



УДК 627.21

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL METHODS
DURING THE RECONSTRUCTION OF HYDROTECHNICAL
STRUCTURESАНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СПОСОБІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ГІДРОТЕХНІЧНИХ
СПОРУД

Slobodianyk H. V. / Слободяник Г. В.

s.t.s., docent. / к.т.н., доцент

ORCID: 0000-0002-1453-6290

Pustovoy D. V. / Пустовой Д. В.

student / студент

Slobodianyk A. V. / Слободяник А. В.

student / студент

Odessa National Maritime University, Odessa, Mechnikova, 34, 65029

Одеський національний морський університет, Одеса, вул. Мечникова, 34, 65029

Анотація. Розвиток нових способів перевезень вантажів морським шляхом та поява спеціалізованих суден великої водотоннажності призвело до того, що більшу частину причального фронту портів України треба реконструювати. Не всі існуючі методи реконструкції та посилення можливо реалізувати у стиснених умовах мінімально порушуючи діяльність порту. В роботі проаналізовані деякі сучасні технології, які можливо використовувати при реконструкції та посиленні різних типів гідротехнічних споруд (причальних споруд, огорожувальних споруд, берегозахисних стінках, греблях). Це використання методу імплантації, ґрунтових анкерів, закріплення ґрунту основи та засипки. Приведено їх переваги та недоліки, приклади використання в сучасній гідротехніці.

Ключові слова: реконструкція, посилення, метод імплантації, ґрунтові анкери, струменева цементация ґрунтів.

Вступ.

Інтенсивний розвиток нових способів перевезень різних типів вантажів морським шляхом та поява спеціалізованих суден великої водотоннажності призвело до того, що більша частина причального фронту портів України морально застаріла в технічному відношенні. Багато існуючих причалів зараз експлуатуються за межами проектного терміну служби. Невідповідність їх технічних параметрів сучасним судам та методам обробки вантажів призводить до невиправданих економічних втрат.

Прагнення збільшити зростання вантажообігу портів за наявності існуючого причального фронту останнім часом призвело також до погіршення технічного стану причалів. До причин, що викликали цей процес, можна віднести:

- порушення правил технічної експлуатації причальних споруд (перевищення максимально допустимих експлуатаційних навантажень, нерегламентований навал суден при підході до причалу);
- відсутність достатніх коштів на проведення необхідних реконструктивних заходів;
- наростання процесів фізичного та морального зносу, пов'язаних із терміном експлуатації споруд.



Щоб конкурувати з портами інших держав, нарощуючи вантажообіг, потрібна термінова реконструкція (посилення) та модернізація причального фронту майже всіх українських портів [1].

Крім цього, в процесі експлуатації поступово знижується міцність конструкції, з'являються деформації, і, якщо не вжити запобіжних заходів з часом споруди руйнуються. Це може відбуватися повільно і непомітно і таким чином створювати уявлення повного благополуччя. В результаті можуть статися несподівані важкі аварії, яких можна було б легко уникнути.

При проектуванні і здійсненні робіт з реконструкції гідротехнічних споруд або посилення слід віддавати перевагу тим методам та варіантам, які в мінімальному ступені порушують експлуатаційну діяльність порту, або його частини, і які забезпечують виконання будівельно-монтажних робіт в найбільш короткий термін. К таким методам можливо віднести ті, при котрих відсутня необхідність в частковому розбиранні існуючої конструкції та розуцільнення ґрунту зворотньої засипки. При цьому немає необхідності у винесенні нової лінії кордону на великі відстані.

Викладення основного матеріалу.

У цій роботі розглянуті та проаналізовані способи реконструкції гідротехнічних споруд за допомогою сучасних технологічних засобів, які мінімізують втручання в існуючі споруди.

Новітнім методом на даний час є метод імплантації [2]. Це метод будівництва та реконструкції, який включає гідравлічне вдавлення елементів конструкції, що складаються з рами і основи, в землю з використанням статичного навантаження для створення стійких конструкцій (конструкцій імплантації), інтегрованих із землею.

