

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний морський університет

КАЛЮЖНИЙ ОЛЕКСІЙ ВІКТОРОВИЧ



УДК 627.24:624.12/13.004

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ВОДНОТРАНСПОРТНИХ ПОРТОВИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ
СПОРУД ГРАВІТАЦІЙНО-ПАЛЬОВОГО ТИПУ**

Спеціальність 05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2020 р.

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеському національному морському університеті (ОНМУ) Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Дубровський Михайло Павлович,
Одеський національний морський університет
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри «Морські і річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація»

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Грицук Ігор Валерійович,
Херсонська державна морська академія
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок

кандидат технічних наук, доцент
Тарасенко Тетяна Владиславівна,
Дунайський інститут Національного університету
«Одеська морська академія»
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри інженерних дисциплін

Захист дисертації відбудеться 26 листопада 2020 року о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.41.060.01 в Одеському національному морському університеті за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічній бібліотеці ім. проф. Г.К. Сулова Одеського національного морського університету за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34.

Автореферат розісланий 22.10 2020 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради Д.41.060.01

кандидат технічних наук

Олексій ДРОЖЖИН



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Економічний і соціальний розвиток України передбачає значний розвиток транспортної галузі, зокрема, водного транспорту. Ілюстрацією відміченого служать поточні і перспективні масштабні проекти будівництва, модернізації і реконструкції перевантажувальних комплексів у великих портах і України (Одеса, Південний, Чорноморськ, Маріуполь та ін.). Традиційні конструкторсько-технологічні рішення портових гідротехнічних споруд значною мірою вичерпали ресурси оптимізації.

Складність інженерно-геологічних умов значної частини морського узбережжя України у поєднанні з високою інтенсивністю експлуатаційних навантажень на портові гідротехнічні споруди обумовлюють необхідність розробки нових ефективних конструкцій і технологій, у тому числі споруд змішаного типу.

У зв'язку з цим розробка інноваційних підходів при технічній експлуатації воднотранспортних споруд, що поєднують забезпечення необхідних параметрів міцності, стійкості і надійності з економічно ефективними вдосконаленнями, може стати важливим чинником при реалізації поставлених масштабних завдань транспортної галузі.

Одним з основних навантажень, що сприймаються причальними спорудами розпірного типу при їх експлуатації, є боковий тиск ґрунту, тому актуальними є дослідження зв'язку навантаження від бічного тиску ґрунту з величиною деформацій споруди, тобто методи, що оперують кінематичними параметрами системи «споруда – ґрунтове середовище».

Наші розробки присвячені вдосконаленню засобів водного транспорту у вигляді гравітаційно-пальових воднотранспортних портових гідротехнічних споруд, що поєднують основні експлуатаційні переваги традиційних жорстких підпірних стінок і технологічність пальової основи, та методів їх технічної експлуатації

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційна робота пов'язана з вирішенням комплексних проблем, які розроблюються кафедрою «Морські і річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» (МРПВШіТЕ) Одеського національного морського університету за темами Міністерства освіти і науки України: (1) Розробка методів забезпечення експлуатаційної і екологічної надійності воднотранспортних споруд України для інфраструктури міжнародних транспортних коридорів (номер державної реєстрації роботи 0102V005393), (2) Розробка єдиних теоретичних основ взаємодії жорстких і гнучких елементів із суцільним і водним середовищами (0106U001269), (3) Екологічно ефективні та економічні конструкторсько-технологічні рішення підпірних стінок воднотранспортних споруд (011U001978), (4) Розробка методів забезпечення ефективного функціонування інфраструктури водних шляхів (0109U000815).

Ці розробки відповідають також держбюджетним науково-дослідним роботам, що розроблялись кафедрою МРПВШіТЕ за темами «Вдосконалення методів проектування, будівництва та експлуатації гідротехнічних споруд» (2012-2014 рр.), а також «Дослідження та розробка сучасних методів та інноваційних рішень проектування, будівництва та експлуатації гідротехнічних споруд» (2015-2016 рр.).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертації є вдосконалення методів технічної експлуатації воднотранспортних споруд гравітаційно-пального типу і дослідження напружено-деформованого стану (НДС) системи «портова гідротехнічна споруда – ґрунтова основа» з урахуванням кінематичних факторів і особливостей роботи споруд, що піддаються в процесі їх експлуатації дії навантажень від бокового тиску ґрунту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- вдосконалити конструкції гравітаційно-пальових портових гідротехнічних споруд, які розширюють сферу їхнього застосування у портовій гідротехніці і підвищують надійність їх технічної експлуатації;
- провести аналіз експериментальних даних щодо специфіки роботи досліджуваних споруд, вдосконалення кінематичної розрахункової моделі системи «ґрунтове середовище – підпірна стінка гравітаційного типу» і розробки розрахункових методів її реалізації;
- провести чисельне моделювання НДС досліджуваних систем на основі розробленої розрахункової моделі.

Об'єктом дослідження є особливості процесу технічної експлуатації воднотранспортних портових гідротехнічних споруд гравітаційно-пального типу.

Предмет дослідження – воднотранспортні портові гідротехнічні споруди гравітаційно-пального типу.

Методи дослідження – теоретичні та експериментальні методи теорії споруд, включаючи чисельне моделювання системи «споруда – ґрунтове середовище»

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

Вперше:

1. Розроблено інноваційне конструкторсько-технологічне рішення портової гідротехнічної споруди гравітаційно-пального типу для використання при будівництві і технічній експлуатації засобів водного транспорту, на що отримано патент України.

2. Розроблено нові підходи до визначення навантажень на воднотранспортні споруди від бокового тиску ґрунту для їх проектування та технічній експлуатації.

3. Досліджено вплив кінематики системи «гідротехнічна споруда змішаного типу – ґрунтове середовище» на сприйняття навантажень від бокового тиску ґрунту і отримано нові результати для оцінки напружено-деформованого стану даної системи.

Вдосконалено та отримало подальший розвиток:

– методи технічної експлуатації портової гідротехнічної споруди гравітаційно-пального типу за рахунок уточнення взаємозв'язку між переміщеннями/деформаціями конструкції і навантаженнями.

Практична значущість отриманих результатів. Розроблене інноваційне конструкторсько-технологічне рішення гідротехнічної споруди гравітаційно-пального типу дозволяє удосконалити методи проектування, будівництва і технічної експлуатації воднотранспортних споруд, забезпечує підвищення їх економічних та експлуатаційних параметрів. Запропоновані підходи при розробці кінематичної моделі системи «ґрунтове середовище – портова споруда» дозволяють більш точно, ніж традиційні методи, описати реальні умови взаємодії споруди, яка

експлуатується, з ґрунтовим середовищем, а отже, оцінити фактичну несучу спроможність системи.

Практичну цінність мають наступні результати:

- інноваційне конструкторсько-технологічне рішення портової гідротехнічної споруди гравітаційно-пального типу;
- метод визначення навантаження на гідротехнічні споруди розпірного типу від бокового тиску ґрунту з урахуванням його кінематики.

Основні результати, які отримано в дисертаційному дослідженні знайшли застосування у розробці конструкторсько-технологічних рішень та методики розрахунку при виконанні науково-дослідних робіт в Одеському національному морському університеті, у навчальному процесі на факультеті водотранспортних і шельфових споруд ОНМУ, а також при реалізації проекту реконструкції причалу № 9 Південного морського торговельного порту.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи одержано автором самостійно, або за його безпосередньою участю. У статтях [1] і [2], які опубліковані у співавторстві, здобувачу належить розробка методу реалізації кінематичного підходу до аналізу роботи портової причальної споруди розпірного типу; у статті [3] проаналізовано особливості технічної експлуатації портових гідротехнічних споруд при їх взаємодії із ґрунтовим середовищем; у статті [4] запропоновано ефективні конструкторсько-технологічні рішення портових споруд; у статті [5] запропоновано підхід, який дозволяє урахувувати потенціальні переміщення підпірної стінки водотранспортної споруди, що експлуатується; у статті [6] запропоновано новий підхід до визначення бокового тиску ґрунту на підпірну стінку у стані спокою; у доповідях [7, 8, 9] проаналізовано взаємозв'язок деформацій споруди і величин бокового тиску ґрунту на нього; у статтях [10, 11] автором розглянуто і проаналізовано інноваційні розробки конструкцій гравітаційно-пального типу та типу больверк і технологічних рішень для їх реалізації; у статті [12] автором проаналізовано сучасний стан портових причальних споруд у вітчизняних портах. У патенті [13] автором запропоновано нове конструкторсько-технологічне рішення для споруд гравітаційно-пального типу.

