень

Робочі колеса N-типу (рис 3.5) мають напіввідкриту конструкцію та спеціальну геометрію проточної частини. Таке конструктивне рішення забезпечує високий коефіцієнт корисної дії та мінімізує ризик накопичення забруднень. Для особливо складних умов експлуатації використовуються робочі колеса з функцією подрібнення твердих включень, які здатні руйнувати великі частинки до розмірів, що безперешкодно транспортуються трубопроводами малого діаметра.



Рисунок 3.5 – Робоче колесо N – типу

Основними перевагами занурюваних насосів є:

- можливість збільшення корисного об'єму приймального резервуара за рахунок відсутності окремого машинного залу;
- зменшення витрат на технічне обслуговування;
- відсутність необхідності встановлення додаткових дробарок при використанні насосів із подрібнювальними механізмами;
- зниження рівня шуму, вібрації та тепловиділення в робочих приміщеннях;
- спрощення конструкції насосної станції та скорочення будівельних витрат.

Важливим напрямом підвищення ефективності роботи насосних станцій є застосування частотно-регульованого електроприводу. Регулювання частоти обертання електродвигуна дозволяє змінювати подачу та напір насоса відповідно до фактичного припливу стічних вод.

Використання частотних перетворювачів забезпечує:

- плавне регулювання продуктивності насосних агрегатів;
- підтримання оптимального рівня стічних вод у приймальному резервуарі;
- зменшення кількості пусків і зупинок електродвигунів;
- зниження гідравлічних ударів у трубопроводах;
- скорочення споживання електроенергії;
- збільшення ресурсу насосного та електротехнічного обладнання.

Отже, основними напрямками підвищення ефективності роботи каналізаційних насосних станцій є модернізація насосного обладнання, впровадження енергоощадних технологій керування електроприводами та комплексна автоматизація технологічних процесів. Реалізація зазначених заходів дозволяє суттєво зменшити експлуатаційні витрати, підвищити надійність роботи КНС та забезпечити стабільне функціонування систем водовідведення [13,14].

3.3 Автоматизація роботи каналізаційної насосної станції

На сучасному етапі розвитку систем водовідведення автоматизація каналізаційних насосних станцій є одним із найважливіших напрямків

підвищення надійності, енергоефективності та екологічної безпеки їх функціонування. Використання автоматизованих систем керування дозволяє забезпечити безперервну роботу обладнання, зменшити експлуатаційні витрати та підвищити якість контролю технологічних процесів.

На КНС автоматизуються процеси запуску та зупинки насосних агрегатів і допоміжного обладнання, підтримання необхідного рівня стічних вод у приймальному резервуарі, контроль робочих параметрів системи, а також передача інформації на диспетчерський пункт. Контроль технологічних параметрів здійснюється за допомогою датчиків, які перетворюють вимірювані величини на електричні сигнали для подальшої обробки системою керування.

На рис. 3.6. приведена типова схема КНС з переліком об'єктів і параметрами вимірювання і регулювання.

Основним параметром, що визначає режим роботи насосної станції, є рівень стічних вод у приймальному резервуарі. На основі показань датчиків система автоматично вмикає або вимикає необхідну кількість насосних агрегатів, забезпечуючи підтримання заданих меж рівня та безперервне відведення стічних вод.

Впровадження автоматизованих систем керування забезпечує низку переваг:

- підвищення надійності та стабільності роботи насосної станції;
- скорочення об'ємів приймальних резервуарів завдяки оптимізації режимів відкачування;
- зниження споживання електричної енергії;
- збільшення терміну служби насосного обладнання;
- можливість дистанційного моніторингу та централізованого управління декількома насосними станціями.

До основних функцій автоматизованої системи управління належать:

- автоматичний запуск і зупинка насосних агрегатів;

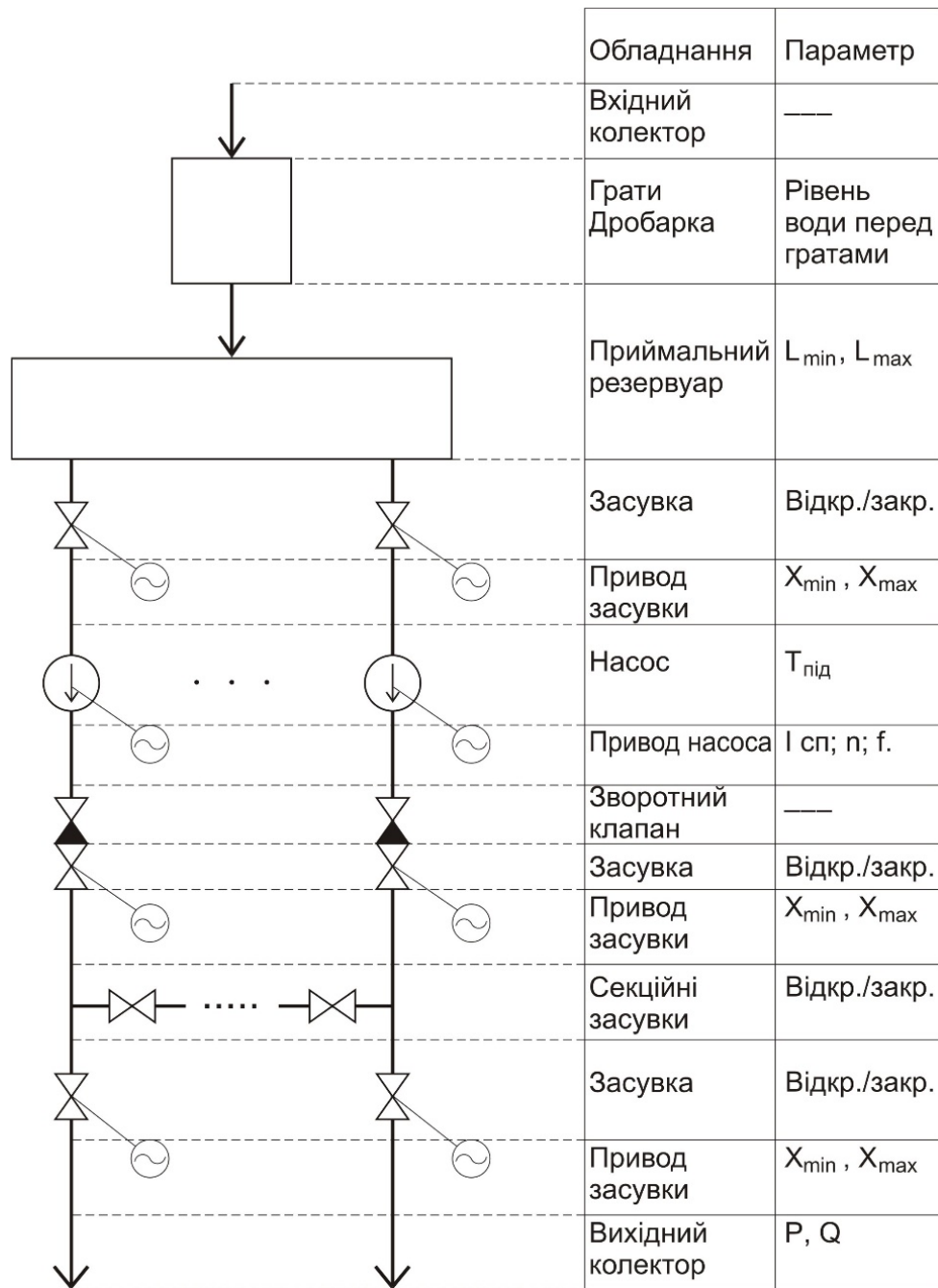


Рисунок 3.6 – Технологічна схема каналізаційної насосної станції

Параметри: L_{\min} , L_{\max} – мінімальний та максимальний рівень води в приймальному резервуарі; Відкр./закр. – стан засувки; X_{\min} , X_{\max} – ступінь відкриття засувки; $T_{\text{під}}$ – температура підшипника; $I_{\text{сп}}$ – струм споживання електродвигуна; n – кількість обертів робочого колеса (при застосуванні РЕП); f – частота живлення; P , Q – тиск і подача на вихідному колекторі.

