

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

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

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

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему:
«Організація і технологія робіт з реконструкції лівобережної захисної
дамби Кам'янського водосховища»

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

_____ Іван ЙОВЖІЙ
(підпис)

Керівник

_____ Геннадій ГАПЧ
(підпис)

Дніпро 2025

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

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

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

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу вищої освіти

Івану Івановичу Йовжію

(прізвище, ім'я, по батькові)

1) Тема роботи: «Організація і технологія робіт з реконструкції лівобережної захисної дамби Кам'янського водосховища» затверджена наказом ректора від «10» жовтня 2025 р. №3035.

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

3) Вихідні дані до роботи: конструктивні елементи гідротехнічної споруди, особисті натурні обстеження.

4) Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Розділ 1. Сучасний стан водної безпеки та проблеми експлуатації гідротехнічних споруд в Україні; Розділ 2. Теоретичні та нормативні основи забезпечення надійності земляних гідротехнічних споруд; Розділ 3. Аналіз технічного стану та експлуатаційних проблем захисної дамби; Розділ 4. Розробка інженерно-технічних рішень та технологія виконання робіт; Розділ 5. Еколого-економічне обґрунтування проєкту; Розділ 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; Вступ, Висновки, Список використаної літератури.

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

Керівник роботи _____ (Геннадій ГАПЧ)
 (підпис)

Завдання прийняла до виконання _____ (Іван ЙОВЖІЙ)
 (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Сучасний стан водної безпеки та проблеми експлуатації гідротехнічних споруд в Україні	жовтень 2025 р.	
2	Розділ 2. Теоретичні та нормативні основи забезпечення надійності земляних гідротехнічних споруд	жовтень 2025 р.	
3	Розділ 3. Аналіз технічного стану та експлуатаційних проблем захисної дамби	жовтень 2025 р.	
4	Розділ 4. Розробка інженерно-технічних рішень та технологія виконання робіт	листопад 2025 р.	
5	Розділ 5. Еколого-економічне обґрунтування проєкту	листопад 2025 р.	
6	Розділ 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	листопад 2025 р.	
7	Вступ, Висновки, Список використаної літератури	листопад 2025 р.	
8	Підготовка презентації, попередній захист роботи на кафедрі	грудень 2025 р.	

Керівник роботи

_____ (Геннадій ГАПЧ)
(підпис)

Здобувач вищої освіти

_____ (Іван ЙОВЖІЙ)
(підпис)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВОДНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД В УКРАЇНІ	10
1.1. Поняття водної безпеки України та її складові	10
1.2. Загальна характеристика гідротехнічного фонду (ГТС) та оцінка його зносу	12
1.3. Основні проблеми експлуатації ГТС та нормативно-правове регулювання	13
1.4. Сучасні виклики та загрози водній безпеці (зміна клімату, військові дії, антропогенне навантаження на водні екосистеми) ...	16
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА НОРМАТИВНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗЕМЛЯНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД	19
2.1. Класифікація дамб, їх конструктивні елементи та типові пошкодження	19
2.2. Фізичні процеси, що впливають на стійкість та довговічність гідротехнічних споруд з ґрунтових матеріалів	20
2.3. Сучасні методи технічної діагностики та моніторингу стану гідротехнічних споруд	22
2.4. Аналіз світового та вітчизняного досвіду застосування інноваційних матеріалів та технологій ремонту	24
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПРОБЛЕМ ЗАХИСНОЇ ДАМБИ	28
3.1. Загальна характеристика об'єкта досліджень	28
3.2. Аналіз результатів інженерно-технічних обстежень та діагностика дефектів (дренаж, укуси)	31

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ	34
4.1. Обґрунтування вибору комплексу ремонтно-відновлювальних робіт	34
4.2. Розрахунок обсягів будівельно-монтажних робіт з реконструкції основних елементів захисної дамби	35
4.3. Розрахунок калькуляції трудових витрат та організація виробництва робіт	36
4.4. Технологія виконання ремонтно-відновлювальних робіт	46
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	54
5.1. Оцінка кошторисної вартості ремонту та капітальних вкладень	54
5.2. Оцінка впливу ремонтно-відновлювальних робіт на навколишнє середовище	55
5.3. Еколого-економічна ефективність запропонованих рішень (врахування відверненого збитку від можливого затоплення)	57
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	60
6.1. Вимоги безпеки при роботі з насосними та електроустановками	60
6.2. Основні заходи безпеки для робітників під час реконструкції дамби	61
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	65
ДОДАТКИ	68
ДОДАТОК А. Підсумкова відомість ресурсів на реконструкцію лівобережної захисної дамби Кам'янського водосховища	69
ДОДАТОК Б. Кошторисний розрахунок проєкту реконструкції лівобережної захисної дамби Кам'янського водосховища	72

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» виконана на 76 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку літератури з 24 джерел на 3 сторінках. У роботі наведено 12 рисунків і 4 таблиці.

Мета дослідження – обґрунтування та розробка комплексу інженерно-технічних рішень щодо відновлення захисної дамби лівобережної частини Кам'янського водосховища.

Об'єктом дослідження є процес забезпечення організаційно-технологічних заходів з реконструкції та підвищення експлуатаційної надійності і безпеки гідротехнічної споруди, що перебуває у тривалій експлуатації під навантаженнями.

Предметом дослідження є комплекс інженерно-технічних, гідрогеологічних та технологічних рішень, що застосовуються для ремонту (реконструкції) критично важливих елементів дамби (дренажу та укосів).

Для досягнення поставленої мети та виконання завдань у роботі застосовувалися такі методи дослідження: 1) Аналітичний метод – використовувався для аналізу нормативно-правової бази України (ДБН, ДСТУ), технічної документації та наукової літератури щодо гідротехнічного будівництва та безпеки ГТС в Україні; 2) Метод польових досліджень – застосовувався для аналізу та узагальнення даних інженерно-технічних обстежень, моніторингу фактичного стану об'єкта; 3) Розрахунково-технологічні методи: використовувались для виконання ключових інженерних розрахунків та вибору технології проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

Для досягнення поставленої мети вирішені такі основні завдання:

1. Проаналізований сучасний стан водної безпеки України та визначена роль гідротехнічного фонду у захисті територій, враховуючи вплив військових дій та змін клімату.
2. Досліджено фізико-механічні процеси, що зумовлюють деградацію земляних споруд (фільтрація, суфозія, ерозія), та класифікувати типові пошкодження напірних дамб.
3. Виконано діагностику технічного стану лівобережної захисної дамби Кам'янського водосховища, проаналізувано результати натурних обстежень та стан її дренажної системи.
4. Розроблено інженерні рішення щодо реконструкції дренажу та зміцнення укосів із застосуванням інноваційних матеріалів і технологій.
5. Виконано еколого-економічне обґрунтування проєкту, розраховано кошторисну вартість робіт.

Ключові слова: гідротехнічна споруда, дамба, водосховище, реконструкція, технологія і організація будівельних робіт.

ВСТУП

Питання водної безпеки сьогодні належить до глобальних пріоритетів людства, оскільки стабільність водних екосистем та захист від стихійних лих є основою сталого розвитку будь-якої держави. Світовий досвід експлуатації гідротехнічних споруд (ГТС) свідчить, що великі напірні дамби та греблі у США, країнах ЄС та Китаї, побудовані в середині минулого століття, наразі проходять етап масової реновації. Провідні інженерні школи світу розглядають реконструкцію захисних дамб не просто як ремонт, а як адаптацію критичної інфраструктури до екстремальних навантажень, викликаних зміною клімату та зростанням антропогенного тиску на річкові басейни [1, 2].

Для України проблема технічного стану гідротехнічного фонду стоїть особливо гостро. Більшість захисних споруд дніпровського каскаду експлуатуються понад 50–60 років, що в умовах хронічного недофінансування призвело до накопичення критичних дефектів. Лівобережна захисна дамба Кам'янського водосховища є стратегічно важливим об'єктом, оскільки вона утримує значний гідростатичний напір та захищає від затоплення густонаселені райони та промислові комплекси.

На сьогодні технічний стан дамби характеризується прогресуючим зносом: спостерігається неефективна робота дренажу, порушення цілісності кріплення укосів, що потенційно може призвести до підвищення рівня депресійної кривої в тілі споруди. Враховуючи ризики, пов'язані з військовими діями та можливими гідродинамічними аваріями, розробка організаційно-технологічних рішень з реконструкції цього об'єкта є першочерговим завданням для забезпечення регіональної техногенно-екологічної безпеки.

Метою роботи є розробка організаційно-технологічних рішень з реконструкції лівобережної захисної дамби Кам'янського водосховища

для відновлення її проєктних характеристик та підвищення експлуатаційної надійності.

Для досягнення мети у роботі необхідно вирішити наступні завдання:

- оцінити фактичний технічний стан дамби на основі результатів натурних обстежень;
- обґрунтувати вибір інженерних рішень щодо модернізації дренажної системи та захисту укосів;
- виконати розрахунок обсягів будівельно-монтажних робіт та калькуляцію трудових витрат;
- розробити послідовність технологічних процесів реконструкції із застосуванням сучасних матеріалів;
- оцінити еколого-економічну ефективність проєкту через розрахунок відверненого збитку;
- визначити заходи з охорони праці та безпеки під час проведення робіт.

Сформовані у роботі технологічні рішення мають пряме прикладне застосування для стабілізації фільтраційного режиму та зміцнення конструктивних елементів дамби. Використання методів санації колекторів та впровадження геосинтетичних матеріалів дозволяє значно подовжити термін служби споруди при оптимізації витрат на її утримання. Результати проєкту можуть бути використані як основа для розробки реальної проєктно-кошторисної документації.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВОДНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД В УКРАЇНІ

1.1. Поняття водної безпеки України та її складові

Водна безпека є невід’ємною складовою національної безпеки України, охоплюючи широкий спектр питань, від забезпечення населення якісною питною водою до захисту територій від руйнівних природних явищ [4, 5]. Вона визначається як стан захищеності життєво важливих інтересів людини, суспільства і держави від загроз, пов’язаних з використанням водних ресурсів та їхнім небезпечним впливом, що відповідає цілям сталого розвитку ООН (ЦСР №6).

Ключову роль у забезпеченні водної безпеки України відіграє водогосподарська та меліоративна інфраструктури (рис. 1.1), зокрема гідротехнічні споруди (ГТС) – греблі, дамби, водосховища, канали, зрошувальні та осушувальні системи тощо. Вони виконують критичні функції: протипаводковий захист, регулювання стоку та забезпечення всіх секторів економіки країни водними ресурсами [1, 2].

Надійність гідротехнічної інфраструктури, і відповідно, водна безпека, перебуває під постійною загрозою з боку кількох ключових, взаємопов’язаних чинників. Основними можна відмітити три: довготривалий антропогенний вплив; стрімкі кліматичні зміни та військові дії.

Тривала інтенсивна господарська діяльність призводить до значного забруднення водних об’єктів та замулення водосховищ. У контексті земляних дамб, неконтрольована експлуатація водоохоронних зон (ВЗ) та прибережних захисних смуг (ПЗС), а також інтенсивне використання водних

ресурсів, посилюють процеси фізичного зносу, фільтрації та ерозії тіла споруд, створюючи передумови для аварійних ситуацій [23, 24].



Рисунок 1.1 – Оглядова карта водогосподарського фонду України
 (рисунок запозичено з мережі Інтернет)

Зміна кліматичних умов в Україні впливає на гідрологічний режим річок, що веде до двох взаємо протилежних загроз:

- збільшення екстремальних опадів, що підвищує ризик паводків та вимагає від ГТС здатності витримувати значно вищі розрахункові навантаження та скиди.
- періоди тривалої посухи, що проявляється у зниження рівня води у водосховищах і може призводити до осушення ґрунтового масиву дамб, провокуючи просідання ґрунту, зміни гідрогеологічного режиму та зниження стійкості укосів у періоди повторного наповнення.

Військовий чинник став найбільшою і найнебезпечнішою загрозою для водної безпеки нашої держави. Навмисне руйнування ключових гідротехнічних споруд (наприклад, підрив Каховської ГЕС), спричинило безпрецедентну техногенну катастрофу, яку характеризують як елемент екоциду проти України. Необхідність відновлення та посилення захисту ГТС (включаючи захисні дамби) від диверсій є пріоритетним завданням, що вимагає перегляду стандартів надійності.

Таким чином, технічна надійність кожної споруди, включно із захисною дамбою Кам'янського водосховища, є питанням національної безпеки, що вимагає невідкладних інженерних та управлінських рішень.

1.2. Загальна характеристика гідротехнічного фонду (ГТС) та оцінка його зносу

Гідротехнічний фонд України є однією з найбільших інфраструктурних мереж у Східній Європі, до якої входять понад 1000 великих водосховищ, сотні тисяч ставків, а також значна кількість гребель, дамб та насосних станцій, розташованих переважно в басейнах річок Дніпра, Дністра та Південного Бугу.

Кількісні та якісні показники водних ресурсів України перебувають у стані перманентного напруження через сукупність факторів. Україна відноситься до малозабезпечених водою країн Європи. Близько 2/3 річкового стоку формується за межами її території. При цьому, зміна клімату призводить до зменшення середньорічного стоку та посилення нерівномірності його розподілу. ГТС покликані компенсувати цю нерівномірність, акумулюючи воду у водосховищах.

Якість води в основних водних артеріях, особливо в річці Дніпро, залишається низькою. Антропогенне навантаження (скиди промислових та комунальних стоків) призводить до підвищення концентрації біогенних

елементів (нітрати, фосфати), важких металів та органічних забруднювачів. Це прискорює евтрофікацію водосховищ (цвітіння води), що, своєю чергою, негативно впливає на експлуатацію ГТС, викликаючи корозію металевих елементів та біологічне обростання конструкцій.

Відмітимо, що більшість великих ГТС в Україні були збудовані у 1950–1970-х роках. Значна частина цих споруд експлуатується понад 50–70 років, що перевищує їхній нормативний термін служби. За оцінками різних фахівців, від 20% до 30% усіх ГТС перебувають у незадовільному або аварійному стані.

При цьому фізичний знос ГТС проявляється у прогресуванні небезпечних явищ, які прямо стосуються земляних дамб: порушення протифільтраційних елементів покриттів призводить до витoku води та суфозії ґрунту, що є прямою загрозою для стійкості дамби; непрацездатність дренажних систем обґрунтовується значним рівнем їх засмічення або руйнування дренажу, підвищує рівень депресійної кривої у тілі дамби, критично знижуючи коефіцієнт стійкості укосів.

Існуючі проекти ГТС здебільшого суттєво застаріли та не відповідають сучасним вимогам щодо надійності, пропускнуої здатності та сейсмічної стійкості. Необхідне застосування нових, більш стійких до ерозії та фільтрації матеріалів (геосинтетики, ґрунтоцементні суміші).

Саме цей загальнонаціональний контекст старіння та зносу обґрунтовує необхідність детального інженерного дослідження та розробки рішень для ремонту нашого об'єкта досліджень.

1.3. Основні проблеми експлуатації ГТС та нормативно-правове регулювання

Проблеми надійної експлуатації гідротехнічних споруд в Україні є системними і охоплюють як технічні, так і фінансово-управлінські аспекти.

Невирішеність цих проблем створює пряму загрозу для об'єктів, подібних до захисної дамби Кам'янського водосховища.