Апробація результатів дослідження. Основні результати роботи пройшли апробацію на 4-й (2000 р.), 5-й (2003 р.), 6-й (2004 р.) Українських науково-технічних конференціях з механіки ґрунтів і фундаментобудування; на XIII Європейській конференції з механіки ґрунтів і геотехніки у Празі (2003 р.), на XVI Міжнародній конференції з механіки ґрунтів і геотехніки в Осаці (2005 р.), на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу і наукових співробітників ОНМУ (2000-2016 рр.); на науково-технічній Раді лабораторії досліджень конструкцій гідротехнічних споруд ЧорноморНДІпроекту (2000-2019 рр.).

Публікації. Відповідно до теми дисертації опубліковано 13 праць, в яких представлено основні результати, у тому числі 3 доповіді на українських і міжнародних науково-технічних конференціях з механіки ґрунтів і геотехніки (одна доповідь індексована у Scopus), 7 статей у журналах, що входять до переліку фахових видань України, 2 статті в зарубіжних журналах (індексуються в наукометричних базах), один патент України.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і 4 додатків. Повний обсяг дисертації становить 169 сторінок; з них 135 сторінок основного тексту, 12 сторінок списку використовуваних джерел, 9 сторінок додатків, 13 сторінок займають рисунки. Основна частина містить 53 рисунки, 5 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У **Вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету і завдання дослідження, оцінено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, особистий внесок автора.

У **першому розділі** розглянуто гравітаційно-пальові конструкції і методи їх технічної експлуатації; обґрунтована необхідність вдосконалення водотранспортних портових гідротехнічних споруд змішаного типу.

Стійкість гравітаційно-пальових споруд при дії зовнішніх навантажень забезпечується спільною роботою гравітаційної частини і паль. Найбільш ефективним таке поєднання є при будівництві і експлуатації споруд на порівняно слабких ґрунтах малої потужності, що підстилають міцнішими, особливо в сейсмічно активних районах. Розробка та всебічне дослідження конструкції змішаного типу, яке об'єднує переваги двох основних типів споруд і позбавленої властивих їм недоліків, дозволить істотно розширити сферу застосування такої змішаної конструкції і забезпечити реалізацію універсальних конструкторсько-технологічних рішень у максимально широкому діапазоні інженерно-геологічних та експлуатаційних умов.

Основні пропозиції щодо використання гравітаційно-пальових і розпірно-пальових споруд запропоновано в останній чверті ХХ сторіччя. Вони охоплювали як деякі конструкторсько-технологічні рішення (дослідження М.П. Дубровського, М.Б. Пойзнера та ін.), так і сферу фізичного експерименту (лабораторні досліди С.В. Курилло, С.М. Левачева, А.Ф. Луніна та ін.). Теоретичні і прикладні підходи, які дозволяють розробити ефективні методи розрахунку і проектування гравітаційно-пальових споруд і застосувати їх у практиці будівництва, були запропоновані у працях М.П. Дубровського, М.Б. Пойзнера, М.І. Драненко, Д.А. Шварцмана та ін.

Деякі основні конструктивні рішення, що розроблені для використання в портовій гідротехніці, представлено на рис. 1.

Типовий гравітаційно-пальовий модуль даного типу споруд складається із пальової опори 1 (рис. 1, а), зануреної в основу і забезпеченою п'ятою 2, розміщеною на рівні дна, а також залізобетонних блоків 3, насаджених на палю.

Вага блоків і можливе експлуатаційне навантаження передаються пальовою опорою на шари ґрунтової основи, що залягають нижче. При цьому можливі горизонтальні навантаження сприймаються силами тертя на контакті між блоками, а також між нижнім блоком і опорною п'ятою. Можливі варіанти конструктивного рішення портових гідротехнічних споруд з використанням даного типового гравітаційно-пальового модуля показані на рис. 1.

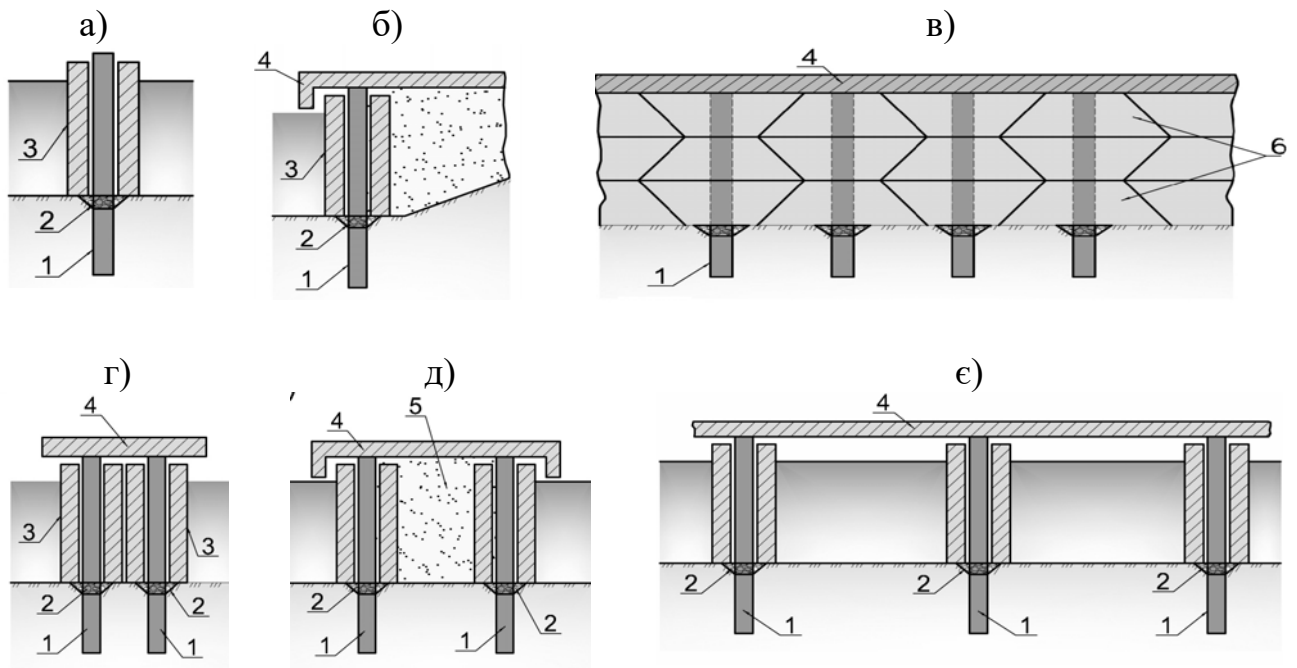


Рис. 1. Портові споруди гравітаційно-пального типу:

- а – типовий гравітаційно-пальовий модуль;
- б – поперечний розріз набережної розпирного типу;
- в – споруда з використанням трапецеїдальних бетонних масивів;
- г, д – двоярядні конструкції гідротехнічних споруд (вузький і широкий пірс);
- е – причальна споруда мостового типу

У другому розділі проаналізовано сучасний стан проблеми дослідження портових гідротехнічних споруд змішаного типу та їх технічної експлуатації.

