

## РОЗДІЛ 4

### ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИЧАЛЬНИХ СПОРУД ТИПУ «БОЛЬВЕРК» З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНОЇ АНКЕРНОЇ СИСТЕМИ У ВИГЛЯДІ «ГРЕБІНКИ»

4.1 Аналіз особливостей анкерної системи у вигляді «гребінки» та її впливу на напружено-деформований стан та несучу здатність споруди

Метою чисельного моделювання причальної споруди типу «больверк», розглянутої в поданому параграфі, було визначення напружено-деформованого стану (далі - НДС) причалу при використанні в якості анкерного пристрою інноваційного конструкторсько-технологічного рішення [49].

Раніше в цій роботі анкерний пристрій у вигляді «гребінки» було досліджено шляхом фізичного моделювання в лабораторних умовах, що підтвердило можливість його ефективного використання із забезпеченням необхідної несучої здатності при сприйнятті анкерної реакції больверка. Потім шляхом порівняння результатів застосування різних розрахункових методів, заснованих на різноманітних передумовах та розрахункових моделях, із дослідними даними було визначено, що для розглянутого інноваційного анкерного пристрою доцільною розрахунковою моделлю ґрунтового середовища є пружно-пластична модель Кулона-Мора, що реалізується в методі скінченних елементів (див. розділ 3).

У зв'язку із наведеним, подальше чисельне моделювання споруди типу «больверк» із запропонованим новим анкерним пристроєм здійснювалося за допомогою програмного комплексу Plaxis. Останній, як відомо, призначений для вирішення складних геотехнічних задач при моделюванні як етапів будівництва споруди, так і різноманітних умов її технічної експлуатації. Відомі, в тому числі, й роботи практичного характеру з використання програмного комплексу Plaxis в складних розрахунках берегових і портових гідротехнічних споруд (роботи В.А. Гришина та ін. [68, 69]).

Завдання, які вирішувалися на даному етапі чисельного моделювання, полягали в наступному:

- Виконати в аналогічних природних умовах і при однакових умовах навантаження системи «споруда - ґрунтове середовище» розрахунки причальної споруди типу «больверк», що розглядається як гнучка підпірна стінка, при використанні анкерних пристроїв традиційної та інноваційної конструкції. Проаналізувати розрахункові значення основних параметрів НДС споруди в обох випадках і визначити ефект від використання анкерного пристрою у вигляді «гребінки» в порівнянні із традиційним рішенням

- Виконати моделювання роботи даної конструкції причалу при використанні інноваційного анкерного пристрою з урахуванням можливого варіювання основних параметрів останнього, а саме:

- глибина розташування анкерного пристрою у вигляді «гребінки» в зворотній ґрунтовій засипці;

- кількість і габарити анкерних плит в «гребінці»;

- крок розташування анкерних плит в «гребінці» уздовж сердечника;

- співвідношення висот анкерних плит в «гребінці» (однакова; різна з наростанням/спаданням уздовж сердечника);

- кут нахилу анкерних плит відносно вертикалі.

- Розробити рекомендації щодо можливого застосування інноваційного анкерного пристрою у вигляді «гребінки» при проектуванні та будівництві реальних водотранспортних об'єктів, зокрема, портових причальних споруд типу «больверк».

При побудові розрахункової схеми системи «споруда - ґрунтове середовище» в якості основної споруди розглядалася гнучка підпірна стінка виконана із сталевих шпунтових паль прокатних профілів, що застосовуються в Україні, заанкерованих за одиночну плиту традиційної конструкції або за інноваційний анкерний пристрій у вигляді «гребінки» в умовах сприйняття експлуатаційних навантажень 1-ої категорії, із спрощеними (для більш явного виявлення особливостей роботи досліджуваного анкерного пристрою)

характеристиками ґрунтової основи та засипки за підпiрною стiнкою споруди, якi приймалися однорiдними.

З огляду на характер просторового розташування досліджуваної споруди (протяжна підпiрна стiнка з рiвномiрно розташованими уздовж її тилової межi анкерними пристроями) i дiю рiвномiрно розподiлених уздовж споруди на її поверхнi експлуатацiйних навантажень, розглядалася двовимiрна задача плоскої деформацiї (рис. 4.1).

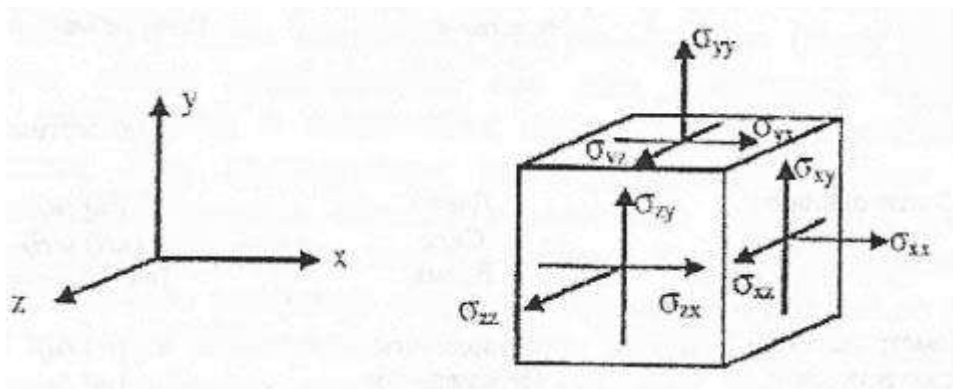


Рисунок 4.1 - Координатна система та компоненти позитивних напружень

Моделювання конструкцiй споруди здiйснювалося за допомогою набору готових спеціальних елементiв. Гнучкi плоскi конструкцiї, такi як лицьова стiнка i анкернi плити задавалися за допомогою плитних елементiв (Plate); анкернi тяги, в тому числi i сердечник, моделювалися за допомогою стрижневого елемента (Anchor).

Вихiднi данi для чисельного моделювання задавалися вiдповiдно до правил [68, 69]. Габарити розрахункової гнучкої пiдпiрної стiнки вiдповiдали причалу типу «большерк» з глибиною бiля лiнii кордону - 9,75 м i глибиною забивання шпунтових паль нижче рiвня дна перед стiнкою 7,0 м, лицьова стiнка i анкернi опори (у разi застосування традицiйного конструктивного рiшення) виготовленi з металевого шпунту типу Ларсен-V. Висота анкерних плит - 3,0 м. Вiдмiтка крiплення анкерної тяги до лицьової стiнки - 2,0 м вiд лiнii кордону причалу. Рiвномiрно розподiлене навантаження, що дiє на поверхнi територiї споруди (злiва направо, починаючи вiд лiнii кордону причалу) має наступнi iнтенсивностi: 20, 40, 60, 100 кН/м<sup>2</sup>. Ґрунти в наведенiй розрахунковiй схемi представленi двома типами: ґрунт основи - глинистий, ґрунт засипки поза

лицьовою стінкою і в зоні розташування анкерного пристрою - пісок дрібнозернистий.

Оцінка НДС ґрунтів основи і засипки здійснювалася із застосуванням моделі, апробованої в сучасних геотехнічних розрахунках (пружно-пластична модель Кулона-Мора), яка використовується, головним чином, для відображення реальних властивостей ґрунтових середовищ в першому наближенні.

Розрахункова область розбивалася на 15-вузлові трикутні скінченні елементи з локальним подрібненням сітки для області розташування анкерних опор (рис. 4.2). Це забезпечувало для переміщень інтерполяцію четвертого порядку, використовуючи чисельне інтегрування за 12-тма гаусівськими точками (точками напруги) і забезпечувало високу ступінь надійності в розрахунках напружень при взаємодії споруди з ґрунтом.

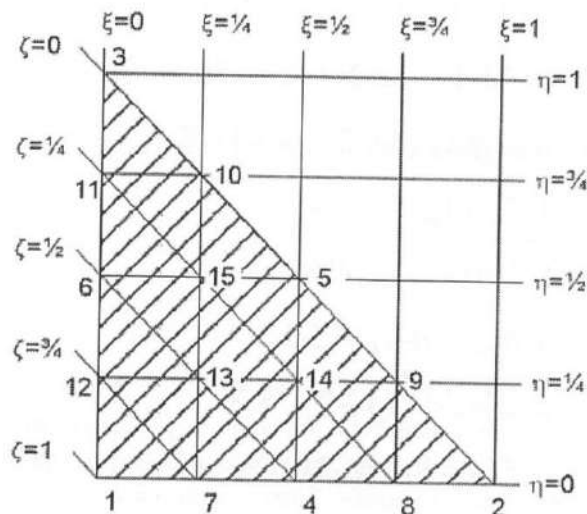


Рисунок 4.2 - Нумерація вузлів в трикутному елементі

Компоненти тензора напружень записані у вигляді компонент вектору:

$$\bar{\sigma} = (\sigma_{xx} \sigma_{yy} \sigma_{zz} \sigma_{xy} \sigma_{yz} \sigma_{zx})^T \quad (4.1)$$

Шість функцій текучості описують повну модель Кулона-Мора в головних напругах у наступному вигляді:

$$\begin{aligned}
f_{1a} &= \frac{1}{2}(\sigma'_2 - \sigma'_3) + \frac{1}{2}(\sigma'_2 + \sigma'_3) \sin \varphi - c \cos \varphi \leq 0 \\
f_{1b} &= \frac{1}{2}(\sigma'_3 - \sigma'_2) + \frac{1}{2}(\sigma'_2 + \sigma'_3) \sin \varphi - c \cos \varphi \leq 0 \\
f_{2a} &= \frac{1}{2}(\sigma'_3 - \sigma'_1) + \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3) \sin \varphi - c \cos \varphi \leq 0 \\
f_{2b} &= \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3) + \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3) \sin \varphi - c \cos \varphi \leq 0 \\
f_{3a} &= \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_2) + \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_2) \sin \varphi - c \cos \varphi \leq 0 \\
f_{3b} &= \frac{1}{2}(\sigma'_2 - \sigma'_1) + \frac{1}{2}(\sigma'_2 + \sigma'_1) \sin \varphi - c \cos \varphi \leq 0
\end{aligned} \tag{4.2}$$

де  $c$  та  $\varphi$  – зчеплення та кут внутрішнього тертя ґрунту;

$\sigma'_1, \sigma'_2, \sigma'_3$  - головні ефективні напруги, що визначаються у вигляді:

$$\begin{aligned}
\sigma'_1 &= p' + \frac{2}{3}q \sin\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \\
\sigma'_2 &= p' + \frac{2}{3}q \sin(\theta) \\
\sigma'_3 &= p' + \frac{2}{3}q \sin\left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right)
\end{aligned} \tag{4.3}$$

де

$$\begin{aligned}
\theta &= \frac{1}{3} \arcsin \frac{27 J_3}{2 q^3} \\
p' &= -\frac{1}{3}(\sigma'_{xx} + \sigma'_{yy} + \sigma'_{zz}) \\
q &= \sqrt{\frac{1}{2}((\sigma'_{xx} - \sigma'_{yy})^2 + (\sigma'_{yy} - \sigma'_{zz})^2 + (\sigma'_{zz} - \sigma'_{xx})^2 + 6(\sigma_{xy}^2 + \sigma_{yz}^2 + \sigma_{zx}^2))} \\
J_3 &= (\sigma'_{xx} - p')(\sigma'_{yy} - p')(\sigma'_{zz} - p') - (\sigma'_{xx} - p')\sigma_{yz}^2 - (\sigma'_{yy} - p')\sigma_{zx}^2 - (\sigma'_{zz} - p')\sigma_{xy}^2 + 2\sigma_{xy}\sigma_{yz}\sigma_{zx}
\end{aligned} \tag{4.4}$$

Для застосування до ґрунтів моделі Кулона-Мора використовуються п'ять вхідних параметрів: зчеплення, кут внутрішнього тертя, кут дилатансії, модуль пружності та коефіцієнт Пуассона. Потенційні функції, в які крім зчеплення і кута внутрішнього тертя входить третій параметр пластичності ґрунтів - кут дилатансії  $\psi$ , мають вигляд:

$$\begin{aligned}
 g_{1a} &= \frac{1}{2}(\sigma_2' - \sigma_3') + \frac{1}{2}(\sigma_2' + \sigma_3') \sin \psi \\
 g_{1b} &= \frac{1}{2}(\sigma_3' - \sigma_2') + \frac{1}{2}(\sigma_2' + \sigma_3') \sin \psi \\
 g_{2a} &= \frac{1}{2}(\sigma_3' - \sigma_1') + \frac{1}{2}(\sigma_1' + \sigma_3') \sin \psi \\
 g_{2b} &= \frac{1}{2}(\sigma_1' - \sigma_3') + \frac{1}{2}(\sigma_1' + \sigma_3') \sin \psi \\
 g_{3a} &= \frac{1}{2}(\sigma_1' - \sigma_2') + \frac{1}{2}(\sigma_1' + \sigma_2') \sin \psi \\
 g_{3b} &= \frac{1}{2}(\sigma_2' - \sigma_1') + \frac{1}{2}(\sigma_2' + \sigma_1') \sin \psi
 \end{aligned}
 \tag{4.5}$$

Закон зміцнення в моделі Кулона-Мора не використовується, розглядаються ідеальні пружно-пластичні середовища, для яких графік залежності між деформаціями та ефективними напруженнями має вигляд, зображений на рис. 4.3.

