

УДК 627.514, 515

**Клімов С. В., к.т.н., доцент, Немоловська Н. А., асистент,
Андрюк І. М., магістр** (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне),
e-mail: s.v.klimov@nuwm.edu.ua

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕКОНСТРУКЦІЇ ҐРУНТОВИХ ДАМБ

В статті наведені актуальні об'єкти реконструкції ґрунтових дамб, проаналізовано сучасні та традиційні методи їх відновлення. Розглянуто декілька технологій реконструкції насипних ґрунтових дамб, зокрема традиційну з використанням місцевих ґрунтів, із застосуванням дренажно-екранних модулів та з використанням ґрунтосуміші, покращеної додаванням відсіву та золи. Утворення із ґрунтосуміші міцної каменеподібної структури забезпечує відтворенням укосам і гребеню споруди високі показники міцності (до 13...15 МПа) і водостійкості, посилює опір гребеня і укосів дамби до утворення дефектів. Наведено схеми виконання робіт по будівельних процесах з реконструкції насипної дамби.

***Ключові слова:* реконструкція, технологія, дамба, гребінь, укоси, дренажно-екранний модуль, ґрунтосуміш.**

В Україні широко використовується захист найбільш цінних територій та населених пунктів шляхом обвалування захисними дамбами.

Зокрема під час створення Дніпровського каскаду водосховищ обвалування проведено для захисту 197 тис. га з 131 населеним пунктом і 600 тис. жителів [1]. Дані дамби працюють в умовах постійного напору води, що ускладнює їх експлуатацію, на відміну від паводкових захисних дамб. З 300,6 км дамб 170 км мають обжатий профіль. Крім того, більшість дамб експлуатуються біля 50 років, що відповідає їх граничному проектному терміну. Проведення реконструкції даних дамб необхідне не тільки для запобігання можливого катастрофічного затоплення значних територій, але також для зменшення щорічних втрат від недоотримання врожаю в результаті затоплення сільськогосподарських угідь – біля 1 570 млн грн. та зменшення витрат на експлуатацію насосних та компресорних станцій Дніпровського басейнового управління водних ресурсів, які працюють цілодобово упродовж року та щорічно відкачують 2...3 км³ води [1].

Ще одним об'єктом, на якому необхідна реконструкція дамб, їх нарощування – це реконструкція дамб мулових полів Бортницької станції аерації, яка ще в 1989 році була визнана аварійною. Зокрема з 2009 року планувалась реконструкція дамб мулових полів № 1 та № 2. В 2016 році планується разом з японськими партнерами проведення широкомасштабного проекту з реконструкції БСА, де в 2015 році на 5-му пусковому комплексі БСА проводиться гідронамив території, нарощування дамб каскаду № 5 на мулових полях № 2 [2].

В Закарпатській області також необхідне постійне проведення реконструкції дамб на об'єктах берегоукріплення та захисту територій від затоплення паводковими водами. Тільки в 2009...2011 роках ДП «Об'єднана дирекція будівництва водогосподарських об'єктів Закарпатської області» було виділено кошти на проведення реконструкції таких об'єктів, як «Реконструкція дамб та гідротехнічних споруд системи Чорний Мочар (перша черга) Мукачівського району», «Реконструкція берегоукріплення і посилення водозахисної дамби р. Тиса в районі ПЗ 258-260 Тячівського району», «Реконструкція захисних дамб р. Тиси і р. Хустець для захисту м. Хуст», «Реконструкція правобережної водозахисної дамби на р. Уж у с. Невицьке Ужгородського району», «Реконструкція дамби р. Тиси на ділянці с. Теково Виноградівського району», «Реконструкція лівобережної дамби р. Тиса по захисту с.: Бобове, Петрово Виноградівського району», «Реконструкція приканалних дамб каналу Чаронда-Латориця (I черга) Ужгородського району», «Відбудова пошкодженої правобережної водозахисної дамби р. Тересва в с. Підплеша (друга черга будівництва) Тячівського району», «Посилення лівобережної дамби р. Латориця від м. Мукачеве до с. Нове Давидкове Мукачівського району», всього більше 40 об'єктів.

