

## ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НИЗЬКОНАПІРНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

Г. В. Гапич

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро, 49600, Україна. E-mail: gapichgennadii@gmail.com

Запропоновано підхід щодо оцінювання рівня екологічної та експлуатаційної безпеки низьконапірних гідротехнічних споруд (ГТС) класу наслідків (відповідальності) СС1, як окремої споруди, так і ГТС розташованих у каскаді. Проведений аналіз відомих методів та засобів контролю і діагностики за технічним станом ГТС. Встановлено, що переважна більшість існуючих підходів та рекомендацій зорієнтовані на великі гідровузли класів СС2 і СС3 та мають складність при їх застосуванні до споруд нижчих класів відповідальності. Пропонується дві групи показників: І – можливі ризики та рівень небезпеки внаслідок аварії; ІІ – оцінка невідповідності (порушення) технічного стану об'єкта умовам безпечної роботи. Оцінювання за показниками першої групи проводиться за наступними параметрами: об'єм води, напір, кількість людей в зоні можливого ураження, величина можливих збитків, геологічні умови, можливість розташованої нижче за течією ГТС утримувати прорив верхньої водойми, гідрологічні розрахунки пропуску максимальних витрат паводкових вод, наявність у фронті прориву екологічно небезпечних об'єктів, площа затоплення (підтоплення). До параметрів оцінювання за другою групою включають: паспортні дані водойми, проектна документація на ГТС, технічний стан, процеси просідання та зміщення, стан верхового та низового укосів, процеси фільтрації води, стан водоскидів та водовипусків, наявність та роботу дренажних пристроїв, дані контрольно-виміральної апаратури, противільтраційні пристрої, зони зчленування тощо. Дана інформація представляється у вигляді двомірного графіка, що надає змогу відображати отримані показники одночасно по всім досліджуваним об'єктам та проводити порівняльну оцінку споруд за сучасних умов експлуатації. Представлена, також, доцільність графічного відображення найбільш вразливих категорій технічного стану ГТС та їх складових елементів. Впровадження даної системи дозволить приймати ефективні управлінські рішення на стадіях експлуатації та прогнозування стану геосистеми у часі. Даний підхід обґрунтовує вибір дамб, що потребують першочергового покращення технічного стану та мають пріоритет під час надходження коштів на проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

**Ключові слова:** екологічна безпека, експлуатаційна безпека, технічний стан, гідротехнічна споруда.

## ОЦЕНИВАНИЕ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НИЗКОНАПОРНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Г. В. Гапич

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет  
ул. С. Ефремова 25, г. Днепр, 49600, Украина. E-mail: gapichgennadii@gmail.com

Предложен подход к оцениванию уровня экологической и эксплуатационной безопасности низконапорных гидротехнических сооружений (ГТС) класса ответственности СС1, которые имеют каскадное расположение. Проведен анализ известных методов и средств контроля и диагностики технического состояния ГТС. Установлено, что подавляющее большинство существующих подходов и рекомендаций ориентированы на крупные гидроузлы классов СС2 и СС3 и имеют сложность их применения к сооружениям низших классов. Предлагается две группы показателей: І – возможные риски и уровень опасности в результате аварии; ІІ – оценка несоответствия (нарушения) технического состояния объекта условиям безопасной работы. Оценка по показателям первой группы проводится по следующим параметрам: объем воды, напор, количество людей в зоне возможного поражения, величина возможных убытков, геологические условия, возможность расположенной ниже по течению ГТС сдержать прорыв верхнего водоема, гидрологические расчеты пропуски максимальных расходов паводковых вод, наличие во фронте прорыва экологически опасных объектов, площадь затопления (подтопления). К параметрам оценки по второй группе включают: паспортные данные водоема и проектная документация на ГТС, ее техническое состояние, процессы проседания и смещения, верховой и низовой откос, процессы фильтрации воды, водосбросные сооружения, наличие и работа дренажных устройств, данные контрольно-измерительной аппаратуры, противифльтрационные устройства, зоны сочленения. Полученная информация представляется в виде двумерного графика, что дает возможность отображать показатели одновременно по всем исследованным объектам и проводить сравнительную оценку сооружений. Представлена, также, возможность графического отображения наиболее уязвимых категорий технического состояния ГТС и их составных элементов. Внедрение данной системы позволит принимать эффективные управленческие решения на стадиях эксплуатации и прогнозирования состояния геосистемы во времени. Данный подход обосновывает выбор дамб, требующих первоочередного улучшения технического состояния и имеющих приоритет при поступлении средств на проведение ремонтно-восстановительных работ.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, эксплуатационная безопасность, техническое состояние, гидротехническое сооружение.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Екологічний стан більшості малих та середніх рік степової зони України близький до катастрофічного. Зменшення водообміну та самоочисної здатності призвели до переходу річкових екосистем у водно-болотні угіддя.