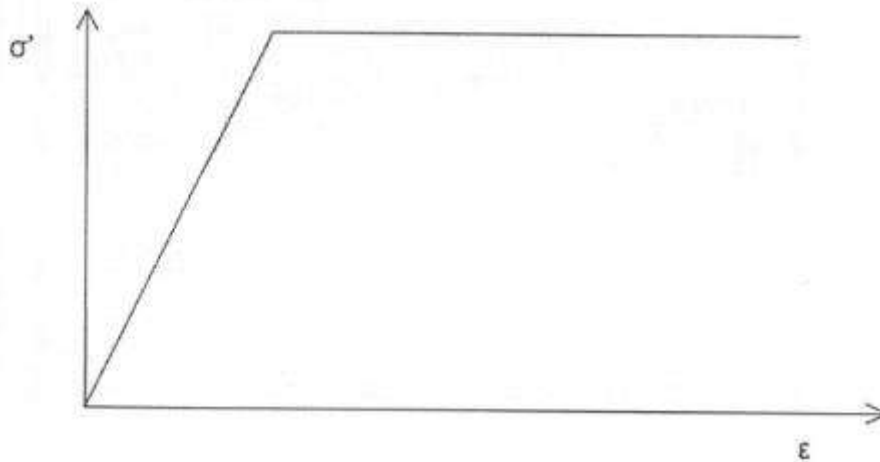


Рисунок 4.3 - Графік моделі Кулона-Мора

Фізико-механічні характеристики ґрунтів були прийняті наступні:

- для глинистого ґрунту основи
  - тип ґрунту – дренаваний;
  - вага сухого ґрунту  $\gamma_{unsat} = 16 \text{ кН/м}^3$ ;
  - вага водонасиченого ґрунту  $\gamma_{sat} = 18 \text{ кН/м}^3$ ;
  - горизонтальна проникність ґрунту  $k_x = 0,001 \text{ м/доб}$ ;
  - вертикальна проникність ґрунту  $k_y = 0,001 \text{ м/доб}$ ;

- модуль Юнга (модуль деформації ґрунту)  $E_{ref}=1*10^4$  кН/м<sup>2</sup>;
  - коефіцієнт Пуассона  $\nu=0,35$ ;
  - зв'язність ґрунту  $c_{ref}=5$  кН/м<sup>2</sup>;
  - кут тертя  $\varphi=25^0$ ;
  - кут набухання  $\psi=0$ ;
  - проникність інтерфейсу – непроникний.
- для зворотної піщаної засипки
    - тип ґрунту – дренаваний;
    - вага сухого ґрунту  $\gamma_{unsat}=17$  кН/м<sup>3</sup>;
    - вага водонасиченого ґрунту  $\gamma_{sat}=20$  кН/м<sup>3</sup>;
    - горизонтальна проникність ґрунту  $k_x=1,0$  м/доб;
    - вертикальна проникність ґрунту  $k_y=1,0$  м/доб;
    - модуль Юнга (модуль деформації ґрунту)  $E_{ref}=1,3*10^4$  кН/м<sup>2</sup>;
    - коефіцієнт Пуассона  $\nu=0,3$ ;
    - зв'язність ґрунту  $c_{ref}=1$  кН/м<sup>2</sup>;
    - кут тертя  $\varphi=30^0$ ;
    - кут набухання  $\psi=2$ ;
    - проникність інтерфейсу – непроникний.

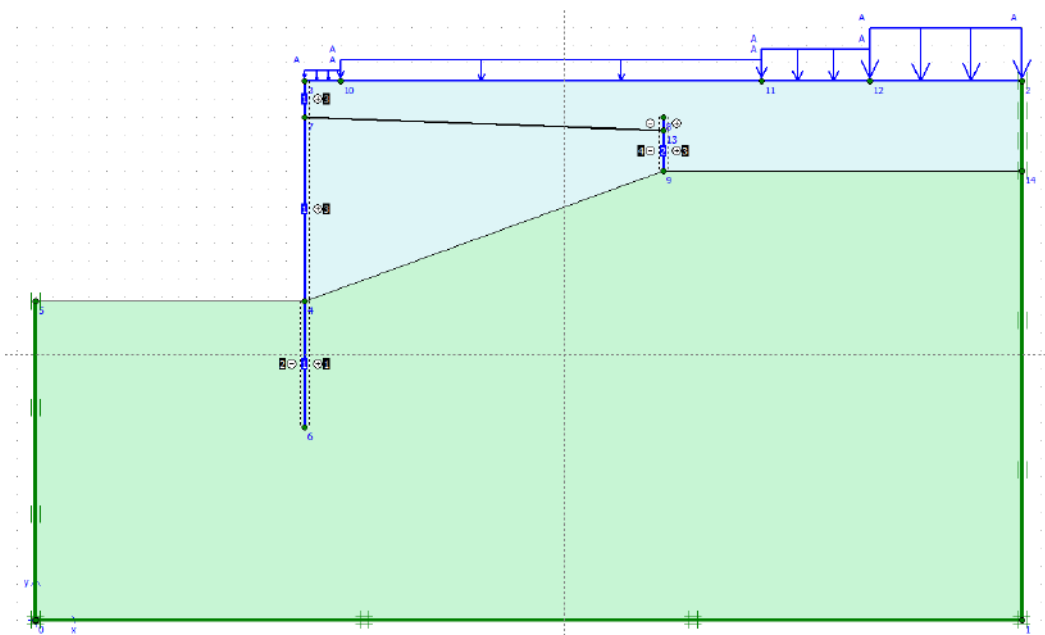


Рисунок 4.4 - Розрахункова схема тонкої підпірної стінки з анкерною опорою у вигляді одиночної плити

Конструкції споруди і ґрунтового середовища розглядаються як єдина нелінійна система; розрахункова схема заанкерованої гнучкої підпірної стінки з використанням традиційного анкерного пристрою (одиначна плита) наведена на рис. 4.4.

В наведеній розрахунковій схемі прискорення вважаються нульовими, оскільки розглядається статична задача, а кут гравітації дорівнює  $90^0$ . На початковому етапі обчислень було згенеровано тиск води і визначені початкові напруги. Слід зазначити, що для наведеного розрахунку не використовувалася процедура  $K_0$ , оскільки для улаштування анкерної плити в проектному положенні є необхідним формування укосу для забезпечення стійкості, тому шари ґрунту не є горизонтальними. Ця процедура використовувалася при чисельному моделюванні анкерного пристрою у вигляді «гребінки», оскільки його улаштування не вимагає формування укосу.

Сітка скінченних елементів була побудована автоматично. Геометрична модель поділяється на елементи основного типу і сумісні конструктивні елементи. В основі цього методу лежить відомий принцип тріангуляції, за допомогою якого визначаються оптимальні розміри трикутників, що беруть участь в побудові неструктурованої сітки. Також виконується переміщення вихідних даних з геометричної моделі на сітку скінченних елементів.

Особливості проектування та розрахунку в даному програмному комплексі детально викладені в навчальних посібниках та нормативних документах [68, 69], тому детально в даному розділі не описувалися.

Для отриманих в ході чисельного моделювання розрахункових даних використані наступні позначення:

Повні напруги системи -  $\sigma_{Tot}$ ;

Повні переміщення системи -  $U_{Tot}$ ;

Максимальний згинальний момент в лицьовій стінці -  $M_{max}$ ;

Зусилля в анкері/сердечнику -  $Ra/Rc$  (зусилля в сердечнику зазначено в наступних таблицях на проміжку між сусідніми плитами «гребінки»);

Поперечна зсувна сила для плит анкерного пристрою -  $Nc$ ;



Повні переміщення плит анкерного пристрою -  $u_{tot}$ ;

Максимальний згинальний момент в плитах анкерного пристрою -  $M_{max}$ .

Основні результати розрахунку розглянутої підпірної стінки з анкерною опорою у вигляді одиночної плити представлені в табл. 4.1 і на рис. 4.5-4.8.

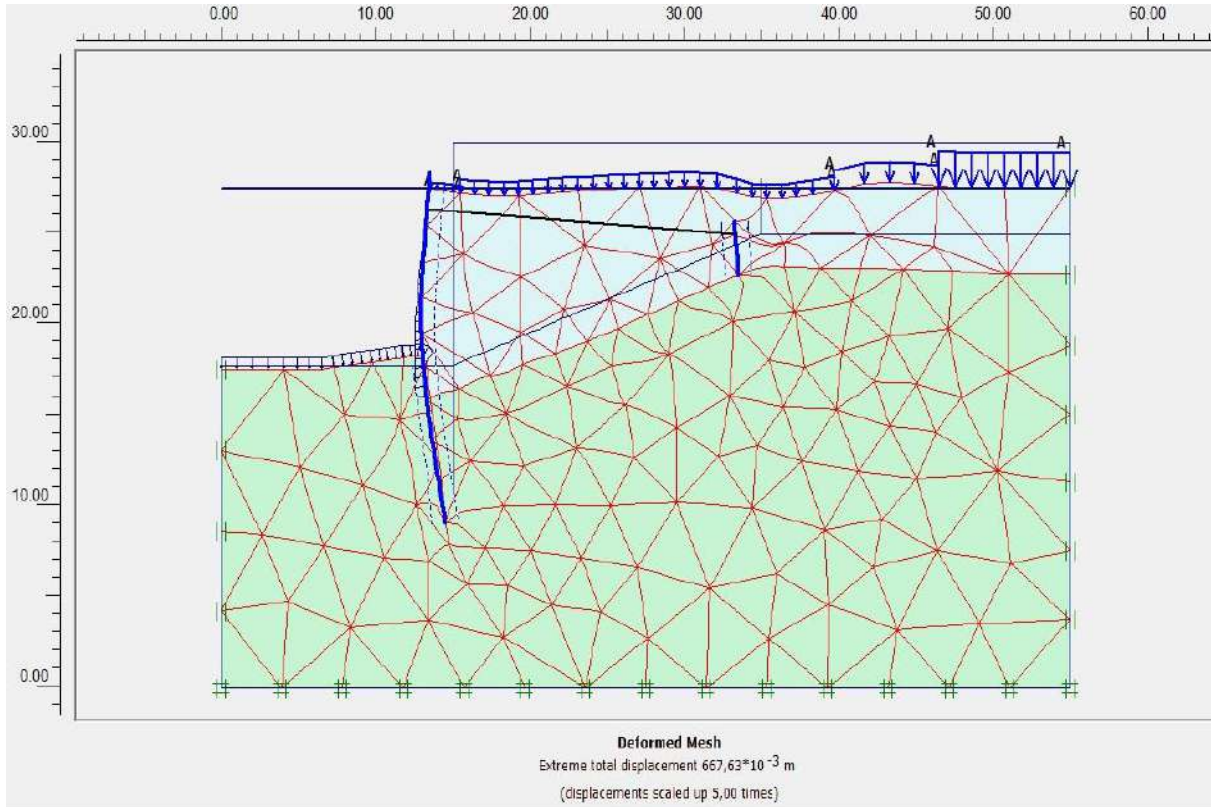


Рисунок 4.5 - Схема переміщень системи «споруда - ґрунтове середовище» для випадку анкерної опори традиційної конструкції (максимальне значення переміщень - 0,667 м)

Таблиця 4.1 - Результати визначення НДС анкерної опори «большерка» у вигляді одиночної плити

Тип анкерного пристрою	Параметри НДС анкерної плити		
	$N_c$ , [кН/м]	$u_{tot}$ , [ $*10^{-3}$ м]	$M_{max}$ [кН*м/м]
Одиночна плита згідно традиційного рішення	185,5	579,5	103,8