Значна кількість насипних дамб, введених в експлуатацію більше 20 років тому потребує реконструкції (відновлення проектного профілю та ремонту різного ступеня складності). Зокрема на польдерних системах основна частина експлуатаційних витрат припадає на ремонт огорожуючи дамб. Близько 40% ґрунтових дамб знаходиться в незадовільному стані, близько 30% – в небезпечному. Головніми причинами такого стану є:

- 1) просідання тіла дамб та основ, значні деформації-усадки, зміщення, в т.ч. через низьку якість виконання будівельних робіт, руйнування берегів;
- 2) розущільнення, розмив і (або) обвалення укосів;
- 3) утворення тріщин (поздовжніх і поперечних, поверхневих і

внутрішніх), порожнеч, ходів, що з'явилися в результаті нерівномірного осідання тіла дамб, неякісного укладання ґрунту, використання різних за властивостями ґрунтів, промерзання верху споруд, впливу землерийних тварин;

4) механічна, хімічна та колоїдна суфозія і випирання ґрунту, погіршення властивостей з часом матеріалу споруд;

5) руйнування кріплень укосів;

6) фільтрація через основу і тіло споруди;

7) порушення нормального функціонування споруди через затримку пропуску витрат через водопропускні елементи і руйнування при переливі води через гребінь споруди (в т.ч. при великих паводках);

8) деформація і руйнування під дією антропогенних факторів.

Отже, в процесі експлуатації ґрунтові водопідпірні споруди деформуються, їх профілі видозмінюються, знижуються відмітки гребеня. Для попередження аварій здійснюють досипання дамб, використовуючи ґрунти того ж складу, що і тіло споруд. Однак, через низьку міцність, водо- і морозостійкість ґрунтів, роботи з відновлення профілю дамб потрібно періодично проводити знову, так як відновлені ґрунтом елементи профілю (укоси, гребінь) не здатні будуть ефективно і тривалий час протистояти дії злив, фільтрації, абразії, морозу та інших чинників.

Існуючі технології реконструкції дамб можна класифікувати за наступними показниками:



Рис. 1. Класифікація існуючих технологій реконструкції дамб

Залежно від причин виходу з ладу застосовуються різні способи відновлення працездатного стану дамб. Такі причини як просідання, усадка (1), обвалення укосів (2) та руйнування (7) усуваються досипанням дамби місцевими матеріалами або ґрунтосумішами.

Тріщини, порожнечі та ходи (3) ліквідують за традиційною схемою – ґрунтом того ж складу, що і тіло дамби, а також ін'єктуванням в порожнини спеціальних розчинів. Особливо небезпечні поперечні тріщини, так як вони можуть призвести до утворення промоїн і як наслідок до розмиву самої дамби. Наслідки суфозії (4) та фільтрації (6) ліквідуються влаштуванням завіс, екранів, ядер в т.ч. ін'єкцією спеціальних речовин. При випучуванні ґрунту та інтенсивному утворенні джерел у підшви низового укосу в аварійному порядку підсилюють дренаючу здатність низової частини споруди [3]. Зруйноване кріплення укосів (5) відновлюється найчастіше підсипанням до проектного профілю та заміною матеріалу кріплення.

Для запобігання руйнування в подальшому часто при проведенні реконструкції дамбу змінюють – збільшують розміри, покращують якість кріплення укосів та ін. Зокрема для зменшення фільтрації при захисті територій обвалуванням можна застосовувати дамбу оснащену дренажно-екранним модулем (ДЕМ). ДЕМ розміщено з боку низового укосу дамби, дрена модуля розміщена зі сторони укосу, а екран розміщений за дренаю та досягає поверхні ґрунту (рис. 2). Завдяки такій будові при реконструкції дамба обвалування перехоплює поверхневі та фільтраційні водні потоки і, як наслідок, підвищується фільтраційна стійкість споруди та запобігають суфозійним процесам з боку нижнього б'єфу дамби [4].

