

**РЕКОМЕНДАЦІЇ, ПОВ'ЯЗАНІ З РЕКОНСТРУКЦІЄЮ ДАМБИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО
ЛИМАНУ В М. ОДЕСА**

Анісімов К. І., доцент,
anisimov@ogasa.org.ua, ORSID: 0000-0002-0447-3927
Одеська державна академія будівництва та архітектури
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Гуртіна Л. Г., головний інженер,
gurtina@uniprom.com.ua, ORSID: 0000-0003-4521-1541
ВАТ «УНІПРОМ»

вул. Предславинська, 39, м. Київ, 03150, Україна

Шумінський В. Д., к.т.н., доцент,
shumikvd@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8751-1983

Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»
вул. Преображенська, 5/2, м. Київ, 03037, Україна

Анотація. В статті наведені основні проблеми дамби Хаджибейського лиману, які пов'язані з її віком і з тим, що вона захищає як житлові райони Одеси, так і об'єкти інфраструктури міста та промислові підприємства, а також з тим, що по ній проходить автодорога, яка є частиною об'їзного шляху навколо м. Одеси. В обох випадках проблема захисту верхового укусу дамби від руйнувань залишається не вирішеною. Через недостатню висоту дамби відбувається активне руйнування її верхового укусу внаслідок динамічних хвильових дій, що потребує нарощування висоти дамби, а під час штормів заливається дорога, на якій в зимовий період утворюється налідь. Автодорога не має достатньої пропускної здатності і потребує розширення, яке може бути зроблено як в бік акваторії лиману, так і в протилежний бік.

Ключові слова: інженерно-геологічні умови, дамба, автодорога, осідання, кріплення укусів, хвилевідбійна стінка, геосинтетичні матеріали.

Вступ. Будівництво дамби Хаджибейського лиману почалося у 1932 році в складних інженерно-геологічних умовах. В основі дамби залягають сучасні лиманно-морські відклади, представлені супіщаними мулами, замуленими суглинками, супісками, пілуватими, дрібними і середніми пісками загальною потужністю 8,0...20,0 м, що ускладнювало проведення будівельних робіт і подальшу експлуатація дамби через значні осідання мулів в основі дамби. З часом це призвело до зменшення відмітки верху дамби і появи негативних наслідків у вигляді zalivanja автодорога під час штормів та активного руйнування кріплення верхового укусу дамби через ненадійне і неефективне кріплення із накиду будівельного сміття із залізобетонних плит, блоків та ригелів.

Аналіз останніх досліджень. В період експлуатації дамби Хаджибейського лиману проводилися спостереження за її технічним станом з врахуванням негативних впливів від підйому рівня води в лимані, інтенсивності руху автотранспорта по гребню дамби, виконувалися роботи по відновленню зруйнованих ділянок дамби під час штормів в лимані та руху важких вантажних машин. Будівництво дамби Хаджибейського лиману почалося у 1932 році. Матеріал дамби – легкі та середні суглинки. По мірі підйому рівня води в лимані дамба поступово досипалася до відмітки від 2,35 м до 2,90 БС (на аварійній ділянці дамби). Зараз відмітка верху дамби становить 2,35...3,7 м, ширина – 13...14 м. Верховий укіс має коефіцієнт закладання по різних створах в межах 3,0...4,0. Кріплення верхового укусу здійснено накидом будівельного сміття із залізобетонних плит, блоків, ригелів тощо. Коефіцієнт закладання низового укусу становить 1,6...2,0. Низовий укіс закріплений трав'яною рослинністю.

Дренаж виконаний у вигляді канави, на відстані 2...4 м від підніжжя укусу. Клас наслідків (відповідальності) дамби згідно з ДБН В.1.2-14 [1] та ДБН В.2.4-3 [2] – СС1.

Основна проблема дамби Хаджибейського лиману пов'язана з її віком і тим, що вона захищає як житлові райони, так і об'єкти інфраструктури міста (зокрема СБО «Північна») та промислові підприємства. При існуючій відмітці води в лимані 1,28 м, вона забезпечує відсутність переливу через гребінь дамби лише при швидкості вітру до 10 м/с. Розрахункова швидкість вітру складає 26 м/с, що відповідає відмітці гребня дамби 4,5 м. При цій відмітці гребня дамби буде забезпечена безпека як самої дамби, так і населення, будівель та споруд, що перебувають під її захистом при умові, що рівень води в Хаджибейському лимані перебуватиме на тому ж рівні, на якому він знаходиться в даний час. Однак рівень в лимані буде змінюватися в залежності від скидання в нього вод з СБО «Північна», а головне – від величини притоку води з водозбірної площі, яка становить 2730 км². Проходження повені забезпеченістю 1 % може призвести до підйому рівня води в лимані до 2 м.

В інженерно-геологічному розрізі, в межах досліджуваних глибин 20,0...21,0 м виділено 9 шарів і 9 ІГЕ (інженерно-геологічних елементів). В геологічній будові території лиману беруть участь сучасні лиманно-морські відклади (m, Іm IV), представлені супіщаними мулами, замуленими суглинками, супісками, пілуватими, дрібними і середніми пісками загальною потужністю 8,0...20,0 м. Підстилаються наведені відкладення глинами неогену та перекриваються насипним шаром. Насипний шар (ІГ-1) представлений піском, середнім суглинком з включенням дресви і щебню до 15%, будівельним сміттям; з поверхні плити, асфальт, потужністю до 2,5 м. Інженерно-геологічна основа дамби прийнята по свердловинам, розташованим на відстані до 600 м, в той час як ця відстань має бути 50...75 м. Вивченість геологічної будови по довжині дамби явно не достатня для реконструкції такої відповідальної споруди.