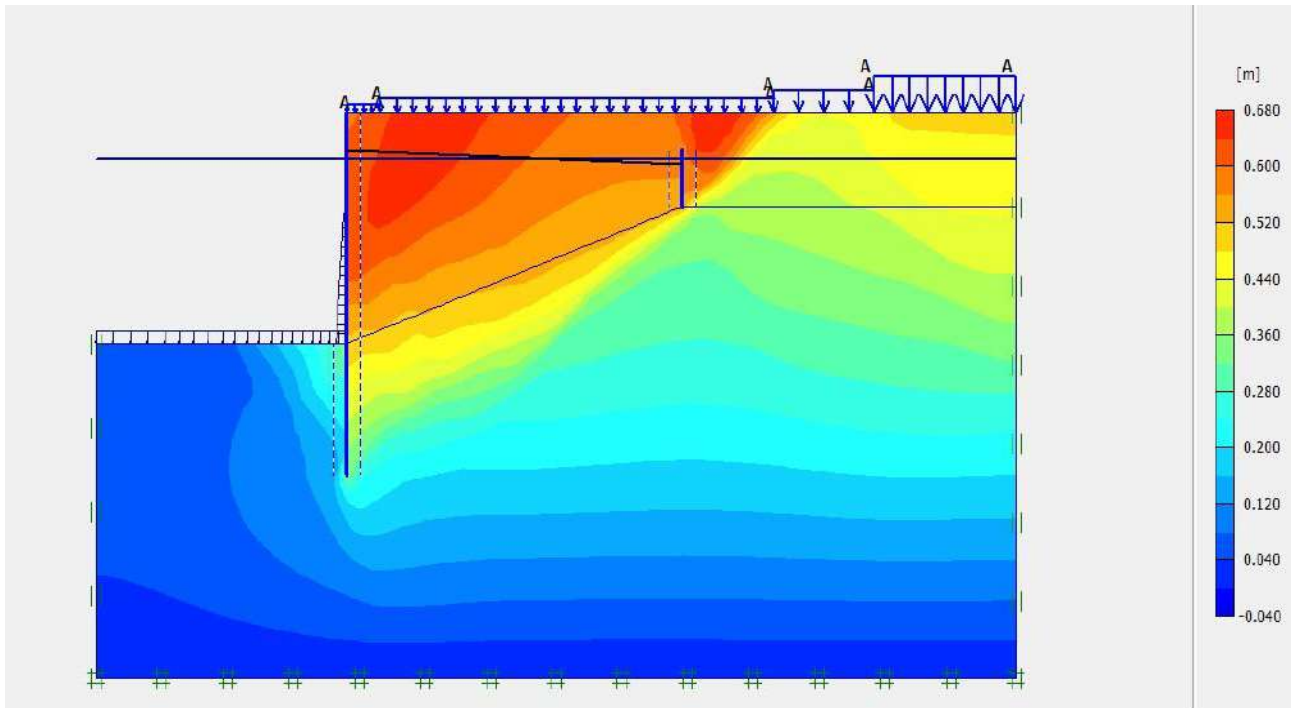


Рисунок 4.6 - Епюра повних переміщень для системи «споруда - ґрунтове середовище» для випадку анкерної опори традиційної конструкції

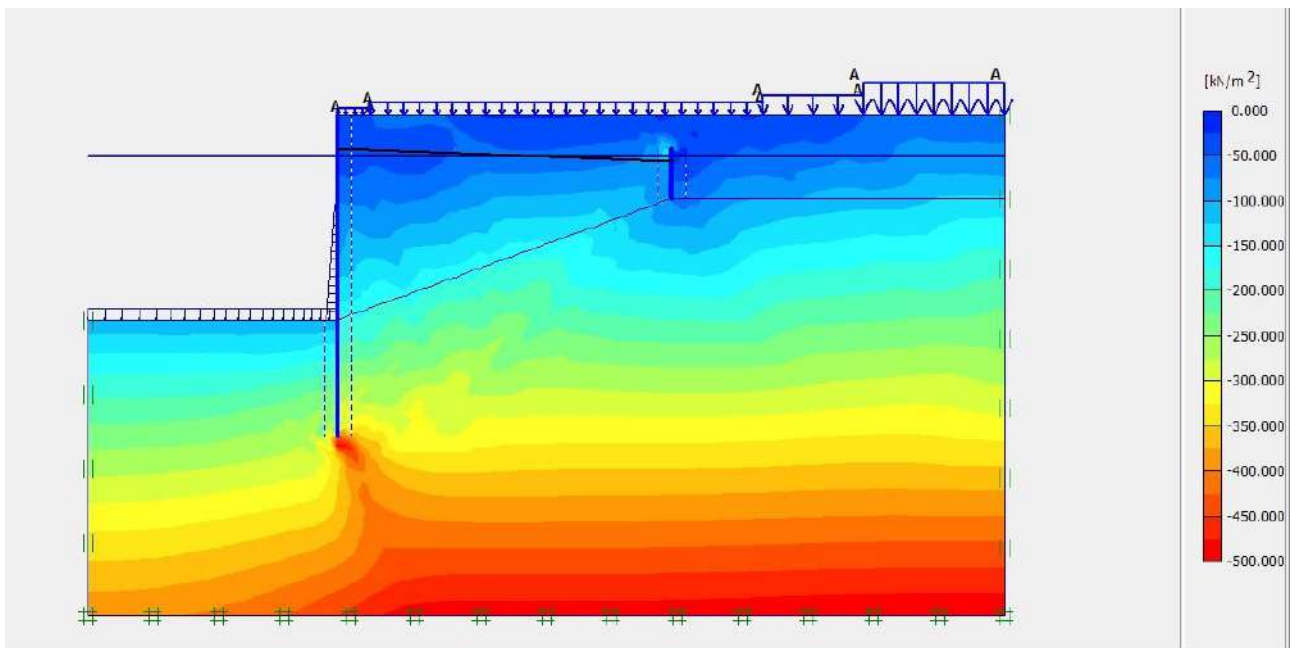


Рисунок 4.7 - Епюра середніх напруг (напруги збігаються з вектором напруг) в системі «споруда - ґрунтове середовище» для випадку анкерної опори традиційної конструкції (максимальні напруги виникають під шпунтовою стінкою і складають  $814,7 \text{ кН/м}^2$ )

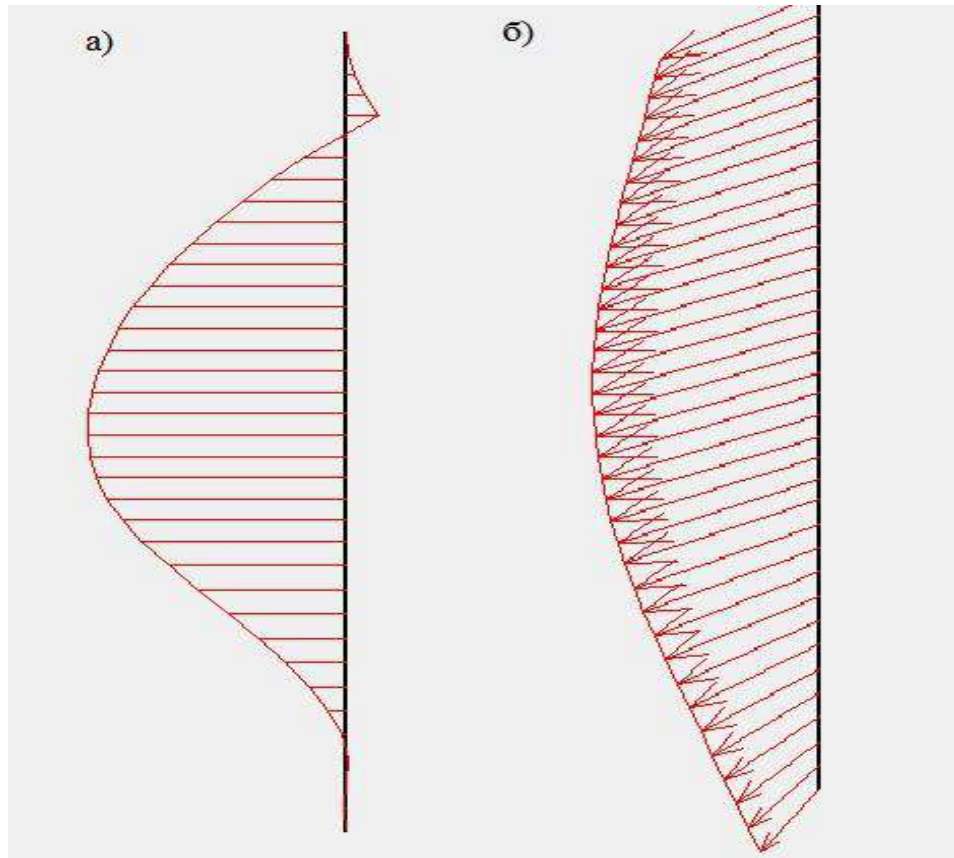


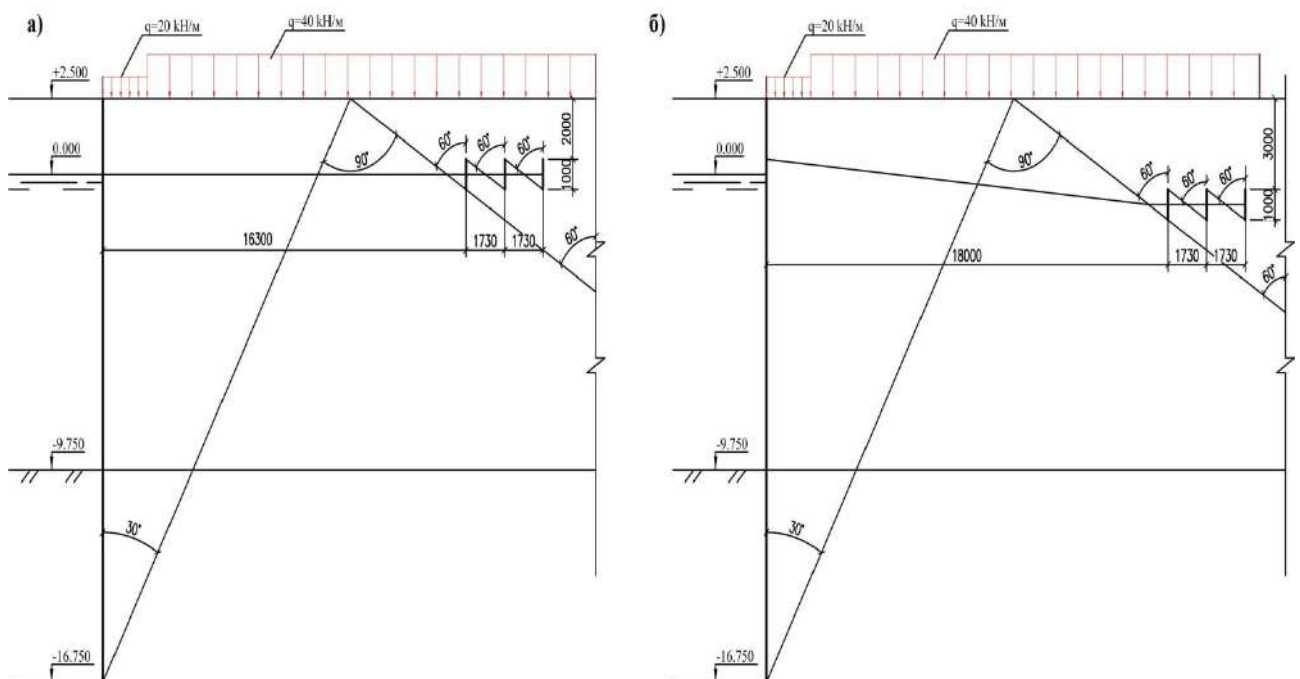
Рисунок 4.8 - Епюри згинальних моментів і переміщень лицьової стінки (найбільше значення згинального моменту в стінці - 725,2 кНм при зусиллі в анкері - 302,7 кН/м; максимальне переміщення стінки - 0,5 м)

Отримані в результаті даного розрахунку параметри НДС споруди і анкерної опори традиційної конструкції з використанням одиночної плити будуть використані для порівняння з подальшим чисельним моделюванням больверка інноваційної конструкції на основі застосування анкерної опори у вигляді «гребінки».

Розглянута нижче серія розрахунків виконана з метою визначення основних параметрів НДС гнучкої підпірної стінки (заанкерованого больверку) з анкерним пристроєм у вигляді «гребінки», що надало можливість визначити оптимальні положення «гребінки» по глибині, крок розташування анкерних плит уздовж сердечника, а також габарити плит.