Фізичне моделювання гравітаційно-пальових споруд, зважаючи на складність їх конструкції, раніше детально не проводилось. З відомих дослідів в першу чергу заслуговують увагу проведені на початку і в середині 80-х років ХХ століття в Московському інженерно-будівельному інституті комплексні експериментальні досліджування моделей гравітаційно-пальових споруд.

Аналіз отриманих у цих дослідах результатів дозволив відмітити наступне. Спроможність сприймати горизонтальне навантаження (при одних і тих же горизонтальних зміщеннях) у комбінованої споруди в 1,4-1,5 разів вище, ніж у самотійно працюючої плити. Вичерпання несучої спроможності гравітаційно-пальнової конструкції відбувається при набагато більших переміщеннях, ніж у поодинокого штапу, а вплив палі на плиту не залежить від способу її закріплення у плиті. В цілому проведені експерименти показали ефективність застосування паль для збільшення несучої спроможності гравітаційних споруд.

Розвиток методів розрахунку портових гідротехнічних споруд, що взаємодіють із ґрунтовим середовищем, здійснювався як шляхом оцінки їх граничного стану без урахування деформацій споруди, так і на основі деформаційних методів, які розглядають дограничну стадію роботи споруди. Базовими для розвитку напряму, оснований на теорії суцільного середовища, стали праці М.П. Пузиревського, К. Терцагі, М.М. Герсєванова. Вони обґрунтували

принципову можливість описувати напружено-деформований стан ґрунтового масиву за допомогою рішень теорії пружності. Розвитком цих ідей стали праці М.М. Гольдштейна, М.І. Горбунова-Посадова, К.Є. Єгорова, Д.Є. Польшина, В.А. Флоріна, М.О. Цитовича, В.О. Гришина, І.П. Бойко, В.В. Ковтуна, О.В. Школи та інших дослідників.

В останній час у численних розрахунках перевага віддається методу кінцевих елементів (МКЕ), виключна ефективність котрого обумовила широке його застосування у різноманітних розрахунках конструкцій, споруд і ґрунтових середовищ (праці Л.О. Розина, О.К. Бугрова, В.О. Гришина, О.Л. Гольдіна, С.Б. Ухова, В.В. Семенова, А.В. Гришина та ін.).

П.І. Яковлєв запропонував для урахування дограничних зміщень стінки підставляти в розрахункові формули розробленої ним технічної теорії граничного напруженого стану проміжні значення кутів мобілізованого внутрішнього тертя і тертя ґрунту по стінці, що відповідають зміщенню стінки.

Істотно просунувся у вирішенні даної проблеми Ф.М. Шихієв, що розробив теоретичний метод визначення тиску ґрунту на підпірні стінки з урахуванням їх деформацій і за умови, що в піщаній засипці є області, що знаходяться як в дограничному, так і граничному напруженому станах. У розвиток теорії Ф.М. Шихієва В.Т. Бугаєвим отримано наближене рішення задачі про розподіл бічного тиску ґрунту по висоті жорсткої підпірної стінки.

Розроблений М.П. Дубровським «кінематичний метод» ґрунтується на наступних основних передумовах:

- напружений стан в довільній точці на контактї споруди із ґрунтом визначається відношенням горизонтального переміщення $u(z)$ точки до глибини її розташування z . При $u(z)/z < \alpha$, ґрунт на глибині z перебуває в дограничному, а при $u(z)/z > \alpha$ – граничному напруженому стані. На підставі відомих експериментальних приймається, що при утворенні активного тиску $\alpha = \alpha_0 \cong 0,01 - 0,0015$, а при виникненні пасивного тиску $\alpha = \alpha_0 \cong 0,01 - 0,03$;

- межа зон граничного і дограничного напруженого стану ґрунту (або висота h зони контакту ґрунту, що знаходиться у граничному стані, зі спорудою) може бути знайдена з умови $u(h)/h = \alpha$, для використання якої слід задати вид функції $u(z)$, що визначається характером деформацій споруди (наприклад, для жорстких конструкцій ця функція лінійна і при поступальних переміщеннях $u = const$ і $h = u/\alpha$);

- кути відхилення рівнодійної бокового тиску ґрунту від нормалі до контактної грані споруди і рівнодійної реактивного тиску масиву ґрунту позаду призми розпору (або відпору) від нормалі до границі цієї призми приймаються для зони граничного напруженого стану висотою h рівними кутам внутрішнього тертя ґрунту φ і контактного тертя $\delta = k \cdot \varphi$ ($0 \leq k \leq 1$), а для зони дограничного напруженого стану висотою $H-h$ відповідно δ' і φ'

$$\delta' = \delta_0 + n(\delta - \delta_0), \quad \varphi' = \varphi_0 + n(\varphi - \varphi_0),$$

де n – параметр, що залежить від співвідношення розмірів зон граничного і дограничного напружених станів ґрунту;

φ_0 – умовний кут внутрішнього тертя зв'язного ґрунту при тиску у стані спокою визначається за розглянутими нижче рекомендаціями;

$\delta_0 = k \cdot \varphi_0$ – умовний кут контактного тертя при тиску в стані спокою.

Загальна схема рішення ґрунтується на послідовному розгляді граничного та дограничного напруженого стану ґрунту, взаємодіючого зі спорудою, для оцінки його проміжного деформованого стану. Рівнодіюча E бокового тиску ґрунту на споруду може бути визначена для кожного проміжного деформованого стану як сума двох її складових: граничної E_e , діючої на ділянці h , і дограничної E' , діючої на ділянці висотою $H-h$, відповідно до виразу $E = [E_e^2 + E'^2 + 2 \cdot E_e \cdot E' \cdot \cos(\delta_e - \delta')]^{1/2}$.

Виконане порівняння експериментальних і розрахункових даних показало їх прийнятну для інженерних розрахунків збіжність.

Боковий тиск ґрунту у стані спокою, поряд з активним і пасивним тисками, є однією з основних характеристик, використовуваних при аналізі напружено-деформованого стану системи «підпірна стінка – ґрунтове середовище». Роль цього параметра особливо важлива при розгляді жорстких споруд, деформації яких не є достатніми для реалізації граничного напруженого стану у взаємодіючих із ними ґрунтових масивах. У той же час, слід зазначити, що боковий тиск ґрунту у стані спокою вивчено поки недостатньо повно.

У раніше опублікованих роботах М.П. Дубровського було введено поняття «порогу гравітації», обумовленого нерівністю значень тиску ґрунту у стані спокою, відповідних потенційному переміщенню підпірної стінки в напрямках від ґрунту (при утворенні розпірного тиску) і на ґрунт (при утворенні відпорного тиску).

До теперішнього часу не було проведено аналіз впливу порогу гравітації на умови експлуатації і визначення техніко-економічних параметрів підпірних стінок.

У третьому розділі виконано аналіз навантажень на гравітаційно-пальові конструкції від тиску ґрунту у стані спокою.

Підпірні стінки гравітаційно-пальових споруд у силу їх конструктивних особливостей є досить жорсткими, з незначними бічними переміщеннями при дії основних експлуатаційних навантажень, характерних для портових причальних споруд. У зв'язку з цим істотну роль відіграє достовірна оцінка тиску ґрунту у стані спокою, який прийнято виражати через коефіцієнт бічного тиску K_0 . На основі аналізу відомих пропозицій для обчислення коефіцієнта K_0 для нормально ущільнених ґрунтів виділено наступні:

- застосування співвідношень механіки гранульованого середовища;
- застосування формули Які;
- використання моделі, що оперує кутом мобілізованого внутрішнього тертя (формула Вержбицького);
- емпіричні залежності.