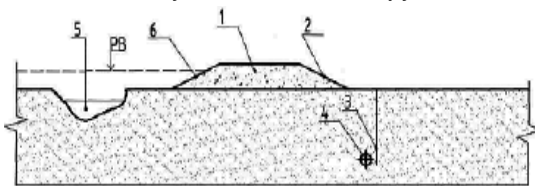


Рис. 2. Дамба обвалування з дренажно-екранним модулем:

1 – дамба, 2, 6 – верховий та низовий укоси; 3 – водонепроникний екран ДЕМ; 4 – дрена ДЕМ; 5 – водотік

Відновлення укосів, досипання гребеня дамби, часто проводять ґрунтом того ж складу, який використовувався при їх будівництві. Після видалення розуцільненого ґрунту з укосів і гребеня дамби, проводять розпушування та ущільнення її поверхні, відсипання, розрівнювання, дозволоження і ущільнення доставленого з кар'єра ґрунту до прийнятих відміток. При виявленні тріщин або фільтраційних ходів, на гребені дамби відривають траншею з перевищенням глибини тріщини або ходу на 0,5 м, а стінки виконати сходами. Траншею заповнюють ґрунтом шарами 0,15...0,2 м з пошаровим ущільненням [5]. Для підсилення міцності поперек промоїни забивають палі [3].

Заслужують на увагу технології усунення дефектів жирними суглинками, глинами, рідкими розчинами глини з гноєм з подальшим трамбуванням [6]. Застосовуються вони при заповненні пустот,

фільтраційних ходів, тріщин, утворених при промерзанні верху дамби і осаді нижніх непромерзаючих ґрунтів.

При осіданні тіла дамби нижче проектних відміток, або в разі виникнення потреби збільшити її висоту проводиться реконструкція шляхом досипання (нарощування) до необхідних (проектних) відміток (рис. 3) [7].

Досипання гребеня і укосів дамби є поетапним виконанням технологічних операцій, схожих з процесом будівництва насипних профільних споруд.

Для розрівнювання ґрунту (ґрунтосуміші) застосовують бульдозер або греjder, ущільнення проводять котками. Розширення і уположення укосів дамб проводять за допомогою екскаваторів, автосамоскидів, бульдозерів, фрез (при необхідності), поливальних машин, котків та інших засобів механізації [8]. Конкретні моделі машини та механізми підбираються з урахуванням природно-кліматичних умов, обсягу робіт, відстані транспортування ґрунту (ґрунтосуміші), форми і розмірів споруд (дамби, кар'єра, кавальєру та ін.).

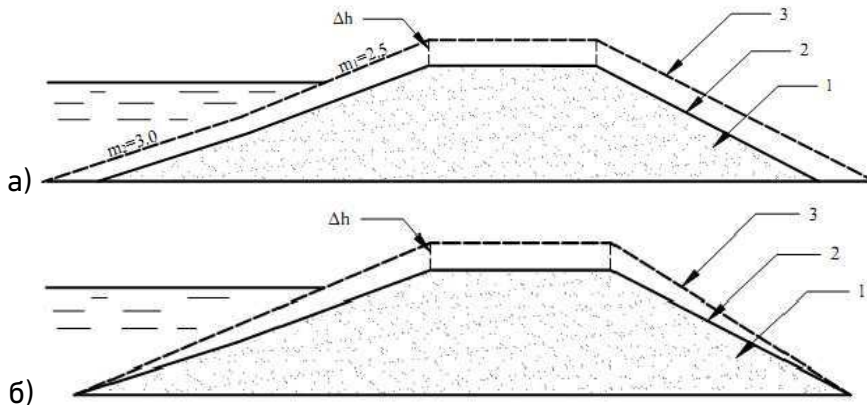


Рис. 3. Схема поперечного перерізу дамби:

а, б – для випадків, відповідно, підйому висоти гребеня і ліквідації просідання гребеня і укосів дамби: 1 – дамба; 2, 3 – поперечний перетин дамби відповідно до і після реконструкції

Перелік технологічних операцій з нарощування гребеня і укосів дамби до необхідних позначок наведено в табл. 1, а їх схеми на рис. 4-8. Наведений в табл. 1 перелік технологічних операцій уточнюється відповідно до місцевих умов. При проведенні робіт замість ґрунту використовується ґрунтосуміш з ґрунту (легкий слабо-водопроникний суглинок), відсіву (відходи каменедробіння вапняку фракції 0...5 мм), золи та портландцементу М400, виготовлена за допомогою ґрунтозмішувальної установки (рис. 9). Ґрунтосуміш при за-

твердінні перетворюється на високоміцний водо- і морозостійкий ґрунтобетон, що надійно захищає тіло споруди від впливу агресивних чинників [9].

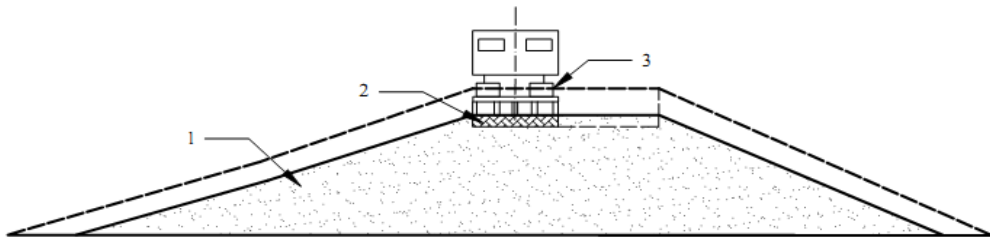


Рис. 4. Схема розпушування (боронування) верху дамби: 1 – дамба; 2 – розпушування гребеня дамби; 3 – розпушувач (борона)

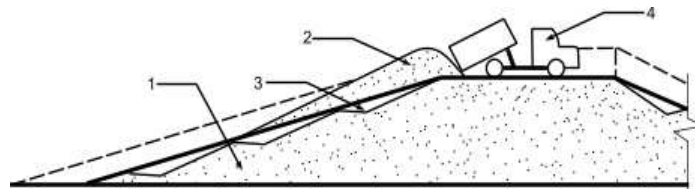


Рис. 5. Схема доставки і вивантаження ґрунтосуміші на гребінь і укоси дамби: 1 – дамба; 2 – ґрунтосуміш, вивантажена на укіс і гребінь; 3 – уступи; 4 – автосамоскид

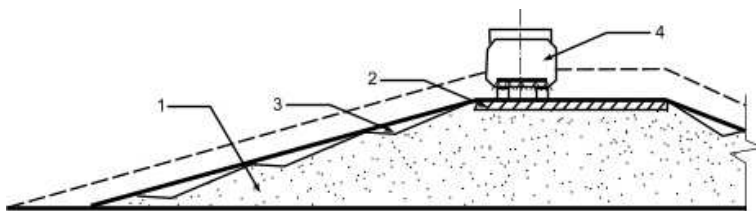


Рис. 6. Схема дозволоження верху дамби: 1 – дамба; 2 – дозволений шар гребеня дамби; 3 – уступи; 4 – автоцистерна

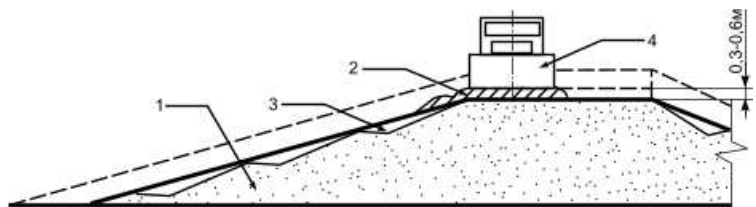


Рис. 7. Схема пошарового розрівнювання ґрунтосуміші на гребені дамби: 1 – дамба; 2 – шар розрівнювання ґрунтосуміші на гребені дамби; 3 – уступи; 4 – бульдозер