#### 4.1.1 Чисельне моделювання більверка з анкерною опорою у вигляді «гребінки» при вертикальному положенні плит для різних глибин розташування «гребінки»

Інноваційна конструкція споруди включала «гребінку» з трьома анкерними плитами висотою 1,0 м кожна (тобто сумарна висота всіх плит гребінки відповідала висоті одиночної анкерної плити згідно традиційного рішення). Як і раніше, для оцінки впливу розташування «гребінки» за глибиною відносно поверхні ґрунту засипки були розглянуті три розрахункових випадки: (1) розташування «гребінки» на рівні верхньої третини висоти одиночної анкерної плити традиційної конструкції; (2) розташування «гребінки» на рівні середньої третини висоти одиночної анкерної плити традиційної конструкції; (3) розташування «гребінки» на рівні нижньої третини висоти одиночної анкерної плити традиційної конструкції (відповідні геометричні схеми представлені на рис. 4.9). Розрахункова схема програмного комплексу Plaxis для розглянутого випадку наведена на рис. 4.10.



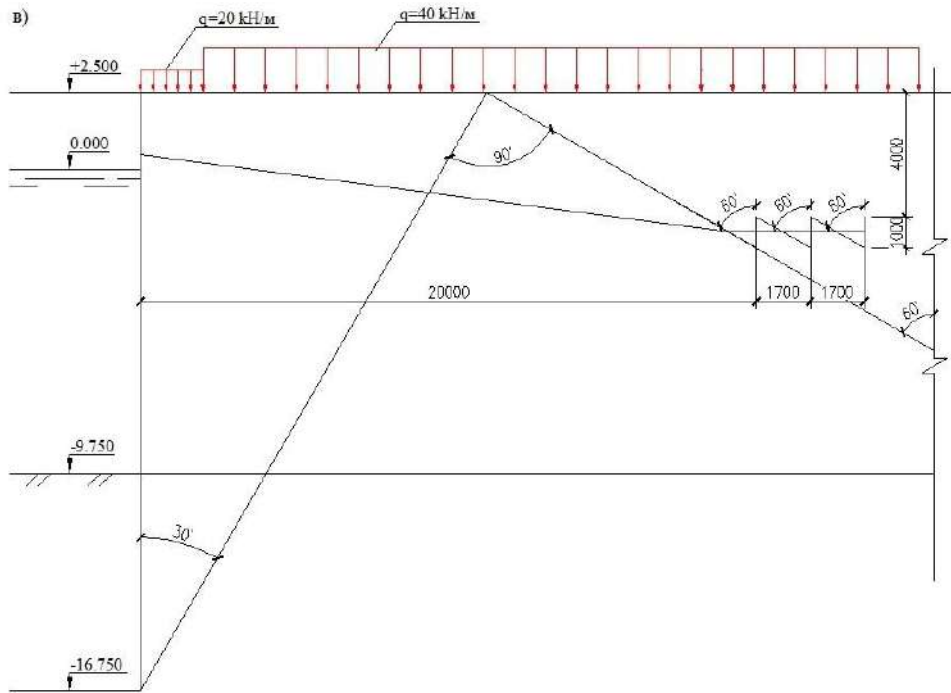


Рисунок 4.9 - Геометричні схеми більверка з анкерним пристроєм у вигляді «гребінки» при вертикальному положенні анкерних плит для трьох положень

«гребінки» за глибиною:

а - «гребінка» на рівні верхньої третини висоти одиночної анкерної плити традиційної конструкції; б - «гребінка» на рівні середньої третини висоти одиночної анкерної плити; в - «гребінка» на рівні нижньої третини висоти одиночної анкерної плити

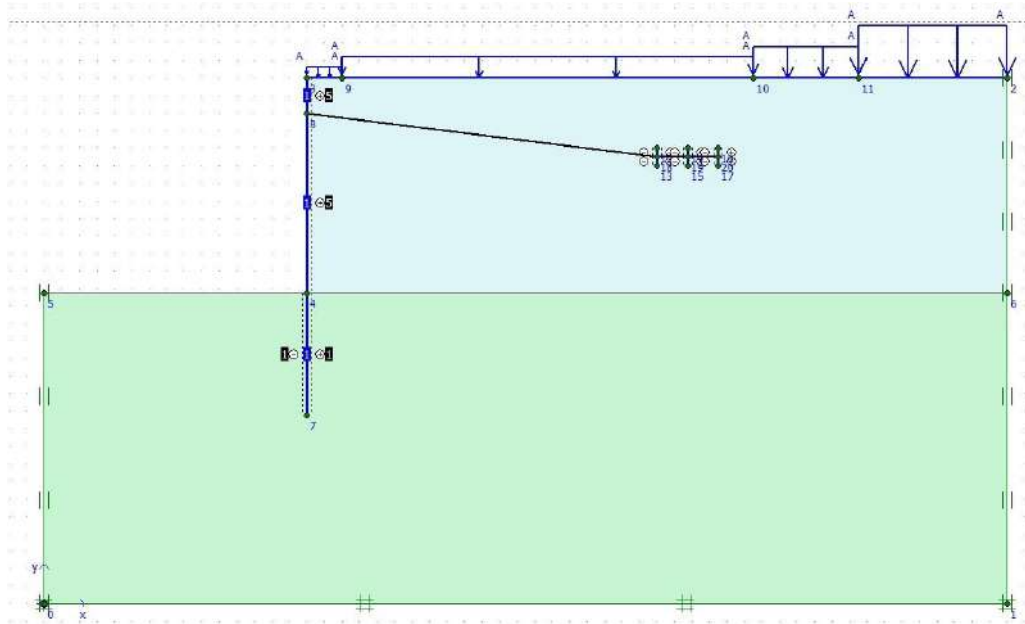


Рисунок 4.10 - Розрахункова схема для чисельного моделювання більверка з анкерним пристроєм у вигляді «гребінки» з вертикальним положенням плит

Основні результати чисельного моделювання розглянутої споруди наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Основні параметри НДС споруди у випадку його анкерування «гребінкою» в трьох положеннях по глибині

Положення «гребінки» залежно від заглиблення	Параметри НДС споруди				Параметри НДС «гребінки»		
	$\sigma_{Tot}$ , [кН/м <sup>2</sup> ]	$U_{Tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]	$Ra/Rc$ , [кН]	$Nc$ , [кН/м]	$u_{tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]
Верхнє:							
1-а плита	610,9	198,4	375,8	195,7/	41,7	171,6	14,2
2-а плита				(112,1-	25,8	175,6	9,1
3-тя плита				60,4)	31,5	181,0	9,4
Среднє:							
1-а плита	670,1	288,9	511,2	327,9/	78,4	251,8	26,8
2-а плита				(170,1-	42,8	260,2	15,1
3-тя плита				86,0)	43,5	269,8	14,2
Нижнє:							
1-а плита	680,8	288,4	586,0	334,9/	194,0	194,0	27,1
2-а плита				(181,2-	198,6	198,60	14,9
3-тя плита				100,7)	51,2	201,7	16,5

Примітка 3. Нумерація плит в «гребінці» від першої до третьої прийнята, починаючи від найбільш близької до лицьової стінки плити.

Аналіз даних, наведених в табл. 4.2, дозволяє зробити наступні висновки. Найбільш ефективним з точки зору як несучої здатності при сприйнятті анкерного зусилля (зростання на 75%), так і позитивного впливу на НДС основних конструктивних елементів больверка є варіант з нижнім розташуванням «гребінки». Так, у порівнянні із випадком використання в конструкції больверку традиційного анкерного пристрою у вигляді одиночної плити, максимальні напруження в системі при використанні «гребінки» знижуються на 16%, переміщення споруди - на 56%, згинальний момент в лицьовій стінці - на 20%. Слід також відзначити зниження як згинальних моментів в плитах «гребінки», так і їхніх переміщень (приблизно на 70% порівняно з традиційною конструкцією).

## 4.2 Аналіз впливу компоновальних і конструкторських рішень анкерної опори у вигляді «гребінки»

### 4.2.1 Чисельне моделювання больверка із різною кількістю плит в «гребінці»

В поданій серії розрахунків розглянуті п'ять конструктивних варіантів анкерного пристрою у вигляді «гребінки», що відрізняються кількістю плит (від 2-ох до 6-ти), але мають в кожному випадку однакову сумарну висоту плит в «гребінці», що дорівнює висоті одиночної анкерної плити згідно традиційної конструкції анкерного пристрою (3,0 м), тобто з однаковою матеріаломісткістю (рис. 4.11). Результати виконаних розрахунків поданої серії наведені в табл. 4.3.

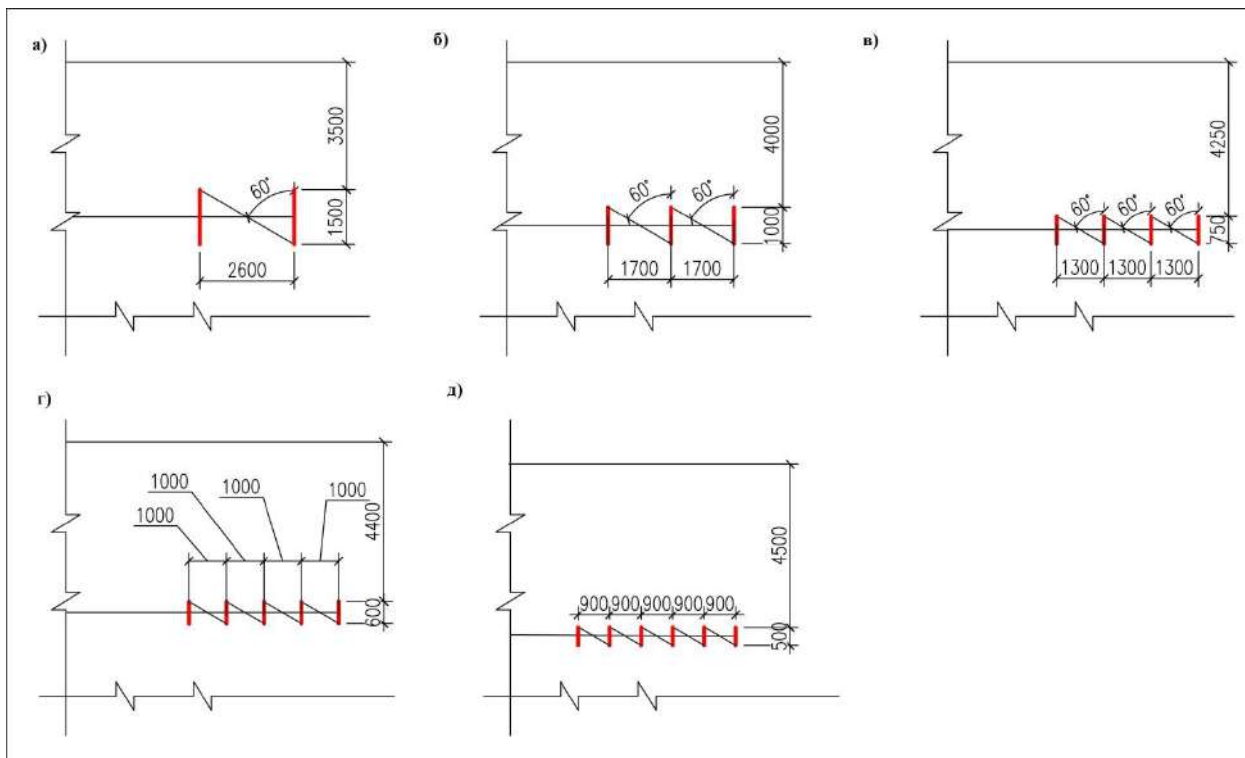


Рисунок 4.11 - Схеми розташування анкерних плит в «гребінці» при варіюванні їх кількості: а - з двома плитами із висотою кожної плити  $h=1,5$  м; б - з трьома плитами ( $h=1,0$  м); в - з чотирма плитами ( $h=0,75$  м); г - з п'ятьма плитами ( $h=0,6$  м); д - з шістьма плитами ( $h=0,5$  м)

Таблиця 4.3 - Основні параметри НДС споруди при варіюванні кількості анкерних плит в «гребінці»

Положення «гребінки» залежно від заглиблення	Параметри НДС споруди				Параметри НДС «гребінки»		
	$\sigma_{Tot}$ , [кН/м <sup>2</sup> ]	$U_{Tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]	$Ra/Rc$ [кН]	$Nc$ , [кН/м]	$u_{tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]
Одиночна плита традиційного рішення	814,7	660,0	725,2	302,7	185,5	579,5	103,8
Нижнє: 1-а плита 2-а плита	676,7	291,1	574,7	324,8 138,5	91,5 71,2	206,4 211,0	48,3 32,7
Нижнє: 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	680,8	288,4	586,0	334,9 181,2 100,7	194,0 198,6 51,2	194,0 198,6 201,7	27,1 14,9 16,5
Нижнє: 1-а плита 2-а плита 3-тя плита 4-а плита	679,1	283,1	587,0	337,1 205,5 142,9 78,1	64,9 33,1 32,6 39,8	187,6 192,0 197,1 200,8	17,3 8,2 8,8 9,8
Нижнє: 1-а плита 2-а плита 3-тя плита 4-а плита 5-а плита	681,0	286,0	592,4	331,1 214,0 161,4 114,6 63,1	58,0 26,6 23,9 25,6 32,1	187,5 191,3 195,0 198,9 202,6	12,9 5,9 5,2 5,7 6,2
Нижнє: 1-а плита 2-а плита 3-тя плита 4-а плита 5-а плита 6-а плита	678,5	282,0	582,5	335,1 223,5 179,7 135,7 95,1 51,4	55,3 22,2 22,2 20,9 22,5 27,2	187,3 190,6 194,1 197,2 201,1 205,1	10,3 4,1 4,1 3,5 4,2 4,9

Примітка 4. Нумерація плит в «гребінці» від першої до останньої прийнята, починаючи від найбільш близької до лицьової стінки плити.