Після порівняння теоретичних співвідношень і експериментальних даних для розрахунку коефіцієнта K_0 можуть бути рекомендовані залежність Вержбицького $K_0 = \operatorname{tg}^2(45 - \varphi_0/2)$; $\varphi_0 = 2\varphi/3$ і формула Які $K_0 = 1 - \sin \varphi$. В цілому ж коефіцієнт K_0 доцільно розглядати як складний параметр природної анізотропії, обумовленої напруженим станом ґрунтової основи. При аналізі тиску ґрунту у стані спокою проаналізовано дані відомих експериментальних досліджень, виконаних із

застосуванням високоточної вимірювальної апаратури (наприклад, досліди Р.В. Лубьонова і П.І. Яковлева та ін.). На їх підставі можна вважати, що за аналогією з утворенням у граничному стані призми розпору або відпору, тиску ґрунту на нерухому стінку відповідає деяка умовна призма стану спокою. Розміри цієї призми перевершують габарити призми сковзання в момент граничної рівноваги.

Логічно припустити, що при протилежному напрямку переміщення споруди (навал на ґрунт) габарити призми, що відповідає нерухомій стінці, будуть зростати до розмірів призми, що відповідає пасивному тиску. Отже, тиск, що відповідає початковому етапу формування напруженого стану ґрунту при потенційному зсуві убік на ґрунт (назвемо його передвідпірний тиск), буде більше тиску, що відповідає початковому етапу формування напруженого стану ґрунту при потенційному зсуві в напрямку від ґрунту (назвемо його передрозпірним тиском). Оскільки за характером формування і реалізації передвідпірний тиск аналогічний відпірному тиску, то для обчислення його значень доцільно застосувати розрахункові залежності відпірного тиску, використовуючи значення кута внутрішнього тертя ґрунту, яке відповідає його поточному напружено-деформованому стану.

Чинні нормативні документи рекомендують розраховувати тиск ґрунту у стані спокою як активний при деякому умовному куті внутрішнього тертя ґрунту. Запропонований же підхід представляється більш загальним, який відображає реальну картину формування напружено-деформованого стану системи «підпірна стінка – ґрунтове середовище».

Таким чином, напружений стан ґрунту на контактi з нерухомою підпірною стінкою в досліджуваній моделі описується не точкою e_0 на осі тиску (як у традиційному підході) – рис. 2, а, а відрізком Δe_0 , обмеженим знизу значенням e_{0a} (тиск спокою, визначений за залежностями для розпiрного тиску), а зверху – значенням e_{0p} (тиск спокою, визначений за залежностями для відпорного тиску) – рис. 2, б.

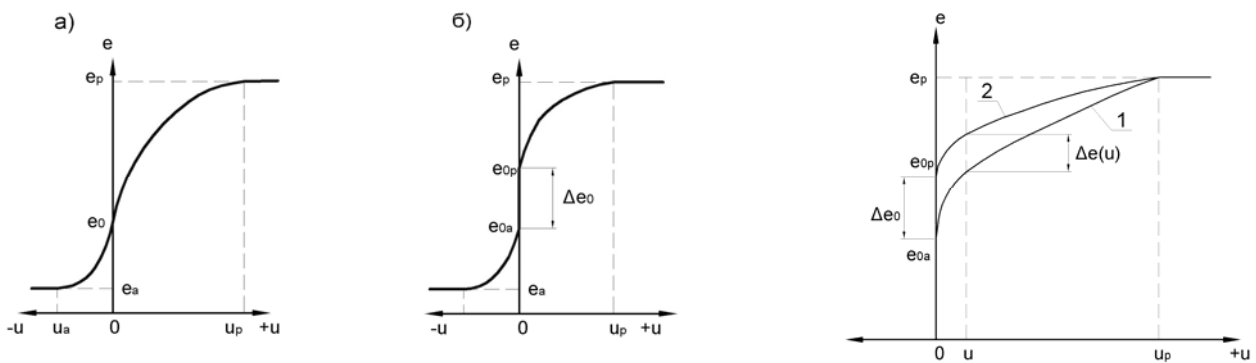


Рис. 2. Графік визначення бічного тиску ґрунту на підпірну стінку:
 (а) без урахування «порогу гравітації»; (б) з урахуванням «порогу гравітації»;
 (в) до визначення «порогу гравітації»

Можливий ефект від запропонованого підходу ілюструється діаграмою на рис. 2, в, де представлено якісні залежності «відпорний тиск-зсув» для підпірної стінки, яка сприймає зовнішнє навантаження, що призводить до навалу споруди на ґрунт позаду стінки.

Крива 1 відповідає тиску у стані спокою, визначеному за формулами розпiрного тиску, а крива 2 – тиску у стані спокою, визначеному за формулами вiдпорного тиску.

При нерухомiй стiнцi (перемiщення u точок на контактнiй гранi стiнки дорiвнюють нулю) рiзниця мiж тиском спокою у випадку 1 (тиск e_{oa}) i у випадку 2 (тиск e_{op}) складає «порiг гравiтацiї» Δe_o . При утвореннi i зростаннi перемiщень точок на контактнiй гранi стiнки в напрямку на ґрунт вiдпорний тиск змiнюється в розглянутих випадках згiдно iз залежнiстю 1 або 2. При цьому рiзниця $\Delta e(u)$ у величинах вiдпорного тиску, що вiдповiдає деякому перемiщенню u i обумовлена рiзним початковим напруженим станом ґрунту (тиску спокою e_{oa} i e_{op}), може бути досить значною.

Як показано нижче, при нерухомiй контактнiй гранi пiдпiрної стiнки, а також при значеннях u поблизу нульових перемiщень, рiзниця мiж величинами початкових тискiв e_{oa} i e_{op} може досягати декiлькох сотень вiдсоткiв i суттєво впливати на умови роботи всiєї споруди.

При проведеннi чисельного аналізу використанi формули технiчної теорiї граничного напруженого стану проф. П.І. Яковлєва, а також залежностi бiльш загального пiдходу, розробленого проф. М.П. Дубровським, якi описують як граничний, так i дограничний напружений стан ґрунтового середовища на контактi з жорсткою пiдпiрною стiнкою. Останнiм було зроблено припущення, що поняття «порогу гравiтацiї», яке може бути описано виразом $e_o = e_{op} - e_{oa}$, де e_{op} i e_{oa} – боковий тиск ґрунту в станi спокою, що визначається за формулами для вiдпiрного i розпiрного тиску, пiдходить для iлюстрацiї трансформацiї напруженого стану ґрунту, взаємодiючого з пiдпiрною стiнкою.

З нашої точки зору, бiльш точною характеристикою, придатною для кiлькiсної оцiнки цього процесу, може служити вiдносний параметр названий коефiциєнтом трансформацiї, який дорiвнює вiдношенню розглянутих значень бiчного тиску ґрунту у станi спокою: $K_t = e_{op} / e_{oa}$.

При аналізі бiчного тиску ґрунту у станi спокою на гравiтацiйно-пальову споруду прийнятi iнтервали змiни розрахункових параметрiв, що вiдповiдають як реальним фiзичним характеристикам незв'язних (пiщаних) ґрунтiв, якi використовуються як зворотне засипання при будiвництвi портових причальних споруд на Чорноморсько-Азовському басейнi, так i прийнятим у проектнiй практицi спiввiдношенням мiж кутами φ i δ : $\varphi = 22^\circ, 24^\circ, 26^\circ, 28^\circ, 30^\circ, 32^\circ$; $\delta = 0; 0,25\varphi; 0,5\varphi; 0,75\varphi; \varphi$.

Основнi результати чисельного аналізу бiчного тиску ґрунту у станi спокою дозволяють зробити висновок, що залежнiсть мiж умовним кутом φ_o i реальним кутом внутрiшнього тертя ґрунту φ близька до прямо пропорцiйної.

У дослідженому iнтервалi значень кута φ величини умовного кута внутрiшнього тертя φ_o становлять $(0,61-0,65)\varphi$. Вплив змiнювання основних розрахункових параметрiв (кутiв φ i δ) в досліджених iнтервалах вiдображено в табл. 1.