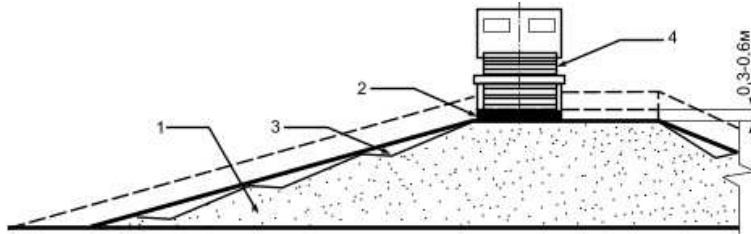


Рис. 8. Схема пошарового ущільнення ґрунтосуміші на гребені дамби:
1 – дамба; 2 – шар ущільнення ґрунтосуміші на гребені дамби;
3 – уступи; 4 – коток

При порівнянні Є.В. Васильєвою [10] ґрунтоцементу без добавок, ґрунтоцементу з додаванням кварцового річкового піску і ґрунтосуміші з цементом, відсівом та золюю (рис. 10) видно, що при оцінюванні за міцністю (після 50 циклів заморожування – відтаювання, $R_{мор}$ найкращі результати у ґрунтосуміші 51% ґрунт, 35% відсів, 4% золи та 10% цементу – 15,57 МПа, що майже у 2 рази більше ніж у ґрунтоцементу без добавок.



Рис. 9. Ґрунтозмішувальна установка для приготування ґрунтосуміші

Таблиця 1

Перелік технологічних операцій з нарощування гребеня і укосів дамби до проектних відміток (з ґрунтозмішувальною установкою)

№ операції	Технологічні операції	Засоби механізації
1	2	3
1.	Розпушування проїжджої ділянки гребеня у вигляді покриття з гравійно-піщаної суміші	Розпушувач на базі гусеничного трактора
2.	Розробка на гребені і переміщення гравійно-піщаної суміші в тимчасові відвали	Бульдозер або грейдер
3.	Планування верху (гребеня, частини укосів) дамби, боронування	Грейдер, бульдозер + борони
4.	Дозволення ґрунту верхньої частини дамби до оптимальної вологості	Поливальна машина (автоцистерна)
5.	Влаштування кар'єра	Бульдозер або скрепер
6.	Дозволення ґрунту в кар'єрі до оптимальної вологості	Поливальна машина (автоцистерна)
7.	Розробка ґрунту в кар'єрі і транспортування його до ґрунтозмішувальної установки	Скрепер, екскаватор, самоскид, тракторні причепа
8.	Доставка цементу, золи та відсіву до місця приготування ґрунтосуміші	Автоцементовоз, самоскид
9.	Приготування в ґрунтозмішувальній установці ґрунтосуміші з ґрунтоцементу з додаванням золи і відсіву	ґрунтозмішувальна установка
10.	Транспортування і укладання ґрунтосуміші шарами на гребінь і укоси дамби	Автосамоскиди, бульдозер або грейдер
11.	Пошарове розрівнювання і ущільнення ґрунтосуміші до проектної щільності	Бульдозер, грейдер, коток або трамбівка
12.	Влаштування «корита» під покриття	Грейдер
13.	Відсипання в «корито» гравійно-піщаної суміші (або влаштування покриття з іншого матеріалу)	Автосамоскид, бульдозер
14.	Розрівнювання гравійно-піщаної суміші	Грейдер
15.	Ущільнення гравійно-піщаної суміші	Коток
16.	Рекультивация кар'єра	Бульдозер або скрепер