Примітка: у разі роботи КНС в автоматичному режимі встановлюються датчики пожежної сигналізації та несанкціонованого доступу

- почергове введення насосів у роботу відповідно до встановленого алгоритму;
- контроль режимів роботи насосів під час пуску, експлуатації та зупинки;
- автоматичне підключення резервного агрегату при відмові робочого насоса;
- захист обладнання від перевантажень, перегріву та аварійних режимів;
- контроль роботи дренажних насосів, вентиляції та систем опалення;
- передача інформації про роботу обладнання на диспетчерський пункт;
- формування аварійної та попереджувальної сигналізації;
- контроль несанкціонованого доступу до об'єкта.

Для підвищення ефективності роботи насосної станції доцільно застосовувати частотно-регульований електропривід. Зростання вартості енергоресурсів робить питання енергозбереження одним із пріоритетних завдань експлуатації КНС. Традиційні нерегульовані електроприводи працюють із постійною частотою обертання, що призводить до значних втрат електроенергії при зміні фактичних витрат стічних вод.

Частотний перетворювач забезпечує регулювання швидкості обертання електродвигуна шляхом зміни частоти живлення. Завдяки цьому продуктивність насосного агрегату автоматично адаптується до реальних умов роботи системи. При зменшенні притоку стічних вод знижується частота обертання робочого колеса, що дозволяє істотно скоротити споживання електроенергії.

Використання частотного регулювання забезпечує такі переваги:

- економію електроенергії на 20–50 %;
- зменшення кількості запусків та зупинок насосів;
- підтримання стабільного рівня стічних вод у приймальному резервуарі;
- захист обладнання від перевантажень і перепадів напруги;
- зниження ризику виникнення гідравлічних ударів;
- скорочення витрат на ремонт та технічне обслуговування;
- підвищення ресурсу роботи насосного обладнання.

Додатковою перевагою частотного керування є плавний пуск та зупинка електродвигуна. У цьому випадку відсутні значні пускові струми, які можуть перевищувати номінальні значення у декілька разів. Поступове нарощування частоти обертання зменшує механічні навантаження на насос, трубопроводи та запірну арматуру, що сприяє збільшенню строку їх служби.

Для каналізаційних насосних станцій можуть застосовуватися дві основні схеми частотного керування:

1. Станція з одним насосним агрегатом, оснащеним частотним перетворювачем.
2. Частотно-каскадна система, у якій частотний перетворювач керує групою насосів, забезпечуючи їх почергове підключення залежно від величини припливу стічних вод.

Таким чином, автоматизація роботи каналізаційних насосних станцій у поєднанні з використанням частотно-регульованих приводів дозволяє значно підвищити ефективність функціонування систем водовідведення, знизити енерговитрати, покращити надійність обладнання та забезпечити безпечну експлуатацію об'єкта.

Частотно-регульована насосна станція з одним насосом

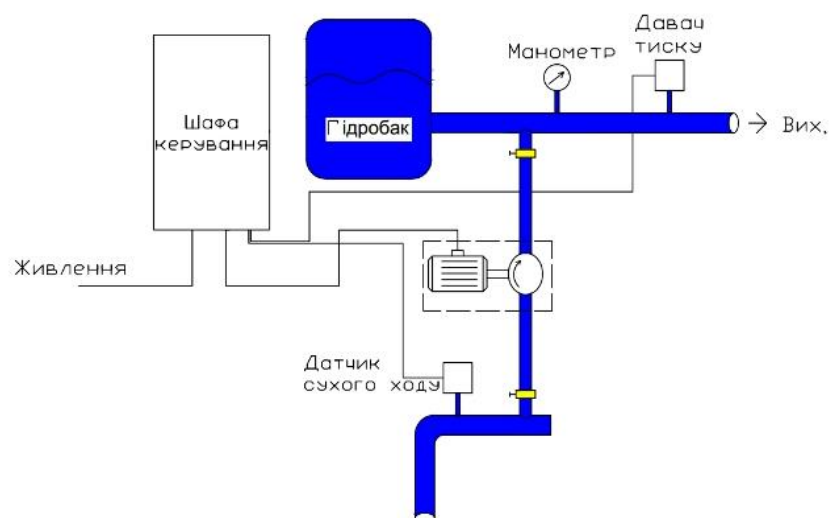


Рис 3.7- Схема частотно-регульованої насосної станції з одним насосом

Такий тип насосної станції застосовується для локального підвищення та підтримання необхідного тиску в системах централізованого водопостачання, а також для забезпечення водою невеликих підприємств, житлових будинків, офісних споруд, систем краплинного зрошення та інших об'єктів.

Конструктивно станція складається з одного насосного агрегату, робота якого регулюється за допомогою частотного перетворювача. Крім автоматичного режиму, зазвичай передбачається можливість ручного керування та прямого підключення насоса до електромережі без використання перетворювача частоти (див. рис. 3.7).

Основними перевагами такої схеми є простота конструкції, легкість монтажу та відносно невисока вартість обладнання. Разом з тим система має і певні недоліки. Головним з них є обмежена надійність, оскільки подача води здійснюється лише одним насосом. У разі виходу його з ладу, проведення профілактичних робіт або ремонту водопостачання повністю припиняється. Тому використання таких насосних станцій доцільне на об'єктах, де короткочасна перерва у водопостачанні не призводить до суттєвих наслідків.

Частотно-каскадна система керування насосними агрегатами

Частотно-каскадний спосіб керування застосовується на насосних станціях, які забезпечують водопостачання житлових районів, промислових підприємств та інших великих споживачів води. Особливістю такої системи є використання кількох насосних агрегатів, роботою яких керує один частотний перетворювач. Сучасні моделі перетворювачів можуть координувати роботу значної кількості насосів, іноді до чотирнадцяти одиниць.

Принцип роботи системи полягає у поступовому підключенні насосів залежно від фактичного водоспоживання. У періоди мінімального розбору води, наприклад у нічний час, підтримання необхідного тиску забезпечує лише один насос. Коли споживання зростає і продуктивності одного агрегату стає недостатньо, система автоматично вводить у роботу додатковий насос. Після

зменшення навантаження надлишкові агрегати послідовно вимикаються, а подачу знову забезпечує мінімально необхідна кількість насосів.

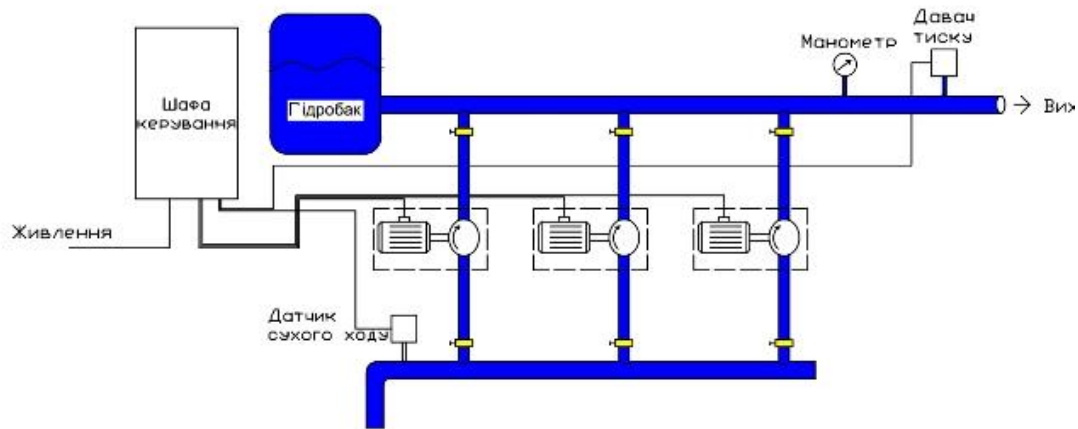


Рис 3.8- Частотно-каскадна система керування насосними агрегатами

Додатковою перевагою частотно-каскадного регулювання є автоматичний розподіл напруцювання між усіма насосними агрегатами. Це дозволяє вирівнювати кількість мотогодин кожного насоса та забезпечує рівномірне зношування обладнання. Ефективність і точність підтримання заданих параметрів значною мірою залежать від кількості встановлених насосів та обраного алгоритму керування (див. рис. 3.8).