Залежність параметрів тиску спокою від кутів φ та δ

Досліджувані параметри тиску спокою	Вплив змінення кута φ при куті δ		Вплив змінення кута δ
	$\delta = 0$	$\delta = \varphi$	
Поріг гравітації	1,10-1,61	1,81-3,30	1,68-2,50
	1,10-1,61	1,71-2,91	1,59-1,81
Коефіцієнт трансформації	2,80-4,36	4,45-8,93	1,59-2,05
	2,80-4,36	4,1-7,66	1,46-1,76

Примітка: верхні пари значень визначено для плоских, а нижні – для криволінійних поверхонь ковзання.

В четвертому розділі представлено результати чисельного моделювання, проведеного для вдосконалення гравітаційно-пальових споруд і методів їх технічної експлуатації з використанням кінематичних методів. Чисельний експеримент проводився з підпірною стінкою висотою 15 м, контактна тилова грань якої, нахилена до вертикалі під кутом α_0 . Стінка взаємодіє з піщаною засипкою, поверхня якої, завантажена розподіленим навантаженням інтенсивністю q . Поверхня нахилена до горизонту під кутом β . В процесі моделювання взаємодії елементів даної системи варіювалися наступні параметри і характеристики: параметр m , що відображає вплив кута контактного тертя в інтервалі значень $0 < m = \delta/\varphi < 1$; кут α_0 в інтервалі значень мінус $20^\circ < \alpha_0 < 20^\circ$; кут β в інтервалі значень мінус $20^\circ < \beta < 20^\circ$; інтенсивність навантаження в інтервалі значень $0 < q < 100$ кПа; параметр α в інтервалі значень $0,001 < \alpha_a < 0,0025$; $0,005 < \alpha_p < 0,04$; кут внутрішнього тертя засипки в інтервалі значень $28^\circ < \varphi < 32^\circ$; питома вага засипки в інтервалі значень $18 \text{ кН/м}^3 < \gamma < 22 \text{ кН/м}^3$. Для всіх зазначених варіацій вихідних параметрів визначалися залежності розпірного і відпірного тиску як від поступальних переміщень контактної грані споруди (в інтервалах переміщень відповідно від нуля до $U_a = \alpha_a H$ і від нуля до $U_p = \alpha_p H$), так і від величини кута повороту ρ контактної грані стінки для плоскої і криволінійної поверхні ковзання.

Як показують виконані розрахунки, залежності граничної E_e , дограничної E' складових сил бічного тиску, а також їх результуючої E від узагальнених переміщень споруди у всіх розглянутих випадках мають криволінійний характер (рис. 3-5).

Зіставлення графіків залежності бічного тиску ґрунту від узагальнених переміщень споруди дозволяє зробити важливий висновок про суттєвий якісний і кількісний вплив виду узагальненого переміщення. Так, при поступальному зміщенні графік « $E - u$ » випуклий вгору для розпірного тиску і випуклий вниз – для відпорного тиску (при будь-якій формі поверхні ковзання).

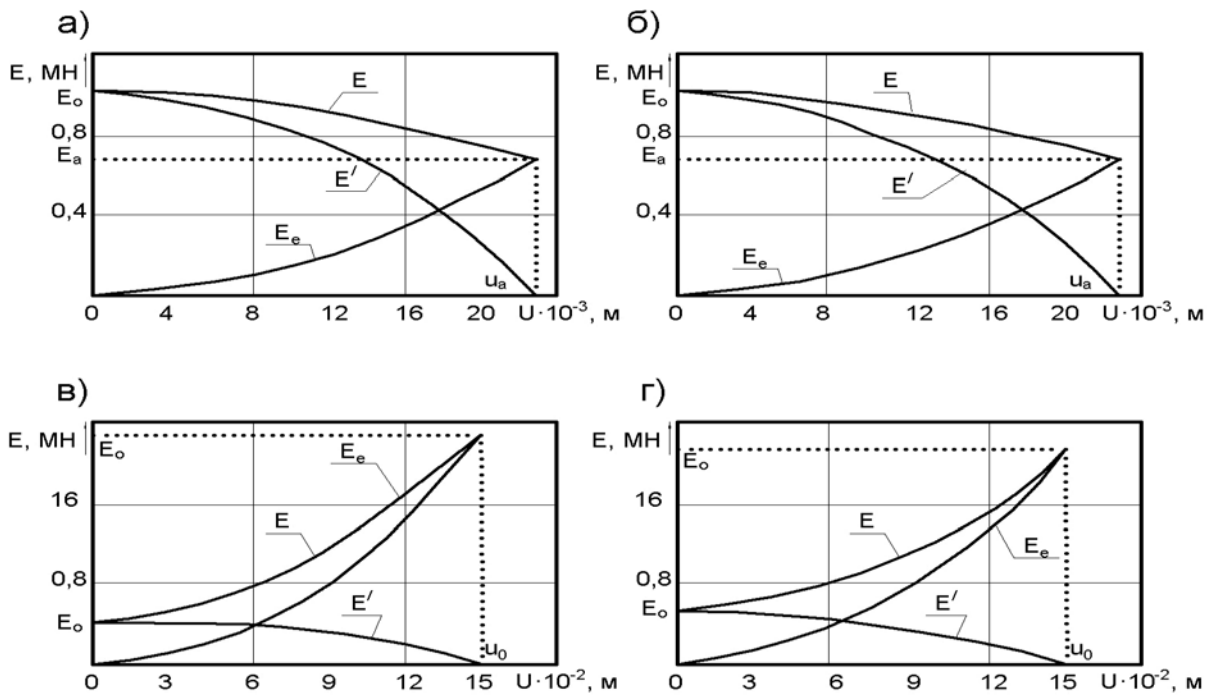


Рис. 3. Залежності результуючого (E) бічного тиску ґрунту і його граничної (E_e) і дограничної (E') складових від поступального переміщення споруди в напрямку від ґрунту (а, б) і на ґрунт (в, г): а, в – при плоских поверхнях ковзання; б, г – при криволінійних поверхнях ковзання

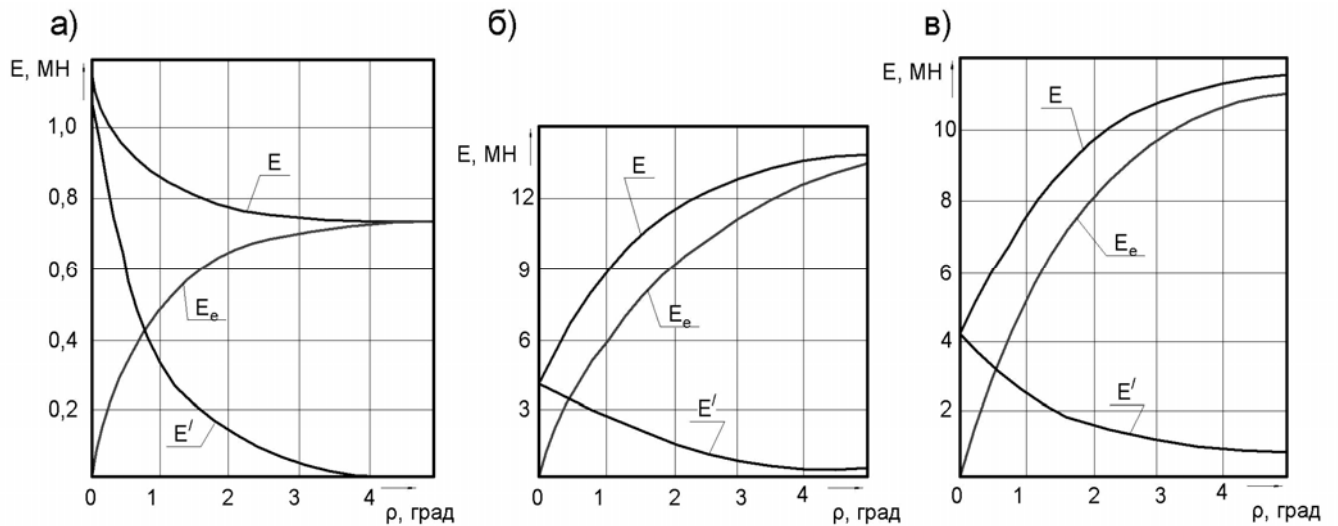


Рис. 4. Залежності результуючого (E) бічного тиску ґрунту і його граничної (E_e) і дограничної (E') складових від повороту стінки щодо її низу в напрямку від ґрунту (а) і на ґрунт (б): б – при плоских поверхнях ковзання; в – при криволінійних поверхнях ковзання (в обох випадках $m = 0,75$)