В Хаджибейський лиман впадають річки і балки, найбільшими з яких є р. Малий Куяльник і Свиняча. Спостереження над режимом даних річок не проводилися.

В даний час, при рівні води +1,78 м, йде активне руйнування верхового укусу дамби внаслідок динамічних хвильових дій; промоїни періодично з'являються під хвилевідбійною стінкою, а під час штормів заливається дорога, на якій в зимовий період утворюється налідь. На гребні дамби встановлена хвилевідбійна стінка безпосередньо на ґрунт узбіччя дороги, а в деяких місцях на асфальтне покриття з фундаментних блоків ФБС 12.4.6, які виконують роль парапету, що призвело до підмиву основи блоків ФБС та їх деформації. При подальшій експлуатації дамби можливе обвалення хвилевідбійної стінки, перелив води через гребінь з можливим розмивом (руйнуванням) тіла дамби і виникнення екстремальної ситуації. Для попередження подальшого руйнування дамби при високих рівнях води в лимані розроблено проект кріплення верхового укусу із застосуванням інноваційних технологій та сучасних геосинтетичних матеріалів. На гребні дамби замість існуючої хвилевідбійної стінки з фундаментних блоків ФБС, встановлених без їх з'єднання між собою та розчину між ними, укладених просто на ґрунт дамби без будь-якої підготовки під блоками, слід виконати хвилевідбійну стінку із спеціальних хвилевідбійних блоків ВС 1,8×1,8×2,0 (проект інституту «ЧорноморНДІпроект»).

Результати топогеодезичних вишукувань 2016 року та аналогічні вишукування 1971 року (за 45 років) показали, що на проїжджій частині дамби вертикальних та горизонтальних деформацій не спостерігалось. Таким чином, можна стверджувати, що ґрунти основи дамби, яка складається із мулистих та замулених ґрунтів, сконсолідувалися і не проявляють просідних властивостей, навіть при динамічних діях на дамбу від руху важкого автотранспорту вагою понад 40 тон.

Найбільш небезпечними штормами для дамби Хаджибейського лиману, є шторми з північного (далі – П) і північно-західного (далі – ПЗ) напрямків. Шторми від вітрів П напрямку не викликають значні вітрові хвилі. Тому розрахунок параметрів хвиль був проведений від штормів ПЗ напрямку. Довжина розгону від дії вітрів ПЗ напрямку становить 15 км. Розрахункова швидкість вітру прийнята 26 м/с.

Взимку 2015 року після трьох добового шторму при рівні води в лимані 2,0 м була зруйнована верхня частина верхового земляного укосу та підмита обочина проїзної частини автодороги «Об'їзд м. Одеса» на ділянці від 13,00 км до 13,00+900 км. Висота хвиль досягала 1,5 м при швидкості вітру 25...30 м/с та довжині розгону хвиль 15,0 км. Існуюче кріплення укосу із накиду будівельного сміття із залізобетонних плит, блоків, ригелів не тільки не захистило укіс від руйнування, а сприяло додатковому його руйнуванню через подрібнення хвиль на окремі струминки, які в щілинах між блоками розмивали та виносили ґрунт з тіла дамби. У 2016 році вимоїни на аварійній ділянці були заміті піском службою автомобільних доріг, що тимчасово попередило руйнування земляного полотна дамби, по якій проходить автомобільна дорога.

Після створення аварійної ситуації на дамбі Хаджибейського лиману міська влада Одеси розглядала це питання на засіданнях комісії з питань техногенно-екологічної безпеки виконавчого комітету Одеської міської ради (протокол № 4 від 24.04.2015 р., протокол № 9 від 29.06.2015 р., протокол № 10 від 05.08.2015 р.) та зверталася до Кабінету Міністрів України з проханням профінансувати роботи з реконструкції дамби (рішення Одеської міської ради № 6971-VI від 10.09.2015 р.).

Мета дослідження. Для забезпечення надійності експлуатації дамби Хаджибейського лиману слід провести її реконструкцію з надбудовою дамби до відмітки 4,5 м та розширенням гребня дамби або в бік акваторії лиману (в бік верхнього б'єфу), або в бік нижнього б'єфу для підвищення пропускної спроможності автомобільної дороги, яка проходить по дамбі.

Методи досліджень. На основі проведення додаткових інженерно-геологічних досліджень і отриманих вихідних даних необхідно провести розрахунки за граничними станами другої групи для визначення осідань, які виникнуть при реконструкції дамби (надбудові та розширенні гребня дамби) та збільшенні навантажень на слабку основу дамби. Остаточний варіант реконструкції дамби слід прийняти на основі техніко-економічного порівняння варіантів з детальним розрахунком прийнятого варіанта.

Результати досліджень. По гребню дамби прокладена автомобільна дорога шириною проїжджої частини 9 м, яка є частиною об'їзного шляху навколо м. Одеси. Вона не має достатньої пропускної здатності і потребує розширення, яке може бути зроблено як в бік акваторії лиману (в бік верхнього б'єфу), так і в бік нижнього б'єфу. В обох випадках проблема захисту (кріплення) верхового укосу дамби залишається не вирішеною.

