

### Сучасні тенденції при розрахунках стійкості дамб хвостосховищ

*Розглянуто основні сучасні тенденції при розрахунках стійкості дамб хвостосховищ. Представлено імовірнісну оцінку стійкості хвостосховища Полтавського гірничо-збагачувального комбінату.*

Хвостосховища – це інженерні споруди, що мають значний екологічний, економічний та соціальний вплив. Їх надійність та безпека є надзвичайно важливими, оскільки аварії на хвостосховищах можуть мати багатofакторний вплив на навколишнє середовище та життєдіяльність людини.

Стійкість дамб хвостосховищ визначається комплексом інженерно-геологічних, гідрогеологічних та технологічних факторів, гідродинамічних, гідростатичних та сейсмічних сил, які діють на споруди, характером основи, технологією будівництва та експлуатації хвостосховищ.

При оцінці надійності гідротехнічних споруд, включаючи огорожувальні споруди хвостосховищ, використовуються два підходи [1]. Перший – детерміністичний за формою підхід, в основі якого покладений метод граничних станів. Вплив мінливості навантажень і впливів, несучої здатності та інших факторів при даному підході враховується системою нормативних коефіцієнтів [2].

Другий підхід пов'язаний з використанням імовірнісних методів сучасної теорії надійності. При виконанні даних розрахунків навантаження, впливи та фізико-механічні характеристики ґрунтів розглядаються як випадкові величини.

В даній роботі оцінка стійкості дамби хвостосховища виконана на прикладі діючого хвостосховища Полтавського гірничо-збагачувального комбінату.

Детерміністичний розрахунок стійкості дамби хвостосховища проводився по методу Моргенштерна-Прайса. Підсумкова геомеханічна модель з результатами розрахунку наведена на рис. 1.

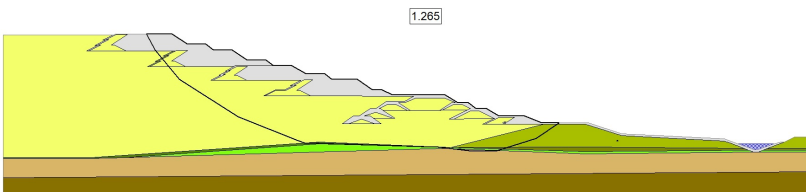


Рис. 1. Геомеханічна модель з результатами розрахунку по методу Моргенштерна-Прайса

Аналіз отриманих результатів показав, що коефіцієнт стійкості складає  $K_s=1,265$ . Інших додаткових висновків на основі отриманих результатів з

застосуванням детерміністичного підходу зробити не можна. Наведена схема оцінки надійності не дозволяє встановити кількісний зв'язок між характеристиками вхідних величин і параметрів, які визначають стан об'єкту.

Необхідну кількісну оцінку надійності окремих конструкцій і об'єкту в цілому можна отримати імовірнісними методами сучасної теорії надійності.

Сутність імовірнісного аналізу стійкості дамби хвостосховища полягає в отриманні імовірнісної функції розподілення коефіцієнту стійкості залежно від імовірнісних функцій розподілення випадкових величин (характеристик ґрунтів, фільтраційного режиму, сейсмічних впливів тощо).

Імовірнісні функції розподілення характеристик ґрунтів отримують по результатам статистичної обробки даних інженерно-геологічних вишукувань. Аналіз даних фізико-механічних властивостей ґрунтів, які складають тіло та основу досліджуваної дамби хвостосховища, показав, що найбільш значний вплив на її стійкість спричиняє мінливість властивостей ґрунтів первинної дамби, намитих хвостів та рослинно-ґрунтового шару в основі споруди.

В подальшому, на основі функцій розподілення показників фізико-механічних властивостей ґрунтів використовуючи метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло) виконано розрахунок імовірнісного розподілення коефіцієнту стійкості відкосу. Отримані результати імовірнісного аналізу стійкості дамби хвостосховища показані на рис. 2 та рис. 3.