Метод імплантації економить місце і дозволяє завчасно зводити конструкції без тимчасових робіт, просто втискуючи елементи конструкцій у землю. Завдяки простому та раціональному методу з використанням компактного системного обладнання, яке зводить до мінімуму діапазон впливу робіт, та високоякісних конструктивних елементів, зміни топографії зводяться до мінімуму, а вплив на довкілля при зведенні конструкцій зводиться до мінімуму. Крім того, переміщення або видалення можна легко виконати шляхом вилучення структурних елементів, і, таким чином, це метод будівництва, який втілює в собі функціонально-орієнтовані структури відповідно до життєвого циклу, придатного для вторинної переробки, наприклад, повторне використання віддалених матеріалів для іншої цілі.

Для методу імплантації використовується Silent piler [3]. Це гідравлічна машина для запресовування та виймання паль, винайдена компанією GIKEN у 1975 році. Вона являє собою перше в світі практичне застосування «принципу запресовування» та працює шляхом затискання кількох паль або шпунтових паль, уже вбудованих у землю, потім використовує силу опору витягу як силу реакції, щоб штовхнути наступну палі в землю за допомогою статичного навантаження, використовуючи гідравлічний тиск.

Легка та компактна машина без вібрації та шуму дає змогу будувати за різних обмежень. Вона використовується в різноманітних будівельних



середовищах: дороги, залізниці, аеропорти, енергетичні об'єкти, водопровідні та каналізаційні системи, річки, гавані, узбережжя, море, боротьба з ерозією та загальне будівництво.



Рисунок 1 – Silent piler

Ще одною системою є GRB System — це будівельна технологія, яка виконує всі роботи з укладання палів, такі як транспортування палів, закапування палів і запресовування поверх готових палів [2].

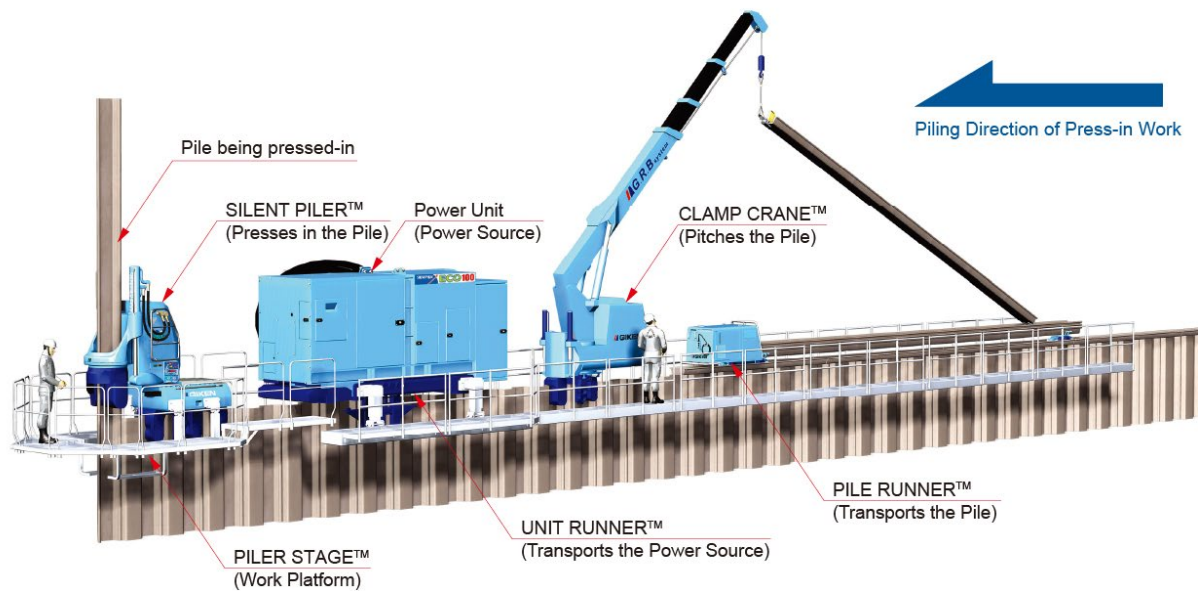


Рисунок 2 – GRB System

Вона складається з:

1. Clamp crane - це обладнання, яке використовується поверх готових палів для зведення наступних палів.
2. Unit runner — це обладнання, яке використовується поверх завершених палів для транспортування силового агрегату, який є джерелом живлення для машини для пресування.
3. Pile runner — це обладнання, яке використовується поверх завершених палів для транспортування палових матеріалів, таких як сталеві шпунтові палі та сталеві трубчасті палі.