Отже, частотно-каскадна схема характеризується високою надійністю, кращою точністю регулювання та більшою енергоефективністю порівняно зі станціями, оснащеними лише одним насосом. Незважаючи на дещо більшу вартість впровадження, вона забезпечує стабільну роботу системи водопостачання та дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати впродовж тривалого терміну експлуатації.

3.4 Організація експлуатації насосних станцій

Залежно від функціонального призначення та місця в системі водопостачання насосні станції поділяються на станції першого підйому, другого підйому, підвищувальні та циркуляційні.

Насосні станції першого підйому забезпечують забір води з джерела водопостачання та її транспортування на водоочисні споруди. Якщо якість води відповідає встановленим вимогам, вона може подаватися безпосередньо до резервуарів чистої води, водопровідної мережі, водонапірних башт або інших споруд системи водопостачання. На промислових підприємствах часто застосовують насосні станції, які одночасно подають воду як на очисні споруди, так і безпосередньо споживачам залежно від вимог технологічних процесів до її якості.

Насосні станції другого підйому призначені для транспортування очищеної води від резервуарів чистої води до споживачів. У деяких випадках насосне обладнання першого та другого підйомів розміщується в одній будівлі, що дозволяє скоротити капітальні та експлуатаційні витрати. Проте таке рішення залежить від особливостей вододжерела, типу очисних споруд, рельєфу місцевості та інших технічних факторів.

Підвищувальні насосні станції використовуються для збільшення тиску у водопровідній мережі або магістральному водоводі. Вода забирається з однієї ділянки системи та подається під підвищеним напором на наступну ділянку мережі.

Циркуляційні насосні станції є складовою систем оборотного водопостачання промислових підприємств і теплових електростанцій. Їх призначення полягає у транспортуванні використаної води до споруд очищення або охолодження та подальшому поверненні підготовленої води у виробничий цикл.

До складу насосної станції входить комплекс обладнання, яке можна розділити на кілька основних груп:

1. Основне енергетичне обладнання — насоси та приводні електродвигуни. Сукупність насоса і двигуна утворює насосний агрегат або гідроагрегат.
2. Трубопровідне обладнання — запірні та регулюючі арматури, засувки, клапани, затвори, фасонні елементи трубопроводів, шандори та інші конструктивні елементи водоприймальних споруд.
3. Механічне обладнання — вантажопідіймальні механізми, сміттєзатримувальні пристрої та допоміжне механічне устаткування.
4. Допоміжне обладнання — системи технічного водопостачання, дренажу, вакуумні установки та обладнання для змащування механізмів.
5. Контрольно-вимірювальні прилади та засоби автоматизації — датчики, реле, контролери, щити та пульти керування, а також прилади для вимірювання тиску, витрат води, температури, сили струму та інших параметрів.
6. Електротехнічне обладнання — силові трансформатори, розподільчі пристрої, кабельні лінії, струмопроводи, заземлювальні контури та електроприводи.
7. Санітарно-технічні та протипожежні системи — вентиляція, опалення, гаряче та холодне водопостачання, протипожежне обладнання.

На підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства насосні станції першого та другого підйомів зазвичай входять до складу водозабірних та очисних споруд, тому їх експлуатація здійснюється відповідними виробничими підрозділами. Для насосних станцій, розташованих безпосередньо на водопровідних мережах, створюються спеціалізовані експлуатаційні служби або виробничі дільниці.

Для забезпечення належного технічного обслуговування та виконання ремонтних робіт організуються такі підрозділи:

- група механічного обслуговування, яка відповідає за насосне, трубопровідне та допоміжне обладнання, а також підйомно-транспортні механізми;

- група електротехнічного обслуговування, що забезпечує експлуатацію електродвигунів, електрообладнання, засобів автоматизації та контрольно-вимірювальних приладів;
- дільниця машиністів насосних установок;
- ремонтно-будівельна група, яка здійснює обслуговування та ремонт будівель і споруд насосної станції.

3.5 Планово-попереджувальні ремонти обладнання насосної станції

Планово-попереджувальний ремонт являє собою систему заходів організаційного і технічного характеру, спрямованих на забезпечення надійної експлуатації обладнання та своєчасне відновлення його працездатності, підтримання споруд та обладнання насосної станції у працездатному стані. Її головною метою є запобігання передчасному зношуванню обладнання, попередження аварійних ситуацій та забезпечення безперервної роботи станції [15].

Проведення планово-попереджувальних ремонтів здійснюється відповідно до чинних нормативних документів, зокрема до вимог «Положення про проведення планово-запобіжного ремонту водопровідно-каналізаційних споруд». У цьому документі визначено порядок проведення ремонтних робіт, форми облікової документації, терміни виконання ремонтів та класифікацію їх видів.

Технічне обслуговування обладнання повинно виконуватися відповідно до вимог правил технічної експлуатації, інструкцій заводів-виробників та нормативних актів з охорони праці.

Усі виявлені під час експлуатації несправності аварійного характеру, а також дрібні дефекти, що можуть вплинути на роботу обладнання, повинні усуватися негайно. Для своєчасного виявлення зношування та технічних несправностей проводяться планові періодичні огляди обладнання та споруд. Такі огляди виконуються відповідно до затвердженого графіка за участю

технічного керівництва підрозділу, експлуатаційного персоналу та працівників ремонтних служб.

За результатами проведених оглядів усі виявлені дефекти заносяться до дефектної відомості (форма 1).

На підставі цих даних формується журнал ремонтів обладнання, який використовується для планування та контролю виконання ремонтно-відновлювальних робіт. Це дозволяє підтримувати обладнання насосної станції у справному стані та забезпечувати його надійну й безпечну експлуатацію протягом усього терміну служби.

Форма 1

Дефектна відомість

Підприємство

Дата складання	Характеристика агрегату, споруди	Опис дефектів	Заходи по усуненню	Термін виконання	Підпис особи що проводила огляд

Для забезпечення надійної та безперебійної роботи насосної станції проводиться комплекс ремонтних заходів, спрямованих на підтримання працездатності обладнання та відновлення його початкових експлуатаційних характеристик. Залежно від обсягу та характеру виконуваних робіт ремонти поділяються на поточні та капітальні.

Поточний ремонт призначений для усунення незначних несправностей і підтримання обладнання у справному стані. Він може бути профілактичним або позаплановим. Профілактичні ремонтні роботи виконуються відповідно до затвердженого графіка на основі результатів планових періодичних оглядів та дефектних відомостей. Позаплановий ремонт здійснюється у випадках виникнення раптових несправностей, які потребують оперативного усунення для

забезпечення нормальної роботи станції. Проведення поточних ремонтів покладається на ремонтні підрозділи підприємства та фінансується за рахунок експлуатаційних витрат.

Капітальний ремонт передбачає заміну або відновлення основних вузлів і деталей обладнання, які втратили свої технічні характеристики внаслідок тривалої експлуатації. Під час виконання таких робіт доцільно здійснювати модернізацію обладнання із застосуванням сучасних технічних рішень, що дозволяють підвищити надійність та ефективність роботи насосної станції. Фінансування капітальних ремонтів здійснюється за рахунок амортизаційних відрахувань підприємства.

Планування капітальних ремонтів виконується на основі результатів технічних оглядів, записів у журналах експлуатації, дефектних відомостей, актів обстеження та висновків спеціалізованих комісій. Відповідальність за формування та затвердження планів ремонтних робіт покладається на головного інженера підприємства.

3.6 Технічна документація насосної станції

Для організації ефективної експлуатації насосної станції необхідно забезпечити наявність повного комплексу технічної документації. До нього належать генеральний план об'єкта із зазначенням усіх підземних комунікацій, виконавчі креслення будівель і споруд, схеми розміщення обладнання та трубопроводів, технічні паспорти насосного, електротехнічного і допоміжного обладнання, а також креслення насосних агрегатів із переліком запасних частин.

У складі документації повинні зберігатися технічні характеристики обладнання, результати заводських і експлуатаційних випробувань, інструкції з технічного обслуговування та ремонту, посадові інструкції персоналу і документи з охорони праці.