З наведених у табл. 4.3 даних можна зробити висновок, що основне зниження зусиль в лицьовій стінці споруди, а також її переміщень відзначається при переході від одиночної анкерної плити традиційного рішення анкерного пристрою до «гребінки», що складається з 2-3 плит меншої висоти. Подальше збільшення кількості анкерних плит в «гребінці» істотного впливу на НДС як споруди в цілому, так і анкерного пристрою, не має. У зв'язку з цим, виходячи з технологічних міркувань (обмеження загальних габаритів «гребінки» під час її монтажу; зменшення обсягу опалубних робіт при виготовленні «гребінки» з 2-3 плит, ніж з 5-6 плит та інш.) є доцільним обмежити кількість плит в «гребінці» трьома.

#### 4.2.2 Чисельне моделювання больверка із різними висотами плит в «гребінці»

Наведена серія розрахунків виконана виходячи з принципу однакової матеріаломісткості розглянутих конструктивних варіантів «гребінки» і традиційного анкерного пристрою у вигляді одиночної плити. Геометричні схеми розрахункових варіантів «гребінки» наведені на рис. 4.12, а-г. Крім того, були розраховані варіанти «гребінки» з кріпленням сердечника не по середині кожної з плит, як в попередніх розрахунках, а таким чином, щоб нижні висотні позначки всіх плит були однакові (див. геометричні схеми на рис. 4.12, д-з). Для оцінки впливу порядку розташування плит різної висоти в «гребінці» були розраховані варіанти розташування плит в порядку зростання і спадання по висоті (див. рис. 4.12).

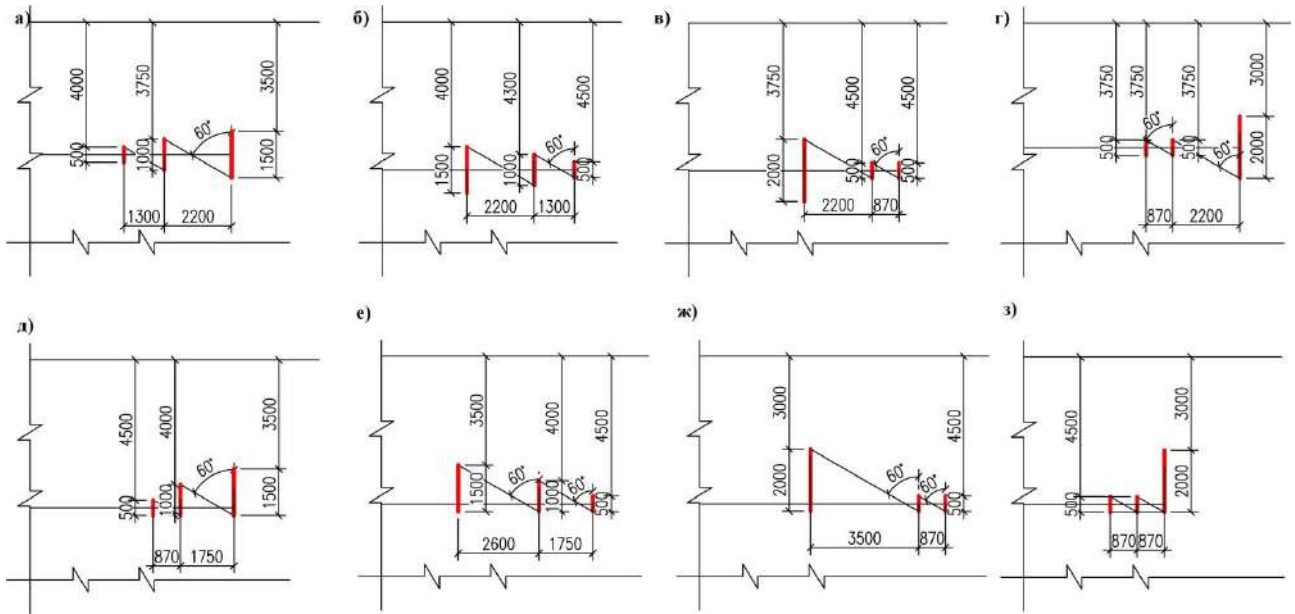


Рисунок 4.12 - Геометричні схеми анкерного пристрою у вигляді «гребінки» із різною висотою плит: а) плити розташовані в порядку зростання по висоті: 1-а плита  $h=0,5$  м, 2-а плита  $h=1,0$  м, 3-тя плита  $h=1,5$  м; б) плити розташовані в порядку спадання по висоті 1-а плита  $h=1,5$  м, 2-а плита  $h=1,0$  м, 3-тя плита  $h=0,5$  м; в) плити розташовані в порядку спадання по висоті 1-а плита  $h=2,0$  м, 2-а плита  $h=0,5$  м, 3-тя плита  $h=0,5$  м; г) плити розташовані в порядку зростання по висоті: 1-а плита  $h=0,5$  м, 2-а плита  $h=0,5$  м, 3-тя плита  $h=2,0$  м; д) плити розташовані в порядку зростання по висоті на рівні нижньої відмітки: 1-а плита  $h=0,5$  м, 2-а плита  $h=1,0$  м, 3-тя плита  $h=1,5$  м; е) плити розташовані в порядку спадання по висоті на рівні нижньої відмітки: 1-а плита  $h=1,5$  м, 2-а плита  $h=1,0$  м, 3-тя плита  $h=0,5$  м; ж) плити розташовані в порядку спадання по висоті на рівні нижньої відмітки: 1-а плита  $h=2,0$  м, 2-а плита  $h=0,5$  м, 3-тя плита  $h=0,5$  м; з) плити розташовані в порядку зростання по висоті на рівні нижньої відмітки: 1-а плита  $h=0,5$  м, 2-а плита  $h=0,5$  м, 3-тя плита  $h=2,0$  м.

Для варіантів конструктивних рішень розглянутих анкерних пристроїв були визначені величини їх несучої здатності за методикою, описаною в п.3.3; отримані дані наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Несуча здатність анкерного пристрою у вигляді «гребінки» при різних висотах плит та порядку їх розташування.

Схема «гребінки» згідно рис. 4.13	Висота плити, $h$ , [м]	Заглиблення плити, $T$ , [м]	Равнодійна пасивного тиску ґрунту на анкерну плиту, $E$ , [кН]
Тип а) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	0,5 1,0 1,5	4,0 3,75 3,5	765
Тип б) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	1,5 1,0 0,5	4,0 4,25 4,5	855
Тип в) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	2,0 0,5 0,5	3,75 4,5 4,5	855
Тип г) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	0,5 0,5 2,0	3,75 3,75 3,0	720
Тип д), е) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	0,5 1,0 1,5	4,5 4,0 3,5	795
Тип ж), з) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	2,0 0,5 0,5	3,0 4,5 4,5	765

Примітка 5. Нумерація плит в «гребінці» від першої до третьої прийнята, починаючи від найбільш близької до лицьової стінки плити.

Із даних, наведених в табл.4.4 випливає, що збільшення несучої здатності в порівнянні з одиночною анкерною плитою традиційної конструкції ( $E_{on}=630\text{кН}$ ) спостерігається для кожної з восьми розглянутих схем. При цьому найбільший приріст склав близько 36% ( $E=855\text{кН}$ ) для «гребінок» за схемами на рис. 4.12, б і в, тобто найбільш ефективним виявилось розташування плит в порядку спадання по висоті та у випадку кріплення сердечника посередині кожної з плит. Це свідчить, зокрема, про значнішу роль передньої анкерної плити

в розглянутих варіантах конструктивного рішення «гребінки» в порівнянні з більш віддаленими від лицьової стінки плитами.

Результати чисельного моделювання больверка з анкеруванням «гребінкою» за схемами на рис. 4.12 представлені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 - Основні параметри НДС споруди при варіюванні висоти і порядку розташування анкерних плит в «гребінці»

Схема «гребінки» згідно рис. 4.13	Параметри НДС споруди				Параметри НДС «гребінки»		
	$\sigma_{Tot}$ , [кН/м <sup>2</sup> ]	$U_{Tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]	$Ra/Rc$ [кН]	$N_c$ , [кН/м]	$u_{tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]
Одиночна плита згідно традиційно го рішення	814,7	660,0	725,2	302,7	185,5	579,5	103,8
Тип а) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	679,5	285,9	586,6	337,0 226,8 140,2	54,9 44,8 71,2	192,3 196,3 201,2	10,7 15,3 33,1
Тип б) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	680,9	284,1	591,7	341,0 179,8 82,2	90,1 57,7 42,6	188,6 196,1 201,8	18,2 10,7 7,0
Тип в) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	676,9	280,8	583,9	332,2 124,6 62,1	103,8 31,6 31,2	189,6 202,7 208,9	66,2 6,2 6,0
Тип г) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	694,4	321,9	600,5	321,7 141,9 80,9	89,3 30,3 43,8	230,3 244,1 264,9	16,0 5,4 7,8
Тип д) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	685,9	306,3	587,0	326,4 177,1 110,0	73,4 39,8 62,9	208,2 221,4 237,4	14,3 6,6 10,3
Тип е) 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	677,3	286,1	577,1	334,1 154,3 50,2	88,7 53,1 25,6	196,6 203,6 208,1	44,5 18,4 4,4

Кінець таблиці 4.5 - Основні параметри НДС споруди при варіюванні висоти і порядку розташування анкерних плит в «гребінці»

Схема «гребінки» згідно рис. 4.13	Параметри НДС споруди				Параметри НДС «гребінки»		
	$\sigma_{Tot}$ , [кН/м <sup>2</sup> ]	$U_{Tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]	$Ra/Rc$ [кН]	$Nc$ , [кН/м]	$u_{tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]
Тип ж)							
1-а плита	672,3	271,0	572,8	332,1	89,0	187,8	15,6
2-а плита				160,5	51,3	197,4	9,8
3-тя плита				58,0	30,6	204,0	5,1
Тип з)							
1-а плита	679,1	291,8	584,1	329,4	53,1	197,7	9,0
2-а плита				222,8	24,2	199,3	4,0
3-тя плита				175,1	88,0	204,5	54,9

Примітка 6. Нумерація плит в «гребінці» від першої до третьої прийнята, починаючи від найбільш близької до лицьової стінки плити.

Як впливає з даних, наведених в табл. 4.5, найменші деформації спостерігаються в анкерному пристрої у вигляді «гребінки», що відповідає схемам на рис. 4.12, в і ж. Одиночна плита згідно традиційного рішення поступається інноваційній конструкції «гребінки» різних типів за всіма основними показниками, крім анкерної реакції (для «гребінки» анкерна реакція перевищує анкерну реакцію для одиночної плити приблизно на 12%). Розташування плит в порядку зростання по висоті не є ефективним, мабуть, через те, що основний приріст несучої здатності забезпечується найбільш близькою до лицьової стінки плитою, яка повинна мати найбільшу висоту. Також у разі кріплення сердечника до середньої частини плит спостерігається така закономірність: чим менше висота останньої (найбільш віддаленої від лицьової стінки) плити, тим глибше можна розташувати анкерний пристрій від поверхні причалу, оскільки інші плити «гребінки» кріпляться по висоті згідно останньої, що також впливає на величину тиску опору ґрунту. Слід зазначити, що при застосуванні конструкції анкерного пристрою у вигляді «гребінки» за схемами, зображеними на рис. 4.12, б і в можлива певна перевитрата матеріалу на

виготовлення анкерних тяг, оскільки порівняно з випадком одиночної плити довжина анкерної тяги збільшується приблизно на 1 м.