Можна відмітити суттєвий рівень недофінансування та накопичення зносу ГТС. Видатки на капітальний ремонт і реконструкцію ГТС десятиліттями фінансувалися за залишковим принципом. Бюджетні кошти часто покривають лише аварійно-відновлювальні роботи та поточне утримання, тоді як великі інженерні проєкти (як той, що стосується дамби Кам'янського водосховища) відкладаються. Це призводить до накопичення критичних дефектів (прогресуюча фільтрація, засмічення дренажних систем, руйнування кріплення укосів). Вартість ліквідації наслідків аварії (або виконання ремонту в критичний момент) у десятки разів перевищує вартість своєчасного планового ремонту.

На сьогодні однією з ключових проблем можна констатувати, що український фонд ГТС має фрагментовану систему власності та управління. Частина об'єктів перебуває на балансі Держводагентства, інші – у комунальній власності, а значний відсоток – у приватній або має невизначений статус.

Як наслідок відсутність єдиного відповідального суб'єкта та уніфікованих технічних стандартів ускладнює ефективний моніторинг і, що критично, оперативне фінансування та проведення робіт на об'єктах підвищеної небезпеки.

Через відсутність належного фінансування та управління водогосподарським комплексом відмічається недосконалість системи моніторингу та діагностики технічного стану споруд. Незважаючи на наявність п'єзометрів, закладної контрольно-вимірювальної апаратури та іншого обладнання, системи комплексного інструментального моніторингу часто є застарілими або не функціонують належним чином. Це підкреслює актуальність нашого дослідження та необхідності не лише розробити інженерні рішення для ремонту, але й обґрунтувати відновлення та

модернізацію систем моніторингу (п'єзометричних спостережень), як це передбачено у проєкті реконструкції Кам'янської дамби.

Забезпечення надійності ГТС регулюється чіткими нормами, які, однак, не завжди корелюють із реальним станом фінансування та рівнем експлуатації споруд.

Ключова законодавча база (Державні будівельні норми) з питань ГТС наступна:

- Водний кодекс України №213/95-ВР – редакція від 08.08.2025
- ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд
- ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди.
- ДБН В.2.4-3:2023. Гідротехнічні споруди. Основні положення.
- ДСТУ 7176:2010. Водне господарство. Терміни та визначення основних понять.
- ДСТУ 7735:2015. Гідротехніка. Терміни та визначення основних понять.

Виходячи з цього можна констатувати потребу в адаптації українських норм до стандартів Європейського Союзу (ЄС), зокрема щодо оцінки екологічних ризиків та впровадження найкращих доступних технологій (НДТ) у ремонті земляних дамб.

Саме цей розрив між високими нормативними вимогами та фактичним критичним зносом гідротехнічного фонду, підсилений військовою загрозою, робить розробку технічно досконалих та економічно ефективних рішень для ремонту нашого об'єкта досліджень надзвичайно актуальною дослідницько-практичною задачею.

1.4. Сучасні виклики та загрози водній безпеці (зміна клімату, військові дії, антропогенне навантаження на водні екосистеми)

Стрімкі кліматичні зміни безпосередньо впливають на гідрологічні параметри та фізико-механічні властивості ґрунтів земляних споруд.

Зміна середнього рівня води та збільшення частоти екстремальних вітрових навантажень підвищує висоту та силу хвилі, що спричиняє хвильову ерозію. Це вимагає перегляду класу кріплення верхового укосу та застосування матеріалів з підвищеною зносостійкістю (наприклад, важкі бетонні плити або георешітки, заповнені ґрунтоцементом). Інтенсифікація опадів підвищує ризик поверхневого стоку, що призводить до утворення борозн та промоїн на низовому укосі (дощова ерозія), якщо його покриття недостатньо міцне. Під час тривалих посух та значного спрацювання водосховищ ґрунт тіла дамби та основи осушується. При подальшому швидкому заповненні відбувається швидке водонасичення ґрунту, що різко знижує його кути внутрішнього тертя (φ) та питому вагу (c). Це критично знижує загальний коефіцієнт запасу стійкості (K_{cm}), особливо для низового укосу. Збільшення частоти та інтенсивності опадів також може призводити до нерозрахункового підвищення депресійної кривої у тілі дамби, що є прямою передумовою для суфозії та зсуву.

Серед військових загроз та вимог до стійкості ГТС у надзвичайних ситуаціях можна відмітити наступне. Руйнування ключових ГТС і елементів водогосподарської інфраструктури довело, що проекти реконструкції повинні враховувати підвищену стійкість до зовнішнього динамічного впливу. При цьому виникає потреба у застосуванні конструктивних рішень, які забезпечують локалізацію пошкоджень. Наприклад, використання дренажів зворотного фільтра та багатошарових протифільтраційних пристроїв, здатних запобігти катастрофічному прориву ґрунту через локалізоване пошкодження. Системи моніторингу (п'єзометричні мережі,

інклінометри) повинні бути резервовані та здатні функціонувати навіть за умов часткового пошкодження інфраструктури. Надійність вимірювання фільтраційного градієнта є пріоритетом для раннього виявлення порушення цілісності тіла дамби.

Зазначимо, що під час військових дій проєкти ремонту мають передбачати технологічну гнучкість та можливість застосування швидкотверднучих або мобільних інженерних рішень для екстреного відновлення (наприклад, ін'єктування цементних або полімерних розчинів у зони підвищеної фільтрації).

Сучасний стан водних екосистем України характеризується надзвичайно високим рівнем антропогенного навантаження, що зумовлено десятиліттями інтенсивного промислового, сільськогосподарського та комунального використання ресурсів без належної екологічної модернізації. Основним чинником деградації поверхневих вод залишається незадовільний стан житлово-комунального господарства. Більшість очисних споруд у населених пунктах України були спроектовані та побудовані за технологічними нормами минулого століття, які не передбачали ефективного видалення сучасних специфічних забруднювачів, зокрема синтетичних сполук фосфору та азоту. Масове використання фосфатовмісних мийних засобів призводить до потрапляння значної кількості біогенних елементів у водойми, що провокує процеси. Це спричиняє порушення кисневого режиму, загибель цінних видів іхтіофауни та загальне погіршення санітарно-гігієнічного стану річок, які є основними джерелами питного водопостачання.

Паралельно з комунальним сектором значний тиск чинить промисловий комплекс, особливо в індустріальних центрах Донбасу, Дніпропетровської та Запорізької областей. Скидання стічних вод металургійних, хімічних та гірничодобувних підприємств насичує водне середовище важкими металами, фенолами та нафтопродуктами. Окремою проблемою є висока мінералізація шахтних вод, які при потрапленні в

прісноводні артерії змінюють їхній хімічний склад, роблячи воду непридатною для зрошення та технічних потреб. Крім того, не менш вагомим є дифузне забруднення від аграрного сектору, що виникає через змивання залишкових пестицидів і добрив з полів, а також внаслідок розорювання прибережних захисних смуг. Порушення природного ландшафту заплав призводить до замулення малих річок, зниження їхньої здатності до самоочищення та поступового обміління.

Гідротехнічне регулювання стоку, зокрема створення каскадів водосховищ на великих річках, докорінно змінило гідрологічний режим, перетворивши проточні системи на серію малопроточних водойм. Це сприяє накопиченню токсичних речовин у донних відкладах та сповільнює природні процеси відновлення екосистеми.

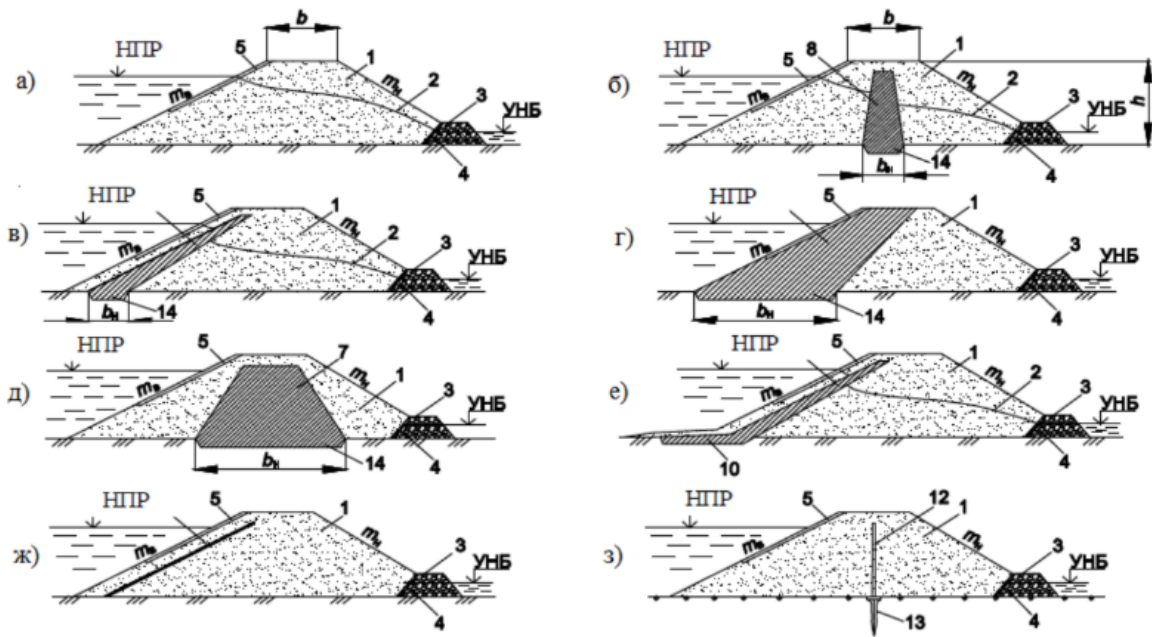
Отже сучасні виклики трансформують вимоги до проєктування, вимагаючи від інженера-гідротехніка не лише відновлення первинних параметрів споруди, але й забезпечення її адаптивної стійкості до нових, екстремальних навантажень.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА НОРМАТИВНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗЕМЛЯНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

2.1. Класифікація дамб, їх конструктивні елементи та типові пошкодження

Земляні дамби класифікуються відповідно до їхнього функціонального призначення та інженерної схеми (рис. 2.1), що є визначальним для вибору методів ремонту. За призначенням: напірні (греблі) – створюють гідростатичний напір для акумуляції води; захисні (загороджувальні) – призначені для запобігання затопленню або підтопленню території (до яких відноситься і наш об'єкт дослідження). За наявністю протифільтраційних пристроїв: однорідні – стійкість до фільтрації забезпечується великою товщиною тіла з малопроникного ґрунту; неоднорідні – мають спеціальні протифільтраційні елементи, що поділяються на дамби з ядром (вертикальним або похилим), екраном, діафрагмою [11-14].

Надійність дамби забезпечується злагодженою роботою таких ключових елементів як: тіло дамби (основний ґрунтовий масив), протифільтраційні пристрої (елементи, що забезпечують водонепроникність і знижують градієнт напору у тілі дамби), дренажні пристрої (служать для перехоплення та відведення фільтраційного стоку та штучного заниження депресійної кривої), елементи кріплення укосів, що формують захисний шар (кам'яний накид, плити, георешітки) для захисту від хвильової (верхній б'єф) та атмосферної (нижній б'єф) ерозії.



1 – тіло греблі; 2 – поверхня кривої депресії; 3 – дренаж; 4 – зворотній фільтр; 5 – кріплення укосів; 6 – верхова ґрунтова призма; 7 – центральна ґрунтова призма; 8 – ґрунтове ядро; 9 – ґрунтовий екран; 10 – понур; 11 – екран з неґрунтових матеріалів; 12 – діафрагма; 13 – протифільтраційна завіса; 14 – зуб; h – висота греблі; b – ширина гребеня греблі; b_n – ширина низом протифільтраційного пристрою; m_n – коефіцієнт закладання верхового укосу греблі; m_s – коефіцієнт закладання низового укосу греблі; НПР – нормальний підпірний рівень; УНБ – уріз води у нижньому б'єфі

Рисунок 2.1 – Основні конструктивні схеми гідротехнічних споруд

В залежності від механізмів виникнення класифікують наступні види пошкоджень (рис. 2.2).

2.2. Фізичні процеси, що впливають на стійкість та довговічність гідротехнічних споруд з ґрунтових матеріалів

Основними фізичними процесами, що впливають на стійкість та довговічність гідротехнічних споруд з ґрунтових матеріалів є наступні [11-14].

Фільтрація – рух води крізь пори ґрунту. Її швидкість визначається законом Дарсі. Саме коефіцієнт фільтрації є фізичним параметр ґрунту тіла ГТС. Депресійна крива визначає верхню межу фільтраційного потоку. Її положення є ключовим для стійкості укосів споруди. З метою штучного

заниження депресійної кривої до безпечної позначки на низовому укосі будують дренажні пристрої. Таким чином за умови, якщо дренаж Кам'янської дамби не працюватиме у проектному режимі роботи, депресійна крива підіймається, що спричиняє різке збільшення фільтраційного градієнта на виході і створює загрозу зсуву.

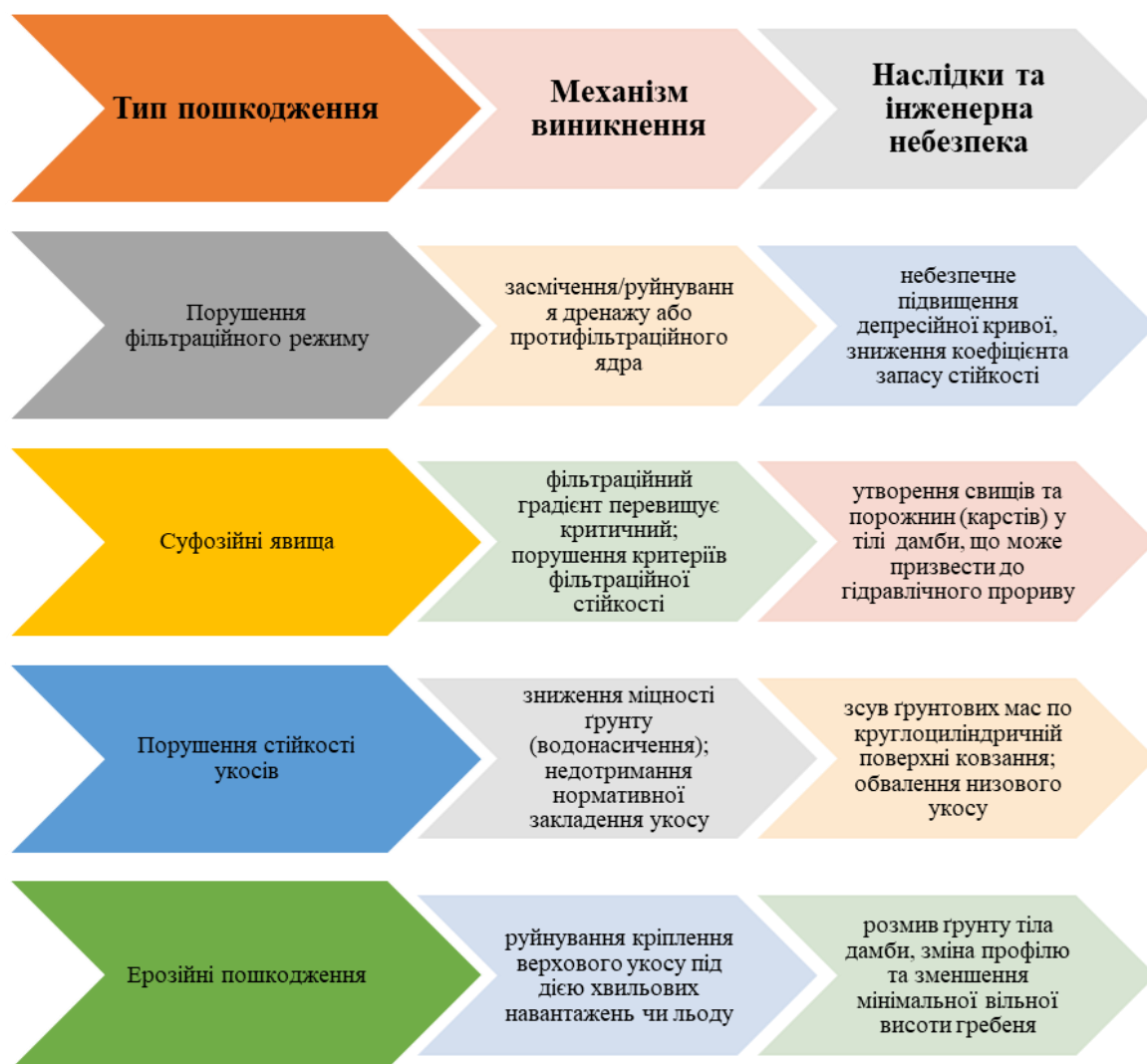


Рисунок 2.2 – Пошкодження та механізми їх виникнення на ГТС

Суфозія – процес винесення дрібних часток ґрунту потоком води, що є одним з найнебезпечніших механізмів руйнування для ґрунтових дамб. Суфозія характеризується параметром критичного градієнту напору, при якому ще не відбувається винесення ґрунту. Його перевищення призводить до виносу частинок ґрунту. Забезпечення критеріїв фільтраційної стійкості

(критерії Терцагі) у зонах контакту між ґрунтами з різним характеристиками відбувається у місці виходу фільтраційного потоку (низовий укіс, дренаж). Тут необхідно розміщувати зворотний фільтр, який утримує частинки тіла дамби.