Прикладом використання можливо привести плавуче місто Венеція, Італія (рис. 3). Цей красивий плавучий острів був побудований з нескінченної кількості палів модрина в заболочених місцях Адріатичного моря, і зараз він знаходиться на межі затоплення через підвищення рівня моря, спричиненого змінами атмосферного тиску та глобальним потеплінням. Таким чином, кілька одиниць системи GRB були розміщені для створення дамби імплантату протягом короткого періоду часу. Він захищає спадщину від затоплення, не впливаючи на історичні будівлі та повсякденне життя городян.



Рисунок 3 – Дамба у Венеції

Даний метод можливо використовувати без проведення тимчасових робіт та споруд на замкнутих чи обмежених майданчиках. Застосовується до широкого спектру властивостей стін і може охоплювати всі рівні висоти, що утримується, необхідні в сучасній будівельній галузі. Метод вдавлювання дозволяє виконувати встановлення палів у складних ґрунтових умовах, таких як камінь або змішаний ґрунт, підземні перешкоди або скелі.

Іншим методом реконструкції є метод використання ґрунтових анкерів.

Ґрунтові анкери — ефективний інструмент для реконструкції гідротехнічних споруд, який дозволяє укріпити конструкції та запобігти їх зміщенню та руйнуванню. Ґрунтові анкери активно використовуються в реконструкції гідротехнічних споруд, таких як дамби, берегоукріплення, шлюзи та схили. Анкери дозволяють забезпечити надійне зчеплення конструкції з ґрунтом і ефективно протистояти силам, які викликають зміщення або руйнування споруди під впливом води чи інших факторів [4].

Прикладом використання цього методу є реконструкція причалу №7 Одеського порту (рис. 4) [5-6].

Ґрунтові анкерні конструкції являють собою конструкцію, призначену для передачі навантажень від конструкції, яку фіксують, безпосередньо до несучих шарів ґрунту.