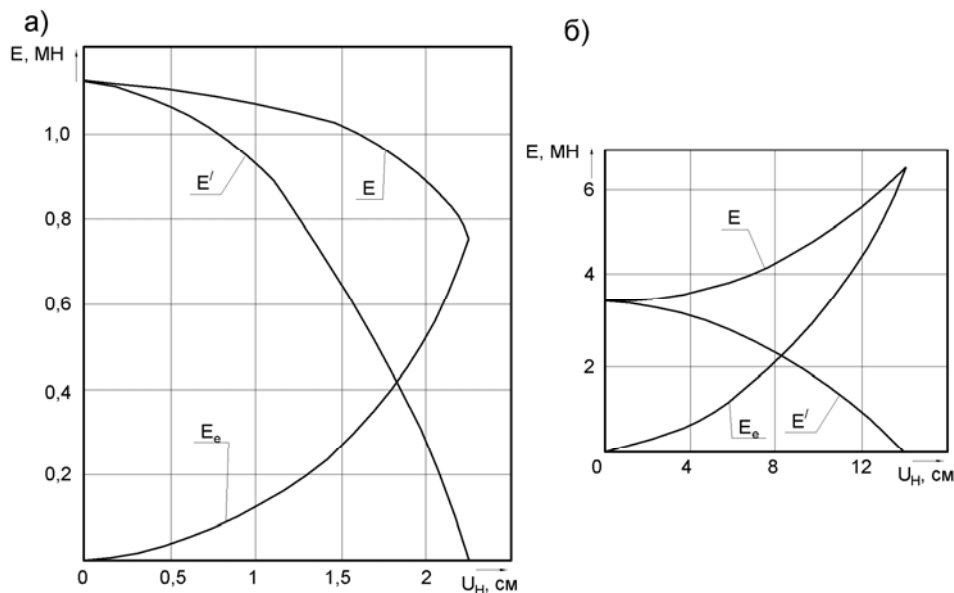


Рис. 5. Залежності бічного тиску ґрунту на споруду від кута його повороту відносно верху стінки, поєднаного з поступовою компонентою переміщення (U_0):
 а – розпірний тиск при $U_0 = 0,2$ см; б – відпорний тиск при $U_0 = 1,5$ см

Залежності бокового тиску ґрунту від загального переміщення споруди при її повороті відносно верхньої осі, поєднаним з невеликим поступальним переміщенням, напружений стан може бути тільки однорідним – дограничним, якщо $tg \rho < \alpha$, і граничним, якщо $tg \rho \geq \alpha$, що обумовлене постійністю відношення $U(Z)/Z$ за усією висотою контактної грані стінки, подібно до залежностей « $E - u$ ». Це пояснюється тим, що при малих кутах повороту ($tg \rho < \alpha$) утворення і розвиток зони граничного напруженого стану визначається тільки поступальною компонентою переміщення. Такий висновок є справедливим для жорстких стінок; при деформаціях же гнучких стінок умова $u(Z)/Z = const$ не дотримується і напружений стан буде неоднорідним.

Дослідження залежності бічного тиску ґрунту від параметра m при повороті контактної грані споруди на ґрунт і від ґрунту підтверджують суттєвий вплив кута контактного тертя на величину тиску відпору. Так, для розглянутого випадку вертикальної контактної грані і горизонтальної поверхні засипки різниця в значеннях відпорного тиску в інтервалі $0 \leq m \leq 1$ може досягати 100% і більше.

У зв'язку з цим представляють інтерес залежності « $E - m$ » при різних кутах повороту стінки. Аналіз показує, що збільшення кута ρ приводить до істотно більшого впливу кута контактного тертя на значення відпорного тиску засипки на стінку. Так, при $\rho = 1^\circ$ для значень параметра m в інтервалі $0 \leq m \leq 1$ сила тиску змінилася в 1,7 раз, в той час, як при $\rho = 5^\circ$ тиск змінився в 2,2 рази.

Отже, чим більший кут повороту контактної грані стінки на ґрунт, тим більш важливим є правильне урахування впливу кута контактного тертя при оцінці мобілізованого відпору ґрунту.

Основна ідея гравітаційно-пальових модулів полягала у використанні насаджених на палі блоків як підпірної стінки, що сприймає бічні навантаження від

тиску розпору зворотної засипки, і в використанні пальових опор, конструктивно пов'язаних з несучими елементами підпірної стінки, для передачі вертикального навантаження на глибинні шари ґрунтової основи.

Однак, таке конструктивне рішення не позбавлене деяких технологічних і технічних недоліків, до яких можна віднести:

- проблематичність забезпечення розташування опорних елементів на одній висоті після занурення пальових опор, що ускладнює технологію зведення підпірної стінки;
- обмеження по діаметру пальових опор і необхідність ув'язки їх діаметра з габаритами і конструкцією залізобетонних блоків, що знижує несучу спроможність споруди в цілому, а також призводить до збільшення довжини пальових опор (тобто зростає матеріалоемність і вартість споруди).

Як показує аналіз умов експлуатації гравітаційно-пальових фундаментів споруд, опорна п'ята яких жорстко з'єднана зі пальовою опорою, до основних вимог, що пред'являються до опор, можуть бути віднесені наступні:

- забезпечення умов міцності пальових опор при спільній дії силових і моментних навантажень;
- забезпечення необхідних параметрів деформування палі;
- забезпечення необхідної несучої здатності пальової опори при сприйнятті як ваги підпірної стінки, так і експлуатаційного навантаження.

Перераховані вище вимоги найбільш ефективно можуть бути задоволені в разі використання буронабивних паль на відрізку від зони розташування опорної п'яти до нижнього кінця палі (рис. 6). Дійсно, можливість варіювання характером армування палі по її довжині дозволяє найбільш оптимально забезпечувати сприйняття максимальних зусиль у місцях закладення палі в опорній п'яті і у ґрунті основи. Крім того, верхня частина палі, що примикає до зони розташування опорної п'яти, може бути виконана з більш великим діаметром, і відповідно, з більшою несучою спроможністю при сприйнятті силових і моментних навантажень.

Суцільний нижній кінець буронабивної палі забезпечує значно більшу несучу спроможність при дії осьових стискаючих навантажень, ніж при використанні металевих трубчастих опор або паль-оболонок. Нарешті, можливість варіювання жорсткістю буронабивної палі (як за рахунок армокаркасу, так і варіюванням діаметра) дозволяє забезпечувати проектні вимоги до деформацій/переміщень споруди.

На рис. 6 зображено основні етапи зведення підпірної стінки. Спочатку влаштовують буронабивні пальові опори 1 (1 етап), після чого в рівні дна виконують опорні елементи 2 у вигляді фундаментної плити (етап 2). Верхні кінці буронабивних опор 1 і нижні кінці вертикальних несучих колон 3 омоноличують як один з одним, так і з опорним елементом 2 (етап 3). Потім на пальові опори встановлюють залізобетонні блоки 4 з обпиранням нижнього блоку на опорний елемент 2 (етап 4), зашпаровують вертикальні шви між блоками для забезпечення ґрунтоізоляції підпірної стінки, виконують зворотну піщану засипку 5 і монтують верхню будову 6.