Паспорти обладнання оформлюються відповідно до встановлених нормативних вимог і містять інформацію про технічний стан агрегатів,

результати випробувань, виконані ремонтні роботи та внесені конструктивні зміни. До паспортів додаються протоколи випробувань і технічна документація, що підтверджує модернізацію або реконструкцію обладнання.

Важливим елементом організації експлуатації є розроблення технічних інструкцій, які регламентують порядок роботи обладнання в штатних та аварійних режимах, вимоги до проведення поточних і капітальних ремонтів, правила експлуатації контрольно-вимірювальних приладів, вантажопідіймального обладнання та інженерних систем будівлі насосної станції. Для каналізаційних насосних станцій додатково розробляються інструкції щодо експлуатації обладнання грабельного відділення.

Посадові інструкції повинні визначати функціональні обов'язки працівників, їхню відповідальність, права та порядок дій під час нормальної роботи і в аварійних ситуаціях. Усі інструкції затверджуються керівництвом підприємства та підлягають регулярному перегляду з урахуванням змін у технологічних схемах і складі обладнання.

Для оперативного керування та контролю роботи насосної станції персонал повинен мати доступ до актуальних схем трубопровідних комунікацій, електропостачання та розміщення обладнання. У разі застосування дистанційного керування або повної автоматизації на щитах управління розміщуються мнемонічні схеми, які забезпечують наочне відображення стану основних елементів технологічного процесу.

При дистанційному режимі управління контроль за роботою насосної станції здійснюється диспетчером, а при автоматизованому режимі — автоматизованою системою керування без постійного втручання обслуговуючого персоналу. Усі зміни, внесені до складу обладнання або технологічних схем, повинні своєчасно відображатися у відповідній технічній документації.

3.7 Обов'язки чергового та обслуговуючого персоналу насосної станції

Функціональні обов'язки чергового персоналу насосної станції визначаються посадовими інструкціями, затвердженими головним інженером підприємства. Режим роботи персоналу встановлюється графіком змінності, який затверджує начальник станції. Самовільна зміна графіка не допускається, а заміна одного працівника іншим можлива лише за погодженням з керівником станції. Тривалість робочої зміни не повинна перевищувати 8 годин, при цьому між змінами має забезпечуватися перерва не менше 16 годин. Робота протягом двох змін поспіль забороняється. Чисельність персоналу в кожній зміні визначається штатним розписом з урахуванням особливостей експлуатації обладнання та вимог охорони праці.

Після прибуття на робоче місце черговий зобов'язаний прийняти зміну від працівника, який завершує чергування, а після закінчення зміни — передати її наступному працівнику відповідно до затвердженого графіка. Залишати робоче місце без належної передачі зміни забороняється.

Під час приймання зміни черговий повинен:

- ознайомитися зі станом та режимом роботи обладнання на закріпленій ділянці;
- отримати інформацію від працівника, який здає зміну, щодо обладнання, яке потребує підвищеного контролю, перебуває в ремонті або має певні несправності;
- перевірити наявність та справність інструменту, мастильних і допоміжних матеріалів, комплектів ключів, журналів та іншої експлуатаційної документації;
- ознайомитися із записами та розпорядженнями, внесеними за період від попереднього чергування;
- перевірити працездатність засобів зв'язку, справність аварійного освітлення та правильність показів годинників;
- повідомити старшого зміни про вступ на чергування та виявлені недоліки;

- оформити приймання зміни відповідним записом у журналі з підписами працівників, які здають і приймають зміну.

Передача зміни під час ліквідації аварійних ситуацій або виконання відповідальних технологічних операцій не допускається. У таких випадках рішення щодо передачі зміни приймається адміністрацією підприємства. Передача зміни за наявності несправного обладнання або недостатнього запасу експлуатаційних матеріалів може здійснюватися лише за письмовим дозволом головного інженера.

У разі виявлення несправності засобів зв'язку працівник, який здає зміну, повинен особисто повідомити про це диспетчера або головного інженера.

Черговий персонал несе відповідальність за безпечну, надійну та економічно ефективну експлуатацію обладнання закріпленої ділянки насосної станції. Робота обладнання повинна здійснюватися відповідно до встановлених графіків, виробничих інструкцій та оперативних вказівок диспетчерської служби.

До обов'язків чергового персоналу також належать регулярні обходи та огляди обладнання, фіксація результатів оглядів у відповідних журналах, ведення обліку робочих параметрів агрегатів і технологічних процесів. Працівники зобов'язані неухильно дотримуватися вимог нормативних документів, виробничих інструкцій та правил охорони праці, а також контролювати їх виконання іншими працівниками.

Самовільне залишення робочого місця черговим персоналом не допускається. Якщо на ділянці працюють двоє або більше працівників, молодший черговий може тимчасово залишити робоче місце лише з дозволу старшого зміни для виконання робіт, передбачених виробничими інструкціями.

У разі виникнення аварійної ситуації черговий персонал повинен:

- оперативно вжити заходів для відновлення нормального режиму роботи станції шляхом введення в роботу резервного обладнання;
- негайно повідомити про аварію старшого зміни та диспетчера;

- діяти відповідно до затвердженої інструкції з ліквідації аварійних ситуацій.

Дотримання зазначених вимог забезпечує надійну та безперебійну роботу насосної станції, сприяє підвищенню експлуатаційної безпеки обладнання та мінімізує ризик виникнення аварійних ситуацій.

3.8 Експлуатація насосних агрегатів

Експлуатація насосних агрегатів та допоміжного обладнання повинна здійснюватися відповідно до спеціально розроблених експлуатаційних інструкцій для конкретної насосної станції. Під час роботи обладнання необхідно вести добовий журнал експлуатації, до якого заносяться дані про час пуску та зупинки насосних агрегатів, проведення обслуговування сальникових ущільнень, температуру мастила, його заміну в підшипникових вузлах, а також інформація про роботу допоміжного обладнання. На насосних станціях із постійним чергуванням персоналу до журналу також вносяться показники контрольно-вимірювальних приладів через проміжки часу не більше однієї години. До таких параметрів належать показання вакуумметрів, манометрів, амперметрів, ватметрів, лічильників електроенергії та витратомірів води.

Перед першим запуском насоса після монтажу або тривалого зберігання необхідно видалити старе мастило з підшипників шляхом їх промивання бензином і заповнити свіжим мастильним матеріалом. Упродовж першого місяця експлуатації цю процедуру рекомендується повторити два-три рази. Надалі заміну мастила разом із промиванням підшипників слід виконувати після кожних 1000 годин роботи агрегату. Робоча температура підшипників не повинна перевищувати 70 °С.

Категорично забороняється запуск насоса без заповнення його водою, а також тривала робота агрегату (понад 3 хвилини) при закритій засувці на напірному трубопроводі, оскільки це може призвести до перегрівання та виходу обладнання з ладу. Регулювання подачі насоса за допомогою засувки,

встановленої на всмоктувальному трубопроводі, не допускається. Під час роботи агрегату така засувка повинна перебувати у повністю відкритому положенні.

Нормальна робота насосного агрегату характеризується плавним ходом без сторонніх шумів і вібрацій. Особливу увагу необхідно приділяти контролю стану сальникових ущільнень. Для їх набивання рекомендується використовувати м'який еластичний бавовняний шнур, просочений мастильними матеріалами. Використання прядивних ущільнень є небажаним. Стики окремих кілець набивки повинні розташовуватися зі зміщенням під кутом 90° один відносно одного. Регулювання сальникових ущільнень здійснюється таким чином, щоб через них просочувалася вода у вигляді окремих крапель.

Для запобігання перегріванню електродвигунів під час експлуатації необхідно контролювати показники амперметрів або ватметрів, а також температуру корпусу двигуна.

Експлуатація насосного агрегату повинна бути негайно припинена у таких випадках:

- виникнення надмірної вібрації валу;
- перевищення допустимої температури підшипників;
- поява сторонніх металевих шумів, не пов'язаних із кавітаційними процесами;
- виявлення несправностей окремих вузлів або деталей, які можуть спричинити аварію чи руйнування обладнання.

Резервні насосні агрегати необхідно випробовувати не рідше одного разу на десять діб. Для забезпечення рівномірного зношування обладнання насоси з однаковими технічними характеристиками повинні працювати по чергово.