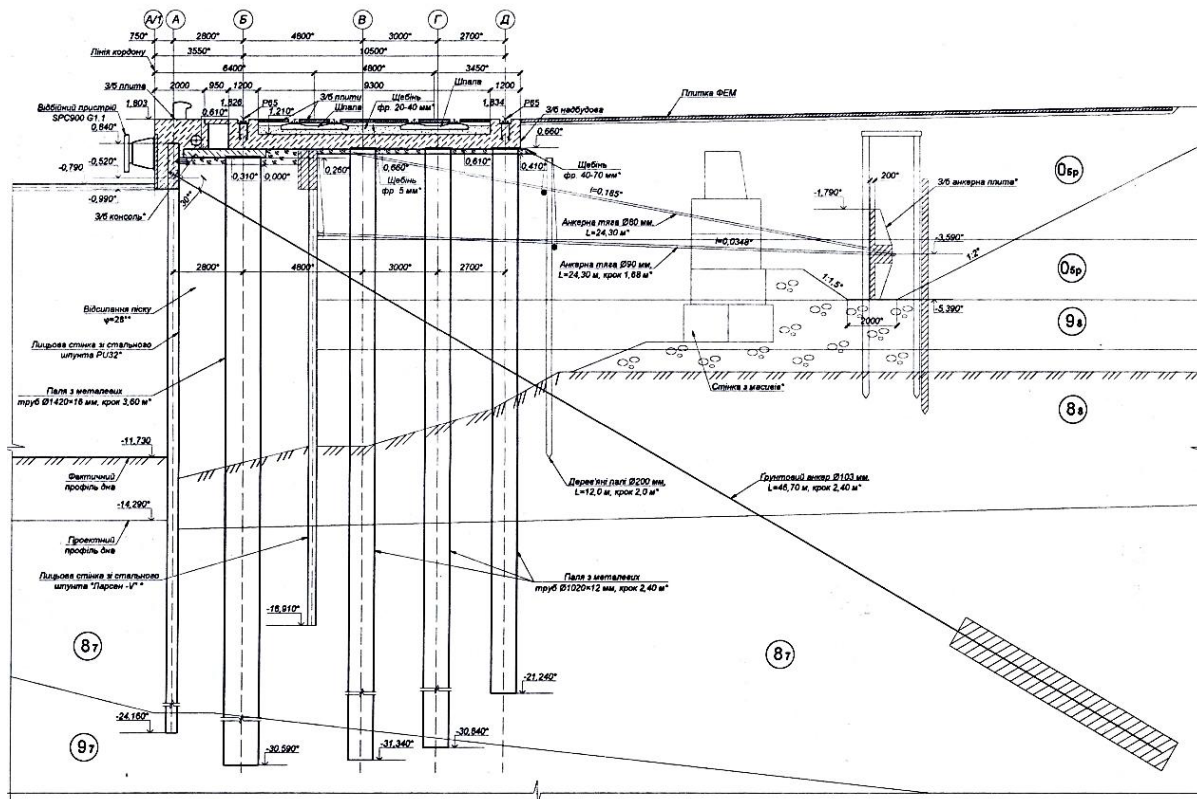


Рисунок 4 – Причал №7 Одеського порту

Подібного виду кріплення можна застосовувати при роботі з обгородженими котлованами. Застосування ґрунтового анкера при монтажі котловану гарантує легкість зведеної конструкції, дозволить вести будівельні роботи поруч з готовою спорудою, при цьому відсутня будь-яка загроза деформацій. Ґрунтові анкерні кріплення звільняють внутрішній простір котлованів, що сприяє легкому і швидкого проведення будівництва.

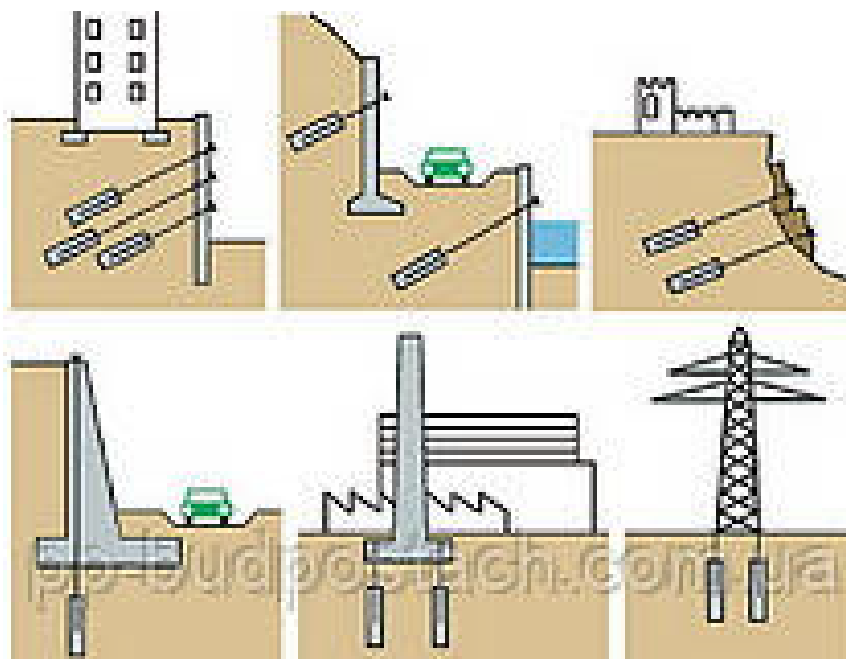


Рисунок 5 – Приклади використання ґрунтових анкерів



Широку популярність придбала попередньо-навантажена фіксація ґрунтового анкера. Саме вона допомагає запобігти ущільненню ґрунтових поверхонь уздовж котловану. Фіксація анкерами часто зустрічається при будівництві на різноманітних типах ґрунту. Виняток — просідаючі ґрунти.