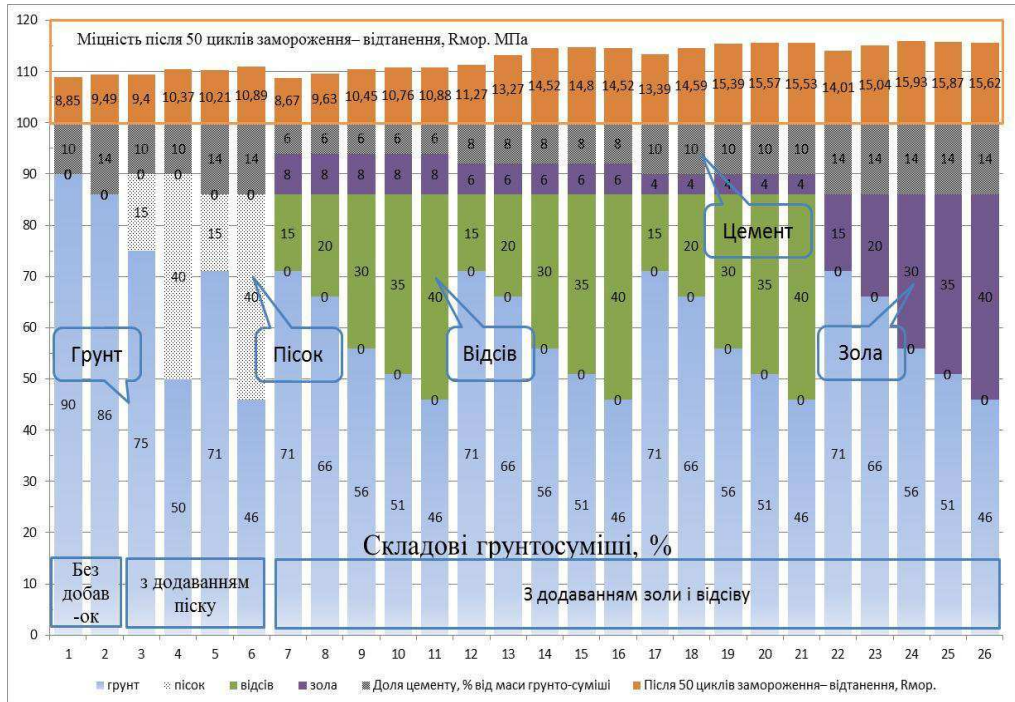


Рис. 10. Порівняння різних складів ґрунтосуміші за дослідженнями Є.В. Васильєвої [10]

З огляду на більшу відносну вартість цементу даний склад суміші можна вважати найбільш перспективним. При збільшенні відсотку цементу до 14 і додаванні в ґрунт 30% золи міцність можна збільшити до 15,93 МПа.

Обсяг статті дозволив розглянути тільки частину з відомих технологій відновлення ґрунтових дамб. На сьогодні є значно більша кількість технологій відновлення справного технічного стану дамб, як традиційних, так і нових, з використанням нестандартних підходів і сучасних матеріалів. Застосування дренажно-екранних модулів для захисту територій з обвалуванням дозволяє зменшити фільтраційні витрати під спорудою. Запропонована технологія реконструкції ґрунтових дамб з використанням ґрунтосумішей забезпечує їх надійний захист від розмиву і розущільнення, впливу морозу, льоду, хвиль, землерийок, просочування води через відновлені елементи профілю.