Якщо буде прийнято рішення про розширення дороги, то для забезпечення безпеки як самої дамби, так і населення та інфраструктури слід одночасно підвищити відмітку верху дамби. Підвищення висоти дамби вимагає і відсутність водоскидних споруд, які підтримували б існуючий рівень води в лимані. До цього додається ще й проблема з'єднання нового насипу з матеріалом (ґрунтом) існуючої дамби. В цьому випадку питання з'єднання існуючої насипу з тим, що буде досипатися, полягатиме в нерівномірності осідань під новою частиною дороги та існуючої, а також тривалості періоду осідання, як наслідок консолідації ґрунтів, що складають основу. Також слід врахувати, що при збільшенні навантаження на основу, зросте і поровий тиск, що в свою чергу знизить міцність ґрунтового масиву. По мірі падіння порового тиску і ущільнення основи міцнісні характеристики ґрунтового масиву будуть збільшуватися, проте в перший період експлуатації, а особливо в будівельний період проблема стійкості укосів і основи дамби, що реконструюється, буде стояти дуже гостро.

Важливим питанням, що стосуються зведення по суті нової споруди, стане питання його сейсмостійкості. Згідно з табл. 5.1 ДБН В1.1-12 [3] водонасичені пухкі дрібнозернисті піски і мули відносяться до IV категорії за сейсмічними властивостями. Зведення насипу на таких ґрунтах допускається лише при належному обґрунтуванні в результаті спеціальних досліджень. Такими дослідженнями можуть бути результати проведеного мікросейсморайонування на майданчику до зведення споруди і на дослідній ділянці після його завершення. Дослідна ділянка може являти собою ділянку дамби з розширеним гребнем, відміткою близькою до проектною і довжиною, рівною подвоєній ширині гребня дамби.

Для підвищення міцності ґрунту, прискорення процесу консолідації, збільшення ступеня стійкості насипу, а також підвищення сейсмостійкості дамби може бути використаний метод дренавання основи щебенистими пальями. Введення таких паль в масив лиманних відкладів, по-перше, значно прискорить процеси розсіювання порового тиску і ущільнення ґрунтів, а по-друге, по суті призведе часткову заміну існуючого ґрунту на щебінь. Це підвищить загальний модуль деформації, а отже і швидкість проходження сейсмічних хвиль у ґрунті, що поліпшить сейсмічні властивості масиву. Для кращого уявлення, як будуть відбуватися процеси осідання і консолідації в часі, при введенні в масив ґрунту щебенистих паль і досипки дамби створена кінцево-елементна модель в припущенні, що в основі знаходиться шар мулів (рис. 1).

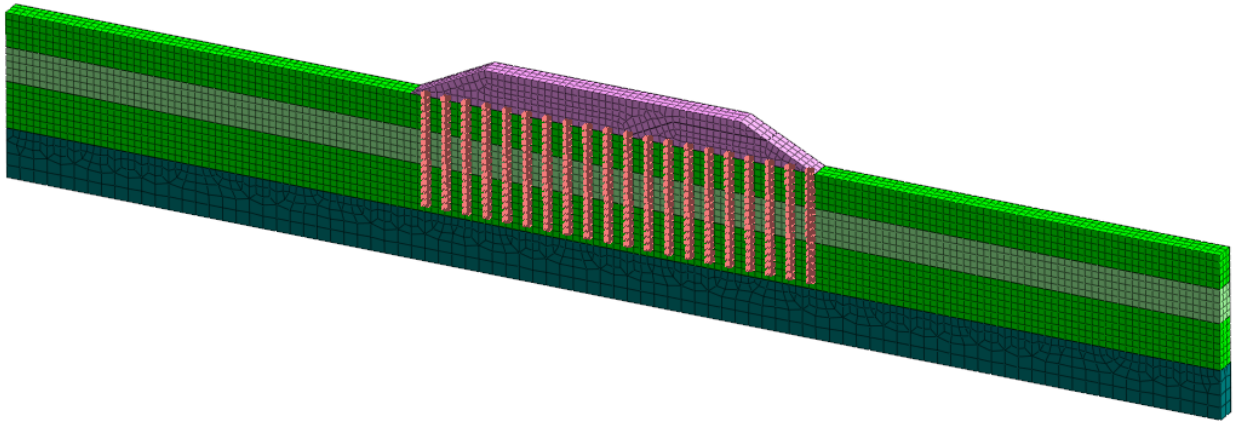


Рис. 1. Загальний вид розрахункової схеми

Розрахунок виконувався в два етапи. На першому етапі на існуючій непідготовленій (недренованій) основі зводиться дамба існуючого обрису. Оскільки дамба існує давно, процеси її консолідації вважаються завершеними і осідання відсутні.

На другому етапі відбувається буріння свердловин і заповнення їх щебнем з влаштуванням дренаваної основи. На третьому етапі виконується досипка профілю дамби до проектної відмітки та запроєктованого (реконструйованого) профілю з влаштуванням можливого відводу води по шару піску на геотекстилі. При прийнятих розмірах дамби, що реконструюється, і характеристиках ґрунтів основи, осідання під частиною дамби, що зводиться, будуть перевищувати величину 0,5 м (рис. 2).