У процесі експлуатації відцентрових насосів можуть виникати різноманітні несправності, причини яких пов'язані як із порушенням режимів роботи, так і з механічним зношуванням елементів агрегату. Однією з поширених проблем є відсутність подачі води після запуску насоса. Причинами цього можуть бути недостатнє заповнення насоса водою перед пуском, перевищення

розрахункового напору, надмірна висота всмоктування, підсмоктування повітря через ущільнення або неправильне розташування артезіанського насоса відносно динамічного рівня підземних вод.

Зменшення подачі насоса під час роботи може бути спричинене зниженням частоти обертання електродвигуна через падіння напруги в мережі, підсмоктуванням повітря через сальники, засміченням робочого колеса, збільшенням гідравлічного опору трубопроводів або механічним зношуванням ущільнювальних елементів.

Причинами зниження напору, який створює насос, можуть бути пошкодження напірної частини агрегату, зменшення частоти обертання електродвигуна, підсмоктування повітря через ущільнення, а також зношування робочих коліс і ущільнювальних кілець.

Перевантаження електродвигуна насоса може виникати внаслідок помилок під час складання агрегату, механічних пошкоджень його вузлів, підвищеної напруги живлення або роботи насоса за напору, меншого від розрахункового.

Поява підвищеної вібрації та шуму під час роботи агрегату зазвичай пов'язана з порушенням центрування валів, ослабленням кріпильних елементів, деформацією валу, зношуванням підшипників, ненадійним закріпленням трубопроводів або перевищенням допустимої висоти всмоктування.

Надмірне нагрівання корпусу насоса, сальникових ущільнень або підшипників може бути викликане тривалою роботою при закритій засувці, надмірним затягуванням сальникових ущільнень, недостатньою або надлишковою кількістю мастила, а також зношуванням підшипникових вузлів.

Своєчасне виявлення та усунення зазначених несправностей дозволяє підтримувати високу надійність роботи насосних агрегатів, підвищувати їх енергоефективність та збільшувати термін служби обладнання.

3.9 Регулювання роботи насосних станцій (насосних агрегатів)

Забезпечення необхідної подачі насосного агрегату може здійснюватися різними способами, серед яких зміна діаметра трубопроводів, рециркуляція

рідини, дроселювання потоку, обточування робочого колеса насоса та регулювання частоти його обертання. У практиці експлуатації насосних станцій може застосовуватися як окремий метод, так і їх поєднання залежно від технологічних вимог та економічної доцільності (див рис 3.9).

Зміна діаметра трубопроводу є одним із способів впливу на робочу точку насоса. Під час проектування насосних систем виконується гідравлічний розрахунок декількох варіантів трубопроводів, за результатами якого обирається такий діаметр, що забезпечує необхідну витрату рідини за оптимальних умов роботи насоса. При цьому коефіцієнт корисної дії насоса повинен становити не менше 90 % від його максимального значення.

У процесі експлуатації збільшення пропускної здатності системи може бути досягнуте шляхом збільшення діаметра окремих ділянок трубопроводу, де спостерігаються найбільші гідравлічні втрати. Проте таке рішення потребує техніко-економічного обґрунтування, оскільки збільшення діаметра труб призводить до зростання капітальних витрат, хоча й дозволяє знизити експлуатаційні витрати за рахунок зменшення втрат напору.

Рециркуляція полягає у поверненні частини перекачуваної рідини з напірного трубопроводу назад у всмоктувальний. Для цього в системі передбачають спеціальний рециркуляційний трубопровід із регулюючою арматурою. Застосування цього способу дозволяє зменшити подачу насоса, проте супроводжується зниженням коефіцієнта корисної дії установки та додатковими витратами електроенергії. Тому рециркуляцію використовують лише за наявності відповідного технічного обґрунтування.

Дроселювання є найбільш поширеним методом регулювання подачі, який полягає у створенні додаткового гідравлічного опору за допомогою засувки, вентиля або іншого регулюючого пристрою, встановленого на напірному трубопроводі. Використання запірної арматури на всмоктувальному трубопроводі для цієї мети не допускається, оскільки це може спричинити кавітацію насоса.

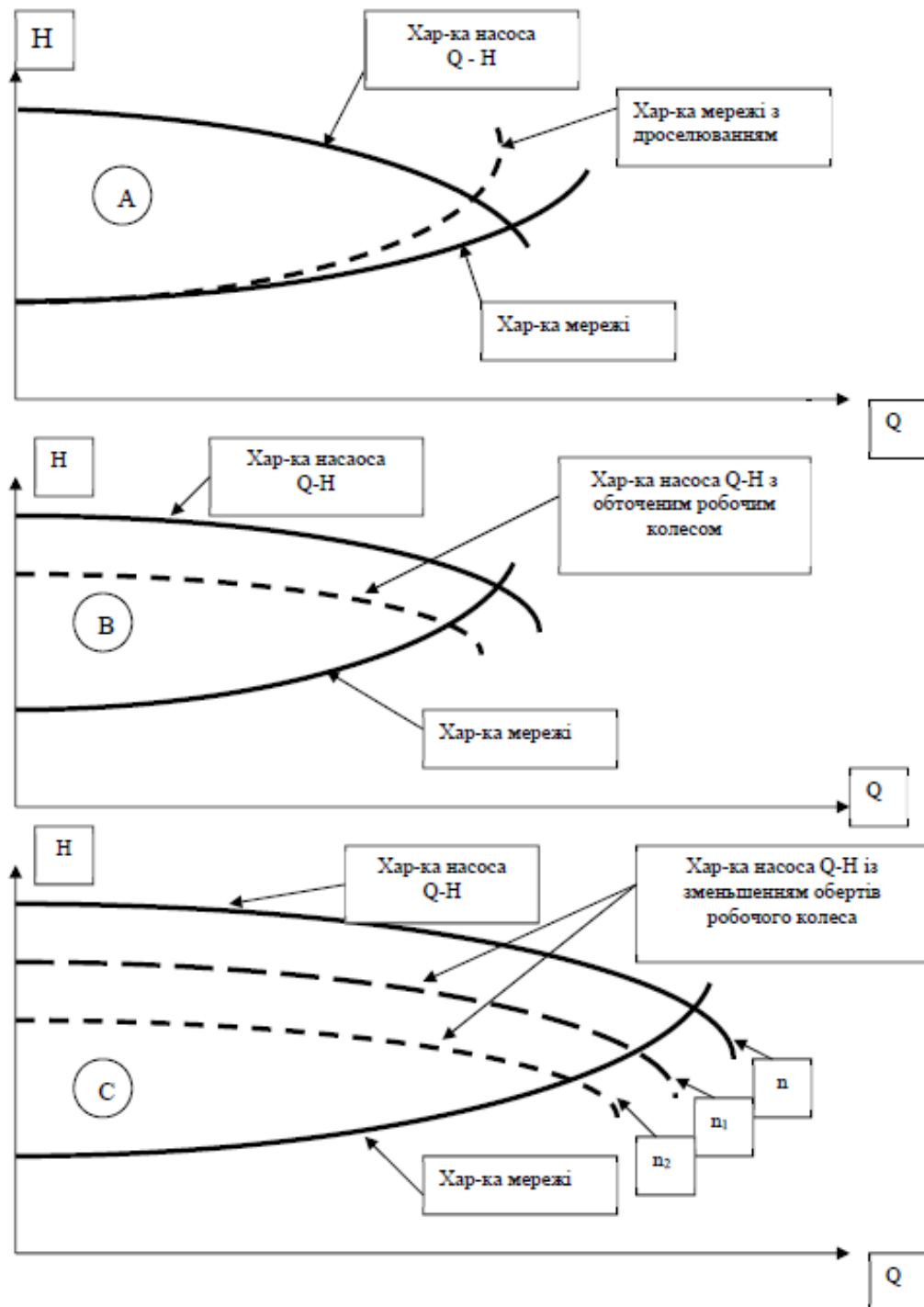


Рисунок 3.9 - Регулювання насосних агрегатів при роботі на мережу:

А – з використанням дроселювання;

В – з використанням обточування робочого колеса насосу;

С – з регулюванням числа обертів насосу: $n_2 < n_1 < n$

Перевагою дроселювання є можливість оперативного регулювання режиму роботи агрегату відповідно до зміни потреб водоспоживання. Однак такий спосіб супроводжується додатковими втратами енергії, оскільки частина потужності витрачається на подолання створеного опору.