#### 4.2.3 Чисельне моделювання больверка із різним кроком плит в «гребінці» вертикального типу

Наведена серія розрахунків виконана для больверка із анкерною опорою у вигляді «гребінки», що складається з трьох плит в нижньому положенні (заглиблення  $T=4$  м) з однаковою по висоту (висота кожної плити  $h=1,0$  м). Мета моделювання полягала в дослідженні впливу кроку плит уздовж сердечника. Вихідна величина кроку плит прийнята такою, при якій ближча до лицьової стінки плита не перетинає меж призми випирання ґрунту (в термінах теорії Кулона або теорії граничного напруженого стану ґрунтового середовища) перед сусідньою, більш віддаленою від лицьової стінки плитою. Для прийнятих у виконаному чисельному моделюванні вихідних даних і згідно методів вищезазначених теорій, заснованих на розгляді ґрунту в граничному напруженому стані, цей попередньо визначений крок плит становить  $L=1,7$  м.

Оскільки для чисельного моделювання роботи больверка застосований розрахунковий комплекс Plaxis, який реалізує МСЕ і пружно-пластичну модель ґрунтового середовища, то очевидно, що призначення кроку плит, виходячи з розгляду призми випирання ґрунту, не є коректним. Тому попередньо призначений крок плит ( $L=1,7$  м) є в наведеній розрахунковій схемі МСЕ умовним параметром, який може бути використаний для подальшого порівняння з результатами застосування пружно-пластичної моделі при варіюванні кроку анкерних плит в «гребінці» (для порівняння різних розрахункових моделей).

У виконаному чисельному моделюванні були розглянуті випадки зближення і віддалення плит в «гребінці» у порівнянні із початково призначеним кроком плит. Так, на геометричній схемі, зображеній на рис. 4.13, а, розглянуто варіант із зменшеним рівномірним кроком плит  $l=0,87$  м (приблизно  $0,5 L$ ), що умовно відповідало побудові призми випирання не відносно нижньої межі

плити, а від точки кріплення її до сердечника. На геометричній схемі, зображеній на рис. 4.13, б, розглянуто варіант із збільшеним рівномірним кроком плит  $L+l=2,7\text{ м}$  (тобто приблизно  $1,5L$ ).

Крім того, розглянуті варіанти нерівномірного розташування плит в «гребінці». Зокрема, на рис. 4.13, в і г наведені геометричні схеми «гребінки» із кроком  $0,5L$  і  $1,5L$  в одному пристрої.

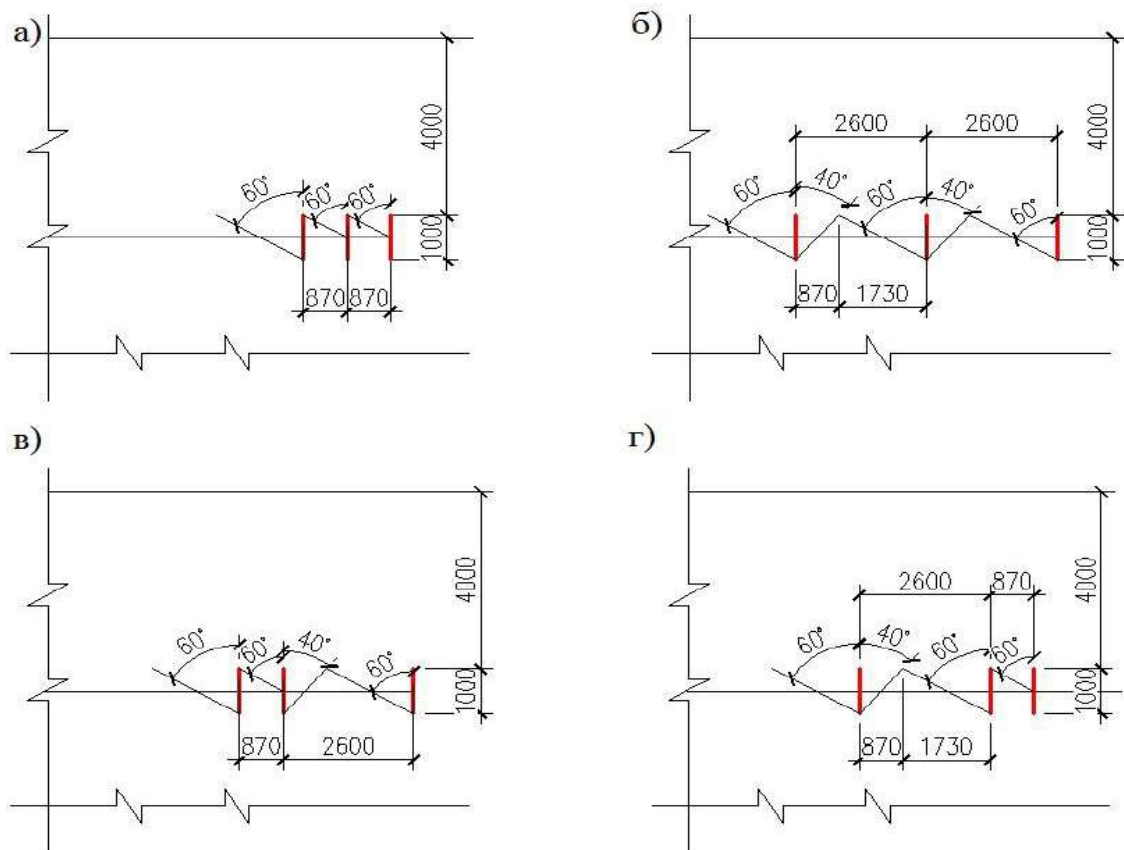


Рисунок 4.13 - Геометричні схеми анкерного пристрою у вигляді «гребінки» із різним кроком плит: а - випадок зближення плит із рівномірним кроком ( $l=0,5L$ ); б - випадок віддалення плит із рівномірним кроком ( $l=1,5L$ ); в і г - випадки нерівномірного кроку плит в анкерному пристрої ( $l=0,5-1,5L$ )

Результати чисельного моделювання більверка з анкеруванням «гребінкою» за схемами на рис. 4.13 представлені в табл. 4.6.

Як впливає з даних, наведених в табл. 4.6, суттєвої різниці в параметрах НДС досліджуваної споруди при варіюванні кроку анкерних плит в «гребінці»

не спостерігається. Найбільше зменшення переміщень (до 6,5%) і напружень (до 1,6%), а також згинального моменту в лицьовій стінці (до 2,4%) отримано для випадку використання «гребінки» з рівномірним кроком плит 1,5 L.

Таблиця 4.6 - Основні параметри НДС споруди при варіюванні кроку анкерних плит в «гребінці»

Схема «гребінки» згідно рис. 4.14	Параметри НДС споруди				Параметри НДС «гребінки»		
	$\sigma_{Tot}$ , [кН/м <sup>2</sup> ]	$U_{Tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{Max}$ , [кН*м/м]	$Ra/Rc$ [кН]	$Nc$ , [кН/м]	$u_{tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]
Одиночна плита згідно традиційно го рішення	814,7	660,0	725,2	302,7	185,5	579,5	103,8
3 кроком $L$ 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	680,8	288,4	586,0	334,9 181,2- 100,7	194,0 198,6 51,2	194,0 198,6 201,7	27,1 14,9 16,5
3 кроком $0,5 L$ 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	685,7	309,8	584,4	322,9 137,3 80,3	92,9 30,0 40,3	220,0 225,7 227,5	34,3 11,1 13,8
3 кроком $1,5 L$ 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	670,1	269,7	572,0	334,5 199,9 105,7	66,9 47,9 54,0	180,9 186,1 195,9	23,2 16,2 16,8
3 кроком $0,5 L-1,5 L$ 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	678,7	287,2	584,5	332,8 186,1 121,6	72,6 33,1 61,0	193,9 197,4 203,3	26,3 12,8 19,7
3 кроком $0,5 L-1,5 L$ 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	678,9	289,1	577,9	329,1 176,7 66,5	75,2 56,4 35,2	197,2 207,5 212,0	26,4 18,8 11,0

Примітка 7. Нумерація плит в «гребінці» від першої до третьої прийнята, починаючи від найбільш близької до лицьової стінки плити.



В той же час, при практичній реалізації цієї схеми буде мати місце збільшення витрат матеріалу на виготовлення сердечника для кріплення плит. Очевидним є і зворотний ефект: використання «гребінки» з рівномірним кроком анкерних плит  $0,5L$  може привести до економії матеріалу на виготовлення сердечника. Застосування «гребінки» з кроком плит  $0,5L-1,5L$  характеризується параметрами НДС споруди, аналогічними використанню анкерних плит в «гребінці» з кроком  $L$ . Вбачається, що зазначені обставини відображають відмінність у передумовах двох основних підходів, використаних під час аналізу взаємодії анкерного пристрою з ґрунтовим середовищем. По-перше, це підхід, заснований на розгляді ґрунтового середовища в граничному напруженому стані (відповідно використана орієнтація на виникнення призми випирання ґрунту перед анкерними плитами і оптимальним є крок плит  $L$ ), по-друге, це застосування моделі суцільного середовища в змішаній постановці (пружно-пластична задача, реалізована в програмному комплексі Plaxis). Розрахунок в програмному комплексі Plaxis показав, що прийнятним є зменшення кроку плит до  $0,5L$ . Мабуть, об'єктивне вирішення зазначеного протиріччя можливо шляхом проведення додаткових експериментальних досліджень на моделях з варіюванням кроку анкерних плит в «гребінці» та шляхом застосування більш складних вимірювальних процедур, що дозволяють фіксувати не тільки переміщення анкерного пристрою і його несучу здатність (див. Розділ 3 цієї дисертації), але й параметри напружено-деформованого стану ґрунтового середовища, яке взаємодіє з анкерними плитами.

#### 4.2.4 Чисельне моделювання больверка з анкерної опорою у вигляді «гребінки» похилого типу

Як зазначалося раніше в розділі 1 даної роботи, дослідження тиску опору ґрунту перед контактною гранню підпірних стінок проводилися багатьма вченими. В частині врахування нахилу контактної межі слід відзначити фундаментальні роботи В.В. Соколовського (теорія граничного напруженого стану ґрунтового середовища, що була покладена в основу рекомендацій

відповідного нормативного документу), П.І. Яковлєва (технічна теорія граничного напруженого стану ґрунтового середовища, що надала важливі уточнення теорії В.В.Соколовського), а також цікаві експериментальні дослідження А.Я. Будіна та З.В. Цагарелі. Оцінювання прикладних аспектів цих досліджень і розробок щодо інноваційної конструкції анкерного пристрою у вигляді «гребінки» з анкерних плит представлено в п.3.3 даної дисертації, де було проведено порівняння даних фізичного моделювання нового анкерного пристрою з розрахунками за згаданими методами. Нижче розглянуті результати чисельного моделювання роботи больверка з анкерним пристроєм у вигляді «гребінки» як за згаданими методами (які можна об'єднати в групу методів теорії граничного стану ґрунту з тими чи іншими коригуючими пропозиціями), так і в програмному комплексі Plaxis.

Так само, як і вище, розглядається гнучка підпірна стінка з анкерним пристроєм у вигляді «гребінки». Остання умовно прийнята, як стінка, анкерний пристрій якої складається з трьох похилих плит висотою  $h=1,0$  м кожна, з однаковим кроком, що відповідає габаритам призми випирання перед кожною з плит. Пристрій розташований на глибині  $T = 2,0 \div 4,0$  м від поверхні причалу.