Однією з основних причин цього є значне зарегулювання річкового стоку малих та середніх рік низьконапірними гідротехнічними спорудами (ГТС). Разом з тим, значні об'єми акумульованої води та донних відкладень, несуть потенційну загрозу екологічній

безпеці територій під час аварій та руйнування дамб і гребель. Переважна більшість таких ГТС побудована в середині минулого століття власними силами господарств за низьким інженерно-технічним рівнем і без відповідної проектної документації. Значні терміни експлуатації, відсутність належного контролю за технічним станом та ремонтних робіт, підвищують ризик виникнення гідродинамічних аварій та відмов у роботі споруд. За відкритими статистичними даними, на території країни обліковується 1094 водосховища та 27579 ставків, а гідротехнічні споруди утримують об'єми води від тисяч до десятків мільйонів метрів кубічних. Здебільшого ГТС мають каскадне розташування з незначними відстанями між створами. У випадку аварії або прориву, руйнівна хвиля та акумульовані об'єми верхніх водойм швидко надходять до розташованих нижче, що може спровокувати кумулятивний ефект.

Слід відмітити, що майже всі ставки та невеликі водосховища створені за рахунок зведення низьконапірних дамб і гребель класу наслідків (відповідальності) СС1. Відповідно до ДБН В.2.4-3:2010 (Гідротехнічні споруди. Основні положення) гідротехнічні споруди поділяють на чотири класи, а регламентований склад основних технічних і програмних засобів систем моніторингу їх технічного стану існує лише для споруд вищих класів: СС2-1, СС2-2, СС3.

Таким чином, оцінка рівня екологічної та експлуатаційної безпеки, а також розробка і впровадження системи моніторингу за низьконапірними ГТС класу СС1 є актуальною задачею сьогодення [1–10].

Метою роботи є розробка підходу щодо оперативного оцінювання рівня безпеки низьконапірних ГТС.

Задачі досліджень – оцінити основні переваги та недоліків відомих методів та встановити можливості їх застосування до низьконапірних ГТС з ґрунтових матеріалів.

Виконані дослідження ґрунтуються на аналітичних, розрахункових та графічних методах, а також польових дослідженнях, які виконані на типових ГТС водогосподарського призначення класу СС1.

#### МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оцінка технічного стану та обстеження низьконапірних ГТС водогосподарського призначення, як правило, виконується візуально один або два рази на рік співробітниками управлінь водних господарств та державної служби з надзвичайних ситуацій і не завжди об'єктивно та у повній мірі характеризує рівень безпеки експлуатації об'єкта.

Переважає більшість відомих методик оцінювання безпеки і надійності роботи ГТС зорієнтовані на великі гідровузли, мають досить складний математичний апарат розрахунку та велику кількість показників оцінювання. Їх застосування потребує значних термінів часу для проведення досліджень, коштів, постійного збору інформації та уточнення певних параметрів роботи ГТС, використання дистанційних методів контролю, відповідної кваліфікації обслуговуючого персоналу, тощо. Обробка результатів виконується у спеціальних комп'ютерних програмних комплексах із застосування доволі складного математичного апарату. Перелічені фактори роблять дані методики обмеженими під час застосування до низьконапірних ГТС ниж-

чих класів наслідків (відповідальності). Таким чином, в основу запропонованого підходу, що реалізується за наступною схемою (рис. 1), покладені експертно-аналітичні оцінки за різними показниками, які характеризують умови роботи та технічний стан ГТС [1–9].