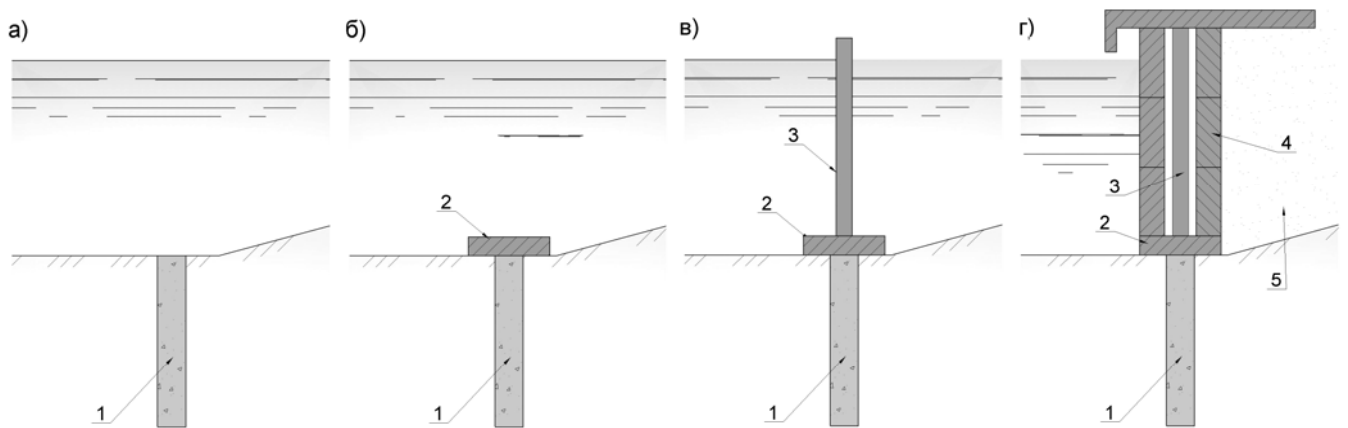


Рис. 6. Етапи зведення гравітаційно-пальнової споруди згідно із запропонованим інноваційним рішенням (патент України):

- а – етап 1; б – етап 2; в – етап 3; г – етап 4: 1 – буронабивні палі;
 2 – опорні елементи (фундаментні плити); 3 – несучі колони;
 4 – залізобетонні блоки; 5 – зворотна засипка; 6 – верхня будова

Технологічною перевагою такого інноваційного рішення (отримано патент на винахід) є забезпечення можливості розташування опорних елементів на одній висоті (оскільки їх виконують після влаштування буронабивних пальових опор), що спрощує і здешевлює технологію зведення підпірної стінки. При цьому відсутні обмеження по діаметру буронабивних пальових опор (їх діаметр не потрібно ув'язувати з габаритами і конструкцією залізобетонних блоків), що дозволяє забезпечувати необхідну несучу здатність споруди при невеликій довжині пальових опор (тобто знижується матеріалоємність і вартість споруди). Слід також зазначити гнучкість у прийнятті та реалізації оптимального проектного рішення за рахунок того, що буронабивні палі і опорні колони можуть бути різного діаметру.

Специфіка нової конструкції відображається у сприйнятті зовнішніх силових дій на стадії її експлуатації. Так, вертикальні навантаження – від перевантажувальних механізмів і від власної ваги гравітаційної частини споруди передаються за допомогою буронабивних паль на ґрунтову основу. При цьому габарити (розміри поперечного перерізу і довжина) паль визначаються із умови забезпечення їх необхідної несучої здатності по ґрунту. Горизонтальні навантаження (бічний тиск ґрунту, суднові навантаження та ін.), що сприймаються гравітаційною підпірною стінкою, трансформуються в сили тертя на контакті нижнього блоку стінки з фундаментною плитою і згинаючий момент, що діють на пальові опори споруди.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено інноваційне конструкторсько-технологічне рішення портової гідротехнічної споруди гравітаційно-пального типу (патент України) для використання при будівництві, реконструкції або ремонті водотранспортних портових гідротехнічних споруд.

2. Розроблено, досліджено і застосовано нові підходи до визначення навантажень від бокового тиску ґрунту при проектуванні і розрахунку споруд гравітаційно-пального типу для використання при проектуванні та реалізації заходів щодо технічної експлуатації розглянутих конструкцій.

3. Шляхом математичного моделювання досліджені особливості впливу кінематики системи «споруда – ґрунтове середовище» на сприйняття навантажень від бокового тиску ґрунту.

4. На основі математичного моделювання проведено аналіз напружено-деформованого стану системи «споруда – ґрунтове середовище» для досліджуваного типу портових гідротехнічних споруд. Зіставлення отриманих розрахункових даних з результатами традиційних методів розрахунку продемонструвало ефективність застосованих методик.

5. Розроблені рішення і методи впроваджено у практику технічної експлуатації (реконструкції) водотранспортних портових гідротехнічних споруд, а також у навчальний процес в ОНМУ.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації

1. Калюжный А.В. Кинематический анализ работы портового причального сооружения распорного типа (часть 1) / М.П. Дубровский, А.В. Калюжный // Вісник Одеського державного морського університету. 4'99. Одеський державний морський університет, 1999. С. 106-115. ISSN 2226 – 1893 (*Фахове видання*).
2. Калюжный А.В. Кинематический анализ работы портового причального сооружения распорного типа (часть 2) / М.П. Дубровский, А.В. Калюжный, С. Габи, А. Белакруф // Вісник Одеського державного морського університету. 5'2000. Одеський державний морський університет, 2000. С. 115-124. . ISSN 2226 – 1893 (*Фахове видання*).
3. Калюжный А.В. Обеспечение экологической безопасности портового города: эффективные конструкторско-технологические решения портовых сооружений / М.П. Дубровский, М.Б. Пойзнер, А.В. Калюжный // Вестник Одесского государственного морского университета 7'2001. Одесский государственный морской университет, 2001.С.169-178. ISSN 2226 – 1893 (*Фахове видання*).

4. Калюжный А.В. Определение давления грунта в состоянии покоя с учетом потенциального перемещения подпорной стенки / М.П. Дубровский, А.В. Калюжный // Вестник Одесского национального морского университета 8'2002. Одесский национальный морской университет, 2002. С.78-87. ISSN 2226 – 1893 (*Фахове видання*).
5. Калюжный А.В. О боковом давлении грунта на подпорную стенку в состоянии покоя / М.П. Дубровский, А.В. Калюжный // Сборник научных работ / Полтавский национальный технический университет имени Юлия Кондратюка. Вып.12. Полтава, 2003. С.76-90. (*Фахове видання*).
6. Калюжный А.В. Определение бокового давления грунта в зависимости от перемещений подпорной стенки / М.П. Дубровский, Ю.В. Кузьменко, А.В. Калюжный, Д.К. Каличава // Світ Геотехніки. 3'2005. С.21-25. (*Фахове видання*).
7. Kaluzhniy A. Some Innovations for Offshore and Harbor Berths Construction / M. Doubrovsky, V. Kaluzhnaya, A. Kaluzhniy, V. Oganesyanyan // Journal of Shipping and Ocean Engineering, Vol. 5, Number 3, May-June 2015, David Publishing Company, USA. pp. 115-122. [http:// www.davidpublisher.org](http://www.davidpublisher.org) (*Иноземне, індексується в міжнародних наукометричних базах: Google scholar; China National Knowledge Infrastructure; Hein Online Database, W.S.HEIN, USA; Chinese Database of CEPS; American Federal Computer Library center (OCLC), USA; Ulrich's Periodicals Directory; ProQuest/CSA Social Science Collection, Public Affairs Information Service (PAIS), USA; Summon Serials Solutions; J-Gate; AcademicKeys; CiteFactor (USA); getCITED; Scientific Indexing Services; INNO SPACE; Sjournals*).
8. Kaluzhniy A. Port and Marine Structures Made of Sheet Piling with Staggered Toe / M. Doubrovsky, V. Kaluzhnaya, N. Adamchuk, A. Kaluzhniy, O. Dubrovskaya // Journal of Shipping and Ocean Engineering, Vol. 7, Number 4, July-August 2017, David Publishing Company, USA. pp. 168-173. [http:// www.davidpublisher.org](http://www.davidpublisher.org) (*Иноземне, індексується в міжнародних наукометричних базах: Google scholar; China National Knowledge Infrastructure; Hein Online Database, W.S.HEIN, USA; Chinese Database of CEPS; American Federal Computer Library center (OCLC), USA; Ulrich's Periodicals Directory; ProQuest/CSA Social Science Collection, Public Affairs Information Service (PAIS), USA; Summon Serials Solutions; J-Gate; AcademicKeys; CiteFactor (USA); getCITED; Scientific Indexing Services; INNO SPACE; Sjournals*).
9. Калюжный О.В. Аналіз сучасного стану експлуатованих причальних споруд морських портів України / М.П. Дубровський, В.М. Петросян, О.В. Калюжный, В.Є. Калюжна // Вісник Одеського національного морського університету, № 2 (55) 2018, С.51-61. ISSN 2226 – 1893. (*Фахове видання*).