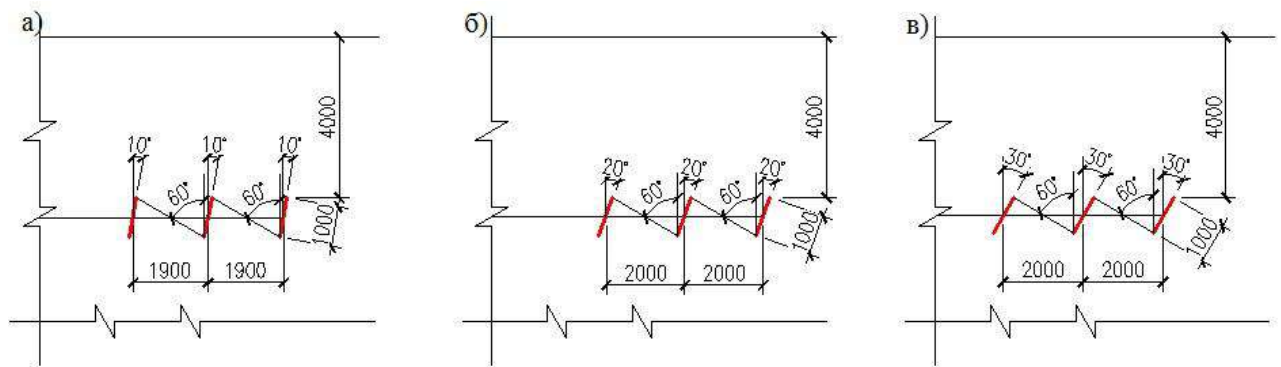


Рисунок 4.14 - Геометричні схеми анкерного пристрою у вигляді «гребінки» із різними кутами нахилу плит в бік «від ґрунту» в нижньому положенні ( $T=4,0$  м): а – з кутом нахилу плит  $10^{\circ}$ ; б - з кутом нахилу плит  $20^{\circ}$ ; в - з кутом нахилу плит  $30^{\circ}$

На рис. 4.14 наведені геометричні схеми для трьох випадків нахилу плит за годинниковою стрілкою від вертикалі (тобто в бік «від ґрунту» засипки, розташованого між лицьовою стінкою і анкерним пристроєм) під кутом  $10^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$  і  $30^{\circ}$ .

В розглянутій серії розрахунків визначення несучої здатності анкерного пристрою у вигляді «гребінки» для згадуваних методів, заснованих на методах теорії граничного стану ґрунтового середовища, здійснювалося за розробленою в Microsoft Excel програмою. Основні результати виконаних обчислень наведені в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 - Несуча здатність анкерного пристрою у вигляді «гребінки» при різних кутах нахилу анкерних плит в «гребінці» в бік «від ґрунту»

Тип і положення анкерного пристрою у вигляді «гребінки»	Розрахункова несуча здатність, кН згідно методу			
	А.Я. Будін	З.В. Цагарелі	Нормативні документи [38]	П.І. Яковлев
верхнє положення				
вертикального типу	450,0	450,0	450,0	450,0
$\alpha = 10^{\circ}$	572,2	495,5	555,0	856,2
$\alpha = 20^{\circ}$	800,8	541,9	705,0	1171,2
$\alpha = 30^{\circ}$	1292,8	590,3	915,0	1738,3
середнє положення				
вертикального типу	630,0	630,0	630,0	630,0
$\alpha = 10^{\circ}$	801,1	693,7	777,0	1198,7
$\alpha = 20^{\circ}$	1121,1	758,7	987,0	1639,7
$\alpha = 30^{\circ}$	1810,0	826,5	1281,0	2433,6
нижнє положення				
вертикального типу	810,0	810,0	810,0	810,0
$\alpha = 10^{\circ}$	1030,0	891,9	999,0	1541,1
$\alpha = 20^{\circ}$	1441,4	975,5	1269,0	2108,2
$\alpha = 30^{\circ}$	2327,1	1062,6	1647,0	3128,9

Аналіз даних, наведених в табл. 4.7, вказує на значну розбіжність значень, визначених методами, що ґрунтуються на теорії Кулона та теорії граничного

напруженого стану ґрунтового середовища. Загальний якісний результат застосування розглянутих методів - значний приріст несучої здатності у разі збільшення кута нахилу плит в бік «до ґрунту». Причому навіть для «верхнього», найбільш не вигідного розташування «гребінки», спостерігається приріст несучої здатності. Найбільш стійкі результати (а, як наведено вище в п. 3.3, й найбільш відповідні даним проведеного фізичного моделювання) для всіх трьох положень анкерних плит по глибині і прийнятих кутів їх нахилу «від ґрунту» дає метод, запропонований З.В. Цагарелі. Решта розглянутих методів призводить до значного завищення здатності опору ґрунту.

Результати чисельного моделювання споруди з «гребінкою» для випадку нахилу плит «від ґрунту» при використанні програмного комплексу Plaxis (пружно-пластична модель ґрунтового середовища) наведені в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні параметри НДС споруди при варіюванні нахилу анкерних плит «від ґрунту» в «гребінці»

Положення «гребінки»	Параметри НДС споруди				Параметри НДС «гребінки»		
	$\sigma_{Tot}$ , [кН/м <sup>2</sup> ]	$U_{Tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]	$Ra/Rc$ , [кН]	$Nc$ , [кН/м]	$u_{tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]
Верхнє: <i>Плити розташовані ні під кутом 0°:</i>	610,9	198,4	375,8				
1-а плита				195,7	41,7	171,6	14,2
2-а плита				112,1	25,8	175,6	9,1
3-тя плита				60,4	31,5	181,0	9,4
<i>Плити розташовані ні під кутом 10°:</i>	603,2	181,7	351,6				
1-а плита				187,6	40,6	158,8	13,9
2-а плита				106,6	25,2	162,6	8,9
3-тя плита				56,8	28,5	169,9	8,9

Продовження таблиці 4.8 - Основні параметри НДС споруди при варіюванні нахилу анкерних плит «від ґрунту» в «гребінці»

Положення «гребінки»	Параметри НДС споруди				Параметри НДС «гребінки»		
	$\sigma_{Tot}$ , [кН/м <sup>2</sup> ]	$U_{Tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]	$Ra/Rc$ , [кН]	$Nc$ , [кН/м]	$u_{tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]
<i>Плити розташовані під кутом 20°:</i>	816,9	492,8	813,9				
1-а плита				303,3	69,2	446,3	24,4
2-а плита				162,8	36,8	460,5	14,0
3-тя плита				85,4	42,9	487,7	14,0
<i>Плити розташовані під кутом 30°:</i>	605,0	184,7	363,5				
1-а плита				201,3	34,5	159,3	12,2
2-а плита				128,9	25,7	165,8	8,9
3-тя плита				74,8	35,3	184,7	12,1
<i>Середнє: Плити розташовані під кутом 0°:</i>	670,1	288,9	511,2				
1-а плита				327,9	78,4	251,8	26,8
2-а плита				170,1	42,8	260,2	15,1
3-тя плита				86,0	43,5	269,8	14,2
<i>Плити розташовані під кутом 10°:</i>	702,5	318,6	600,0				
1-а плита				331,8	77,9	267,6	26,9
2-а плита				176,9	42,7	276,4	15,0
3-тя плита				92,9	47,7	286,2	15,5
<i>Плити розташовані під кутом 20°:</i>	716,2	334,0	640,9				
1-а плита				324,4	65,9	259,4	23,8
2-а плита				192,7	46,2	274,0	16,5
3-тя плита				97,8	49,5	287,8	15,9

Кінець таблиці 4.8 - Основні параметри НДС споруди при варіюванні нахилу анкерних плит «від ґрунту» в «гребінці»

Положення «гребінки»	Параметри НДС споруди				Параметри НДС «гребінки»		
	$\sigma_{Tot}$ , [кН/м <sup>2</sup> ]	$U_{Tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]	$Ra/Rc$ , [кН]	$Nc$ , [кН/м]	$u_{tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]
<i>Плити розташовані під кутом 30°:</i>	716,6	331,2	646,4				
1-а плита				328,5	67,3	253,8	24,9
2-а плита				192,5	40,8	267,7	14,4
3-тя плита				104,0	48,1	285,1	17,3
<i>Нижче: Плити розташовані під кутом 0°:</i>	680,8	288,4	586,0				
1-а плита				334,9	194,0	194,0	27,1
2-а плита				181,2-	198,6	1998,6	14,9
3-тя плита				100,7	51,2	201,7	16,5
<i>Плити розташовані під кутом 10°:</i>	677,8	282,8	584,3				
1-а плита				334,9	74,2	191,2	26,5
2-а плита				188,7	43,7	200,0	15,3
3-тя плита				103,7	52,2	210,3	17,2
<i>Плити розташовані під кутом 20°:</i>	677,0	282,3	581,1				
1-а плита				333,3	74,2	192,1	27,7
2-а плита				188,0	43,5	201,6	16,5
3-тя плита				96,8	47,8	214,0	16,1
<i>Плити розташовані під кутом 30°:</i>	672,2	274,0	575,8				
1-а плита				331,9	70,1	186,9	26,7
2-а плита				193,7	42,1	199,6	15,1
3-тя плита				103,8	48,1	219,9	16,5

Примітка 8. Нумерація плит в «гребінці» від першої до третьої прийнята, починаючи від найбільш близької до лицьової стінки плити.

Результати, наведені в табл. 4.8, якісно і кількісно підтверджують ефективність виконання анкерних плит з нахилом в бік «від ґрунту». Як і раніше, найбільш реальним є «нижнє» розташування «гребінки», що забезпечує сприятливі значення параметрів НДС як анкерного пристрою, так і споруди в цілому.

Серія виконаних розрахунків з похилими анкерними плитами в «гребінці» в бік «на ґрунт» показала, як і можна було припустити, погіршення основних параметрів НДС споруди і, відповідно, зниження несучої здатності анкерного пристрою.

#### 4.2.5 Чисельне моделювання больверка з анкерною опорою у вигляді «гребінки» вертикального типу з мінімізацією її матеріаломісткості

Метою наведеної серії розрахунків було визначення геометричних параметрів анкерної опори у вигляді «гребінки» (габаритів і кроку анкерних плит), що забезпечують мінімізацію матеріаломісткості анкерного пристрою при забезпеченні його несучої здатності, що відповідає значенню несучої здатності анкерного пристрою традиційної конструкції (одиначна плита з несучою здатністю при прийнятих вихідних даних  $E=630 \text{ кН}$ ).

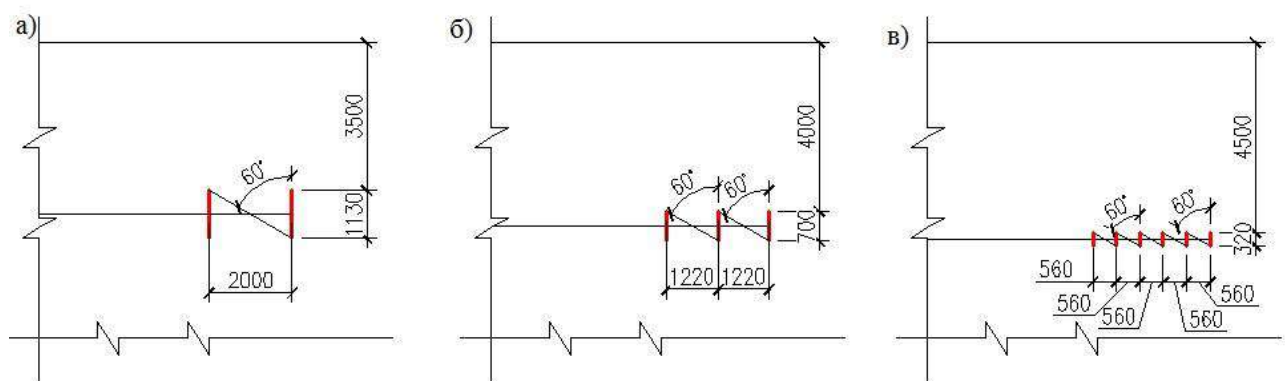


Рисунок 4.15 - Геометричні схеми анкерного пристрою у вигляді «гребінки» для визначення його мінімальної матеріаломісткості при різних габаритах, кількості та розташуванні анкерних плит: а - з двома плитами висотою  $h=1,13 \text{ м}$ ; б - з трьома плитами висотою  $h=0,7 \text{ м}$ ; в - з шістьма плитами висотою  $h=0,32 \text{ м}$ .