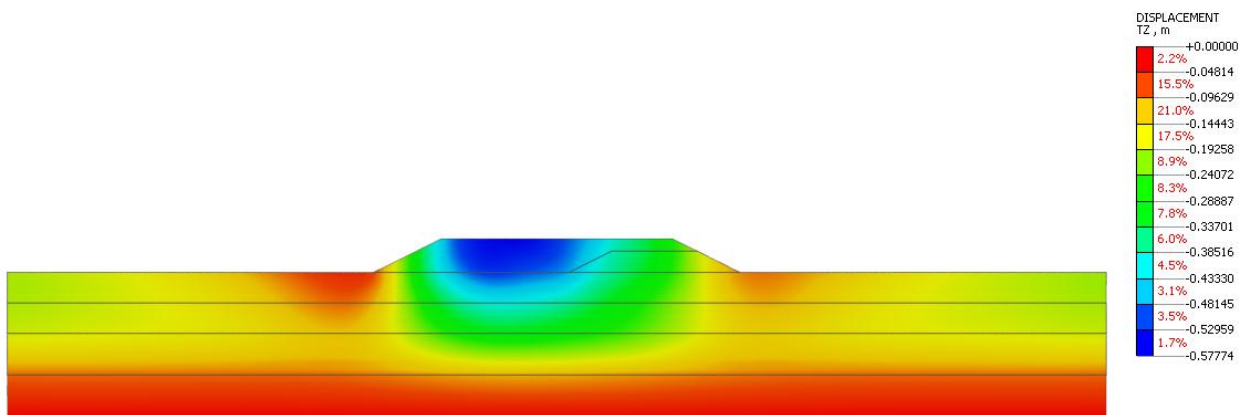


Рис. 2. Величина осідань під частиною дамби, що реконструюється, (без врахування дренавання основи)

При зведенні дамби на щебневих палях (при дренаванні основи) величина осідань змінюється не суттєво (рис. 3).

У тому випадку, якщо дамба зводиться на непідготовленій (недренованій) основі ці осідання будуть затухати повільно протягом тривалого періоду, що буде сприяти порушенню цілісності дамби і наступному руйнуванню покриття дороги, бордюрів, тротуарів (рис. 4). У тому випадку, якщо дамба зводиться на підготовленій (дренованій) основі ці осідання будуть відбуватися протягом року, тобто в будівельний період (рис. 5).

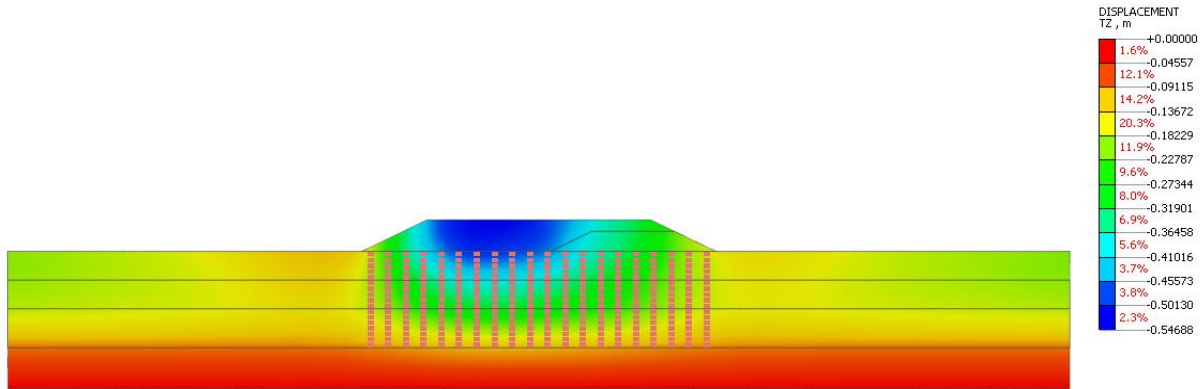


Рис. 3. Величина осідань під частиною дамби, що реконструюється, (з врахуванням дренавання основи)

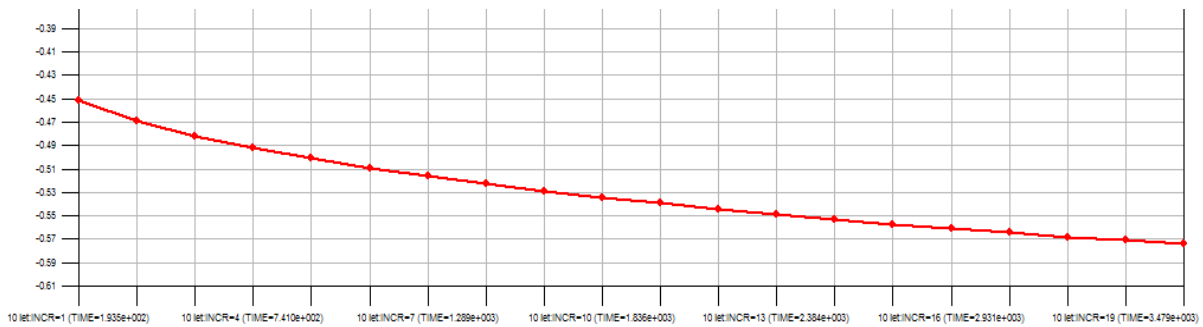


Рис. 4. Графік затухання осідань під частиною дамби, що реконструюється, в часі без врахування дренавання основи