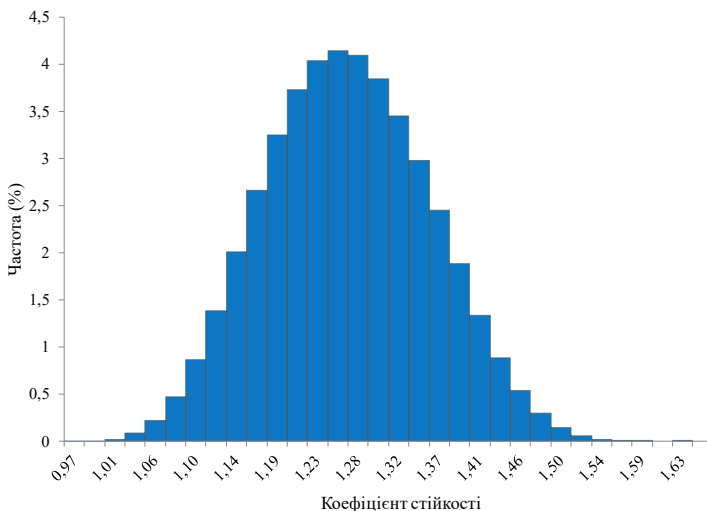


Рис. 2. Розподілення коефіцієнту стійкості

При виконанні розрахунку була прийнята кількість статистичних випробувань  $N=10^6$ . Щорічна імовірність руйнування дамби хвостосховища становить  $P=1,6 \times 10^{-6}$ .

За діючими нормами проектування [3], допустима імовірність виникнення аварій для споруд класу наслідків (відповідальності) СС3 становить

$P_n=5 \times 10^{-5}$ . Оскільки  $P=1,6 \times 10^{-6} < P_n=5 \times 10^{-5}$ , то можна вважати, що надійність і безпека огорожувальних споруд хвостосховища забезпечена.

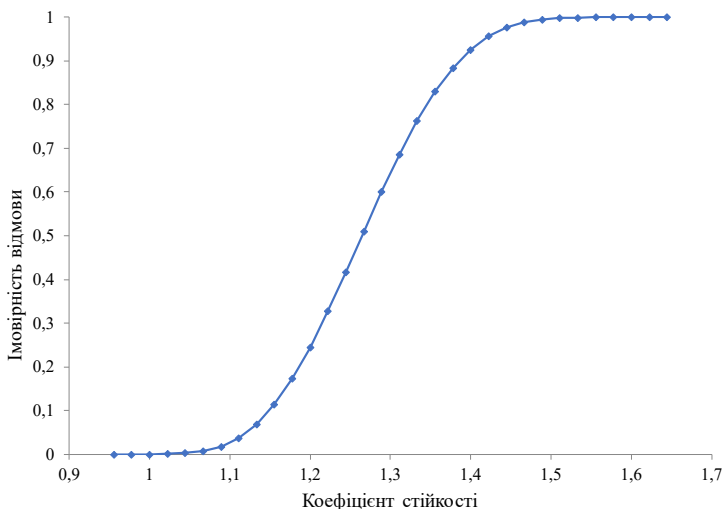


Рис. 3. Інтегральна функція розподілення коефіцієнту стійкості

Слід відмітити, що окрім усереднених показників коефіцієнтів стійкості, отриманих при стандартному підході в детерміністичних розрахунках, при імовірнісній оцінці використовуються мінімальні і максимальні коефіцієнти стійкості, а також стандартне відхилення в розподіленні  $K_s$  в розрахунковій вибірці. Таким чином, аналіз результатів кількісної оцінки стійкості дамби хвостосховища на основі імовірнісного підходу дозволяє зробити більш широкі висновки порівняно з традиційним детерміністичним підходом.

### Список літератури

1. Вайнберг О.І. Надійність та безпека гідротехнічних споруд. Вибрані проблеми. Харків: Вид-во Тяжпромавтоматика, 2008, 304 с.
2. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд. – Мінрегіонбуд України. – Київ. – 2022. – 34 с.
3. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення. – ДП НДІБК. – Київ. – 2010. – 37 с.