Потужність, витрачена на дроселювання, тим вища, чим більше різниця тиску до і після пристрою, що дроселює. Вона виражається формулою

$$N = \frac{\gamma * Q * \Delta p}{102 * \eta} \quad (3.1)$$

де: γ – об'ємна маса рідини, кг/см³;

Q – подача, м³/год;

Δp – різниця тиску органу до і після дроселюючого органу, м;

102 – перевідний коефіцієнт (1 кет – 102 кгм/с).

Якщо до дроселювання доводиться вдаватися постійно і значення Δp велике, то слід замінити насос або застосувати інший спосіб регулювання подачі.

Залежно від умов експлуатації втрати електроенергії можуть становити від 5 до 13 %. Якщо необхідність дроселювання виникає постійно та супроводжується значними перепадами тиску, доцільно розглянути можливість заміни насоса або використання більш ефективного способу регулювання.

Обточування робочого колеса передбачає зменшення його зовнішнього діаметра шляхом механічної обробки на токарному верстаті. Такий метод дозволяє знизити подачу та напір насоса до необхідних значень без додаткових втрат енергії. Для забезпечення прийняттого рівня коефіцієнта корисної дії не рекомендується зменшувати діаметр робочого колеса більш ніж на 15–20 % від початкового значення.

Потрібний діаметр колеса можна з достатньою для практичних цілей точністю визначити по формулам:

$$D_2 = D_1 \frac{Q_2}{Q_1}; \quad D_2 = D_1 \sqrt{\frac{H_2}{H_1}} \quad (3.2)$$

де D_1, Q_1, H_1 — діаметр, подача і тиск встановленого насоса;

Q_2, H_2 — подача і тиск після обточування колеса.

Найефективнішим сучасним способом регулювання є **зміна частоти обертання робочого колеса насоса**. Відомо, що подача насоса прямо пропорційна частоті обертання робочого колеса, напір пропорційний квадрату частоти обертання, а споживана потужність — її кубу. Це означає, що навіть незначне зменшення швидкості обертання дозволяє суттєво скоротити енергоспоживання насосного агрегату.

Для наочного відображення залежностей використовуються такі співвідношення:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

де Q — подача насоса, n — частота обертання робочого колеса.

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

де H — напір насоса.

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

де N — потужність насосного агрегату.

Зазначені залежності забезпечують достатню точність розрахунків при зміні частоти обертання в межах до 20 % від номінального значення.

У сучасних насосних станціях регулювання швидкості обертання електродвигуна найчастіше здійснюється за допомогою перетворювачів частоти. Такі пристрої дозволяють плавно змінювати частоту живлення асинхронного двигуна, забезпечуючи відповідне регулювання частоти обертання робочого колеса насоса. Найбільш поширеним є метод зміни частоти живлення в межах 0–25(33) Гц.

Принцип роботи системи плавного частотного регулювання полягає у використанні датчика тиску, встановленого на напірному трубопроводі. Датчик безперервно контролює значення тиску та передає сигнал на частотний перетворювач. У разі зменшення водоспоживання тиск у мережі підвищується, після чого система автоматично знижує частоту обертання електродвигуна та подачу насоса. При збільшенні витрати води відбувається зворотний процес — частота обертання підвищується, забезпечуючи підтримання необхідного тиску в мережі.

Застосування частотного регулювання дозволяє значно підвищити енергоефективність насосних станцій, знизити зношування обладнання, зменшити ймовірність виникнення гідравлічних ударів та забезпечити стабільні параметри роботи системи водопостачання.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ

Розділ бакалаврської роботи «Охорона праці» присвячений дослідженню виробничих небезпек і шкідливих факторів, що можуть негативно впливати на здоров'я та працездатність працівників, а також розробленню комплексу заходів щодо їх усунення або мінімізації. Основною метою даного розділу є забезпечення безпечних умов праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, виникнення пожеж та аварійних ситуацій.

Центральним об'єктом дослідження в галузі охорони праці є працівник у процесі виконання виробничих обов'язків, його робоче середовище, умови праці, а також взаємодія з технологічним обладнанням і виробничими процесами.

Заходи з охорони праці, передбачені проектом, повинні забезпечувати належний рівень безпеки під час виконання будівельно-монтажних робіт та подальшої експлуатації запроектованих споруд і систем [16-18].

4.1 Санітарно-гігієнічне забезпечення виробництва

4.1.1 Розрахунок потреби у тимчасових побутових приміщеннях

Одним із основних завдань виробничої санітарії на будівельному майданчику є створення комфортних і безпечних умов праці, що виключають негативний вплив виробничих факторів на здоров'я працівників. Для забезпечення належних санітарно-побутових умов передбачається встановлення тимчасових побутових приміщень.

Визначення необхідної кількості та площі тимчасових споруд виконується відповідно до вимог чинної нормативної документації, зокрема «Інструкції з проектування побутових приміщень» [18].

Результати розрахунку наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок площі тимчасових побутових приміщень

№	Найменування приміщення	Кількість працівників, осіб	Норма площі на 1 особу, м ²	Необхідна площа, м ²
1	Душові	Чол. – 48; Жін. – 22	0,53	14,0
2	Гардеробні	Чол. – 48; Жін. – 22	0,70	57,4
3	Санітарні вузли	Чол. – 48; Жін. – 22	0,10	7,3
4	Приміщення для прийому їжі	70	1,0	17,5
5	Приміщення для сушіння та очищення взуття	70	0,21	14,0
6	Приміщення для обігріву та захисту від атмосферних впливів	70	0,71	49,0
7	Кімната відпочинку	70	0,71	49,0

Загальна площа тимчасових приміщень становить:

$$\Sigma = 208 \text{ м}^2.$$

Для розміщення побутових приміщень приймаються інвентарні вагончики розміром 2,5 × 6,0 м. Необхідна кількість вагончиків визначається за формулою:

$$n = \frac{208}{15} = 13,9. \quad (4.1)$$

Отже, для забезпечення потреб будівельного майданчика необхідно встановити 14 побутових вагончиків.

Розташування тимчасових споруд повинно відповідати вимогам безпеки. Відстань від автомобільних або залізничних під'їзних шляхів до вагончиків приймається не менше 2 м, а проміжок між окремими вагончиками — не менше

1 м, що забезпечує зручність пересування та дотримання вимог пожежної безпеки.

4.1.2 Розрахунок освітлення будівельного майданчика

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

Для освітлення території передбачається використання прожекторів заливаючого світла типу ПЗС-45 з лампами потужністю 1000 Вт при напрузі живлення 220 В.

Необхідна кількість прожекторів визначається за формулою:

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

де:

m – коефіцієнт світловіддачі джерела світла;

E_n – нормативна освітленість, $E_n = 50$ лк;

k – коефіцієнт запасу, що враховує забруднення світильників, $k = 1,5$;

S – площа освітлюваної території, m^2 ;

$I_{св}$ – світловий потік лампи, $I_{св} = 18200$ кд;

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

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 0,75$.

Коефіцієнт m визначається за виразом:

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

де $u = 0,8$ – коефіцієнт використання світлового потоку.

Підставляючи вихідні дані у формулу (4.2), отримуємо:

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

Таким чином, для забезпечення нормативної освітленості будівельного майданчика необхідно встановити 12 прожекторів типу ПЗС-45.

Прожектори розміщуються на спеціальних освітлювальних щоглах. Висота встановлення щогли визначається за формулою:

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

Отже, для монтажу прожекторів необхідно передбачити освітлювальні щогли висотою близько 8 м, що забезпечить рівномірний розподіл світлового потоку по всій території будівельного майданчика.

4.1.3 Тимчасове водопостачання будівельного майданчика для господарсько-побутових та протипожежних потреб

У межах проекту передбачається забезпечення будівельного майданчика питною водою шляхом улаштування тимчасової системи водопостачання. Для цього запроєктовано водопровідну мережу діаметром 100 мм, яка забезпечує як господарсько-побутові потреби працівників, так і подачу води для цілей пожежогасіння.