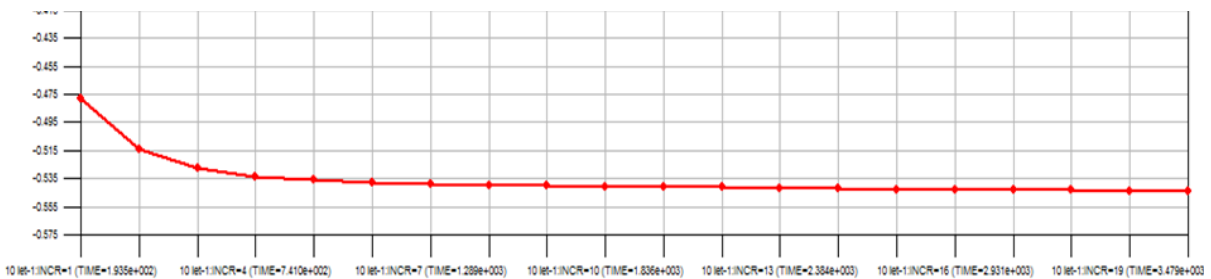


Рис. 5. Графік затухання осідань під частиною дамби, що реконструюється, в часі з врахуванням дренавання основи

Для захисту укосу і гребня дамби розроблено проект реконструкції кріплення верхового укосу [4] при рівні передпаводкового спрацювання -0,50 м шляхом:

– накиду на укіс подрібнених і розрівняних по укосу залізобетонних конструкцій змінною товщиною від 0,2 м до 1,0 м по шару піску 0,1 м із замивом пор і порожнин накиду подрібненого бетонного брухту піском;

– укладання поверх шару піску і накиду двох шарів геотекстилю «Турар SF49», а між ними геомембрани «юніфол», а зверху – протиерозійних матраців «Bontec TM 180 10 10 13» з привантаженням кінцевої ділянки матраца бетонним ломом або фундаментними блоками;

– демонтування хвилевідбійної стінки з фундаментних блоків та влаштування бетонних хвилевідбійних блоків НД по вирівнюючому шару піску 0,25 м і бетонної підготовки з бетону С 20/25 шаром 0,18 м.

Однак, замив піском порового простору накиду бетонного брухту надводної та підводної частин укосу в умовах високого рівня води є досить складним і не передбачуваним. Можливий винос піску з-під елементів кріплення матраців через нижню частину кріплення, привантажену бетонними блоками і ломом, що може призвести до утворення порожнин між основою і матрацом. Матрац BONTES при заповненні його бетонною сумішшю перетворюється на досить жорстку структуру і при невеликих нерівномірних осіданнях подрібнюється на окремі фрагменти з окремих бетонних елементів вагою 4...6 кг. При хвильовому впливі на укіс із запропонованими коефіцієнтами закладення, вага окремих бетонних елементів кріплення повинна становити 12 кг при закладенні укосу 1:4, 19 кг при закладенні укосу 1:3 і 32 кг при закладенні укосу 1:2. Тому доцільно замінити жорстку кінцеву частину кріплення підводної частини укосу матрацами BONTES на гнучкі матраци TRITON товщиною 0,15 м згідно з [5] для забезпечення більш надійного захисту основи від розмиву і подальшого руйнування.

При рівні води предпаводкового спрацювання в лимані -0.50 м, ймовірно виникнення пошкоджень кінцевої ділянки кріплення верхового укосу дамби за рахунок хвильового і льодового впливів. Тому відмітку низу кріплення (-0,50 м) слід обґрунтувати розрахунком.

Досвід застосування габіонів «Тритон» показує, що вони мають конструктивні переваги і кращі економічні показники в порівнянні з традиційними рішеннями, такими як кріплення з кам'яного накиду або жорсткі типи кріплення. Завдяки гнучкості габіонів «Тритон» вони повторюють контури і конфігурацію поверхні ґрунту, щільно прилягають до нього, захищаючи тим самим від розмиву значно краще, ніж жорсткі кріплення з монолітного бетону, збірного залізобетону або кам'яного накиду. Завдяки високій хімічній та біологічній стійкості геосинтетичні гнучкі габіони «Тритон» найбільш придатні для використання у спорудах, які постійно контактують з солоною (морською) водою, де конструкції з інших матеріалів швидко псується і виходять з ладу.

Визначимо глибину місцевого розмиву біля дамби для обґрунтованого призначення довжини випуску гнучкої кінцевої ділянки кріплення верхового укосу дамби (матраца) за формулою [6]:

$$h_p = \frac{23 \cdot V^2 \cdot \tan \frac{\beta}{2}}{g \sqrt{1+m^2}} - 6 \frac{V_p^2}{g} \quad (1)$$

де $V=2,7$ м/с – середня швидкість потоку на підході до дамби;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

$\beta=45^\circ$ – кут між напрямком швидкості потоку і лицьовою гранню дамби (кут атаки);

$V_p=0,9$ м/с – допустима швидкість для ґрунту основи, в якому відбувається розмив;

$m=2$ – коефіцієнт закладання укосу ями розмиву, що утворюється;

h_p – прогнозна глибина місцевого розмиву, м.