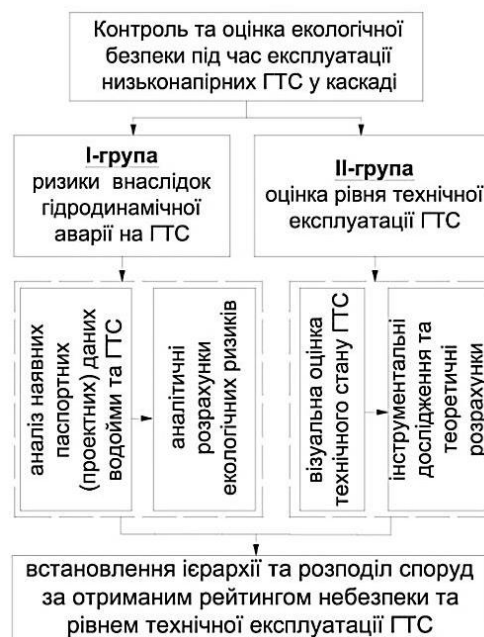


Рисунок 1 – Схема встановлення рівня небезпеки експлуатації гідротехнічних споруд

Оцінка проводиться за двома групами: I-а – можливі ризики та рівень небезпеки внаслідок аварії; II-а – оцінка невідповідності технічного стану ГТС умовам безпечної роботи. Під час аналізу першої групи чинників застосовують паспортні дані водойм і дамб, а також, за можливості, аналітичні розрахунки. Оцінка технічного стану ГТС включає візуальні обстеження, а при необхідності – інструментальні дослідження та теоретичні розрахунки. Комплекс отриманих даних за двома групами оцінки дозволяє встановити ієрархічний розподіл споруд за отриманим рейтингом небезпеки.

Для оцінювання рівня безпеки та ризиків, які несуть водосховища і ГТС запропоновані наступні категорії (табл. 1). До показників, які мають загальноприйняті принципи застосування [1–9], відносяться: «Об'єм води», «Напір», «Кількість людей в зоні ураження», «Величина можливих збитків», «Геологічні умови». Перелічені показники характеризують загальну небезпеку у випадку прориву споруди. Так, наприклад, від кількості води та руйнівної енергії хвилі прориву, залежать параметри затоплення (підтоплення) та масштаби можливих руйнувань у нижньому б'єфі. З метою розширення варіативності та об'єктивності оцінювання запропоновані додатково п'ять показників I-ої групи. «Господарське призначення водойми» – водопостачання, зрошення, рекреація, тощо. Об'єктивно, що під час аварії на водосховищі, яке використовується для водопостачання чи зрошення, екологічна небезпека впливу буде більшою, ніж від прориву ставка для риборозведення чи рекреації. «Можливість розташованої нижче за течією ГТС утримувати прорив верхнього ставу» – за умов утримання, наслідки прориву будуть мінімізовані у

порівняння з можливим кумулятивним ефектом. В цьому випадку, за умови руйнування і нижче розташованої ГТС, сумарні об'єми води вже з двох і більше ставків матимуть вищу руйнівну силу й негативні екологічні та соціально-економічні наслідки. «Площа затоплення (підтоплення)» – характеризує зону негативного впливу (ураження). «Наявність у фронті прориву небезпечних об'єктів» – проводиться оцінка розташованих у НБ дерев'яних та цегляних будов, сховищ відходів, скотомогильників, тощо. «Гідрологічні розрахунки пропуску максимальних витрат паводкових вод» – наявність таких даних надає змогу оцінити можливість пропуску надлишкових витрат паводкових вод і надійність роботи водоскидів.

Увесь набір факторів і параметрів, за якими проводиться оцінювання за I-ою групою, мають відповідну вагу балів від 1 до 4. Наприклад, максимально можливий бал за будь-яким показником складає 4, а у випадку отримання оцінки у 2 бали, рівень безпеки буде оцінено у 50%. Максимальна кількість можливих балів буде відповідати множенню максимальної оцінки (4 бали) на кількість показників, які застосовуються.