Стійкість укосів визначається співвідношенням утримуючих (внутрішнє тертя, коефіцієнт зчеплення) та зсувних (вага, гідростатичний тиск) сил. Коефіцієнт запасу стійкості (K_{cm}) є ключовим інженерним показником надійності споруди. Отже якісне виконання ремонтно-відновлювальних робіт має на меті забезпечити належний рівень K_{cm} (згідно з ДБН), що забезпечить надійність та безпеку гідротехнічної споруди.

Важливу роль у стійкості ГТС відіграє також поровий тиск. Підйом депресійної кривої призводить до зростання порового тиску, що різко знижує ефективні напруження у ґрунті. Згідно з формулою міцності Кулона-Мора: $\tau_f = c + \sigma_n$. Зменшення σ_n призводить до зниження опору ґрунту зсуву τ_f та падіння c .

Основним методом для розрахунку і визначення K_{cm} є метод круглоциліндричних поверхонь ковзання (метод Бішопа, Шахунянца).

2.3. Сучасні методи технічної діагностики та моніторингу стану гідротехнічних споруд

Моніторинг є невід'ємною частиною експлуатації гідротехнічних споруд, особливо земляних дамб, які зазнають постійних фільтраційних та геомеханічних навантажень. Мета такої діагностики полягає у своєчасному виявленні відхилень від проєктних параметрів, які можуть призвести до критичного зниження коефіцієнта запасу стійкості.

Основне завдання діагностичних спостережень – контроль за положенням депресійної кривої та інтенсивністю фільтраційного потоку.

Для цього використовують п'єзометричну мережу закладних свердловин. П'єзометри – це обсадні труби, занурені в тіло дамби та її основу, які вимірюють висоту гідростатичного напору у певних точках. Дані п'єзометрів використовуються для графічної побудови депресійної кривої. Її підйом до критичних позначок (особливо на низовому укосі) є прямим індикатором засмічення дренажу або пошкодження протифільтраційного ядра.

За допомогою КВА також вимірюють дебіт фільтрації (об'єм води, що відводиться дренажними системами (в оглядових колодязях або на виході). Різке збільшення дебіту або, навпаки, його критичне зниження (якщо дренаж засмічений) є ознакою порушення фільтраційної стійкості, зокрема розвитку суфозії чи, навпаки, непрацездатності дренажу.

Контроль за геометричними параметрами дамби та зміщеннями ґрунтового масиву є ключовим для оцінки стійкості. Геодезичний моніторинг (вимірювання осідань та зміщень) виконується із застосуванням високоточного нівелювання та тахеометричної зйомки, а також сучасними GPS/GNSS-системами. Контроль осідань гребеня, горизонтальних зміщень укосів та придамбової території дозволяє встановити нелінійний або прискорений характер деформацій, що є небезпечним для формування зсуву.

Для контролю процесів зсувних деформацій застосовують інклінометричні вимірювання. Інклінометричні свердловини встановлюються у тілі дамби для вимірювання кута нахилу та визначення глибини та швидкості горизонтальних зміщень. Такі вимірювання дозволяють точно локалізувати поверхню ковзання перед можливим зсувом, що є критичною інформацією для проєктування протизсувних заходів. Тензометричні датчики дають змогу виміряти напружено-деформований стан ґрунту та бетонних конструкцій усередині тіла дамби.

Геофізичні та неруйнівні методи діагностики. Ці методи дозволяють отримати інформацію про внутрішню структуру дамби без її

руйнування [22]. Серед основних геофізичних методів виділяються наступні:

1) Георадарне зондування, основний принцип якого полягає у випромінюванні та прийомі електромагнітних хвиль. Швидкість та відбиття сигналу залежать від діелектричної проникності ґрунту. Виявлення прихованих порожнин (внаслідок суфозії), зон підвищеної вологості (концентрація фільтрації), а також точне визначення положення протифільтраційних діафрагм чи інженерних комунікацій (трубчастого дренажу).

2) Електророзвідка (метод опорів). Основний принцип цього методу полягає у вимірюванні питомого електричного опору ґрунту. Водонасичений ґрунт має значно нижчий опір, ніж сухий. Такі дослідження допомагають локалізувати зони активної фільтрації та трасування депресійної кривої по всій довжині дамби.

3) Сейсморозвідка використовується для визначення швидкості поширення сейсмічних хвиль, що пов'язано з щільністю та міцністю ґрунту. Виявляє зони розуцільнення.

2.4. Аналіз світового та вітчизняного досвіду застосування інноваційних матеріалів та технологій ремонту

Світова та вітчизняна практика експлуатації гідротехнічних споруд демонструє відхід від традиційних методів ремонту до високотехнологічних рішень, що забезпечують підвищену довговічність, надійність та мінімізують час простою споруди [6, 18-20]. Ремонт земляних дамб фокусується на трьох ключових напрямках: відновлення протифільтраційної ефективності, підвищення геомеханічної стійкості та оптимізація дренажних систем.

Ефективне управління фільтрацією є найважливішим завданням. Сучасні рішення дозволяють усунути дефекти ядра та екрану без значного розкриття тіла дамби. Технологія використання полімерних геомембран (High-Density Polyethylene, HDPE чи Linear Low-Density Polyethylene, LLDPE) як зовнішнього верхнього протифільтраційного екрану. Їх коефіцієнт фільтрації значно перевершує традиційні матеріали, забезпечуючи практично повну водонепроникність. Перевагою є висока стійкість до ультрафіолету, хімічна інертність, еластичність, що дозволяє витримувати значні диференційні осідання тіла дамби без втрати цілісності.

При формуванні ґрунтоцементних та ін'єкційних завіс широко використовують метод DSM (Deep Soil Mixing). Це технологія створення вертикальних малопроникних діафрагм (завіс) шляхом змішування ґрунту насипу на місці з цементними чи полімерними в'язучими. Це забезпечує зниження коефіцієнта фільтрації та одночасне збільшення міцності ґрунту на стиск. Під час ін'єктування використовують хімічні (смоли) або цементні розчини для локалізації ділянок активної фільтрації та герметизації суфозійних каналів (свищів). Цей метод критично важливий для аварійного чи точкового ремонту у важкодоступних зонах.

Важливим технологічним прийомом підвищення стійкості та надійності роботи ГТС є відновлення непрацюючого дренажу. При цьому часто виконують заміну об'ємних піщано-гравійних фільтрів на плоскі геокомпозити (комбінація геотекстилю та геосітки). Геотекстиль виконує функцію зворотного фільтра, запобігаючи механічній суфозії ґрунту дамби, а геосітка забезпечує високу водопровідну здатність та ефективне відведення фільтраційного стоку.

Під час реконструкції важливо враховувати розрахункові значення та обґрунтувати фільтраційні критерії елементів споруди. Вибір фільтрувальних матеріалів (як ґрунтових, так і геосинтетичних) повинен бути суворо перевірений на відповідність критеріям фільтраційної стійкості.

Ці критерії гарантують, що фільтр не засмічується (забезпечується водопроникність) та утримує частки ґрунту дамби (запобігається суфозія).

Для відновлення старих, пошкоджених трубчастих дренажів застосовується санація (релайнінг) – протягування нового полімерного рукава або труби меншого діаметра всередині існуючої. Це мінімізує обсяг земляних робіт, що є важливим фактором для проекту організації робіт.

Посилення стійкості укосів виконується сучасними методами, які спрямовані на підвищення коефіцієнта запасу стійкості та захист від екстремальних кліматичних навантажень. Для цього можуть бути використані георешітки (рис. 2.3), заповнені ґрунтоцементною сумішшю, що застосовуються для армування поверхневого шару та підвищення опору зсуву на укосах. Це ефективний захід для підвищення K_{cm} при поверхневих зсувах.

Ерозійний захист улаштовують за допомогою геоматів (тривимірні геосітки), які використовуються на низовому укосі для захисту від дощової ерозії та сприяння швидкому укоріненню рослинного шару. У випадках глибокого, потенційно нестійкого зсуву застосовується ґрунтове анкерування (використання попередньо напружених анкерів) або влаштування протизсувних свайних полів. Ці елементи створюють додаткові утримувальні сили, підвищуючи стійкість до нормативного рівня. На верховому укосі, схильному до хвильової ерозії та льодових навантажень, застосовується комбіноване кріплення – важкі залізобетонні плити на геотекстильному розділювальному шарі. Геотекстиль запобігає вимиванню дрібних частинок ґрунту з-під кріплення, що зберігає профіль дамби.



Рисунок 2.3 – Приклад улаштування георешітки на укосах дамби

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПРОБЛЕМ ЗАХИСНОЇ ДАМБИ

3.1. Загальна характеристика об'єкта досліджень

Кам'янське водосховище, яке до 2017 року мало назву Дніпродзержинське, є важливою ланкою в каскаді водосховищ на річці Дніпро та розташоване в межах Полтавської, Кіровоградської та Дніпропетровської областей. Створене у 1963–1965 роках у результаті спорудження греблі Середньодніпровської ГЕС, воно займає площу близько 567 км² при загальному об'ємі води 2,45 км³. Водойма має видовжену форму довжиною 114 км та середню ширину близько 5 км, що зумовлює її специфічний гідрологічний режим, який поєднує ознаки як річкової, так і озерної екосистеми. Середня глибина водосховища становить 4,3 м, проте в пригреблевій частині вона сягає 16 м. Гідрографічна мережа об'єкта доповнюється великими лівобережними притоками, такими як Ворскла та Псел, які суттєво впливають на водний баланс та формування якості води.

Господарське значення Кам'янського водосховища є багатограним: воно забезпечує стабільну роботу гідроелектростанції, функціонування глибоководного судноплавного шляху та є основним джерелом технічного і питного водопостачання для потужних промислових вузлів регіону, зокрема міст Кам'янське та Дніпро. Однак інтенсивне використання водних ресурсів та зарегульованість стоку призвели до низки екологічних проблем. Через сповільнену течію та значну частку мілководь (близько 30% площі) водойма піддається інтенсивній евтрофікації, що проявляється у масовому «цвітінні» води в літній період. Крім того, водосховище виступає акумулятором техногенного навантаження, приймаючи стічні води великих промислових підприємств, що спричиняє поступове накопичення важких металів та

інших забруднюючих речовин у донних відкладах. Таким чином, Кам'янське водосховище є складною екотехнічною системою.

Кам'янська захисна дамба (рис. 3.1) є критично важливою земляною гідротехнічною спорудою в системі однойменного водосховища, її поточний стан є прямим наслідком тривалої експлуатації та застарілих конструктивних рішень.

Будівництво захисної ґрунтової дамби припадає на кінець 1950-х – початок 1960-х років, синхронізоване з періодом створення Каскаду Дніпровських водосховищ та заповненням Кам'янського (тоді Дніпродзержинського) водосховища. Основна мета зведення – захист низинних сільськогосподарських угідь та населених пунктів від підтоплення після підняття рівня води у водосховищі.

Тривалий термін експлуатації, що становить близько 60–65 років, призвів до значного фізичного та морального зносу всіх конструктивних елементів. Згідно з ДБН дамба, виходячи з її параметрів, відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС3. Це вимагає забезпечення високого коефіцієнта запасу стійкості у нормальному режимі.

Дамба була побудована за типовими проєктними схемами свого часу, що обумовлює її поточну вразливість. Дамба є зонованою (неоднорідною). Її тіло зведено з місцевих суглинків та інших ґрунтів, ущільнених до заданого коефіцієнта. Для забезпечення водонепроникності використовувався протифільтраційний елемент.

Для забезпечення фільтраційної стійкості низового укосу була влаштована дренажна система та зворотний фільтр із піщано-гравійних сумішей.

Верховий укіс (захист від хвильової ерозії та льодових навантажень) був захищений монолітними залізобетонними плитами та кам'яним накидом.



Рисунок 3.1 – Оглядова карта території з розташуванням об’єкту досліджень

Саме ці конструктивні особливості 1960-х років сьогодні є джерелом критичних дефектів. Зокрема низька надійність дренажної системи, що обґрунтовується використанням керамічних/бетонних перфорованих труб та традиційних піщаних фільтрів. Це робить дренаж надзвичайно вразливим до замулення, біологічного обростання та механічних руйнувань. Така ситуація може призвести до непрацездатності дренажної системи, що потенційно є ключовою причиною порушення гідродинамічного режиму роботи дамби. Тривалі цикли водонасичення і осушення, а також осідання, спричинили порушення цілісності протифільтраційних пристроїв та можуть формувати у майбутньому зон концентрації фільтраційного потоку, що створює передумови для суфозійних процесів.

3.2. Аналіз результатів інженерно-технічних обстежень та діагностика дефектів (дренаж, укоси)

Технічне обстеження (яке передувало проектуванню ремонтних робіт та реконструкції) виявило низку дефектів, більшість з яких прямо або опосередковано пов'язані з незадовільним режимом експлуатації ГТС (рис. 3.2).