Тоді прогнозна глибина місцевого розмиву біля берегозахисної споруди становитиме:

$$h_p = \frac{23 \cdot V^2 \cdot \tan \frac{\beta}{2}}{g \sqrt{1+m^2}} - 6 \frac{V_p^2}{g} = \frac{232,7^2}{9,81 \cdot \sqrt{1+2^2}} \cdot \tan 22,5 - 6 \cdot \frac{0,9^2}{9,81} = 2,67(м)$$

Мінімальна необхідна довжина випуску гнучкого матраца визначається за формулою:

$$l_p = h_p \cdot \sqrt{1+m^2} = 2,67 \sqrt{1+2^2} = 5,97(м) \approx 6,0(м)$$

Довжину випуску матраца l_p , виходячи з досвіду проектування аналогічних берегозахисних об'єктів, рекомендується приймати $(1,5 \dots 2)h_p$ [6]. Тоді $l_p = (1,5 \dots 2,0) \cdot 2,67 = (4,0 \dots 5,34)$ м. Таким чином, рекомендується прийняти довжину випуску матраца, рівною $(4,0 \dots 6,0)$ м, а товщину – 0,15 м, що забезпечить надійний захист і цілісність основи кріплення від розмиву і подальшого його руйнування.

Пропонується також розглянути варіанти реконструкції дамби з використанням інноваційних технологій (капсулювання піску та щебня в геотекстильних тубах), з використанням матраців (габіонів) «Тритон» [5], георешіток (рис. 6).

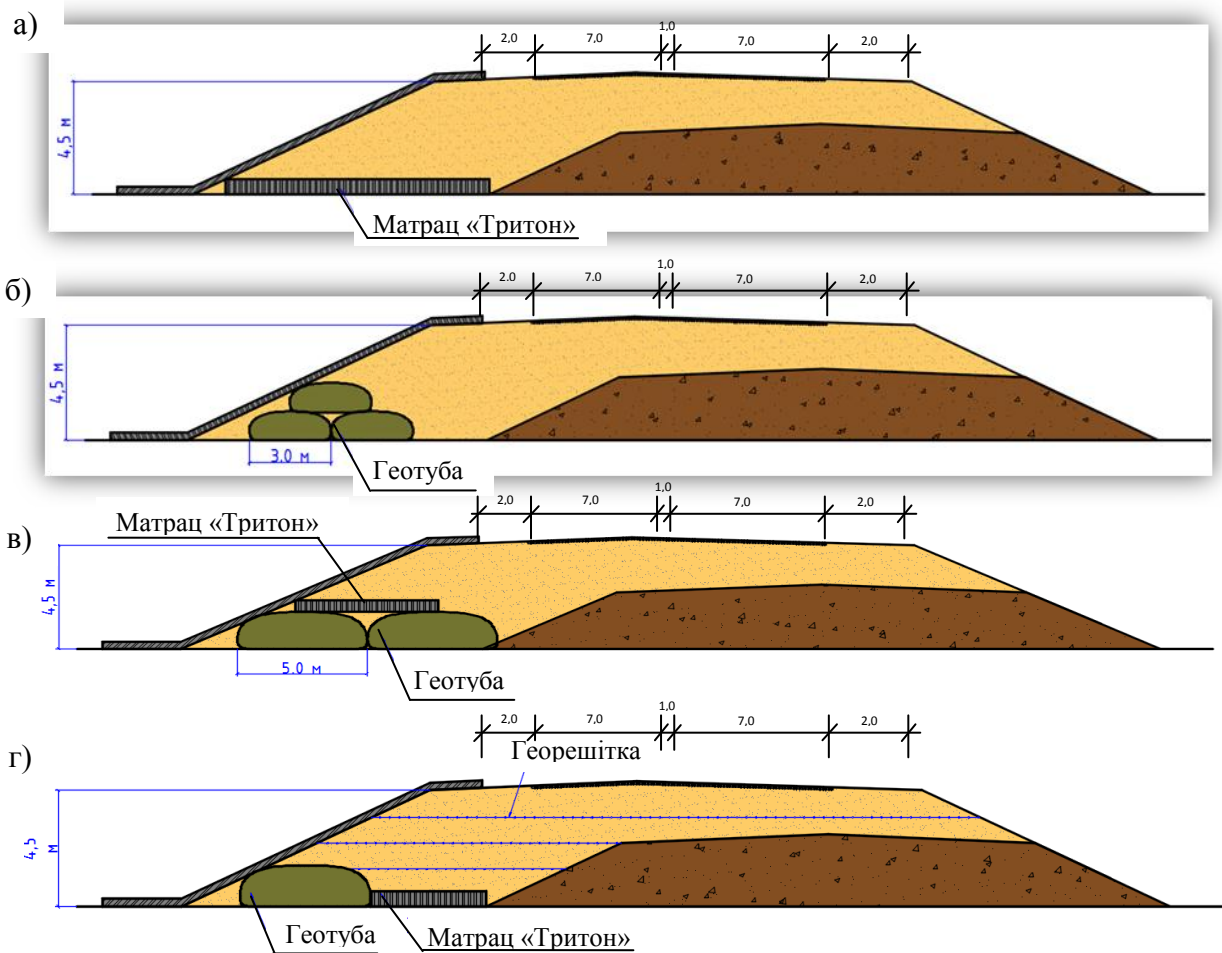


Рис. 6. Схеми реконструкції дамби з використанням інноваційних технологій:
 а – матраців «Тритон»; б – геотекстильних туб; в – комбінації матраців «Тритон» і геотекстильних туб; г – комбінації матраців «Тритон», геотекстильних туб і георешіток

Сучасні наукові та виробничі технології дозволяють зробити наступні **висновки**. Реконструкція дамби Хаджибейського лиману дозволить збільшити пропускну спроможності автомобільної дороги, яка проходить по дамбі, підвищити надійність і безпеку експлуатації дамби, навіть під час штормів та гідродинамічних дій на кріплення верхового укосу дамби хвиль висотою до 1,5 м.