Під час оцінювання технічного стану ГТС використовують наступні показники (табл. 2). «Гребінь ГТС» – наявність або відсутність процесів руйнації, розмиву та порушення проїзної частини. «Просадка та зміщення» – враховує геодезичні вимірювання закладних марок і реперів в тілі споруди. «Верховий та низовий укоси» – наявність кріплення укосів (плити, кам'яний накид, трава) та відсутність наочних проявів руйнації. «Процеси фільтрації» – встановлюється наявність або відсутність фільтрації води крізь тіло ГТС, оскільки аварійність дамб з ґрунтових матеріалів в переважній більшості залежить від переливу води через гребінь та зосереджену фільтрацію крізь тіло та основу споруди. «Водоскиди та водовипуски» зі сторони верхнього та нижнього б'єфів (ВБ, НБ) – оцінюється технічний стан та спроможність пропуску (відводу) максимальних витрат надлишкових вод. «Дренажні пристрої» та «Контрольно-вимірювальна апаратура (КВА)» – у переважній більшості ГТС класів капітальності СС-1 такі відсутні, але за наявності необхідно оцінити їх робочий стан. «Відвід води з гребеня ГТС» – повинен забезпечуватись організований відвід дощових та талих вод, які можуть зосереджуватись на гребені чи бермах і, сходячи окремими струмками, утворювати промоїни та суфозійні воронки. «Зона зчленування з берегами та залізобетонними елементами ГТС» – дані ділянки мають потенційну небезпеку утворення зон зосередженої фільтрації по контакту «ґрунт – бетон», тощо. Насамкінець, повинна бути у наявності «Технічна (проектна) документація ГТС та паспорт водойми».

Розрахунок ведеться аналогічно до показників попередньої групи. Для більшої варіативності відповіді загальна кількість балів збільшена з чотирьох до восьми. Це пов'язано з тим, що за умов одночасної оцінки декількох ГТС, вони можуть мати однакові (типові) недоліки для всіх споруд, але проявлені у різній мірі.

Таким чином, оцінку рівня безпеки «R» та відповідності технічного стану «ТС» запропоновано виражати у відсотках за формулою:

$$R(ТС) = \frac{1}{N_{\max}} \cdot k \cdot \sum_{i=1}^n N_i \cdot 100\%, \quad (1)$$

де  $N_i$  – бал  $i$ -го показника оцінки;  $N_{\max}$  – максимальний можливий бал;  $n$  – загальна кількість показників;  $k$  – кількість показників, за якими здійснюється оцінювання.

Певні показники оцінювання за двома групами можуть мати обмеження під час їх застосування. Наприклад відсутність на спорудах КВА (реперів, марок, п'езометрів і т. ін.), робить неможливим застосування даного критерію. У такому випадку, під час загального розрахунку, даний показник виключається, а максимальна кількість балів пропорційно зменшується. Розглянемо прикладу розрахунку. Припустимо, що виконано оцінювання рівня безпеки «R» за усіма 10 та визначений технічний стан «ТС» споруди за 14 показниками. У чисельнику запропоновані довільні оцінки за бальною шкалою по двом групам. Максимально можлива кількість балів (знаменник) для  $R=4 \cdot 10=40$ , а для  $ТС=8 \cdot 14=112$ . Таким чином, відсоткові показники за двома групами складуть:

$$R = \frac{2+1+3+2+2+1+1+4+3+2}{4 \cdot 10} \cdot 100\% = 53\%$$

$$ТС = \frac{6+4+3+5+2+7+1+4+5+4+2+2+2}{8 \cdot 14} \cdot 100\% = 43\%$$

Загальний результат оцінки рівня безпеки та технічного стану споруд може бути представлена у вигляді двовимірного графіку (рис. 2). За віссю абсцис розташовані результати оцінювання технічного стану ГТС, а за віссю ординат – рівень безпеки у випадку виникнення аварії. Даний графік можна проаналізувати наступним чином. Умовно виділяється чотири зони: перша зона – відповідає нормальним умовам роботи, за яких дотримується мінімальний рівень безпечної експлуатації; друга зона – понижений рівень безпеки, що потребує застосування коротко та середньо термінових заходів покращення технічного стану споруд; третя зона – відповідає критичному стану ГТС за рівнем технічних показників і потребує застосування першочергових методів поліпшення; четверта зона – необхідність підвищеної уваги до водойми та ГТС у зв'язку з високим рівнем безпеки внаслідок погіршення технічного стану чи аварії. У відповідності до розташування точок на графіку (див. рис. 2), спочатку оцінюється загальна безпека, яку несе водойми і ГТС під час експлуатації («R»). Потім встановлюється рівень технічного стану («ТС») гідротехнічної споруди. За показником оцінки I-ої групи є можливість ранжування ГТС відносно потенційних загроз, а II-ої групи – встановлення критичного рівня технічного стану, який відповідає за показники нормальної (безпечної) роботи споруд.