Ключові проблеми, що вимагають реконструкції наступні:

1. Необхідність відновлення повноцінної роботи дренажної системи: зниження рівня функціонування придамбового дренажу (замулення, засмічення, руйнування тощо).
2. Можливі виходи фільтраційного потоку на низовий укіс: за умови фіксування мокрин або «виклинювання» води на поверхні низового укосу на відмітках вище проєктного положення. Це прямо може свідчити про небезпечний підйом депресійної кривої.
3. Локальні прояви суфозії: наявність джерел із виносом дрібних частинок ґрунту, що вказує на перевищення критичного фільтраційного градієнта у місцях виходу потоку.
4. Осідання та тріщини: нерівномірне осідання гребеня дамби та поява поздовжніх тріщин (зазвичай паралельно осі споруди) можуть бути ознаками прогресуючого розущільнення ґрунту насипу.
5. Пошкодження кріплення: руйнування або відсутність кріплення на окремих ділянках верхового укосу, що призводить до хвильової ерозії та зміни проєктного профілю.



Рисунок 3.2 – Сучасний технічний стан Кам'янської захисної дамби

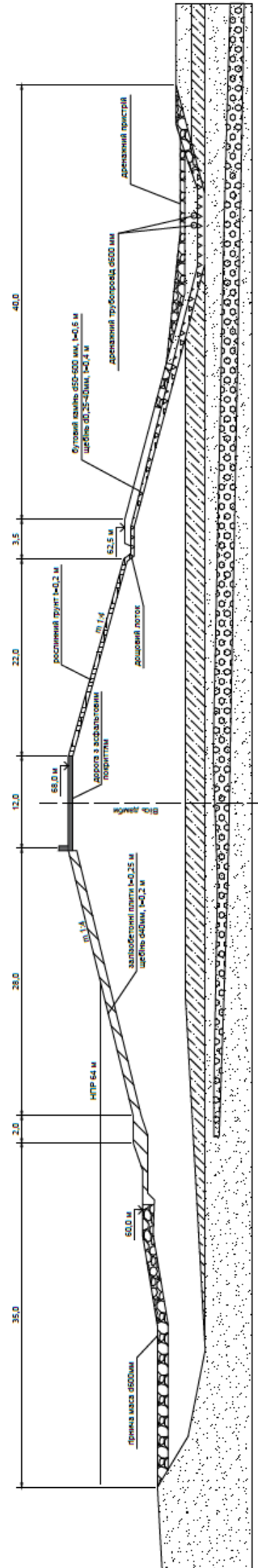


Рисунок 3.3 – Поперечний переріз гідротехнічної споруди

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ

4.1. Обґрунтування вибору комплексу ремонтно-відновлювальних робіт

Результати виконаного аналізу сучасного технічного стану лівобережної захисної дамби Кам'янського водосховища з ґрунтових матеріалів, підтвердили її незадовільний стан, та потенційну можливість зниження фактичного коефіцієнта запасу стійкості до рівня, що не є допустимим для споруди такого класу наслідків (відповідальності). Це також може вплинути на підйом депресійної кривої через непрацездатність дренажної системи.

Таким чином, проєкт передбачає відновлення відведення фільтраційного стоку та забезпечення функціонування зворотного фільтра. Запропоновано використання методу санації (релайнінгу) – прокладання всередину існуючого колектора полімерного рукава або спіральної навитої поліетиленової труби (HDPE). Новий трубопровід повинен мати гідравлічний ухил не менше 0.003 і забезпечувати розрахункову пропускну здатність. На ділянці низового укосу, де здійснюється ремонт дренажу, необхідно виконати розчищення та частковий демонтаж елементів старого дренажу для влаштування нового зворотного фільтра. При цьому запропоновано використати дренажний геокомпозит, що складається з геотекстилю, який діє як фільтр, та геосітки, що діє як дренажне ядро.

Реконструкція кріплення верхового укосу виконується за умови, щоб він витримував розрахункову висоту та силу хвилі з урахуванням кліматичних змін.

У зонах локалізованої фільтрації та проявлених назовні тріщин, дефектів чи порушень цілісності покриття верхового укосу, застосовується точкова ліквідація дефектів шляхом ін'єктування цементно-полімерних розчинів тощо. Використання ґрунтоцементних або мікроцементних розчинів відбувається під контрольованим тиском для заповнення порожнин.

4.2. Розрахунок обсягів будівельно-монтажних робіт з реконструкції основних елементів захисної дамби

Розрахунок обсягів будівельних робіт виконується залежно від основних конструктивних параметрів споруди та встановлених ділянок пошкоджень (дефектних зон). Виходячи з цього складена узагальнена відомість об'ємів робіт (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Відомість об'ємів робіт при реконструкції лівобережної захисної дамби Кам'янського водосховища

№	Вид робіт	Одиниці виміру	Кількість
1	Обкошування низового укосу дамби (від трави та чагарників)	га	10,5
2	Розкриття та зачистка тріщин у залізобетонних плитах верхового укосу	м / м ²	3500 / 175
3	Підготовка цементної суміші для ін'єктування у тріщини	м ³	700
4	Установка пакерів на залізобетонних плитах	шт	1050
5	Нагнітання ремонтної суміші у тріщини (міжшовний простір плит)	м ³	700

№	Вид робіт	Одиниці виміру	Кількість
6	Покриття швів між залізобетонними плитами гідроізолюючим шаром (бітум, мастика тощо)	м ²	350
7	Ремонт залізобетонних опор хвилевідбійника (зачистка бетонних сколів з арматури та нанесення ремонтної суміші)	м ³	17
8	Розчищення дренажного колектора	м ³	420
9	Розчищення оглядових колодязів	м ³	180
10	Часткова заміна дренажних пристроїв (труб діаметр 400 мм)	м	850
11	Капітальний ремонт автомобільної дороги з асфальтовим покриттям на гребені дамби (ширина 12 м)	м ²	48000
12	Додаткова відсипка бутового каменю на верховому відкосі	м ³	4150
13	Посів багаторічних трав на низовому укосі	га	10,5

Відмітимо, що підсумкова відомість ресурсів, виробів, матеріалів та іншого необхідного устаткування наведена у Додатку А.

4.3. Розрахунок калькуляції трудових витрат та організація виробництва робіт

Основою для проведення подальшого розрахунку калькуляції трудових витрат та фонду заробітної плати (табл. 4.2) на виконання робіт із реконструкції захисної дамби Кам'янського водосховища є зведена розрахункова відомість об'ємів земляних та будівельно-монтажних робіт по кожній обраній технологічній операції. Склад ланки та норму часу

приймають відповідно до відповідних збірників ресурсних елементних кошторисних норм [15, 16], статей і параграфів, які обов'язково вказуються у відповідній графі. Трудомісткість виконання робіт Q , що вимірюється у людино-днях, визначають за наступною формулою:

$$Q = \frac{V \cdot H_{\text{ч}}}{V_{\text{ЕНП}} \cdot 8,2}, \quad (4.1)$$

де V – об'єм роботи по проекту, м³;

$H_{\text{ч}}$ – норма часу на виконання одиниці об'єму роботи;

V – одиниця об'єму роботи по ДБН;

8,2 – тривалість зміни у годинах.

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

$$C_y = \frac{Z_m}{H_{\text{р.ч.}}}, \quad (4.2)$$

де Z_m – середня місячна зарплата в будівництві одного робітника в еквіваленті повної зайнятості (для нашого розрахунку приймаємо 20570 грн.);

$H_{\text{р.ч.}}$ – середня норма робочого часу в будівництві на одного працівника в годинах за місяць (за даними Мінпраці України $H_{\text{р.ч.}} = 167,67$ год.).

Таким чином $C_y = 20570 / 167,67 = 122,7$ грн./год.

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

$$C_{\phi y} = \frac{C_y \cdot K_m^{\phi}}{K_m^{\phi y \phi}}, \quad (4.3)$$

де K_m^{ϕ} – міжрозрядний коефіцієнт для середнього розряду роботи, яка виконується;

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

Середній розряд роботи ($P_{\text{сеп}}$) визначається за формулою

$$P_{\text{сеп}} = \frac{\sum P_i \cdot N_i}{\sum N}, \quad (4.4)$$

де P_i – розряд і-того робітника;

N_i – кількість робітників з і-тим розрядом;

N – кількість робітників у ланці.

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

$$Z_{\text{п}} = C_{\phi y} \cdot Q \cdot t_{\text{зм}}, \quad (4.5)$$

де Q – трудомісткість виконання роботи, чол.-дн.;

$t_{\text{зм}}$ – тривалість зміни у годинах, дорівнює 8 год.

У відповідності до проведених розрахунків отримали, що на виконання всього технологічного комплексу робіт з реконструкції захисної дамби

Кам'янського водосховища загальна трудомісткість складає близько 8871 людино-дні, тривалість виконання всього обсягу робіт при цьому буде становити 2591 день, а фонд заробітної плати робітників – 9 мільйонів 357 тисяч гривень.

На наступному етапі розрахунку необхідно визначити склад комплексної бригади будівельник, що залежить від видів технологічних операцій, які виконуються при реконструкції захисної ГТС, а також об'ємів будівельно-монтажних робіт. В нашому випадку отримуємо, що перелік спеціальностей та розряду робітників наступний:

- 1) машиністи 6-го розряду – 8 чоловік;
- 2) монтажними від 3-го до 5-го розрядів – 16 чоловік;
- 3) землекопи 2-го розряду – 9 чоловік.

Техніко-економічне обґрунтування виробництва робіт наведено в табл. 4.3.

Наступним етапом реалізації нашого проекту є календарне планування будівельних робіт з реконструкції дамби та розробка питань з організації будівельного виробництва. Вирішення питань, пов'язаних з організацією будівельного процесу [8, 15, 16], неможливе без складання календарного плану, який встановлює послідовність робіт, їхню часову кореляцію та контролює дотримання термінів. Цей лінійний план розробляється згідно з формою табл. 4.4, спираючись на проектні обсяги, трудомісткість, час роботи механізмів, а також затверджені технологічні схеми. При впорядкуванні плану необхідно деталізувати: найбільш раціональну послідовність виконання, кількісний склад машин і робітників для кожної операції, кінцеві терміни у робочих і календарних днях, збалансоване часове планування у графічній формі, а також графіки залучення працівників та основної техніки. У табличну частину календарного плану вносяться: найменування об'єкту (реконструкції), види будівельних робіт у їх логічній послідовності (включно з підготовчими та ліквідаційними), а також попередньо розраховані об'єми та трудовитрати. Тут же зазначаються марки та типи будівельних машин.

Таблиця 4.2 – Калькуляція трудових витрат та розрахунок фонду заробітної плати працівників

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Шифр норми	Склад ланки		Одиниця виміру за РЕКН	Норма часу, люд.-год.	Трудо-місткість, люд.-дн.	Тривалість, дні	Середній розряд працівників	Міжрозрядний коефіцієнт	Усереднена вартість роботи, Сфу, грн.	Заробітна плата, Зп, тис. грн.
					спеціальність, розряд	кількість								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Реконструкція (ремонтно-відновлювальні роботи) захисної дамби														
1	Обкошування низового укосу дамби (від трави та чагарників)	га	10,5	КБ47-153-1	маш. 6 розр.	1	1	40,427	53,1	54	6,0	1,793	167,9	71,27
2	Розкриття та зачистка тріщин у залізобетонних плитах верхового укосу	м	3500	КБ46-32-1	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	100	47,17	206,4	52	6,0	1,793	167,9	277,19
3	Підготовка цементної суміші для ін'єктування у тріщини	м ³	700	КР20-14-3	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	100	459,12	401,7	101	4,5	1,44	134,8	433,36
4	Установка пакерів на залізобетонних плитах	шт.	1050	КБ30-31-1	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	10	3,9	51,2	13	4,5	1,44	134,8	55,22
5	Нагнітання ремонтної суміші у тріщини (міжшовний простір плит)	м ³	700	ВС5-12-1	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	1	28,38	2483,3	621	4,5	1,44	134,8	2678,80
6	Покриття швів між залізобетонними плитами гідроізолюючим шаром (бітум, мастика тощо)	м ²	350	КБ8-3-7	монт. 3,4,5 розр.	3	100	33,55	14,7	5	6,0	1,793	167,9	19,72
7	Ремонт залізобетонних опор хвилевідбійника (зачистка бетонних сколів з арматури та нанесення ремонтної суміші)	м ³	17	ВС5-15-3	монт. 3,4,5 розр.	3	1	83,3	177,0	60	6,0	1,793	167,9	237,76

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість	Шифр норми	Склад ланки		Одиниця виміру за РЕКН	Норма часу, люд.-год.	Трудо-місткість, люд.-дн.	Тривалість, дні	Середній розряд працівників	Міжрозрядний коефіцієнт	Усереднена вартість роботи, Сфу, грн.	Заробітна плата, Зп, тис. грн.
					спеціальність, розряд	кількість								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8	Розчищення дренажного колектора	м ³	420	ВС2-4-4	землекоп 2 розр.	2	1	16,6	871,5	436	2,0	1,087	101,8	709,67
9	Розчищення оглядових колодязів	м ³	180	ВС2-4-4	землекоп 2 розр.	2	1	16,6	373,5	187	2,0	1,087	101,8	304,14
10	Часткова заміна дренажних пристроїв (труб діаметр 400 мм)	шт.	850	ВС4-7-5	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	1	5,08	539,8	135	4,5	1,44	134,8	582,25
11	Капітальний ремонт автомобільної дороги з асфальтовим покриттям на гребені дамби (ширина 12 м)	м ²	48000	ДН2-14-2	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	1000	200,37	1202,2	301	4,5	1,44	134,8	1296,89
12	Додаткова відсіпка бутового каменю на верховому відкосі	м ³	4150	КБ1-156-1	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	4	100	478,01	2479,7	620	4,5	1,44	134,8	2674,94
13	Посів багаторічних трав на низовому укосі	га	10,5	КБ31-41	маш. 6 розр. землекоп 2 розр.	3	1	13,05	17,1	6	3,3	1,22	114,2	15,65
Разом									8871,1	2591				9356,87

Таблиця 4.3 – Техніко-економічне обґрунтування виробництва робіт з реконструкції захисної дамби

№ з/п	Найменування показників	Формула розрахунку	Одиниця виміру	Показник
1	Трудомісткість	$\sum T_p^i$	люд.-дн.	8871,1
2	Тривалість робіт	$N_{\text{роб.дні}}$	дн.	2591
3	Середнє число робітників	$n = \frac{\sum T_p^i}{N_{\text{роб.дн.}}}$	чол.	4
4	Виробітка	$V_p = \frac{V}{\sum T_p^i}$	м ³ /люд.-дн	0,08
5	Середня заробітна плата	$Z_{\text{nc}} = \frac{Z_n}{\sum T_p^i}$	грн./люд.-дн.	1054

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

$$Q_{\text{люд.-зм.}} = V \cdot N_{\text{вр.}} / (V_{\text{ДБН}} \cdot 8,2), \quad (4.6)$$

$$Q_{\text{маш.-зм.}} = V \cdot N_{\text{вр.}} / (V_{\text{ДБН}} \cdot 8,2), \quad (4.7)$$

де V – виконуваний об'єм робіт (м², м³, шт., т.);

$N_{\text{вр}}$ – норма часу на виконання одиниці об'єму робіт у від до ДБН, людино-години, машино-години;

$V_{\text{ДБН}}$ – одиниця об'єму робіт за ДБН;

8 – тривалість зміни, год.

Виходячи з тривалості виконання робіт, число працюючих машин встановлюється у кількості 4 одиниць; для робіт, що виконуються вручну, цей

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

Отже, за результатами нашого розрахунку тривалість процесу реконструкції складе відповідно 350 робочих та 458 календарних днів.