Остаточний варіант реконструкції дамби слід прийняти на основі техніко-економічного порівняння варіантів з детальним розрахунком прийнятого варіанта згідно з Технічним регламентом [7], ДБН В.1.1-12 [3], ДБН В.1.1-45 [8], ДБН В.1.1-46 [9], ДБН В.1.2-14 [1], ДБН В.2.1-10 [10], ДБН В.2.4-3 [2], ДСТУ-Н Б В.1.1-37 [11], ДСТУ-Н Б В.1.1-40 [12] тощо.

Література

1. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд ДБН В.1.2-14:2018. [Чинні від 2019-01-01]. К.: Мінрегіон України, 2018. 30 с. (Державні будівельні норми України).
2. Гідротехнічні споруди. Основні положення ДБН В.2.4-3:2010. [Чинні від 2011-01-01]. К.: Мінрегіон України, 2010. 37 с. (Державні будівельні норми України).
3. Будівництво у сейсмічних районах України ДБН В1.1-12-2014. [Чинні від 2014-10-01]. К.: Мінрегіон України, 2014. 110 с. (Державні будівельні норми України).
4. Проект «Першочергові заходи щодо запобігання руйнуванню дамби Хаджибейського лиману в м. Одесі. Капітальний ремонт тіла дамби». Одеса, 2017. 92 с.
5. Рекомендації з проектування та влаштування геосинтетичних гнучких габіонів «Тритон». Київ: ТОВ «УНІПРОМ», 2017. 33 с.
6. ОДМ 218.3.038-2015. Рекомендации по проектированию и строительству берегозащитных сооружений автомобильных дорог. М: Росавтодор, 2015. 65 с.
7. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.12.2006 р. № 1764 «Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд». URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/59541991>.
8. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення. ДБН В.1.1-45:2017. [Чинні від 2017-11-01]. К.: Мінрегіон, 2017. 43 с. (Державні будівельні норми України).
9. Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. ДБН В 1.1-46:2017. [Чинні від 2017-25-04]. К.: Мінрегіон, 2017. 43 с. (Державні будівельні норми України).
10. Основи та фундаменти Основні положення проектування. ДБН В.2.1-10:2018. [Чинні від 2019-01-01]. К.: Мінрегіон, 2018. 36 с. (Державні будівельні норми України).
11. Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. ДСТУ-Н Б В.1.1-37:2016. [Чинні від 2017-04-01]. К.: Мінрегіон, 2016. 89 с. (Державний стандарт України).
12. Настанова щодо проектування будівель і споруд на слабких ґрунтах. ДСТУ-Н Б В.1.1-40:2016. [Чинні від 2017-04-01]. К.: Мінрегіон, 2016. 66 с. (Державний стандарт України).

References

- [1] DBN V.1.2-14:2018. Zagal'ni principy zabezpechennya nadijnosti ta konstruktivnoi bezpeki budivel' i sporud Kyiv: «Minregion Ukraini», 2018.
- [2] DBN V.2.4-3:2010. Hidrotehniczni sporudu. Osnovni pologenny. Kyiv: «Minregion Ukraini», 2010.
- [3] DBN V.1.1-12-2014. Budivnustvo u seysmichnuh rayonah Ukraini. Kyiv: «Minregion Ukraini», 2014.
- [4] *Proect "Pershochergovi zahodu chodo zapobigannya ruynuvannu dambu Hadzubey'skogo lumanu v m. Odessi. Kapital'nyu remont tila dambu"*. Odessa, 2017.
- [5] *Rekomendasii z proektuvannya ta vlashtuvannya geosuntetichnuh gnuchnuh gabioniv «Triton»*. Kyiv: TOV «UNIPROM», 2017.
- [6] ODM 218.3.038-2015. Rekomendasii po proektuvannu i stroitel'stvu beregozastistnuh sooruzeniy avtomobil'nuh dorog. M: ROSAVTODOR, 2015.
- [7] Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainu vid 20.12.2006 r. № 1764 "*Tehnichnui reglament budivel'nuh vurobov, budivel' i sporud*". Available: <https://www.kmu.gov.ua/npas/59541991>.
- [8] DBN V.1.1-45:2017. Budivli i sporudu v skladnuh inzunerno-geologichnuh umovah. Zagal'ni polozennya. Kyiv: Minregion Ukraini. 2017.
- [9] DBN V.1.1-46:2017. Inzunernui zahust terutoriy, budivel' i sporud vid zsuviv ta obvaliv. Osnovni pologennya. Kyiv: Minregion Ukraini, 2017.