1. Державний інвестиційний проект "Реконструкція гідротехнічних споруд захисних масивів" // <http://dbuwr.com.ua/>. 2015. – Режим доступу: URL: <http://dbuwr.com.ua/docs/invpro.pdf> (дата обращения: 30.03.2015).
2. Реконструкция Бортнической станции аэрации // УНИАН. – Режим доступу: <http://ecology.unian.net/1166844-rekonstruktsiya-bortnicheskoy->

stantsii-aeratsii-nachnetsya-ne-ranee-chem-cherez-god-klichko.html, Ост. 2015. **3.** ВСН 33-3.02.01-84 "Типовая инструкция по эксплуатации водохранилищ для нужд орошения, емкостью до 10 млн куб. м.," / Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР. – М., 1984. **4.** А.с. 0887 Дамба обвалування з дренажно-екранним модулем / М. М. Ткачук, В. П. Востріков, Р. О. Кириша, Р. М. Ткачук, В. В. Жогло // МПК E02B 3/10 90887, June 10, 2014. **5.** Ачкасов Г. П. Технология и организация ремонта мелиоративных гидротехнических сооружений / Ачкасов Г. П., Иванов Е. С. – М. : Колос, 1984. – С. 174. **6.** Ремонт и восстановление грунтовых подпорных сооружений / Васильева Е. В., Степанов П. М., Овчаренко И. Х., Захаров П. С. // Научный журнал КубГАУ. – № 83(09). – 2012. **7.** Иванов Е. С. Организация и производство гидротехнических работ / Е. С. Иванов. – М. : Агропромиздат, 1985. – С. 400. **8.** Ясинецкий В. Г. Организация и технология гидромелиоративных работ / Ясинецкий В. Г., Фенин Н. К. – М. : Агропромиздат, 1986. – С. 352. **9.** А.с. 5329 Дренажно-екранний модуль / Кожушко, Л. Ф., Ткачук, М. М., Ткачук, Р. М., Клімов, С. В., МПК (2006): E02B 11/00 5329, Mar. 15, 2005. **10.** Технология ремонтных работ с использованием грунтосмеси при устранении деформаций плотин и дамб / Е. В. Васильева // Научный журнал КубГАУ. – № 89(05). – 2013.

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук М. М. (НУВГП)

Klimov S. V., Candidate of Engineering, Associate Professor, Nemolovska N. A., Assistant, Andriuk I. M., Master's-degree Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne),
e-mail: s.v.klimov@nuwm.edu.ua

ANALYSIS OF MODERN TECHNOLOGIES FOR GROUND DAM RECONSTRUCTION

In the article are described actual objects of reconstruction of ground dams, analyzed advanced and traditional methods of their recovery. Considered several technologies for reconstruction bulk soil dams, including traditional technologies using local soil, using drainage-screen modules and using Soil mixtures, improved by adding dropout rate and ash. Described a technology of soil dams restoration by means of their dumping (topping) up to the necessary level not with soil but with soil mixture of optimal humidity (soil + screening dust + ash + cement), which is produced with the help of soil mixing installation. So, in terms of the existing and innovative technologies of restoration, there is a possibility to create modern, reliable and

efficient protective soil dams to protect the territories from the harmful effects of water.

***Keywords:* reconstruction, technology, the dam, crest, slopes, drainage-screen module, soil mixture.**

Климов С. В., к.т.н., доцент, Немоловская Н. А., ассистент, Андрюк И. Н., еконст (Национальный еконструкц водного еконстру и природопользования, г. Ровно),
e-mail: s.v.klimov@nuwm.edu.ua

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ГРУНТОВЫХ ДАМБ

В статье приведены еконстру объекты реконструкции грунтовых дамб, проанализированы современные и традиционные методы их восстановления. Рассмотрены несколько технологий реконструкции насыпных грунтовых дамб, в частности традиционная с использованием местных грунтов, с применением дренажно-экранных модулей и с использованием грунтосмеси, улучшенной еконструкем отсева и золы. Образование из грунтосмеси еконст камнеподобной структуры обеспечивает восстановленным откосам и гребню сооружения высокие показатели прочности (до 13 ... 15 Мпа) и водостойкости, усиливает сопротивление гребня и откосов дамбы к образованию дефектов. Приведены схемы выполнения работ по строительным процессам при реконструкции насыпной дамбы.

***Ключевые слова:* еконструкція, технология, дамба, гребень, откосы, дренажно-экранный модуль, грунтосмесь.**