Таблиця 4.Х – Календарний план робіт з реконструкції захисної дамби Кам'янського водосховища

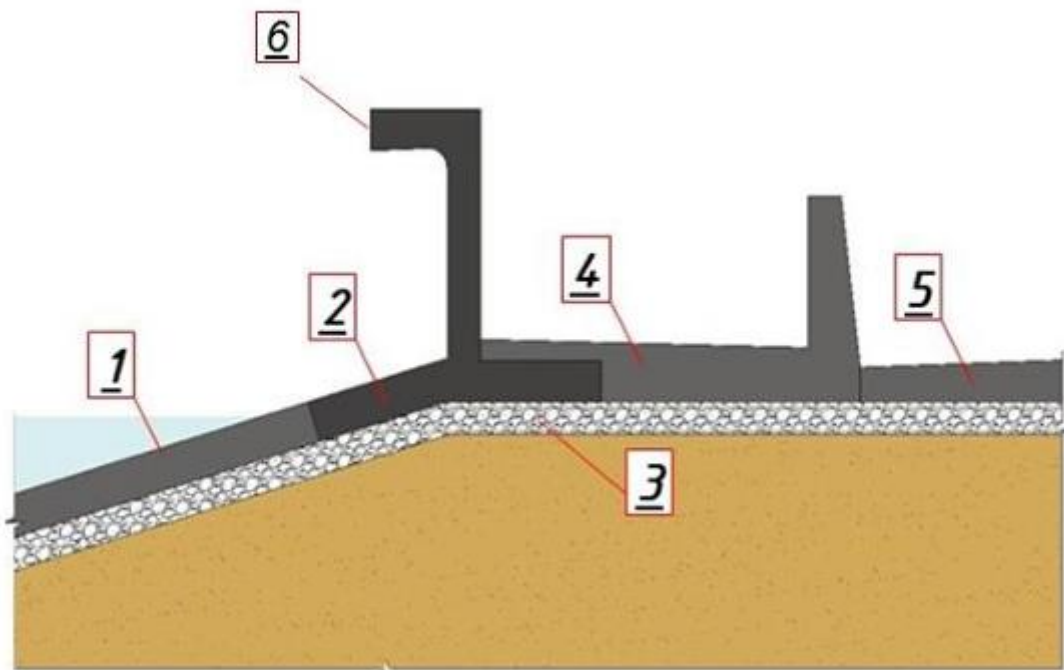
№	Назва робіт	Обсяг роботи		Машини і механізми				Робітники				Кількість змін в добу	Тривалість роботи	
		одиниця виміру	кількість	змінна продуктивність	кіль-ть маш.-зм.		усього, шт.	спец., розряд	люд. в добу	люд.-дн. по нормі	люд.-дн. прийнято		робочі	календарні
					по нормі	прийнято								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Підготовчий період	%	10						12	887,1	754,0	2	31,5	41
2	Обкошування низового укосу дамби (від трави та чагарників)	га	10,5	0,2	53,1	45,1	4	маш. 6 розр.	4	53,1	45,1	2	5,7	8
3	Розкриття та зачистка тріщин у залізобетонних плитах верхового укосу	м	3500	17,0	206,4	175,4	4	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	16	206,4	175,4	2	5,5	8
4	Підготовка цементної суміші для ін'єктування у тріщини	м ³	700	1,7	401,7	341,5	4	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	16	401,7	341,5	2	10,7	14
5	Установка пакерів на залізобетонних плитах	шт.	1050	20,5	51,2	48,6	4	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	16	51,2	48,6	2	1,6	3
6	Нагнітання ремонтної суміші у тріщини (міжшовний простір плит)	м ³	700	0,3	2483,3	2110,8	4	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	16	2483,3	2110,8	2	66,0	86
7	Покриття швів між залізобетонними плитами гідроізолюючим шаром (бітум, мастика тощо)	м ²	350	23,8	-	-	-	монт. 3,4,5 розр.	12	14,7	13,2	2	0,6	1
8	Ремонт залізобетонних опор хвилевідбійника (зачистка бетонних сколів з арматури та нанесення ремонтної суміші)	м ³	17	0,1	-	-	-	монт. 3,4,5 розр.	12	177,0	159,3	2	6,7	9

№	Назва робіт	Обсяг роботи		Машина і механізми				Робітники				Кількість змін в добу	Тривалість роботи	
		одиниця виміру	кількість	змінна продуктивність	кіль-ть маш.-зм.		усього, шт.	спец., розряд	люд. в добу	люд.-дн. по нормі	люд.-дн. прийнято		робочі	календарні
					по нормі	прийнято								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9	Розчищення дренажного колектора	м ³	420	0,5	-	-	-	землекоп 2 розр.	9	871,5	784,4	2	43,6	57
10	Розчищення оглядових колодязів	м ³	180	0,5	-	-	-	землекоп 2 розр.	9	373,5	336,2	2	18,7	25
11	Часткова заміна дренажних пристроїв (труб діаметр 400 мм)	шт.	850	1,6	539,8	485,8	4	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	16	539,8	485,8	2	15,2	20
12	Капітальний ремонт автомобільної дороги з асфальтовим покриттям на гребені дамби (ширина 12 м)	м ²	48000	39,9	1202,2	1082,0	4	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	16	1202,2	1082,0	2	33,9	45
13	Додаткова відсипка бутового каменю на верховому відкосі	м ³	4150	1,7	2479,7	2231,7	4	маш. 6 розр. монт. 3,4,5 розр.	16	2479,7	2231,7	2	69,8	91
14	Посів багаторічних трав на низовому укосі	га	10,5	0,6	17,1	15,4	4	маш. 6 розр. землекоп 2 розр.	12	17,1	15,4	2	0,7	1
24	Невраховані роботи	%	3						12	266,1	226,2	2	9,5	13
25	Ліквідаційні роботи	%	5						12	443,6	377,0	2	15,8	21
Всього										10467,9	9186,6		350	458

4.4. Технологія виконання ремонтно-відновлювальних робіт

Основою для вибору технології проведення ремонтно-відновлювальних робіт захисної дамби є досвід типових технічних рішень та вузлів із застосування продукції підприємства «Penetron International, Ltd» для гідроізоляції бетонних та залізобетонних конструкцій гідротехнічних споруд, який був розроблений ТОВ «ПЕНЕТРОН УКРАЇНА» (м. Київ, ДП «Державний науково-дослідницький інститут будівельних конструкцій») [3].

Зокрема для нашого випадку дослідження ми обрали п'ять типових схем виконання робіт, технологічні карти яких наведені на рисунках 4.1-4.5.



1 – залізобетонний екран; 2 – залізобетонний хвилевідбійник;
 3 - гравійно-піщана підготовка; 4 - тротуар; 5 - проїзна частина;
 6 – парапет

Рисунок 4.1. – Приклад конструкції залізобетонного кріплення
 гідротехнічної споруди [3]



	<p>При зведенні бетонних і залізобетонних монолітних конструкцій гідротехнічних споруд, що піддаються в процесі експлуатації впливу води та/або агресивних середовищ, доцільно під час приготування бетонної суміші використовувати гідроізоляційну добавку Penetron Admix. Добавка дає змогу отримати особливо щільний бетон із високою маркою за водонепроникністю і морозостійкістю. При цьому бетон з добавкою Penetron Admix набуває властивість самозаліковування тріщин з шириною розкриття до 0,5 мм.</p> <p>Добавка Penetron Admix застосовується як самостійно, так і в комплексі з будь-якими іншими добавками, що забезпечують необхідні реологічні властивості бетонної суміші. Добавку Penetron Admix вводять у бетонну суміш у вигляді водного розчину.</p> <p>Контроль якості параметрів бетонної суміші та бетону з добавкою Penetron Admix здійснюють згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-171, ДСТУ Б В.2.7-176.</p>						
<p>Рисунок І-1. Бетонування монолітних конструкцій ГТС</p>							
<p>Контактний (адгезійний) шар Acrylic Bondcrete</p> <table border="1" data-bbox="726 1249 821 1854"> <tr> <td>Матеріал</td> <td>Acrylic Bondcrete</td> </tr> <tr> <td>Витрати матеріалу</td> <td>200 мл/м²</td> </tr> <tr> <td>Упаковка</td> <td>3,8 і 19 (л)</td> </tr> </table> <p>Примітка: При влаштуванні контактної (адгезійної) шару та антикорозійного захисту арматури користуватися Технологічною картою на застосування добавок для бетону та будівельних розчинів виробництва Penetron International, Ltd: Acrylic Bondcrete (ТНК-218-8243.22-001)</p>	Матеріал	Acrylic Bondcrete	Витрати матеріалу	200 мл/м ²	Упаковка	3,8 і 19 (л)	<p>Перелік основних робіт при бетонуванні монолітних конструкцій ГТС зі щільного водонепроникного бетону:</p> <ul style="list-style-type: none"> – підготовка поверхонь під нанесення контактної (адгезійної) шару; – улаштування контактної (адгезійної) шару по поверхнях закладних деталей та арматурних сіток – нанесення Acrylic Bondcrete; – бетонування монолітних конструкцій з добавкою в бетон Penetron Admix
Матеріал	Acrylic Bondcrete						
Витрати матеріалу	200 мл/м ²						
Упаковка	3,8 і 19 (л)						
<p>Добавка в бетон Penetron Admix</p> <table border="1" data-bbox="1029 1249 1125 1854"> <tr> <td>Матеріал</td> <td>Penetron Admix,</td> </tr> <tr> <td>Витрати матеріалу</td> <td>1,0% від маси цементу</td> </tr> <tr> <td>Упаковка</td> <td>18 і 25 (кг)</td> </tr> </table> <p>Примітка: При приготуванні бетонної суміші користуватися Технологічною картою на застосування добавок для бетону та будівельних розчинів виробництва Penetron International, Ltd: Penetron Admix, Penetron Admix SB (ТНК-218-8243.22-002)</p>	Матеріал	Penetron Admix,	Витрати матеріалу	1,0% від маси цементу	Упаковка	18 і 25 (кг)	<p>Вимоги до щільного водонепроникного бетону для монолітних конструкцій ГТС</p> <p>Бетонування монолітних конструкцій ГТС виконують з важкого бетону згідно з ДСТУ 9208, з поверхнево-активними добавками згідно з ДСТУ Б В.2.7-171 та з бетонів, дисперсно армованих фіброю.</p> <p>Бетонна суміш має відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-96.</p> <p>Для бетону, армованого фіброю, кількість і види добавок для технологічної рухомості бетонної суміші визначають згідно з ДСТУ-Н Б В.2.7-175 та ДСТУ Б В.2.7-171.</p> <p>Початок тужавіння бетонної суміші від початку замішування – не раніше ніж за 120 хв.</p>
Матеріал	Penetron Admix,						
Витрати матеріалу	1,0% від маси цементу						
Упаковка	18 і 25 (кг)						

Рисунок 4.2. – Технологічна карта бетонування монолітних конструкцій гідротехнічних споруд [3]

	<p>Рисунок 1-2. Монтаж бентонітового джгута Ренебар вздовж шва бетонування</p> <p>Бентонітовий джгут Ренебар SW</p> <table border="1" data-bbox="734 1254 861 1881"> <tr> <td>Матеріал</td> <td>Ренебар SW-55, Ренебар SW-45</td> </tr> <tr> <td>Витрати матеріалу</td> <td>1 м.п. джгута на 1 м.п. шва</td> </tr> <tr> <td>Упаковка</td> <td>Тип А: 30 м Тип В: 24 м</td> </tr> </table> <p>Праймер для джгута Ренебар Primer</p> <table border="1" data-bbox="925 1254 1021 1881"> <tr> <td>Матеріал</td> <td>Ренебар Primer</td> </tr> <tr> <td>Витрати матеріалу</td> <td>15 мл/м.п.</td> </tr> <tr> <td>Упаковка</td> <td>3,8 л</td> </tr> </table> <p>Примітка: При виконанні робіт з улаштування гідроізоляції холодних швів бетонування користуватися Технологічною картою на застосування гідроізоляційних матеріалів для швів виробництва Repetron International, Ltd: Ренебар SW-55, Ренебар SW-45, Ренебар Primer (ТНК-218-8243.22-009)</p>	Матеріал	Ренебар SW-55, Ренебар SW-45	Витрати матеріалу	1 м.п. джгута на 1 м.п. шва	Упаковка	Тип А: 30 м Тип В: 24 м	Матеріал	Ренебар Primer	Витрати матеріалу	15 мл/м.п.	Упаковка	3,8 л
Матеріал	Ренебар SW-55, Ренебар SW-45												
Витрати матеріалу	1 м.п. джгута на 1 м.п. шва												
Упаковка	Тип А: 30 м Тип В: 24 м												
Матеріал	Ренебар Primer												
Витрати матеріалу	15 мл/м.п.												
Упаковка	3,8 л												

<p>Перелік основних робіт з гідроізоляції холодних швів бетонування:</p> <ul style="list-style-type: none"> - підготовка поверхні монолітної конструкції під монтаж гідро прокладки; - герметизація швів бетонування – монтаж бентонітового джгута Ренебар SW разом з Ренебар Primer для підвищення адгезії з бетоном <p>Підготовка бетонної основи:</p> <p>Для забезпечення щільного прилягання бентонітового джгута Ренебар SW до бетонної основи потрібно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - видалити «цементне молочко» з бетонної основи будь-яким механічним способом; - зрубати напиви бетону, усунути на бетонній поверхні надмірно гострі виступи, а також ділянки неоднорідної структури; - очистити поверхню бетону струменем стисненого повітря. 	<p>Технологія герметизації холодних швів гідроізоляційними матеріалами Ренебар SW і Ренебар Primer</p> <p>Уздовж холодного шва бетонування та всієї лінії монтажу Ренебар SW щільно нанести Ренебар Primer товщиною не менше 0,1 мм та смугою завширшки 50 мм.</p> <p>Через 10-15 хвилин (при температурі 25°C чи довше, якщо температура нижча), поки Ренебар Primer все ще липкий, змонтувати Ренебар SW, міцно притискаючи по всій довжині для забезпечення гарної адгезії із бетонною поверхнею (для кругового монтажу тримати притиснутим не менше 10 секунд).</p> <p>Кінці джгута Ренебар SW з'єднують під кутом 45°, щільно притискаючи. Внапуск монтувати Ренебар SW заборонено.</p> <p>Ренебар SW має бути змонтований поки Ренебар Primer все ще липкий протягом 3 годин після нанесення. В іншому випадку, нанесення Ренебар Primer слід повторити. Зняти захисну стрічку з Ренебар SW.</p> <p>Примітка: Бентонітовий джгут Ренебар SW випускається у двох модифікаціях: Тип А – 19х25х5000 мм для конструкцій товщиною від 200 до 500 мм; Тип В – 9х25х4000 мм для конструкцій товщиною від 80 до 200 мм. Для конструкцій товщиною понад 500 мм використовується тип А в два ряди на відстані 50 мм від країв конструкції.</p> <p>При виконанні робіт з улаштування гідроізоляції холодних швів бетонування слід дотримуватися Технологічної карти (ТНК-218-8243.22-009).</p>
--	---

Рисунок 4.3. – Технологічна карта гідроізоляції швів під час реконструкції гідротехнічних споруд [3]