Пожежні гідранти розміщуються на відстані 2,5 м від краю проїзної частини, при цьому відстань між сусідніми гідрантами не перевищує 100 м. До тимчасової мережі підключаються санітарно-побутові приміщення, зокрема умивальники, душові, санвузли та приміщення для приймання їжі. Таке рішення забезпечує дотримання санітарно-гігієнічних вимог і необхідного рівня протипожежного захисту на будівельному майданчику.

4.1.4 Заходи щодо зниження шуму та вібрації

Вібраційний вплив є характерним фактором більшості будівельних процесів і може негативно позначатися на стані здоров'я працівників. Тому комплекс заходів щодо обмеження дії вібрації необхідно передбачати ще на стадії проектування будівництва.

Місцева вібрація впливає не лише на частини тіла, які безпосередньо контактують з вібруючим обладнанням, а й на нервову систему людини загалом. Тривалий вплив вібрації може спричинити швидку втому, головний біль, больові відчуття у суглобах та зниження працездатності.

Відповідно до чинних санітарних вимог тривалість роботи з ручним віброінструментом не повинна перевищувати двох третин робочої зміни. Крім того, необхідно передбачати регламентовані перерви для відпочинку працівників. Для зменшення шкідливого впливу вібрації персонал забезпечується спеціальними рукавицями з амортизувальними вставками та взуттям із вібропоглинальною підошвою.

Одним із поширених шкідливих виробничих факторів є також шум. Перевищення допустимого рівня шуму понад 75 дБ негативно впливає на слуховий апарат людини, викликає втоми та знижує продуктивність праці. Джерелами шуму є робота машин і механізмів, удари, тертя деталей та вібраційні процеси. Для зниження рівня шуму необхідно застосовувати шумозахисні заходи, а також раціонально організовувати режим праці та відпочинку персоналу.

4.2 Заходи безпеки під час виконання робіт

4.2.1 Безпечне виконання будівельно-монтажних робіт

Керівництво будівельної організації зобов'язане забезпечити створення безпечних і здорових умов праці для всіх працівників. Виконання будівельно-монтажних робіт повинно здійснюватися відповідно до чинних нормативних документів з охорони праці та вимог техніки безпеки.

До початку виконання робіт усі працівники повинні пройти відповідний інструктаж. Робоча зона підлягає обов'язковому огороженню, а доступ сторонніх осіб до неї забороняється. На межах небезпечних зон встановлюються попереджувальні знаки та інформаційні таблички, які повинні бути добре помітними як у денний, так і в нічний час.

Працівники забезпечуються спецодягом, спеціальним взуттям та іншими необхідними засобами індивідуального захисту. Розміщення будівель, споруд, складів, інженерних мереж, транспортних шляхів, машин і механізмів повинно відповідати затвердженим проєктним рішенням.

Проект організації будівництва має передбачати використання сучасних технологій, механізмів та засобів механізації, що сприяють підвищенню безпеки праці та зниженню ризику виробничого травматизму. Особливу увагу слід приділяти питанням електробезпеки, освітлення робочих зон, захисту небезпечних ділянок та безпечній організації робіт на різних рівнях.

4.2.2 Визначення небезпечних зон під час виконання земляних робіт

Під час спорудження насосної станції виконуються роботи зі зняття рослинного шару ґрунту бульдозером, розроблення котловану екскаватором-драглайном, очищення дна котловану та зворотного засипання ґрунту.

У разі наявності підземних інженерних мереж проведення земляних робіт допускається лише після отримання відповідного дозволу від організацій, які експлуатують ці комунікації. Розроблення котловану здійснюється з улаштуванням відкосів у співвідношенні 1:0,75 для ґрунтів II категорії, що відповідає куту нахилу відкосу 60°.

До керування землерийними машинами допускаються лише працівники, які пройшли спеціальне навчання та перевірку знань. Екскаватори повинні бути обладнані звуковою сигналізацією та встановлюватися на підготовлених майданчиках із використанням упорів, що запобігають їх самовільному переміщенню.

Завантаження ґрунту в транспортні засоби дозволяється виконувати тільки через задній або боковий борт. Перебування людей між екскаватором та самоскидом під час виконання навантажувальних робіт забороняється. На період роботи землерийної техніки перебування сторонніх осіб у зоні її дії не допускається.

Безпечна відстань від бровки котловану до траєкторії руху машин визначається розрахунковим шляхом і становить:

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

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

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

$H = 6$ м — глибина котловану.

У результаті розрахунку отримано:

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

Отже, мінімальна безпечна відстань від бровки котловану до осі руху будівельної техніки повинна становити не менше 11 м.

4.2.3 Розрахунок стропів

Важливою умовою безпечного виконання монтажних робіт є правильний підбір вантажозахоплювальних пристроїв та такелажного оснащення. Для піднімання та переміщення будівельних конструкцій застосовуються стропи, які повинні відповідати умовам міцності та вантажопідйомності.

Зусилля в одній вітці стропа визначається за формулою:

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

де: $Q = 6$ т — маса найбільш важкого елемента;

$n = 4$ — кількість віток стропа;

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

$k' = 0,45$ — коефіцієнт нерівномірності навантаження.

У результаті розрахунку отримано:

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

Необхідна розривна сила стропа:

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

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

Отже, для виконання монтажних робіт необхідно використовувати стропи з розривним зусиллям не менше 21,42 т.

Під час роботи вантажопідіймальних кранів необхідно обмежити доступ сторонніх осіб до небезпечної зони та забезпечити її позначення відповідними

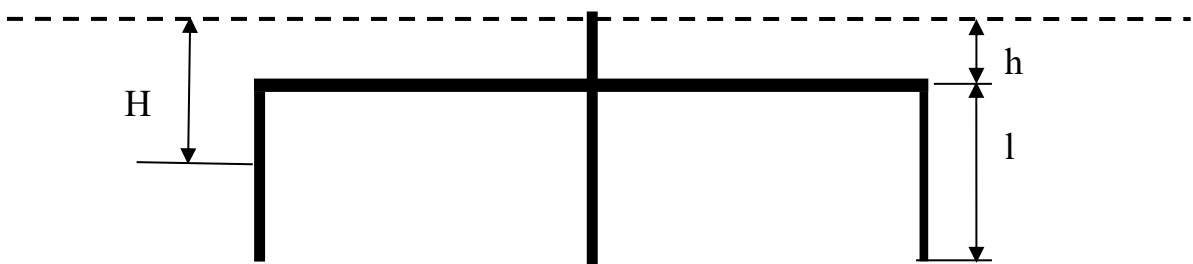
знаками безпеки. Загальна маса вантажу разом зі стропами, траверсами та іншими допоміжними пристроями не повинна перевищувати допустиму вантажопідйомність крана при відповідному вильоті стріли.

4.2.4 Розрахунок захисного заземлення

Електропостачання будівельного майданчика здійснюється від міської електромережі за допомогою трипровідної повітряної лінії. Висота підвісу проводів становить 4,5 м, що відповідає вимогам безпеки.

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом передбачається влаштування контуру заземлення з вертикальних сталевих труб діаметром 50 мм та довжиною 3 м. Нормативний опір заземлювального пристрою повинен бути не більше 4 Ом.

Заземлювачі з'єднуються між собою сталеву смугою, прокладеною на глибині не менше 0,5 м. Усі з'єднання виконуються зварюванням або болтовими з'єднаннями із захистом від корозії.



Глибина розміщення центра електрода:

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

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

Розрахунковий опір одного трубчастого заземлювача становить:

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

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

Необхідна кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{R_{mp} \cdot K_c}{R_3 \cdot \eta_{mp}}$$

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

Для практичного виконання приймається 5 трубчастих заземлювачів.

Опір горизонтальної з'єднувальної смуги становить:

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

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

Фактичний опір заземлювального пристрою визначається як:

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

Оскільки отримане значення не перевищує нормативного значення 4 Ом, прийнята система заземлення забезпечує необхідний рівень електробезпеки на будівельному майданчику.