Таблиця 1 – Категорії оцінювання за якими проводиться аналіз можливої безпеки та загроз внаслідок аварії (прориву) гідротехнічної споруди

№	Показник оцінки	Показники та параметри, за якими виконується оцінка і відповідні їм бали				Примітка
		1 бал	2 бала	3 бала	4 бала	
1	Об'єм води	<100 тис. м <sup>3</sup>	100-500 тис. м <sup>3</sup>	500 тис. – 1 млн. м <sup>3</sup>	>1 млн. м <sup>3</sup>	
2	Напір води	<5 м	5-10 м	10-15 м	>15 м	
3	Кількість людей в зоні ураження	<10 чол.	10-100 чол.	100-1 тис. чол.	>1 тис. чол.	
4	Величина можливих збитків	<100 тис. грн.	100 тис. – 1 млн. грн.	1-10 млн. грн.	>10 млн. грн.	якщо можна застосувати
5	Геологічні умови (грунти основи)	скельні	піщані	глинисті	просадочні	
6	Господарське призначення водойми	не використовується для потреб населення	рекреація, водопій для худоби	зрошення, рекреація, рибне господарство	водопостачання, відстійники, що містять шкідливі речовини	
7	Можливість розташованої нижче за течією ГТС утримати прорив верхньої водойми	витримує	витримує але знижується коефіцієнт стійкості споруди; існує безпека аварійної ситуації	можливе короткочасне утримання за умови, що надлишковий об'єм буде скинуто через водоскидну споруду	неможливо, об'єм нижчого ставка суттєво менший за поточний	якщо можна застосувати
8	Площа можливого затоплення (підтоплення)	лише русло	у зону затоплення потрапляють заплавні пасовища	у зону затоплення потрапляють огороди і орні землі	у зону затоплення потрапляють присадибні ділянки з житловими будинками	якщо можна застосувати
9	Наявність у фронті прориву небезпечних об'єктів	відсутні	дерев'яні сараї, тимчасові будівлі	цегляні капітальні нежилі	скотомогильники, сховища відходів, житлові будинки	
10	Гідрологічні розрахунки пропуску максимальних витрат паводкових вод	пропуск розрахункового паводку забезпечується	забезпечується пропуск лише за основним розрахунковим випадком	існує безпека критичного підвищення рівня води	пропуск розрахункових витрат не забезпечується	якщо можна застосувати

Таблиця 2 – Показники оцінювання рівня технічного стану гідротехнічної споруди

№	Показник оцінки	Фактори та параметри, за якими виконується оцінка і відповідні їм бали *				Примітка
		2 бали	4 бали	6 балів	8 балів	
1	Гребінь ГТС	нормальний стан	прояви часткового порушення	наявність ділянок розмиву, руйнації, тощо	значні порушення проізоної частини та бERM	
2	Просадка та зміщення	відсутні	допустимі за даними геодезичних вимірювань	перевищують допустимі значення	наочно проявлені ділянки просідання, провалів, суфозії, тощо	
3	Верховий укіс	нормальний стан	незначні порушення кріплення	часткове руйнування кріплення	відсутність кріплення передбаченого проектом (плити, камінь); значні руйнування від хвильового навантаження	
4	Низовий укіс	нормальний стан	незначні порушення	наявність промоїн, відсутність трав'яного чи іншого покриття	зсуви, формування тріщин відриву, суфозія	
5	Процеси фільтрації води	відсутні	незначні зони замочування	великі ділянки обводнення	виходи фільтраційних вод у вигляді струмків	
6	Водоскид у ВБ	нормальний стан	незначні порушення	відсутність певних конструктивних елементів (трапи, затвори)	руйнування вхідних частин, невідповідність проекту, засміченість, тощо	
7	Водовипуск у НБ	теж саме	теж саме	пропуск та відвід скидних вод ускладнений	не забезпечується нормальний вихід та відвід скидних вод	якщо можна застосувати
8	Дренажний пристрій	теж саме	теж саме	часткове засмічення, проявлене зниженням фільтраційної спроможності	не працює або має значні пошкодження	якщо можна застосувати
9	КВА	теж саме	теж саме	обмежено (частково) працюють	не працюють або відсутні	якщо можна застосувати
10	Відвід води з гребня ГТС	забезпечується	частково забезпечується	наявні зони стояння води та незначні промоїни	не забезпечується, наявні промоїни та ділянки накопичення води	
11	Противільтраційні пристрої	нормальний стан	незначні порушення	маються окремі ділянки порушеного стану	не працюють, наявні тріщини, зони розущільнення по всьому периметру, тощо	якщо можна застосувати
12	Зона зчленування з берегами та з/б елементами	теж саме	теж саме	відбувається формування зон підвищеної фільтрації	необхідні параметри зчленування не забезпечуються (утворюються промоїни, порушені ділянки, тощо)	
13	Проектна документація ГТС	існує	недоліки, що не впливають на безпечну роботу ГТС	частково загублена або втрачена актуальність	відсутня	
14	Паспорт водойми	існує	теж саме	втрапив свою актуальність	відсутній	