Рисунок П-5-1. Статична тріщина в залізобетонній конструкції

Гідроізоляційний матеріал проникаючої дії Repescrete Mortar

Матеріал	Repescrete Mortar
Витрати матеріалу	U-штроба розміром 25 мм × 25 мм – 1,5 кг/м.л.
Пакування	22,7 і 25 (кг)

Примітка: При виконанні робіт з гідроізоляції користуватися Технологічною картою на застосування гідроізоляційних матеріалів проникаючої дії виробництва Penetron International, Ltd: Repescrete Mortar (ТНК-218-8243.22-003)

Гідроактивний ін'єкційний матеріал Penetron Injection

Матеріал	Penetron Injection
Пакування	Компонент А – 25 кг Компонент В – 2 л

Примітка: При виконанні робіт з герметизації користуватися Технологічною картою на застосування ін'єкційного розчину для заповнення і герметизації тріщин Penetron Inject (ТНК-218-8243.22-006)

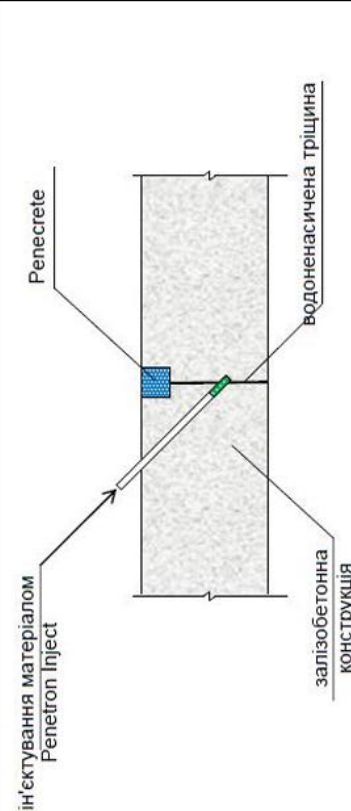


Рисунок П-5-2. Схема ін'єктування порожнин та водоненасичених статичних тріщин

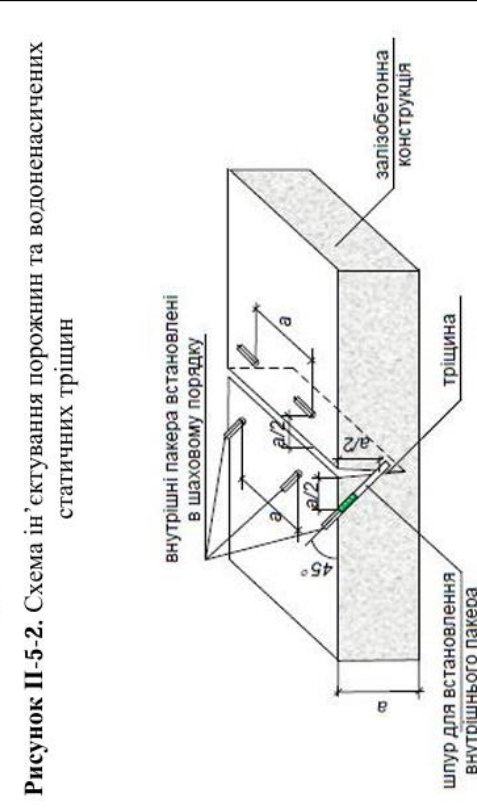


Рисунок П-5-3. Схема розташування ін'єкційних пакерів для герметизації порожнин та водоненасичених статичних тріщин

Рисунок 4.4. – Технологічна карта ін'єктування ремонтної суміші під час реконструкції гідротехнічних споруд [3]

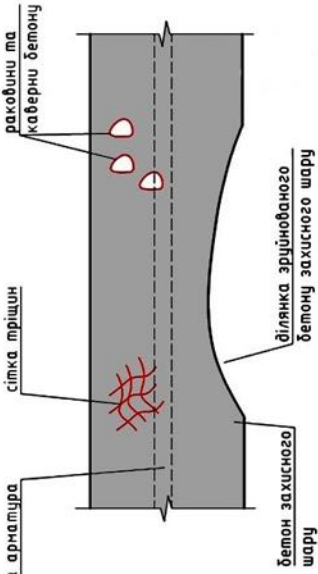
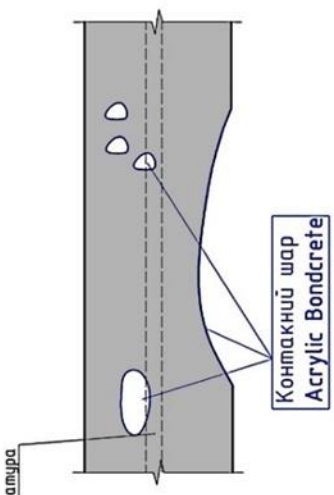
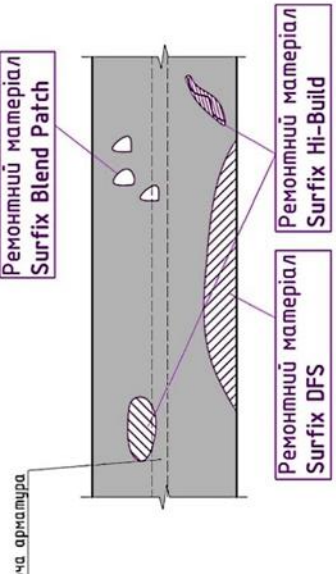
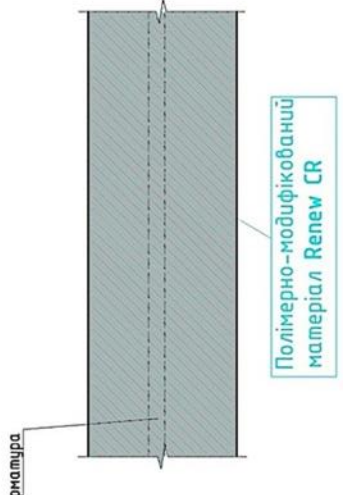
<p>1. Усування слабкого та розтрісканого бетону захисного шару</p>	<p>2. Нанесення адгезійного та антикорозійного шарів</p>
	
<p>3. Відновлення геометрії бетонної поверхні ремонтними матеріалами Surfix™</p>	<p>4. Відновлення структурної міцності та естетичного вигляду всієї бетонної поверхні</p>
	

Рисунок 4.5. – Технологічна карта ремонтних робіт на ділянках незначних пошкоджень гідротехнічних споруд [3]

Технічний моніторинг після реконструкції. Проєкт реконструкції передбачає комплексну модернізацію системи інженерного контролю, що є критично важливою умовою для забезпечення експлуатаційної надійності гідротехнічної споруди в післяремонтному періоді. Додатковим завданням проєкту може бути відновлення п'єзометричної мережі шляхом встановлення нових контрольних-вимірювальних пристроїв. Це дозволить здійснювати безперервний моніторинг положення депресійної кривої, оцінювати ефективність роботи протифільтраційних елементів та оперативно виявляти зони можливого перезволоження тіла греблі.

Паралельно з цим необхідно запровадити систему моніторингу дренажу. На виходах дренажного колектора можна встановити сучасні лічильники дебіту для точного вимірювання витрат фільтрації. Такий підхід дає змогу не лише контролювати загальну водопроникність споруди, а й своєчасно ідентифікувати процеси кольтатації (засмічення) фільтрів або винесення часток ґрунту (суфозію). Дані моніторингу стають базою для оцінки технічного стану об'єкта та визначають обсяги регламентних робіт.

Організація робіт на гідротехнічній споруді вимагає суворого дотримання технологічної послідовності, оскільки всі операції ведуться в зоні безпосереднього впливу гідростатичного напору. Підготовчий етап включає повне розгортання будівельного майданчика: створення мережі тимчасових під'їзних шляхів, розрахунок та підготовку карт складування інертних матеріалів (фракційного щебеню, піску для зворотних фільтрів), а також організацію спеціалізованих зон для зберігання геосинтетичних матеріалів і бетонних плит. Важливим елементом підготовки є влаштування тимчасових побутових приміщень та логістичне забезпечення безперебійної подачі матеріалів до робочих зон на верховому та низовому укосах.

Реконструкція проводиться за принципом пріоритетності фільтраційної стійкості над геометричною стабільністю: спочатку відновлюється внутрішня цілісність споруди, а потім – її зовнішній захист. Роботи

виконуються у чіткій послідовності, що гарантує збереження цілісності конструкції на кожному етапі трансформації.

Першочерговим завданням є ліквідація дефектів, що виконується шляхом ін'єктування спеціалізованих розчинів. Вони під тиском заповнюють порожнини та зони локалізованої фільтрації, створюючи суцільний водонепроникний бар'єр. Використання сучасних ін'єкційних сумішей дозволяє стабілізувати ґрунтову масу без зміни її пружних властивостей. Цей етап має бути повністю завершений до початку будь-яких земляних робіт у зоні дренажу, щоб унеможливити неконтрольовані фільтраційні прориви.

Реконструкція дренажної системи є одним з ключових вузлів модернізації, що забезпечує нормативне водовідведення. Роботи розпочинаються із санації (релайнінгу) існуючого трубчастого колектора. Внутрішня порожнина старих труб очищується, після чого в них протягуються нові полімерні труби високої щільності (HDPE). Це забезпечує гідравлічну гладкість та довговічність системи. Наступним кроком є модернізація зворотного фільтра на низовому укосі. Стара дренажна призма розкривається, замулений ґрунт вилучається і замінюється на конструкцію з використанням дренажного геокомпозиту. Це рішення дозволяє забезпечити необхідну пропускну здатність та надійно захистити тіло греблі від вимивання дрібних фракцій ґрунту.

На фінальній стадії виконується ремонт та підсилення захисного покриття. На верховому укосі проводиться ін'єктування розчину до існуючого залізобетонного покриття, яке частково зруйноване дією хвильового навантаження. Низовий укіс може армуватися об'ємною георешіткою. Ця конструкція заповнюється рослинним ґрунтом і засівається травами, що створює міцний протиерозійний каркас, стабілізує поверхневий шар та відновлює естетичний вигляд споруди.

Кожен етап реконструкції супроводжується безперервним контролем якості, що фіксується у відповідній виконавчій документації. Ефективність

грунтоцементного ін'єктування підтверджується шляхом контрольного буріння кернів та проведенням польових досліджень на водопроникність для визначення фактичного коефіцієнта фільтрації після зміцнення.

Під час проведення земляних робіт особлива увага приділяється якості ущільнення ґрунтів засипки. Лабораторна перевірка має підтвердити коефіцієнт ущільнення на рівні не менше 0.95 для дренажних траншей та зон примикання. Додатково здійснюється вхідний контроль усіх геосинтетичних матеріалів: перевіряються сертифікати якості, порові характеристики та міцнісні параметри на відповідність розрахунковим показникам проекту.

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

5.1. Оцінка кошторисної вартості ремонту та капітальних вкладень

Зведений кошторисний розрахунок вартості об'єкта будівництва складений відповідно до «Настанови з визначення вартості будівництва», Наказ від 1.11.2021 №281, в поточних цінах станом на 6 грудня 2025 р.

Кошторисна документація складена з застосуванням [15, 16]:

1. Ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи;
2. Ресурсних елементних кошторисних норм на монтажні роботи;
3. Ресурсних елементних кошторисних норм на ремонтно-будівельні роботи;
4. Ресурсних елементних кошторисних норм на пусконаладжувальні роботи;
5. Ресурсних кошторисних норм експлуатації будівельних машин та механізмів.

Вартість матеріальних ресурсів прийнята за даними замовника, вартість машино-години машин та механізмів за усередненими даними Мінрегіону України. Поточні ціни на матеріально-технічні ресурси, які відсутні в даних замовника, приймалися за ціновими даними виробників.

Загальновиробничі витрати розраховані у відповідності з усередненими показниками (Настанова, Додаток 18, Наказ від 1.11.2021 №281).

Середньомісячна заробітна плата на 1 робітника в режимі повної зайнятості:

- будівельні, монтажні і ремонтні роботи – 20 329,09 грн. за 174 години за розрядом 3,8;
- заробітна плата робітників, зайнятих на керуванні та обслуговуванні машин – 20 329,09 грн. за 174 години за розрядом 3,8.

Загальна вартість будівництва	41 469,317 тис. грн.
в тому числі:	
будівельних робіт	34 557,764 тис. грн.
податок на додану вартість (ПДВ)	6 911,553 тис. грн.
кошторисні трудовитрати	78,758 тис. люд.г.
кошторисна заробітна плата	9 357,480 тис. грн.

5.2. Оцінка впливу ремонтно-відновлювальних робіт на навколишнє середовище

Реалізація проекту реконструкції гідротехнічної споруди супроводжується комплексним впливом на довкілля, який за характером прояву є тимчасовим, локальним та регульованим. Дослідницький підхід до оцінки екологічних ризиків дозволяє стверджувати, що короткострокове антропогенне навантаження під час виконання робіт повністю нівелюється довгостроковим позитивним ефектом, що полягає у стабілізації техногенно-екологічної безпеки регіону.

Процес реконструкції неминуче супроводжується певним деструктивним впливом на компоненти природного середовища, що потребує впровадження спеціальних природоохоронних заходів:

Трансформація ґрунтового покриву та ландшафту. Технічне розкриття укосів та гребеня греблі для проведення земляних робіт призводить до порушення цілісності дернового шару та морфологічної структури прилеглих територій. Для мінімізації негативних наслідків передбачається застосування методу селективного зняття родючого шару ґрунту з його подальшим складуванням у тимчасові кавальєри. Після завершення інженерних етапів виконується повна технічна та біологічна рекультивация.

Використання сучасних протиерозійних технологій, таких як біомати та об'ємні георешітки, дозволяє прискорити відновлення рослинного покриву та забезпечити стабільність ґрунту до моменту формування стійкого фітоценозу.

Вплив на гідрохімічний режим водних ресурсів. Під час демонтажу бетонного кріплення верхового укусу та розкриття дренажних систем існує ризик підвищення каламутності води через винос зважених часток ґрунту в акваторію водосховища. З метою захисту гідробіонтів та збереження якості води проектом може бути передбачено влаштування локальних мулозахисних загороджень. Ці фільтрувальні бар'єри з нетканого геотекстилю створюють замкнену зону в місці проведення робіт, перешкоджаючи поширенню суспензії за межі робочої ділянки.

Акустичне навантаження та емісія продуктів згоряння. Експлуатація важкої будівельної техніки та засобів малої механізації створює тимчасове шумове забруднення та викиди продуктів згоряння палива (оксиди азоту, вуглецю, сажа). Для утримання рівня емісій у межах гранично допустимих концентрацій (ГДК) робочий процес оптимізується за часом, а до виконання робіт допускається лише сертифікована техніка, що пройшла екологічний техогляд. Короткочасність цього впливу дозволяє ґрунтовим та атмосферним системам самовідновлюватися без переходу в кризовий стан.

Потенційний позитивний екологічний ефект від реалізації проекту. Завершення реконструкції створює передумови для суттєвого покращення екологічного стану об'єкта та прилеглих територій за двома основними напрямками:

- 1) Стабілізація гідрогеологічного режиму. Відновлення герметичності протифільтраційного покриття та модернізація дренажної системи дозволяють мінімізувати неконтрольовану фільтрацію крізь тіло греблі. Це веде до нормалізації рівня ґрунтових вод, запобігаючи підтопленню прилеглих земель. Раціональне

управління дебітом фільтраційного потоку забезпечує сталість екосистеми нижнього б'єфу.