Анкерна фіксація включає в себе такі складові: найважливіша частина ґрунтової анкерної системи, її оголовок, що дозволяє переносити навантаження від деталі, яка фіксується на несучій частині, на саму тягу фіксатора; безпосередньо тяга, що переносити всю тяжкість від самої важливої деталі, оголовка, на корінь кріплення; сам корінь — складова, що переносити тяжкість до ґрунту від тяги кріпильних систем.

Ґрунтові анкери найчастіше монтують за допомогою буріння без промивання або ж з нею. Після буріння проводять установку безпосередньо анкерних стрижнів.

Переваги використання ґрунтових анкерів – надзвичайно висока несуча здатність, не потрібне створення котлованів, висока ступень виготовлення.

Третім методом реконструкції гідротехнічних споруд є струменева цементация ґрунтів [7].

Технологія струменевої цементации ґрунтів з'явилася практично одночасно в трьох країнах — Японії, Італії, Англії. Інженерна ідея виявилася настільки плідною, що протягом останнього десятиліття технологія струменевої цементации миттєво поширилася по всьому світу, дозволяючи не тільки більш ефективно вирішувати традиційні завдання, але і знайти нові рішення інших численних складних проблем в галузі підземного будівництва.

Технологія JET GROUTING (рис. 6) полягає у використанні кінетичної енергії струменя цементного розчину, що спрямовується на руйнування і перемішування ґрунту в масиві без створення в ньому надлишкового тиску.

На першому етапі спеціально обладнаною під JET GROUTING буровою установкою буриться пілотна свердловина діаметром 73–90 мм. Буріння проводиться до розрахункової глибини, яка визначається проектом, з попереднім промиванням водним розчином під тиском, що не перевищує 50 атм. Зрошення подається безпосередньо на ріжучий інструмент (бурову шарошку).

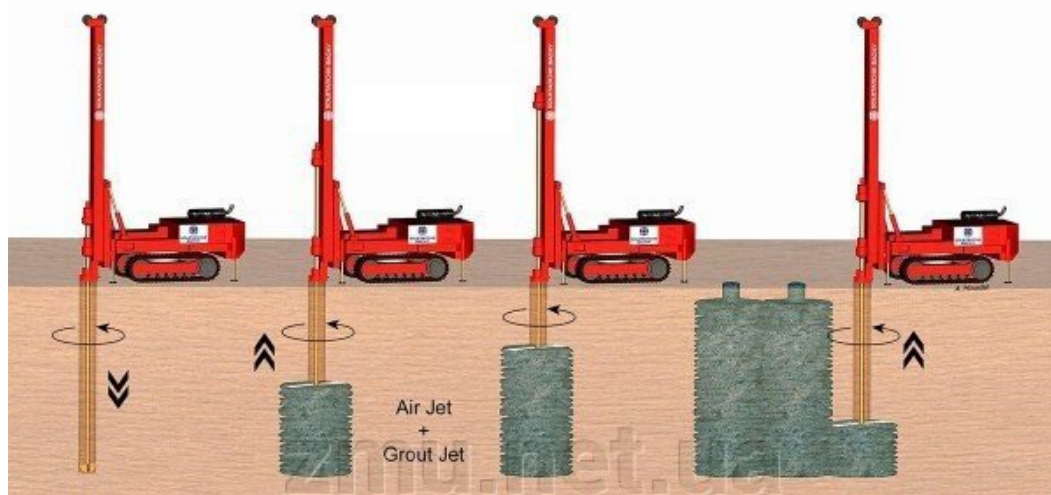


Рисунок 6 – Схема струменевої цементации JET GROUTING



На наступному етапі насосом високого тиску подається водоцементний розчин під тиском 450-500 атм. Цим високим тиском перебивається канал зрошення і відкриваються 2 отвори, в яких встановлені сопла діаметром 0.8–3.0 мм. Повільно обертаючи (обороти 10–25 об. / хв) і, повільно підіймаючи бурову колону, відбувається розрізання і перемішування ґрунту високої кінетичної енергії струменя, яка вивергається з вищевказаних сопел. Виготовлені за цією технологією палі можуть армуватися.