Примітка: \* проміжні оцінки 1, 3, 5, 7 балів; ВБ – верхній, НБ – нижній б'єф; КВА – контрольно-вимірювальна апаратура; п'єзометри, закладні репери і марки, датчики порового тиску і т. ін.

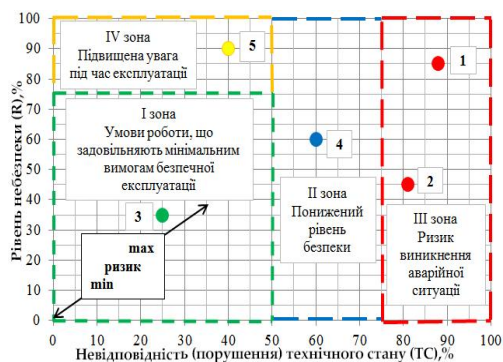


Рисунок 2 – Приклад графічного представлення оцінки рівня безпеки ГТС

Наприклад, на рисунку представлені показники результатів оцінювання п'яти ГТС. Найбільш небезпечною є ситуація на дамбах номер 1 і 2, адже вони потрапляють у критичну зону ризику виникнення аварійної ситуації, тому потребують невідкладних дій покращення технічного стану ГТС. Дамба номер 4 – знаходиться в зоні пониженого рівня безпеки, що свідчить про наявність певних недоліків (невідповідностей) технічного стану. Споруда номер 3 – потрапляє в умовну зону роботи, яка задовольняє мінімальним вимогам безпечної експлуатації, а недоліки технічного стану можуть бути усунені в планові терміни часу. Споруда номер 5 має безпечні показники оцінки за технічним станом, але високий рівень небезпеки (в порівнянні з іншими) у випадку аварії, тому потребує підвищеної уваги та постійного моніторингу під час експлуатації.

Таким чином, основна перевага під час оцінювання рівня безпеки та надходження коштів на капітальні та поточні ремонти, повинна приділятися спорудам, які знаходяться в зоні ризику виникнення аварії за показниками технічного стану.

Разом з тим, існує певна імовірність недооцінки рівня «ТС». Така ситуація може виникати за умов отримання переважно більшістю категорій низьких балів оцінки (1-4), а деяких категорій – високих (6-8). Середній відсотковий показник у цьому випадку може не перевищувати 50%, що відповідає нормальній роботі або пониженому рівню безпеки. Для виключення таких випадків, а також для наочного представлення найбільш вразливих ділянок технічного стану ГТС всі показники оцінки запропоновано виносити на кругову діаграму (рис. 3).

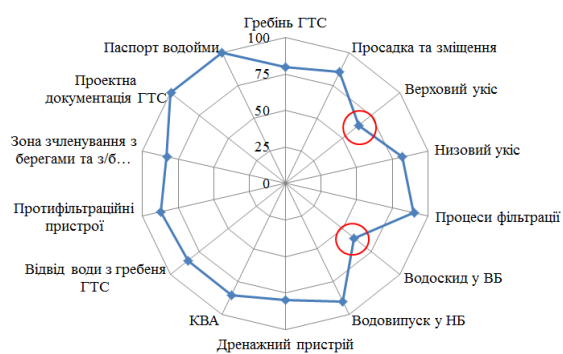


Рисунок 3 – Оцінювання показників технічного стану ГТС: червоним обведено категорії, що мають низький рівень технічної експлуатації; значення у відсотках

У разі встановлення критичного значення будь-якого з показників, є можливість приділити увагу конкретному порушенню (невідповідності) технічного стану (рис. 3, обведено червоним).