Роботи, що підтверджують апробацію матеріалів дисертації:

10. Калюжный А.В. Некоторые особенности взаимодействия портовых гидротехнических сооружений с грунтовой средой. / М.П. Дубровский, А.В. Калюжный // 4-та Українська науково-практична конференція «Механіка ґрунтів та фундаментобудування». Збірник наукових праць / Міжвідомчий науково-технічний збірник «Будівельні конструкції», вип. 53, книга 2. Київ, НДІБК, 2000. С. 254-261. ISBN 966-616-027-7. (Фахове видання).
11. Kaluzhny A.V. Influence of potential soil deformations on soil pressure at rest upon retaining wall. Geotechnical problems with man-made and man influenced grounds / М.Р. Doubrovsky, N.N. Khonelia, M.B. Poizner, A.V. Kaluzhny // Proceedings of the XIIIth European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Prague, Czech Republic, 2003. Volume 2. Pp.521-526. (Іноземне фахове видання).
12. Kaluzhny A.V. Assessment of soil lateral pressure depending on retaining wall displacements / М.Р. Doubrovsky, М.В. Poizner, D.K. Kalichava, Y.V. Kuzmenko, A.V. Kaluzhny // Geotechnology in Harmony with the Environment. Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Osaka, Japan, 2005. Pp.889-893. (indexed in Scopus) (Іноземне, індексується в міжнародній наукометричній базі Scopus)

Патент:

13. Патент № 77249. Україна. МПК (2006) E02B 3/06, E02D 29/02. СПОСІБ ЗВЕДЕННЯ ПІДПІРНОЇ СТІНКИ. (М.П. Дубровський, О.В. Калюжний). Одеський національний морський університет. E02D 29/2, – Заяв. № 20040706267 от 27.07.2004. Опубл. 15.02.2006. бюл. № 11. – 4 с.

АНОТАЦІЯ

Калюжний О.В. Вдосконалення технічної експлуатації воднотранспортних портових гідротехнічних споруд гравітаційно-пального типу – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Одеський національний морський університет, Одеса, 2020.

Дисертація присвячена питанням вдосконалення технічної експлуатації воднотранспортних портових гідротехнічних споруд шляхом розробки і дослідження інноваційних конструкторсько-технологічних рішень і методів визначення навантажень від бічного тиску ґрунту на підпірні стінки досліджуваних споруд.

Розроблено нове конструкторсько-технологічне рішення гравітаційно-пального спорудження, що покращує його техніко-економічні параметри, для застосування при реконструкції, модернізації або будівництві засобів водного транспорту.

Досліджено та застосовано нові підходи до визначення навантажень на гідротехнічні розпірні споруди від бічного тиску ґрунту в стані спокою при проектуванні і розрахунку споруд гравітаційно-пального типу. Введено та обґрунтовано нові базові поняття, що розкривають особливості сприйняття розглянутими конструкціями навантажень від тиску ґрунту.

Шляхом математичного моделювання досліджено особливості впливу кінематики системи «споруда – ґрунтове середовище» на сприйняття навантажень від бічного тиску ґрунту.

Результати застосування досліджень при аналізі напружено-деформованого стану та оцінці резервів (дефіцитів) несучої здатності експлуатованих воднотранспортних об'єктів (Одеський морський торговельний порт та ін.) підтвердили ефективність використання розроблених методів і рішень.

Ключові слова: технічна експлуатація, гравітаційно-пальова споруда, навантаження від тиску ґрунту, кінематичний метод, граничний та дограничний стани, несуча здатність.

АННОТАЦИЯ

Калужный А.В. Совершенствование технической эксплуатации воднотранспортных портовых гидротехнических сооружений гравитационно-свайного типа. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта .

Одесский национальный морской университет, Одесса, 2020.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования технической эксплуатации воднотранспортных портовых гидротехнических сооружений путем разработки и исследования инновационных конструкторско-технологических решений и методов определения нагрузок от бокового давления ґрунта на подпорные стенки исследуемых сооружений.

Разработано новое конструкторско-технологическое решение гравитационно-свайного сооружения, улучшающее его технико-экономические параметры, для применения при реконструкции, модернизации или строительстве средств водного транспорта.

Исследованы и применены новые подходы к определению нагрузок на гидротехнические распорные сооружения от бокового давления ґрунта в состоянии покоя при проектировании и расчете сооружений гравитационно-свайного типа. Введены и обоснованы новые базовые понятия, раскрывающие особенности восприятия рассматриваемыми конструкциями нагрузок от давления ґрунта.

Путем математического моделирования исследованы особенности влияния кинематики системы «сооружение – грунтовая среда» на восприятие нагрузок от бокового давления грунта.

Результаты применения исследований при анализе напряженно-деформированного состояния и оценке резервов (дефицитов) несущей способности эксплуатируемых воднотранспортных объектов (Одесский морской торговый порт и др.), подтвердили эффективность использования разработанных методов и решений.

Ключевые слова: техническая эксплуатация, гравитационно-свайное сооружение, нагрузка от давления грунта, кинематический метод, предельное и допредельное состояние, несущая способность.

SUMMARY

Kalyuzhny A.V. Improvement of technical operation of water-transport port hydrotechnical gravity-piled structures. – Qualification scientific work as a manuscript.

The dissertation is submitted for the scientific degree of the candidate of technical sciences on a speciality 05.22.20 – operation and repair of means of transport.

Odessa National Maritime University, Odessa, 2020.

Dissertation is devoted to problems of improvement of technical operation of water-transport port hydrotechnical structures by working out and researching innovated construction-technological solutions and methods of definition of loadings caused by soil lateral pressure on retaining walls of studied structures.

New construction-technological solution of a gravity-piled facility improving its technical and economic parameters is developed for use in reconstruction, modernization and building of means of water transport.

New approaches to definition of loadings upon hydrotechnical retaining structures caused by soil lateral pressure are studied and applied at designing and calculating of constructions of gravity-piled type. The new base concepts describing features of perception of soil pressure at rest by considered facilities are presented and proved.

By mathematical modeling peculiarities of influence of kinematics of system «structure – soil media» on perception of loadings from lateral soil pressure are researched.

Results of study applications at the analysis of the stressed-deformed state and an estimation of reserves (deficiencies) of bearing capacity of operated water-transport objects, have confirmed efficiency of use of the developed methods and solutions.

Keywords: technical operation and maintenance, gravity-piled construction, loading by soil lateral pressure, kinematics method, ultimate and sub-ultimate state, bearing capacity.