У порівнянні з традиційними технологіями ін'єкційного закріплення ґрунтів, струменева цементация дозволяє зміцнювати практично весь діапазон ґрунтів — від гравійних відкладів до дрібнодисперсних глин і мулів.

Іншою важливою перевагою технології є надзвичайно висока передбачуваність результатів зміцнення ґрунтів. Це дає можливість вже на етапі проектування та укладення підрядних договорів досить точно розрахувати геометричні та характеристики міцності створюваної підземної конструкції (паля, ділянка підпірної стінки), а відповідно — трудовитрати, матеріали та вартість підрядних робіт.

При реконструкції гідротехнічних споруд можливе підсилення пального основи чи закріплення ґрунту перед та за спорудою, надаючи ґрунту основи нові фізико-механічні властивості (рис. 7).

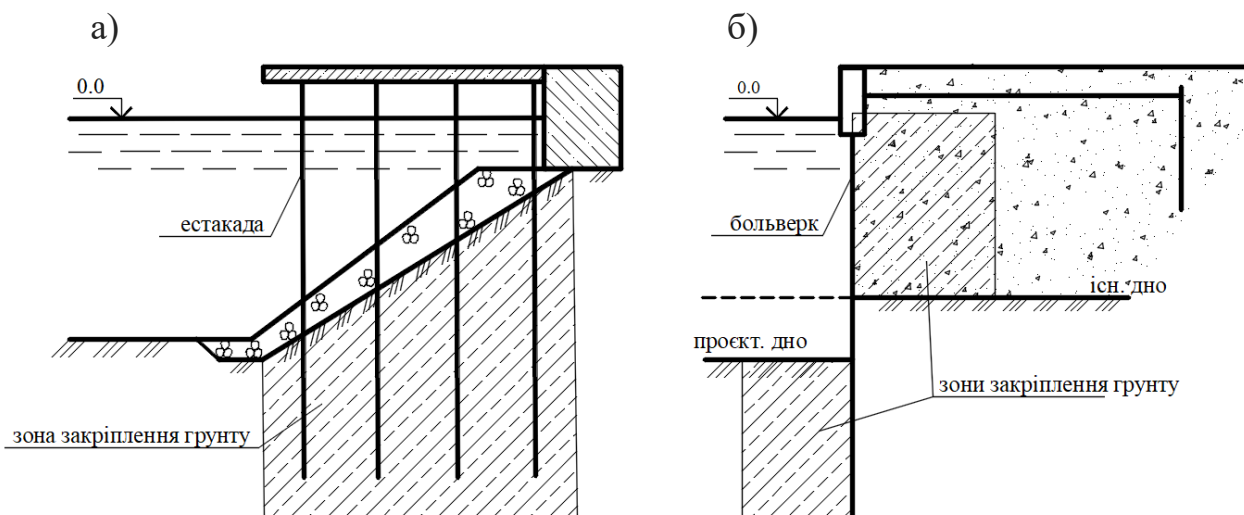


Рисунок 7 – Закріплення ґрунту:

а – посилення оторочки-естакади; **б** – посилення оторочки-большверк

Переваги технології:

1. Висока швидкість споруди ґрунтоцементних паль;
2. Можливість роботи в обмежених умовах — в підвальних приміщеннях, поблизу існуючих будівель. В цьому випадку на об'єкті встановлюється тільки малогабаритна бурова установка, а весь ін'єкційний комплекс розташовується на більш зручному віддаленому майданчику;
3. Армування каркасом арматури;
4. Відсутність ударних навантажень, так як на відміну від забивання залізобетонних паль пристрій ґрунтоцементних паль не супроводжується



негативним ударним впливом на фундаменти близько розташованих будівель і споруд.

Висновок.

Загальними перевагами застосування розглянутих технологічних методів реконструкції и посилення гідротехнічних споруд є відсутність необхідності в частковому розбиранні старої конструкції та розуцільнення ґрунту засипки; немає необхідності у винесенні нової лінії кордону на великі відстані; висока швидкість проведення робіт.