**ВИСНОВКИ.** Запропонована методика дозволяє оцінити рівень безпеки низьконапірних ГТС. Встановити ієрархію споруд, які потребують першочергового покращення технічного стану. Надана можливість графічного представлення найбільш вразливих категорій технічного стану дамб, що підвищує ефективність прийняття управлінських рішень для підвищення рівня безпечної експлуатації. Дана методика може бути частиною системи моніторингу, що необхідно запроваджувати для гідроспоруд на малих та середніх річках. Це підвищить рівень екологічної (техногенної) безпеки ГТС та прилеглих територій.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Laurent Peyras, Claudio Carvajal, Huguette Felix, Claude Bacconnet, Paul Royet, Jean-Pierre Becue & Daniel Boissier (2012). Probability-based assessment of dam safety using combined risk analysis and reliability methods – application to hazards studies. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 16:7, 795-817. DOI: 10.1080/19648189.2012.672200.
2. G. L. Sivakumar Babu, M. ASCE; and Amit Srivastava (2010). Reliability Analysis of Earth Dams. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. Vol. 136, Issue 7 (July 2010). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0000313](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000313).
3. Бенатов Д. Е. Системний аналіз чинників природно-техногенної безпеки найбільших гідровузлів України. *Восточно-Европейський журнал передових технологій*. 2015. № 5/10 (77). С. 13–20.
4. Атаєв С. В. Інтерпретація інформації про вплив гідротехнічних споруд на довкілля шляхом експертно-аналітичних процедур. *Науковий журнал «Екологічна безпека»*. Кременчук: КрНУ, 2012. № 2(14). С. 67–71.
5. Гапич Г. В. Оценка технического состояния грунтовых плотин, как элемента системы экологического мониторинга территорий. *Сборник научных трудов НГУ*. 2013. № 42. С. 168–173.
6. Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений: монография / В. Н. Щедрин и др. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 283 с.
7. Романчук К. Г., Стефанишин Д. В. Імовірнісне прогнозування сценаріїв поширення гідродинамічних аварій на каскаді напірних гідроспоруд. *Екологічна безпека та природокористування*. 2015. №3(19). С. 91–99.
8. Щурский О. М., Пименов В. И., Волосухин В. А. Проблемы безопасности бесхозяйных гидротехнических сооружений. *Безопасность в техносфере*. 2013. № 1. С. 31–34.
9. Косиченко Ю. М., Савенкова Е. А. Расчетная оценка надежности грунтовой плотины малого водохранилища с использованием диагностических показателей по данным наблюдений. *Природообустройство*. 2012. № 5. С. 41–45.
10. Рудаков Л. М, Гапич Г. В. Технічний стан гідротехнічних споруд на р. Нижня Терса. *Вісник ДДАЕУ*. 2016. № 2 (40). С. 47–51.