2) Гарантування екологічної безпеки та запобігання аварійним ситуаціям. Стратегічним екологічним результатом є ліквідація ризику гідродинамічної аварії. Запобігання потенційному прориву споруди виключає можливість катастрофічного затоплення територій, яке супроводжувалося б масовою загибеллю біоресурсів, деградацією ґрунтів та масштабним забрудненням басейну річки внаслідок розмиву джерел потенційної небезпеки (складів, відстійників тощо). Таким чином, реконструкція є ключовим інструментом забезпечення сталого розвитку та збереження біорізноманіття регіону.

5.3. Еколого-економічна ефективність запропонованих рішень (врахування відверненого збитку від можливого затоплення)

Економічне обґрунтування доцільності реконструкції гідротехнічної споруди (ГТС) може базуватися на методології порівняння капітальних інвестицій у відновлення об'єкта з величиною відверненого збитку, який міг би виникнути внаслідок аварійного руйнування або прогресуючої деградації споруди. В сучасних дослідженнях еколого-економічна ефективність розглядається не лише як пряма окупність витрат, а як інструмент стратегічного управління ризиками [10, 17].

Величина відверненого збитку є інтегральним показником, який враховує сукупність імовірних втрат у разі виникнення гідродинамічної аварії. Розрахунок можливо виконати за формулою:

$$Z_{\text{відверн}} = Z_{\text{економ}} + Z_{\text{екол}} + Z_{\text{соц}}, \quad (5.1)$$

Де складники збитку деталізуються наступним чином. Економічний збиток ($Z_{економ}$) включає в себе оцінку втрат основних фондів та витрат на ліквідацію наслідків. Він розраховується як сума втрат промислових об'єктів, житлово-комунального господарства, енергомереж та об'єктів транспортної інфраструктури (мостів, доріг), що потрапляють у зону прогнозованого затоплення. Окремо враховуються збитки сільського господарства через втрату врожаю та пошкодження меліоративних систем.

Екологічний збиток ($Z_{екол}$) відображає вартісну оцінку деградації природного середовища. Він включає витрати на рекультивацію земель, забруднених муловими наносами або токсичними відкладеннями, вимитими з ложа водосховища; збитки від загибелі біоресурсів (іхтіофауни) та втрату екосистемних послуг; збитки від забруднення підземних та поверхневих вод.

Соціальний збиток ($Z_{соц}$) – хоча цей показник часто важко піддається прямій монетизації, у наукових розрахунках він враховує витрати на евакуацію населення, забезпечення тимчасовим житлом та компенсаційні виплати.

Розрахунковий приклад та аналіз ефективності. Для підтвердження доцільності реконструкції застосовується порівняння витрат на будівельно-монтажні роботи ($C_{рекон}$) із математичним очікуванням збитку. Умова еколого-економічної доцільності проєкту виражається нерівністю:

$$C_{рекон} \ll Z_{відверн} \cdot P_{ав}, \quad (5.2)$$

де $P_{ав}$ – імовірність виникнення аварії на ГТС у разі відмови від реконструкції (згідно з технічним станом об'єкта до ремонту).

Згідно нашого розрахунку прямі витрати на реконструкцію ($C_{рекон}$) становлять 41,5 млн грн. Припустимо, що за результатами моделювання зони затоплення, потенційний збиток ($Z_{відверн}$) оцінюється у 650 млн грн. Коефіцієнт ефективності ($E_{ек}$) при цьому визначається як:

$$E_{ек} = Z_{відверн} / C_{рекон} = 650 / 41,5 = 15,7$$

Це означає, що кожна гривня, інвестована в реконструкцію, запобігає збиткам у розмірі 15,7 грн, що свідчить про високу ефективність проекту.

Окрім вартісних показників, ефективність рішень також може бути підтверджена досягненням нормативних інженерних параметрів роботи ГТС (коефіцієнт стійкості укосів, фільтраційна надійність тощо).

Важливою складовою реалізації проекту є соціальний ефект, оскільки основним результатом є забезпечення стабільних умов життєдіяльності населення та захист критичної інфраструктури, що є пріоритетом державної політики у сфері техногенної безпеки.

Таким чином, еколого-економічне обґрунтування підтверджує, що витрати на модернізацію системи моніторингу, санацію дренажу та посилення укосів є повністю виправданими. Проект не лише вирішує поточні технічні проблеми споруди, а й виступає елементом екологічної стабільності регіону, запобігаючи катастрофічним наслідкам, масштаб яких значно перевищує вартість інженерних заходів.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Вимоги безпеки при роботі з насосними та електроустановками

Організація безпеки праці під час реконструкції гідротехнічних споруд (ГТС) є складним багаторівневим процесом, що базується на суворому дотриманні вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві». Специфіка об'єкта, що перебуває під постійним впливом гідростатичного напору, висуває особливі вимоги до електробезпеки, стійкості робочих поверхонь та захисту персоналу від специфічних ризиків, пов'язаних із можливою раптовою втратою фільтраційної міцності тіла греблі [9, 21].

При забезпеченні безпечної експлуатації насосних та електроустановок ключова увага приділяється запобіганню ураженню електричним струмом у середовищі з підвищеною вологістю та імовірністю підтоплення робочих зон. Усі стаціонарні та пересувні електроустановки, включаючи дренажні насоси, установки для ін'єктування та зварювальне обладнання, підлягають обов'язковому заземленню згідно з нормами ПУЕ та підключенню через пристрої захисного відключення (ПЗВ) з порогом спрацювання не більше 30 мА. У зонах безпосереднього контакту з водою, зокрема при роботах на низовому укосі та в дренажних траншеях, використання ручного електроінструменту обмежується напругою до 42 В, що реалізується через систему знижувальних трансформаторів з роздільними обмотками. Силові кабельні лінії повинні мати підсилену гідроізоляцію та прокладатися способом, що виключає їхнє механічне пошкодження будівельною технікою

або перетискання під час монтажних операцій на укосах. Окремий технічний нагляд встановлюється за герметичністю з'єднань тимчасових напірних трубопроводів насосних станцій, оскільки будь-який розрив магістралі під тиском може призвести до миттєвого розмиву насипного ґрунту та дестабілізації робочого майданчика, що створює загрозу для життя персоналу.

6.2. Основні заходи безпеки для робітників під час реконструкції дамби

Основні заходи безпеки для робітників безпосередньо в зоні реконструкції дамби базуються на постійному моніторингу стійкості укосів та забезпеченні індивідуального захисту при виконанні висотно-монтажних операцій. Оскільки укоси ГТС мають значну крутизну ($m 1:4$), будь-яке переміщення персоналу, укладання геосинтетиків або монтаж залізобетонних плит прирівнюється до робіт на висоті. Працівники зобов'язані використовувати запобіжні пояси з амортизуючими пристроями та страхувальними канатами, які фіксуються до надійних анкерних систем, розташованих на гребені споруди поза зоною можливого обвалення. При розкритті дренажних траншей глибиною понад 1,5 м для заміни колектора або влаштування зворотного фільтра, застосування інвентарних щитових кріплень стінок є безальтернативною вимогою. Це запобігає раптовому обваленню ґрунтової маси, яке може бути спровоковане як механічним навантаженням від техніки, так і гідродинамічним тиском фільтраційного потоку. Перед початком кожної зміни відповідальний виконавець робіт зобов'язаний проводити контрольний огляд поверхні укосів на предмет появи тріщин розтягування або осередків зосередженої фільтрації, що є провісниками зсувних процесів.

Технологія ґрунтоцементного ін'єктування дамби та санації колектора додає до переліку небезпечних факторів роботу з установками високого тиску та хімічно активними в'язучими матеріалами. Персонал, задіяний у приготуванні розчинів, забезпечується засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) органів дихання, зору та шкірних покривів для запобігання хімічним опікам та розвитку професійних захворювань. Окрему увагу приділено безпеці праці при експлуатації важкої техніки: забороняється робота екскаваторів та кранів у межах призми обвалення укусу без влаштування спеціальних розподільчих щитів або тимчасового підсилення основи. Кінцевим етапом системи охорони праці є впровадження протоколу раннього гідротехнічного оповіщення. На об'єкті розгортається пост спостереження, обладнаний засобами зв'язку та сигналізації, який у разі фіксації критичних деформацій або непередбаченого підйому рівня води у верхньому б'єфі ініціює звуковий сигнал для негайної евакуації людей у заздалегідь визначені безпечні зони. Такий інтегрований підхід дозволяє нівелювати ризики техногенного характеру та забезпечити відповідність процесу реконструкції сучасним європейським стандартам промислової безпеки.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено комплексне дослідження та розроблено організаційно-технологічні рішення з реконструкції лівобережної захисної дамби Кам'янського водосховища. За результатами роботи сформовано наступні висновки:

1. Аналіз сучасного стану водної безпеки та ГТС України підтвердив критичну необхідність модернізації об'єктів дніпровського каскаду. Встановлено, що Кам'янська захисна дамба, яка експлуатується понад 60 років, наразі перебуває у незадовільному стані через фізичний знос протифільтраційних елементів та дренажних систем, що в умовах змін клімату та військових загроз створює ризик масштабних техногенних катастроф.

2. За результатами інженерно-технічних обстежень ідентифіковано ключові дефекти споруди: замулення 420 м³ дренажного колектора, руйнування 175 м² залізобетонних плит верхового укусу та наявність зон зосередженої фільтрації.

3. Обґрунтовано комплекс ремонтно-відновлювальних робіт, що включає санацію 850 м дренажних труб, ін'єктування 700 м³ цементно-полімерних сумішей для стабілізації ґрунтового масиву та додаткову відсипку 4150 м³ каменю для захисту верхового укусу від хвильової ерозії. Застосування інноваційних геокомпозитів дозволяє відновити функцію зворотного фільтра при мінімальному втручанні в тіло дамби.

4. Визначено наступні параметри організації будівництва: загальна трудомісткість робіт становить 8871,1 люд.-дн., а тривалість процесу реконструкції – 350 робочих днів (458 календарних). Сформовано склад комплексної бригади у кількості 33 робітників, що дозволяє забезпечити

норму виробітку на рівні 0,08 м³/люд.-дн. в умовах складного гідротехнічного профілю.

5. Еколого-економічне обґрунтування підтвердило доцільність проекту: при загальній вартості реалізації 41 469,317 тис. грн (включаючи ПДВ 6 911,553 тис. грн), величина відверненого збитку оцінюється у 650 млн грн. Коефіцієнт ефективності інвестицій становить 15,7, що свідчить про високу пріоритетність реконструкції для регіонального бюджету та безпеки населення.

6. Розроблено заходи з охорони праці, враховуючи специфіку робіт на укосах крутизною понад 20°. Визначено вимоги до електробезпеки при експлуатації насосних установок та впроваджено протокол раннього оповіщення на випадок критичних деформацій споруди, що відповідає сучасним європейським стандартам промислової безпеки.

Реалізація запропонованих рішень забезпечить відновлення експлуатаційної надійності Кам'янської дамби, мінімізує ризики гідродинамічних аварій та створить умови для сталого функціонування водного господарства регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Napich, H., & Onopriienko, D. (2024). Ecology and economics of irrigation in the south of Ukraine following destruction of the Kakhov reservoir. *International Journal of Environmental Studies*, 81(1), 301–314. URI: <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/9670>
2. Romashchenko, M., Faybishenko, B., Onopriienko, D., Napich, H., Novitskyi, R., Dent, D., Saidak, R., Usatyi, S., & Roubik, H. (2025). Prospects for restoration of Ukraine's irrigation system. *Water International*, 50(2), 104-120. URI : <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/12138>
3. Альбом типових технічних рішень та вузлів із застосування продукції підприємства «Penetron International, Ltd» для гідроізоляції бетонних та залізобетонних конструкцій гідротехнічних споруд. ТОВ «ПЕНЕТРОН УКРАЇНА», м. Київ, ДП «Державний науково-дослідницький інститут будівельних конструкцій, 2023 р.
4. Бенатов Д. Е. Системний аналіз чинників природно-техногенної безпеки найбільших гідровузлів України / Д. Е. Бенатов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – №5/10 (77). – С. 13-20.
5. Бондар О.І. Сучасні проблеми гідротехнічних споруд в Україні / О.І. Бондар, Л.Є. Михайленко, В.Л. Ващенко, Ю.С. Лапшин // Вісник НАН Укарїни. – 2014, №2. – с. 40-47.
6. Відновлення експлуатаційної придатності бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій [Текст]: навчальний посібник / О. М. Пшінько, М. В. Савицький, А. М. Зінкевич; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2018. – 220 с. ISBN 978-966-8471-86-5

7. Водний кодекс України №213/95-ВР – редакція від 08.08.2025. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80>
8. ДБН А.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. (Державні будівельні норми України).
9. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення
10. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2018. (Державні будівельні норми України).
11. ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. Київ: Держбуд України, 1999. (Державні будівельні норми України).
12. ДБН В.2.4-3:2023. Гідротехнічні споруди. Основні положення. Київ: Міністерство відновлення України, 2023. (Державні будівельні норми України).
13. ДСТУ 7176:2010. Водне господарство. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. (Національний стандарт України).
14. ДСТУ 7735:2015. Гідротехніка. Терміни та визначення основних понять. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. (Національний стандарт України).
15. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013. Правила визначення вартості будівництва
16. ДСТУ Б Д.2.2-1:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Земляні роботи. (Збірник 1)
17. ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016. Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. (Національний стандарт України).

18. Коваленко О. В. Аналіз впливу рецептури на властивості епоксиретан-бітумного герметика / О. В. Коваленко, Н. Д. Брюзгіна // Меліорація і водне господарство. – К.: ІВПіМ, 2009, №97 – с. 231-239.
19. Коваленко О. В. Вплив рецептури на властивості силікат-ізоціанатних ін'єкційних композицій / О. В. Коваленко, А. Б. Шаршунов // Меліорація і водне господарство. – К.: ІВПіМ, 2008, №96 – с. 254-261.
20. Коваленко О. В. Полімерцементний фібробетон – новий композиційний матеріал для ремонту та реконструкції гідротехнічних споруд / О. В. Коваленко // Меліорація і водне господарство. – К.: ІВПіМ, 2011, №99 – с. 311-322.
21. Охорона праці в агропромисловому комплексі : підручник / [А. С. Беліков, К. М. Сухий, А. С. Кобець та ін.]; МОН України; УДУНТ; ДДАЕУ; під заг. ред. засл. діяча науки і техніки України, д.т.н., проф. А. С. Белікова. – Дніпро: Журфонд, 2025. – 644 с.
22. Пікарєня Д.С. Визначення зон фільтрації води з регулюючих басейнів зрошувальних мереж для запобігання підтоплення території / Д.С. Пікарєня, О.В. Орлінська, Г.В. Гапич // Вісник КрНУ ім. Остроградського. – 2013. – Випуск 6/2013 (83). – С. 125-129.
23. Путренко В.В. Геоінформаційна система «Гідровузли України» – важливий елемент підтримки управлінських процедур / В.В. Путренко, Д.Е. Бенатов, Д.В. Стефанишин // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2016 р. – Т.1, №3 (79). – с.46-53.
24. Стефанишин Д.В. Особливості регулювання та оцінки безпеки гребель та водосховищ / Д.В. Стефанишин // Енергетика та електрифікація: науково-виробничий журнал. – 2013. – №3. – с. 57-59.