- [10] DBN V.2.1-10:2018. Osnovu ta fundamentu. Osnovni pologennya proektuvannya. Kyiv: Minregion Ukraini, 2018.
- [11] DSTU-N B V.1.1-37:2016. Nastanjva chodo inzunernogo zahustu terutoriy, budivel' i sporud vid zsuviv ta obvaliv. Kyiv: Minregion Ukraini, 2017.
- [12] DSTU-N B V.1.1-40:2016. Nastanjva chodo proektuvannya budivel' i sporud na slabkuh gruntah. Kyiv: Minregion Ukraini, 2017.

ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С РЕКОНСТРУКЦИЕЙ ДАМБЫ ХАДЖИБЕЙСКОГО ЛИМАНА В Г. ОДЕССА

Анисимов К. И., доцент,

anisimov@ogasa.org.ua, ORSID: 0000-0002-0447-3927

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ул. Дидрихсона, 4, г. Одесса, 65029, Украина

Гуртина Л. Г., главный инженер,

gurtina@uniprom.com.ua, ORSID: 0000-0003-4521-1541

ОАО «УНИПРОМ»

ул. Предславинская, 39, г. Киев, 03150, Украина

Шуминский В. Д., к.т.н., доцент,

shumikvd@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8751-1983

Государственное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»

ул. Преображенская, 5/2, г. Киев, 03037, Украина

Аннотация. В статье приведен обзор современного состояния и предложены способы реконструкции дамбы Хаджибейского лимана. Данное гидротехническое сооружение защищает жилые районы и объекты инфраструктуры города Одессы от затопления водами лимана, и одновременно служит важной автомобильной магистралью, являющейся частью объездного пути вокруг города. Строительство дамбы Хаджибейского лимана началось в 1932 году в сложных инженерно-геологических условиях. В основе дамбы залегают современные лиманно-морские отложения, представленные супесчаными илами, заиленными суглинками, супесями, пылеватыми, мелкими и средними песками общей мощностью от 8 до 20 м, что усложняло проведение строительных работ и дальнейшую эксплуатацию дамбы из-за значительных оседаний илов в основе дамбы. Со временем это привело к уменьшению отметки верха дамбы и появлению негативных последствий в виде затоплению автодорога во время штормов и активного разрушения крепления верхового откоса дамбы из-за ненадежного и неэффективного его крепления из наброски строительного мусора из железобетонных плит, блоков и ригелей. На данный момент автодорога не имеет достаточной пропускной способности и нуждается в расширении, которое может быть осуществлено как в сторону акватории лимана, так и в противоположную сторону. Вследствие недостаточной высоты дамбы происходит активное разрушение ее верхового откоса из-за динамических волновых воздействий. Во время штормов дорожное покрытие заливадается водой, которая в зимний период образует наледь. Все это указывает на острую необходимость не только расширения дороги, но и наращивания высоты дамбы. Для обеспечения надежности эксплуатации дамбы Хаджибейского лимана следует провести ее реконструкцию с надстройкой дамбы до отметки 4,5 м и расширением гребня дамбы или в сторону акватории лимана (в сторону верхнего бьефа), или в сторону нижнего бьефа для повышения пропускной способности автомобильной дороги, которая проходит по дамбе.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, дамба, автодорога, просадка, крепление откосов, волноотбойная стенка, геосинтетические материалы.

**THE PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE RECONSTRUCTION OF THE
HADZHIBEY ESTUARY DAM IN ODESSA**

Anisimov K., Assistant Professor,
anisimov@ogasa.org.ua, ORSID: 0000-0002-0447-3927
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
4, Didrikhson str., Odessa, 65029, Ukraine

Gurtina L., Chief Engineer
gurtina@uniprom.com.ua, ORSID: 0000-0003-4521-1541
LLC «UNIPROM»
39, Predslavinska str., Kyiv, 03150, Ukraine

Shuminskii V., PhD, Assistant Professor,
shumikvd@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8751-1983
State enterprise «The State Research Institute of Building Constructions»
5/2, Preobragenska str., Kyiv, 03037, Ukraine

Abstract. The article provides an overview of the current state and suggests methods of reconstruction of the Khadzhibey estuary dam. This hydraulic structure protects residential areas and infrastructure of the city of Odessa from flooding by the estuary, and at the same time serves as an important highway, which is a part of the bypass around the city. The construction of the dam of the Khadzhibey estuary began in 1932 in difficult engineering and geological conditions. The basement of the dam is represented by modern estuary-marine sediments including sandy loams, silty loams, and sands with a total thickness of 8.0 to 20.0 m. Such geological conditions complicate the construction work and further operation of the dam due to significant subsidence of silts at the base of the dam. Over time, this led to a decrease in the dam's level and the emergence of negative consequences in the form of flooding of the road during storms and the active destruction of the fastening of the upper slope of the dam. At the moment, the highway does not have sufficient traffic capacity and needs to be expanded, which can be carried out both in the direction of the estuary water area and in the opposite direction. Due to the insufficient height of the dam, its uphill slope is actively destroyed by waves. During storms, the road surface is flooded with water, which in winter forms ice. All this indicates the urgent need not only to expand the road but also to increase the height of the dam. To make the dam fully operational, it should be reconstructed with a dam superstructure up to 4.5 m and an extension of the dam crest either towards the estuary water area or the opposite side to increase the capacity of the road.

Keywords: engineering and geological conditions, dam, road, subsidence, dam slope fastening, wave breaker wall, geosynthetic materials.

Стаття надійшла до редакції 01.02.2020