ASSESSING LEVEL OF ENVIRONMENTAL AND OPERATIONAL SAFETY OF LOW-PRESSURE HYDROENGINEERING STRUCTURES

H. Hapich

Dnipro State Agrarian and Economic University

vul. S. Yefremova, 25, Dnipro, 49600, Ukraine. E-mail: gapichgennadii@gmail.com

**Purpose.** The objective of the research is to develop an approach to operational assessment of the safety level of low-pressure hydrotechnical structures (HTS) basing upon the expert and analytical estimation; to analyze key advantages and disadvantages of the available methods and to determine possibilities of their use in terms of low-pressure earth dams. **Research methodology** is based upon the statistical data concerning accident rate and environmental-economic losses of both national and world practice of HTS operation, analytical, computational, and graphic methods as well as on the field studies performed in terms of low-pressure dams of hydroeconomic purposes. **Results.** To implement the developed approach, simultaneous assessment according to two groups of parameters is proposed: group one – possible risks and hazard level due to an accident rate; group two – assessment of the incompliance of technical conditions of the object with the technical conditions of safe operation. Results of the assessment make it possible to demonstrate the obtained data in the form of two-dimension graph that helps both represent the parameters simultaneously in terms of all the objects under study and perform comparative estimation of both environmental and operational safety of the structures under modern operational conditions. Expediency of graphic representation of the most vulnerable parameters of technical condition of a hydroengineering structure and its constituents has been substantiated. **Originality.** Implementation of that system will make it possible to make efficient managerial decisions in the operational stage and predict conditions of the geosystem in time. The methodology may be a part of the monitoring system which is to be implemented for hydroengineering structures in terms of small and medium-sized rivers to improve the level of environmental (technogenic) safety of the neighbouring areas during HES operation. **Practical value.** The developed approach substantiates the selection of dams which are of top priority as for improvement of their technical condition and receiving allocated funds for their repair and recovery. References – 12; tables – 2; figures – 3.

**Key words:** ecological safety, operational safety, technical condition, hydrotechnical structure.

REFERENCES:

1. Peyras L., Carvajal, C., Felix, H., Bacconnet, C., Royet, P., Becue, J.-P., Daniel, B. (2012), «Probability-based assessment of dam safety using combined risk analysis and reliability methods – application to hazards studies», *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 16:7, 795-817. DOI: 10.1080/19648189.2012.672200.
2. Sivakumar Babu, G. L., M. ASCE; and Amit Srivastava (2010), «Reliability Analysis of Earth Dams», *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. no. 136, Issue 7 (July 2010), [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0000313](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000313).
3. Benatov, D. E. (2015), «Sistemniy analiz chinnikov prirodno-tehnogennoyi bezpeki naybilshih gidrovuzliv Ukrayini» [System analysis of factors of natural and technogenic safety of the largest hydrounits of Ukraine], *Eastern European Scientific Journal*, no.5/10 (77), pp. 13-20.
4. Ataev, S. V. (2012), «Interpretatsiya informatsiyi pro vpliv gidrotekhnichnih sporud na dovkilliya shlyahom ekspertno-analitichnih protsedur». [Interpretation of information on the influence of hydraulic structures on the environment through expert-analytical procedures], *Scientific journal «Ecological safety»*, Kremenchuk, KrNU, no./2012(14), pp. 67-71.
5. Hapich, H. V. (2013), «Otsenka tekhnicheskoho sostoiannya hruntovykh plotyn, kak elementa systemy ekologicheskoho monytorynha terrytoryi» [Assessment of the technical condition of groundwater dams as an element of the environmental monitoring system of territories], *Collection of research papers NMU*, no.42, pp.168-173.
6. Shchedryn, V. N. et al. (2016), *Obespechenye bezopasnosti y nadezhnosti nyzkonapornykh hidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Ensuring the safety and reliability of low-pressure hydraulic structures], Novocherkassk, RosNYPPM, 283 p.
7. Romanchuk, K. H., Stefanyshyn, D. V. (2015), «Imovirnisne prohnozuvannya stsenariiv poshyrennia hidrodinamichnykh avarii na kaskadi napirnykh hidrosporud». [Probabilistic prediction of scenarios for the spread of hydrodynamic accidents on the cascade of pressure hydropower plants], *Environmental safety and natural resources*, no.3(19), pp. 91-99.
8. Schurskiy, O. M., Pimenov, V. I., Volosuhin, V. A. (2013), «Problemy bezopasnosti beshozyaynykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy» [Safety problems of ownerless hydraulic structures], *Bezopasnost v tehnosfere*, no. 1, pp. 31–34.
9. Kosichenko, Yu. M., Savenkova, E. A. (2012), «Raschetnaya otsenka nadezhnosti gruntovoy plotiny malogo vodohranilischa s ispolzovaniem diagnosticheskikh pokazateley po dannym nablyudeniyy» [Estimated reliability assessment of a soil dam in a small reservoir using diagnostic indicators from observational data], *Prirodoobustroystvo*, no. 5, pp. 41–45.
10. Rudakov, L. M., Hapich, H. V. (2016), «Tekhnichniy stan hidrotekhnichnykh sporud na r. Nyzhnia Tersa» [Study the technical condition of hydraulic structures on the river Lower Tersa], *News of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, no. 2(40), pp. 47–51.

Стаття надійшла 27.05.2019.