Додатки

ДОДАТОК А

Підсумкова відомість ресурсів на реконструкцію лівобережної захисної дамби Кам'янського водосховища

№ п/п	Шифр ресурсу	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Поточна ціна за одиницю, грн.	у тому числі:			Обрунтування ціни
						відпускна ціна, грн.	трансп. складова, грн.	загот. складські витрати, грн.	
1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
I. Витрати труда									
1	1	Витрати труда робітників-будівельників	люд.год.	66 497,85	108,03	-	-	-	-
2	2	Середній розряд робіт, що виконуються робітниками-будівельниками	розряд	3,20	-	-	-	-	-
3	3	Витрати труда робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	люд.год.	4 497,20	163,4662	-	-	-	-
4	4	Середній розряд ланки робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	розряд	6,10	-	-	-	-	-
5	5	Витрати труда робітників, заробітна плата яких передбачена в загальновиробничих витратах	люд.год.	7 763,42	185,3402	-	-	-	-
6	6	Разом кошторисна трудомісткість	люд.год.	78 758,47	118,8124	-	-	-	-
7	7	Середній розряд робіт за кошторисом	розряд	3,20	-	-	-	-	-
II. Будівельні машини та механізми									
1	СН212-102-1ВД	Автогудронатори Mercedes-Benz Astros-2655, місткість 10000 л	маш.год	15,36	2 351,28	-	-	-	-
2	КБМ201-12	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш.год	0,4305	36 116 420,19	-	-	-	-
3	КБМ201-23	Автомобілі-самоскиди, вантажопідйомність 10 т	маш.год	10,79	181 464,27 5 009	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
4	СН212-2000-1ВД	Асфальтоукладальник на пневмоколесному ходу Voegele Super 1804	маш.год	854,4	1 905,27 1 627 863	-	-	-	-
5	КБМ205-101	Компресори пересувні з двигуном внутрішнього згоряння, тиск до 686 кПа (7 ат), продуктивність 2,2 м ³ /хв	маш.год	210,0	366,02 76 864	-	-	-	-
6	КБМ212-910	Котки дорожні самохідні на пневмоколесному ходу, маса 16 т	маш.год	7,875	1 044,66 8 227	-	-	-	-
7	СН212-906-2ВД	Коток дорожній самохідний вібраційний комбінованої дії НАММ HD 110К, маса 9,3 т	маш.год	687,36	1 331,88 915 481	-	-	-	-
8	СН212-906-1ВД	Коток дорожній самохідний вібраційний гладковальцевий НАММ HD 110, маса 10,6 т	маш.год	495,36	1 382,26 684 716	-	-	-	-
9	СН212-1601-ВД	Машина поливально-мийна, місткість 6000 л	маш.год	65,28	885,92 57 833	-	-	-	-
10	КБМ233-803	Молотки відбійні пневматичні, при роботі від пересувних компресорних станцій	маш.год	420,0	6,67 2 801	-	-	-	-
11	КБМ209-700	Мотокущорізи, потужність 2,6 кВт (3,5 к.с.)	маш.год	412,125	195,57 80 599	-	-	-	-
12	КБМ201-311	Трактори на гусеничному ходу, потужність 59 кВт (80 к.с.)	маш.год	67,095	594,06 39 858	-	-	-	-
		Разом:	грн.	-	3 535 549	-	-	-	-
III. Механізований інструмент									
1	КБМ270-115	Дрилі електричні	маш.год	9,7545					
2	КБМ270-90	Пилка дискова електрична	маш.год	13,335					
		Разом вартість ресурсів, спожитих механізованим інструментом і врахованих в вартості матеріалів	грн.	-	68	-	-	-	-
IV. Будівельні матеріали, виробі та конструкції									
1	С1555-18	Бітуми нафтові дорожні в'язкі	т	57,6		-	-	-	-
2	С147-29	В'язальний дріт [315,04 грн/т * 0,1 т]	100кг	0,37485	5 812,86	5 667,38	31,50	113,98	30,0 км
3	С1555-249	Грунтовка глибокого проникнення фасадна Вауміт MultiPrimer (Бауміт МультиПраймер)	т	0,28	2 179	2 124	12	43	-
4	С1111-1608	Драня [775,51 грн/т * 0,00113 т]	кг	0,35	31,32	29,83	0,88	0,61	30,0 км
5	С1421-9555	Камінь бутовий М400-600 [465,73 грн/т * 1,8 т]	м3	4 191,5	3 074,12	2 175,53	838,31	60,28	30,0 км
					12 885 174	9 118 734	3 513 776	252 664	

1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12/13	14
6	*П171-8068	Кришки ін'єкційні	шт	305,55	6,50 1 986	-	-	-	
7	C111-612	Мастика морозостійка бітумно-масляна МБ-50 [535,45 грн/т * 1,13 т]	т	0,84	56 903,08	55 182,27	605,06	1 115,75	30,0 км
8	*С1550-38	Монтажна піна Ceresit TS 62 професійна універсальна [535,45 грн/т * 0,00075 т]	балон	9,135	47 799 251,15	46 353 245,83	508 0,40	937 4,92	30,0 км
9	*П171-8067	Насадки ін'єкційні	шт	754,95	2 294 15,50	2 246 15,50	4 -	45 -	
10	C111-2009-1	Ремонтно-відновлювальна крупнозерниста суміш Ceresit CD 22 [535,45 грн/т * 0,00105 т]	кг	34 000,0	11 702 56,67	11 702 55,00	- 0,56	- 1,11	30,0 км
11	C1600-475	Стрічка герметизуюча SikaProof FixTape-50	м	3 864,0	1 926 780 241,40	1 870 000 241,40	19 040 -	37 740 -	
12	C1421-9656-4	Суміш піскоцементна [350,18 грн/т * 1,6 т]	м3	1 260,0	932 770 2 257,53	932 770 1 652,97	- 560,29	- 44,27	30,0 км
13	C1530-41	Труби напірні з поліетилену низького тиску, тип середній, зовнішній діаметр 25 мм [868,53 грн/т * 0,0015 т]	10м	59,22	2 844 488 266,86	2 082 742 260,33	705 965 1,30	55 780 5,23	30,0 км
14	C1530-43	Труби напірні з поліетилену низького тиску, тип середній, зовнішній діаметр 40 мм [868,53 грн/т * 0,0029 т]	10м	21,105	15 803 485,92	15 417 473,87	77 2,52	310 9,53	30,0 км
15	C1426-11793	Труби розтрубні із бетону В30 (М400), внутрішній діаметр 400 мм, товщина стінки 65 мм, марка ТБ40.20 [334,62 грн/т * 0,23 т]	м	850,0	10 255 1 183,05	10 001 1 082,89	53 76,96	201 23,20	30,0 км
			Разом:	-	19 686 833	15 012 555	4 304 852	367 440	
Ресурси, спожиті будівельними машинами, автотранспортом і механізованим інструментом									
	Бензин		кг	847,867	62,71		53 171,5340		
	Дизельне паливо		кг	32 958,2579	53,10		1 750 079,0173		
	Електроенергія		квт.г.	8,0974	8,4354		68,3050		
	Мастильні матеріали		кг	2 480,4509	159,41		395 411,0839		
	Гідравлічна рідина		кг	619,7309	142,97		88 604,4236		

Поточні ціни матеріальних ресурсів прийняті станом на 6 грудня 2025 р.

* Відмічені ресурси, ціну на які змінено.

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

ДОДАТОК Б
Кошторисний розрахунок проекту реконструкції лівобережної захисної дамби Кам'яньського водосховища

РОЗРАХУНОК № 1-2
загальноновиробничих витрат до зведеного кошторисного розрахунку №

К1 - Усереднений коефіцієнт переходу від нормативно-розрахункової трудомісткості робіт у прямих витратах, до витрат труда робітників, заробітна плата яких враховується в загальноновиробничих витратах

К2 - Усереднений показник для визначення коштів на покриття решти статей загальноновиробничих витрат, грн/люд.год.

Складений Складений в поточних цінах станом на 6 грудня 2025 р.

Ч.ч.	Обрунтування	Норматив но-розр. кошторис на трудо місткість прямих витрат,	К1	Трудомі сткість [4x5]	Вартість люд.год. робітні ків, заро бітна плата яких врахову ється в ЗВВ	І блок заробіт на плата [6x7]	Заробіт на плата в прямих витратах	ІІ блок Єдиний внесок на загально обов'язкове держ. соц. страхування [(8+9) x 22,00%]	К2	ІІІ блок кошти на покриття решти статей [4x11]	Всього [8+10+12]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		люд.год.		люд.год.	грн.	грн.	грн.	грн.	грн.	грн.	грн.
1	02-001										
1.1	Загальнобудівельні роботи поз. 2-3, 7, 15	24 821,48	0,12	2 978,57	185,34	552 050	2 562 106	685 114	7,48	185 665	1 422 829
1.2	Зовнішні мережі (водопровід, каналізація, теплостачання, газопровід) поз. 12	4 318,00	0,094	405,89	185,34	75 225	469 370	119 807	6,99	30 184	225 216
1.3	Наземні інженерні споруди (автомобільні дороги, залізниці, аеродроми, трамвайні колії) поз. 4, 16	535,12	0,132	70,63	185,34	13 092	69 588	18 188	9,18	4 913	36 193
1.4	Конструкції гідротехнічних споруд поз. 5, 8	21 282,10	0,095	2 021,80	185,34	374 724	2 417 713	614 335	7,41	157 703	1 146 762

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.5	Озеленення. Захисні лісонасадження. Багаторічні плодові насадження. поз. 1	424,49	0,088	37,36	185,34	6 923	62 334	15 237	6,99	2 967	25 127
1.6	Дороги, що виконуються механізованим способом поз. 14	9 617,86	0,132	1 269,56	185,34	235 300	1 278 621	333 062	9,18	88 292	656 654
1.7	Ремонтно-будівельні земляні роботи поз. 10-11	9 996,00	0,098	979,61	185,34	181 560	1 058 874	272 898	6,06	60 576	515 034
	Разом по кошторису	70 995,05		7 763,42		1 438 874	7 918 606	2 058 641		530 300	4 027 815
	Кошти на оплату перших п'яти днів тимчасової непрацездатності (1 438 874,00 + 7 918 606,00) * 0,007800										72 988
	Кошти на сплату єдиного внеску, нарахованого на суму оплати перших п'яти днів тимчасової непрацездатності (1 438 874,00 + 7 918 606,00) * 0,007800 * 0,220000										16 057
	Кошти на сплату єдиного внеску, нарахованого на суму допомоги з тимчасової непрацездатності (понад 5 днів) (1 438 874,00 + 7 918 606,00) * 0,003739										34 988
	Всього загально виробничі витрати по кошторису										4 151 848

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-001

на

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:
креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість
Кошторисна трудомісткість
Кошторисна заробітна плата
Середній розряд робіт

34 557,764 тис. грн.
78,75847 тис. люд.-год
9 357,480 тис. грн.
3,2 розряд

Складений в поточних цінах станом на 6 грудня 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслугову- ванням машин	
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробітної плати	експлуа- тації машин	в тому числі заробітної плати	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ47-153-1	Обкошування низового укосу дамби (від трави та чагарників)	га	10,5	7 676,12	7 676,12	80 599	-	80 599	-	-
2	КБ46-32-1	Розкриття та зачистка тріщин у залізобетонних плитах верхнього укосу	100 м борозен	35,0	-	5 936,56	242 860	163 194	62 334	40,4275	424,49
3	КР20-14-3	Готування цементного розчину вручну	100 м3 розчину	7,0	4 662,69	2 276,16	310 039	310 039	79 666	39,9100	1 396,85
4	КБ30-31-1	Установка пакерів на залізобетонних плитах	10 туброк	105,0	44 291,31	844,26	1 030 541	53 303	29 549	7,2600	254,10
5	ВС5-12-1	Нагнітання ремонтної суміші у тріщини (міжшовний простір плит)	м3	700,0	44 291,31	-	2 267 706	2 267 706	-	459,1200	3 213,84
6	С1421-9656-4	Суміш піскоцементна	м3	1 260,0	507,65	0,65	2 844 488	13 866	181	3,8900	408,45
7	КБ8-3-7	Покриття швів між залізобетонними плитами гідроізоляційним шаром (мастика)	100 м2 поверхні, що ізолюється	3,5	3 239,58	-	61 676	-	68	0,0055	0,58
					3 239,58	-	2 267 706	2 267 706	-	28,3800	19 866,00
					2 257,53	-	2 844 488	13 866	-	-	-
					17 621,58	-	61 676	13 866	-	33,5000	117,25
					3 961,71	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	BC5-15-3	Ремонт залізобетонних опор хвилевідбійника (зачистка бетонних сколів з арматури та нанесення ремонтної суміші)	м3	17,0	8 823,97	-	150 007	150 007	-	83,3000	1 416,10
9	C111-2009-1	Ремонтно-відновлювальна крупнозерниста суміш Ceresit CD 22	кг	34 000,0	56,67	-	1 926 780	-	-	-	-
10	BC2-4-4	Розчищення дренажного колектора	м3	420,0	1 764,79	-	741 212	741 212	-	16,6600	6 997,20
11	BC2-4-4	Розчищення оглядових колодязів	м3	180,0	1 764,79	-	317 662	317 662	-	16,6600	2 998,80
12	BC4-7-5	Часткова заміна дренажних пристроїв (труб діаметр 400 мм)	шт	850,0	552,20	-	469 370	469 370	-	5,0800	4 318,00
13	C1426-11793	Труби розтрубні із бетону В30 (М400), внутрішній діаметр 400 мм, товщина стінки 65 мм, марка ТБ40.20	м	850,0	1 183,05	-	1 005 593	-	-	-	-
14	ДН2-14-2 К0-4	Капітальний ремонт автомобільної дороги з асфальтовим покриттям на гребені дамби (ширина 12 м) з застосуванням асфальтоукладача Vogele Super 1603, при товщині шару 5 см	1000 м2 площі фактичного ремонту	48,0	82 752,23	69 208,51	3 972 107	650 099	3 322 008	123,0800	5 907,84
15	КБ1-156-1	Улаштування кам'яного накиду або призми на укосах	100м3 каміння в ділі	41,5	359 848,15	120,71	14 933 698	2 043 515	5 009	477,7000	19 824,55
16	КБ31-4-1	Посів багаторічних трав на низькому укосі	І га	10,5	49 241,32	46,82	51 578	3 493	1 943	0,3588	14,89
		Разом прямих витрат по кошторису					30 405 916	7 183 466	3 535 548		66 497,85
		Разом прями витрати в тому числі:				грн.	30 405 916		735 140		4 497,20
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	19 686 902				
		вартість ЕММ				грн.	3 535 548				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.	735 140				
		заробітна плата робітників				грн.	7 183 466				
		всього заробітна плата				грн.	7 918 606				
		Загальновиборничі витрати				грн.	4 151 848				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		трудомісткість в загальноновиробничих витратах				люд-г						7 763,42
		заробітна плата в загальноновиробничих витратах				грн.		1 438 874				
		Всього по кошторису				грн.	34 557 764					
		Кошторисна трудомісткість				люд-г						78 758,47
		Кошторисна заробітна плата				грн.		9 357 480				

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]