Також до переваг розглянутих технологій слід віднести їх економічність, високу продуктивність, можливість ведення робіт у обмежених умовах, відсутність шуму та вібрацій під час виконання робіт, екологічна чистота всіх технологічних операцій, можливість виконання робіт у заданому інтервалі глибин.

Література

1. Проекты Вецкаганса: какие причалы модернизирует и построит АМПУ. URL:https://cfts.org.ua/articles/esche_12_proektov_vetskagansa_kakie_prichaly_moderniziruet_i_postroit_ampu_1204 (дата звернення: 23.03.2023).

2. <https://www.giken.com/en/wp-content/uploads/Disaster-Mitigation-Technologies.pdf>

3. <https://www.bosai-jp.org/en/solution/detail/4>

4. <https://alfabud.com.ua/ua/p996837324-vlashtuvannya-ankerov-gruntovyh.html>

5. Пояснювальна записка ДП АМПУ, частина 2. URL:<https://mtu.gov.ua>. (дата звернення: 23.03.2023).

6. Дослідження та вдосконалення конструкторсько-технологічних рішень гідротехнічних споруд. Частина 1: серія монографій/ Аналіз впливу природних умов портів «Великої Одеси» на створення глибоководної портової інфраструктури / [авт. кол. Дубровський М.П., Рогачко С.І., Хонелія Н.Н. та ін.] за ред. М.П. Дубровського. - Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2021 – 135 с.

7. <https://osnova-group.com.ua/uk/rishennya/tehnologii/jet-grouting>

References.

1. Proyeekty Vetskagansa: kakiye prichaly moderniziruyet i postroit AMPU. URL:https://cfts.org.ua/articles/esche_12_proektov_vetskagansa_kakie_prichaly_moderniziruet_i_postroit_ampu_1204 (дата звернення: 23.03.2023).

4. <https://www.giken.com/en/wp-content/uploads/Disaster-Mitigation-Technologies.pdf>

5. <https://www.bosai-jp.org/en/solution/detail/4>

4. <https://alfabud.com.ua/ua/p996837324-vlashtuvannya-ankerov-gruntovyh.html>

5. Poyasnitel'naya zapiska kafedry gosudarstvennogo upravleniya USPU, chast' 2. URL: <https://mtu.gov.ua>. (data publikatsii: 23.03.2023).

6. Dal'neyshiye issledovaniya i uglublennoye razvitiye proyektno-tekhnologicheskikh resheniy gidrotekhnicheskikh sporov. Chast' 1: seriya monografiy / Analiz pritoka prirodnykh umov iz portov «Velikoy Odessy» na sozdaniye glubokovodnoy portovoy infrastruktury / [avtor. graf Dubrovskiy M.P., Rogachko S.I., Khonelya N.N. i dr.] pod red. M.P. Dubrovskogo. - Odessa: KUPRIYENKO SV, 2021 – 135 s.

7. <https://osnova-group.com.ua/uk/rishennya/tehnologii/jet-grouting>



Abstract. The development of new methods of cargo transportation by sea and the emergence of specialized large-displacement vessels have led to the fact that most of the berth front of Ukrainian ports must be reconstructed. Not all existing methods of reconstruction and strengthening can be implemented in tight conditions with minimal disruption to port operations. The paper analyzes some modern technologies that can be used in the reconstruction and strengthening of various types of hydraulic structures (berthing structures, fencing structures, coastal protection walls, dams). This is the use of the implantation method, soil anchors, soil stabilization of the foundation and backfill. Their advantages and disadvantages, examples of use in modern hydraulic engineering are given. The considered methods use modern equipment, the advantages of which include their cost-effectiveness, high productivity, the ability to carry out work in limited conditions, the absence of noise and vibration during work, environmental friendliness of all technological operations, the ability to perform work in a given depth range.

Key words: reconstruction, strengthening, implantation method, soil anchors, jet grouting of soils.

Стаття відправлена 07.01.2024

© Слободяник Г.В.