4.3 Забезпечення протипожежного захисту об'єкта

4.3.1 Визначення категорії виробництва за вибухопожежною небезпекою

Під час розроблення будівельного генерального плану необхідно забезпечити не лише належні умови праці для персоналу, а й виконання вимог пожежної та санітарної безпеки. Особливу увагу слід приділяти дотриманню нормативних санітарних розривів між об'єктами, раціональному розташуванню будівель і споруд відповідно до їх функціонального призначення, а також забезпеченню безпечних відстаней до житлових і громадських будівель.

При розміщенні об'єктів на території будівельного майданчика необхідно враховувати переважаючий напрямок вітру. Споруди, пов'язані з підвищеною пожежною або вибухопожежною небезпекою, рекомендується розташовувати з підвітряного боку відносно основних виробничих зон. Таке планувальне рішення дозволяє мінімізувати ризик поширення продуктів горіння та вогню у випадку виникнення пожежі.

Для забезпечення ефективного пожежогасіння на території будівництва передбачаються зручні під'їзні шляхи до всіх споруд та об'єктів. Крім того, проектом передбачається влаштування мереж водопостачання, які забезпечують потреби пожежогасіння. Прокладання доріг та інженерних мереж виконується до початку основних будівельно-монтажних робіт.

На території будівельного майданчика розміщуються склади залізобетонних виробів, арматури та інших будівельних матеріалів, які відповідно до чинних нормативних вимог належать до об'єктів III ступеня вогнестійкості.

4.3.2 Визначення ступеня вогнестійкості будівлі

Вогнестійкість будівлі характеризує здатність будівельних конструкцій зберігати несучу та огорожувальну функції під впливом високих температур під час пожежі протягом визначеного нормативами часу.

Ступінь вогнестійкості споруди встановлюється з урахуванням її функціонального призначення, категорії пожежної небезпеки виробництва, поверховості, об'ємно-планувальних характеристик та наявності систем автоматичного пожежогасіння.

У даному проекті насосна станція належить до будівель II ступеня вогнестійкості та відноситься до категорії В за вибухопожежною небезпекою. Відповідно до нормативних вимог витрата води на гасіння однієї пожежі приймається рівною 7 л/с.

Для забезпечення пожежної безпеки в будівлі передбачається система внутрішнього протипожежного водопроводу. Пожежні крани розміщуються у легкодоступних місцях: поблизу входів, у коридорах та на основних шляхах евакуації персоналу.

4.3.3 Протипожежні заходи на будівельному майданчику

З метою запобігання виникненню пожеж та обмеження їх можливого поширення на будівельному майданчику передбачається комплекс організаційних і технічних заходів.

Для забезпечення безперешкодного доступу пожежно-рятувальної техніки влаштовуються під'їзні дороги до всіх будівель та споруд. Також прокладається тимчасова мережа протипожежного водопостачання з пожежними гідрантами, розташованими на відстані 2,5 м від краю дороги та не більше 100 м один від одного.

Тимчасове електропостачання будівельного майданчика виконується із застосуванням ізольованих проводів, прокладених на опорах. Висота їх підвішування повинна становити не менше 2,5 м над робочими місцями, 3,5 м над пішохідними проходами та 6 м над транспортними проїздами. У випадках, коли прокладання проводів здійснюється на меншій висоті, вони повинні бути захищені металевими трубами або коробами.

Відповідальність за стан пожежної безпеки на будівельному майданчику покладається на керівника робіт. Для своєчасного виклику пожежно-рятувальних підрозділів забезпечується наявність постійного телефонного зв'язку.

Протипожежний водопровід проектується діаметром 100 мм, що забезпечує необхідну витрату води для ліквідації можливих осередків займання.

На території будівництва організовується спеціально відведене місце для паління, обладнане навісом, урнами та попільничками. Таке рішення сприяє зниженню ризику виникнення пожеж через необережне поводження з вогнем.

Пожежні щити комплектуються необхідним інвентарем: лопатами, баграми, пожежними відрами та вогнегасниками. Щити встановлюються у добре помітних місцях із забезпеченням вільного доступу до них у будь-який час.

4.3.4 Визначення необхідної кількості та типів вогнегасників

Для забезпечення первинних засобів пожежогасіння на будівельному майданчику передбачається обладнання спеціальних місць для зберігання протипожежного інвентарю та вогнегасників.

У проєкті прийнято використання вогнегасників типу ОХП-10, які призначені для ліквідації пожеж класів А і В. Як вогнегасна речовина в них застосовується повітряно-механічна піна або спеціальні хімічні складки.

У приміщенні виконробської передбачається встановлення двох вогнегасників ОХП-10 та пожежного щита, оснащеного необхідним протипожежним обладнанням. Таке оснащення забезпечує оперативне реагування на початковій стадії пожежі та дозволяє обмежити її поширення до прибуття пожежно-рятувальних підрозділів.

ВИСНОВКИ

1. У розділі проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для будівництва та експлуатації об'єктів водовідведення.
2. Запропоновані організаційні та технічні заходи спрямовані на підвищення рівня безпеки праці, зниження ризику виробничого травматизму, попередження професійних захворювань
3. Запропоновані заходи спрямовані на забезпечення належного рівня виконання заходів пожежної безпеки на будівництві.

ВИСНОВКИ

1. Виконано гідравлічні розрахунки виробничо-побутової системи водовідведення. За результатами розрахунків побудовані поздовжні профілі каналізаційних колекторів, які забезпечують відведення стічних вод на очисні споруди. Також зроблено гідравлічний розрахунок дощової мережі та побудований її геодезичний профіль.
2. Розглянуто порядок приймання мереж водовідведення в експлуатацію після завершення будівництва. Визначено основні показники та критерії, за якими здійснюється оцінка готовності систем до введення в експлуатацію.
3. Проведено аналіз сучасних технологій санації водовідвідних мереж. Встановлено, що використання безтраншейних методів ремонту дозволяє проводити відновлювання працездатності трубопроводів із мінімальними порушеннями благоустрою території та зменшенням витрат на виконання робіт.
4. У роботі розроблено розділ з охорони праці, де проаналізовані основні небезпечні виробничі фактори, характерні для будівництва та експлуатації об'єктів водовідведення. Запропоновані організаційні та технічні заходи спрямовані на підвищення рівня безпеки праці, зниження ризику виробничого травматизму, попередження професійних захворювань, а також забезпечення належного рівня пожежної безпеки на будівництві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Regionalna-dopovid-CHernigivska-ODA-2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-CHernigivska-ODA-2021.pdf> (дата звернення 30.06.2026). – Назва з екрана.
2. Обухов Є.В. Показники забезпеченості населення України водними ресурсами на початку 2019 року / Обухов Є.В // Гідроенергетика України: – № 1-2. – 2019. С. 31–35.
3. Яцик А.В. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління / Яцик А.В., Грищенко Ю.М., Волкова Л.А.: підручник для студентів вищих навч. закладів. – Київ: Генеза, 2007. – 360 с.
4. [Nats.-dop.-pro-stan-navk.-pryrodnogo-seredovyshha-v-Ukrayini-u-2019-rotsi](https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Nats.-dop.-pro-stan-navk.-pryrodnogo-seredovyshha-v-Ukrayini-u-2019-rotsi.pdf) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Nats.-dop.-pro-stan-navk.-pryrodnogo-seredovyshha-v-Ukrayini-u-2019-rotsi.pdf> (дата звернення 30.06.2026). – Назва з екрана.
5. 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.
6. 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.
7. Посібник з проектування і будівництва. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elplast.com.ua/download/pos_vodovidved_ukr.pdf. (дата звернення 01.06.2026). – Назва з екрана.

8. ВСН 63-76. Інструкція з розрахунку зливого стоку води з малих басейнів. – [Чинний від 1976–12–01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2007. – 47 с. – (Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи).
9. 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 04.04.2025). – Назва з екрана.
10. [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.
11. 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.
12. 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).
13. Душкін С.С. Надійність водопроводно-каналізаційних систем: конспект лекцій / Душкін С.С., Дегтяр М.В. – Харків, ХНУМГ вид. О.М. Бекетова, 2015,-115 с.
14. 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.

15. 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.
16. Закон України про охорону праці. Офіц. видання. – Київ.: 2025.
17. Державні нормативні акти з охорони праці. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dnop.com.ua>. (дата звернення 04.05.2025). – Назва з екрана.
18. 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.