Геометричні схеми для виконаного чисельного моделювання наведені на рис. 4.15, а його результати представлені в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 - Основні параметри НДС споруди при визначенні мінімальної матеріаломісткості анкерного пристрою

Положення «гребінки»	Несуча здатність	Параметри НДС споруди				Параметри НДС «гребінки»		
		$E$ , [кН]	$\sigma_{Tot}$ , [кН/м <sup>2</sup> ]	$U_{Tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]	$M_{max}$ , [кН*м/м]	$Ra/Rc$ [кН]	$N_c$ , [кН/м]	$u_{tot}$ , [*10 <sup>-3</sup> м]
Одиночна плита згідно традиційного рішення	630	814,7	660,0	725,2	302,7	185,5	579,5	103,8
Нижнє: 1-а плита 2-а плита	630	668,4	278,3	528,7	322,4 127,5	98,6 67,0	220,4 230,0	38,3 24,0
Нижнє: 1-а плита 2-а плита 3-тя плита	630	689,0	298,3	591,3	338,2 162,0 86,2	88,2 37,9 43,7	198,5 204,0 208,1	23,0 9,5 10,2
Нижнє: 1-а плита 2-а плита 3-тя плита 4-та плита 5-та плита 6-та плита	630	1100,0	288,8	584,7	340,3 233,6 186,7 142,0 95,1 49,2	51,0 24,2 22,2 23,2 23,2 24,5	182,0 186,3 188,4 190,1 191,9 192,9	6,0 2,8 2,7 2,4 2,7 2,7

Аналіз даних, наведених в табл. 4.9, дозволяє зробити висновок, що з точки зору мінімізації витрат матеріалу на виготовлення як анкерних плит, так і сердечника, а також з урахуванням технологічних міркувань з виготовлення та монтажу анкерного пристрою у вигляді «гребінки» при різній кількості і габаритах плит в «гребінці», найбільш доцільною кількістю плит «гребінки» є три плити висотою 0,7 м. Таке конструктивне рішення сприяє зниженню матеріаломісткості одного анкерного пристрою в порівнянні з традиційним рішенням (одиночна анкерна плита висотою 3,0 м) на величину не менш ніж 30%.



#### 4.3 Застосування інноваційної конструкції анкерної опори у вигляді «гребінки» для умов порту «Південний»

Як було зазначено в п.4.1 і 4.2 цього розділу, інноваційна конструкція анкерної опори у вигляді «гребінки» має істотні переваги перед традиційною конструкцією анкерного пристрою у вигляді одиночної плити (підвищення несучої здатності при однаковій матеріаломісткості або зниження матеріаломісткості при однаковій несучій здатності). З урахуванням розвитку сучасного причального фронту глибоководних портів України при будівництві заанкерених больверків у якості анкерних опор часто використовують не одиночні анкерні плити (через дефіцит їх несучої здатності), а анкерні стінки із сталевих шпунтових паль. Зважаючи на зазначене, порівняння умов застосування на певному реальному об'єкті згаданого традиційного рішення (анкерна стінка із сталевих шпунтових паль) та запропонованого інноваційного рішення у вигляді горизонтально розташованої «гребінки» з анкерних плит становить практичний інтерес. Останнє рішення при використанні анкерних залізобетонних плит невеликої висоти (близько 1,0 м), як вбачається, має переваги перед стінкою, виконаною із занурених в ґрунтову основу сталевих шпунтових паль, як з точки зору витрат на матеріали, так і в частині технологічності реалізації.

Для визначення відповідних кількісних показників в певних природних і експлуатаційних умовах визначимо геометричні параметри «гребінки», при яких її несуча здатність відповідає несучій здатності анкерної стінки із сталевих шпунтових паль.

Одним з найбільш перспективних портів України з точки зору будівництва і реконструкції глибоководного причального фронту є морський торговельний порт «Південний». В морському порту «Південний» здійснюється реалізація проектів розвитку причального фронту як державним підприємством «Адміністрація морських портів України», так і приватними компаніями, що здійснюють свою діяльність в порту.

Нижче наведені розглянуті можливі умови застосування інноваційної конструкції анкерного пристрою у вигляді «гребінки» для умов розвитку причального фронту морського порту «Південний» для природних і експлуатаційних умов району розташування причалів №8-9.

Для причалів №8-9 заплановано після реконструкції довести розрахунковий вантажообіг імпорتنих навалювальних (коксівне вугілля, руда) вантажів до 5000,00 тис. т. Максимальне розрахункове судно СН-150 (дедвейт - 150,0 тис. т, довжина - 270,0 м, ширина - 44,0 м, висота борту - 23,0 м, осадка в вантажу - 16,0 м). Категорія експлуатаційного навантаження - 0 (зі зменшенням навантаження в тилівій зоні до 120 кПа). В результаті реконструкції планується збільшення глибин біля причалу, що може викликати, зокрема, збільшення анкерного зусилля, яке повинно бути сприйнято анкерним пристроєм.

В конструктивному відношенні споруда являє собою заанкерований больверк з лицьової стінкою з металевого шпунта PU 32 (аналог - Ларсен 607n) і залізобетонною збірно-монолітною надбудовою (оголовком). Анкерна система включає металеві тяги, розташовані з кроком 2,4/1,2 м (наведений середній крок 1,8 м), і анкерну стінку з металевого шпунту PU 32 (аналог - Ларсен 607n). Підкранові колії влаштовані на пальовій основі, причому основа кордонної нитки підкранових колій виконує також функцію екранування лицьової шпунтової стінки (рис. 4.16).

Для розглянутих причалів в якості основного проектного рішення була застосована анкерна стінка із сталевих шпунтових паль під анкерними тягами діаметром 100 мм із сталі СтЗсп5 (прогонне анкерне навантаження на анкерну опору складає 334 кН). З метою подальшого обґрунтованого порівняння в якості розрахункового анкерного зусилля при розгляді можливості застосування «гребінки» з анкерних плит було прийнято зусилля такої ж величини.

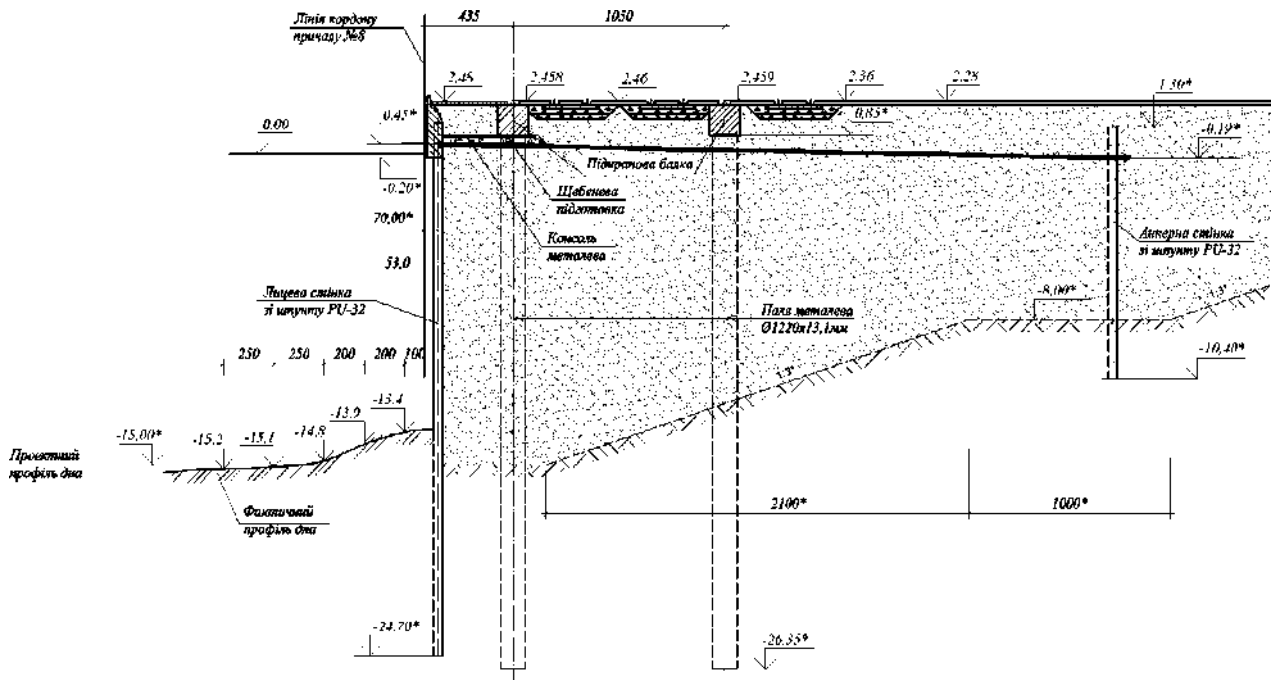


Рисунок 4.16 - Поперечний переріз конструкції причалу №8  
(морський порт «Південний»)

Для того, щоб виконати анкерні опори гребінчастими у вигляді закріплених уздовж жорсткого сердечника залізобетонних анкерних плит повинна виконуватися умова:

$$R_a + E_a \leq nE_p,$$

де  $R_a$  - зусилля в анкерній тязі, що приходиться на один метр уздовж причалу;

$n$  - кількість анкерних плит в «гребінці»;

$E_p$  - рівнодійна пасивного опору ґрунту;

$E_a$  - рівнодійна активного тиску ґрунту (рис. 4.17).

Висота анкерних плит  $h=1,0$  м та товщину  $d=0,3$  м.

Було побудовано розрахункову схему «гребінки» та визначена відстань між анкерними плитами в «гребінці». Для цього був визначений кут  $\beta$  та, при висоті  $l$  однієї гребінки, обчислена відстань між плитами «гребінки»  $b$  через кут  $\beta=45^\circ+\phi/2$  (де  $\phi$ - кут внутрішнього тертя ґрунту, в який занурена конструкція анкерної опори) та отримано  $\beta=45^\circ+30^\circ/2=60^\circ$ .

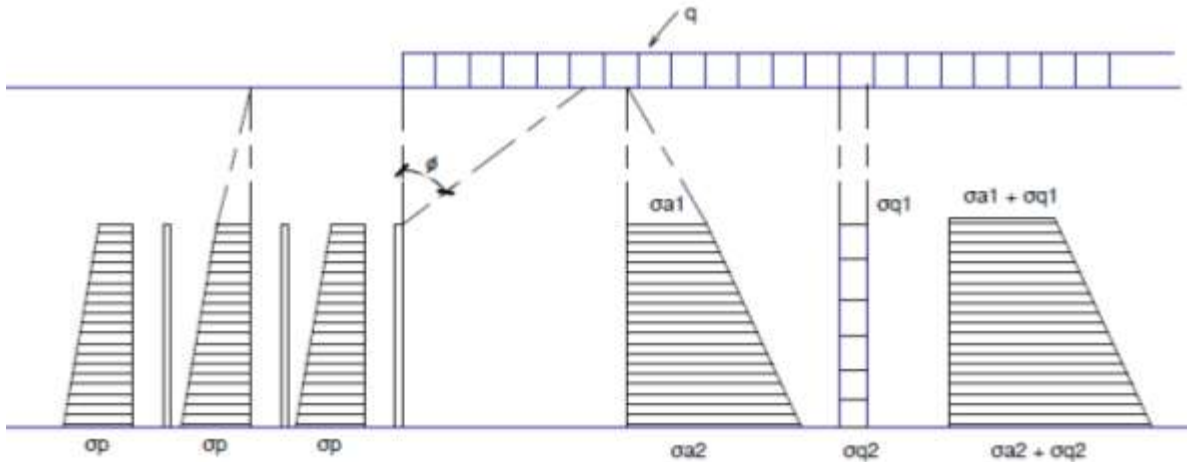


Рисунок 4.17 - Схеми для побудови епюр активного та пасивного тиску ґрунту при розрахунку «гребінки»

Ординати пасивного тиску ґрунту визначалися за формулою:

$$\sigma_{pi} = \gamma_i \cdot h_i \cdot \lambda_p,$$

де  $\lambda_p$  - коефіцієнт горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту;

$\gamma_i \cdot h_i$  - вертикальний тиск від власної ваги ґрунту на глибині визначення ординати пасивного тиску.

Таким чином було отримано:

$$\sigma_{p1} = 10 \cdot 2,21 \cdot 5,26 = 116,25 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{p2} = 10 \cdot 3,21 \cdot 5,26 = 168,85 \text{ кПа};$$

Пасивні сили:

$$E_p = \frac{116,25 + 168,85}{2} \cdot 1,0 = 142,55 \text{ кН};$$

Ординати активного тиску ґрунту визначалися за формулою:

$$\sigma_{ai} = \gamma_i \cdot h_i \cdot \lambda_a,$$

де  $\lambda_a$  - коефіцієнт горизонтальної складової активного тиску ґрунту.

Таким чином було отримано:

$$\sigma_{a1} = 10 \cdot 2,21 \cdot 0,29 = 6,41 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{a2} = 10 \cdot 3,21 \cdot 0,29 = 9,31 \text{ кПа}.$$

З урахуванням дії рівномірно розподіленого навантаження на поверхні причалу,

$$\sigma_{qi} = \sigma_{qi} = q_i \cdot \lambda_a,$$

де  $q_i$  - інтенсивність рівномірно розподіленого навантаження на поверхні причалу, яка передається по площині обвалення ґрунту у перетині, для якого визначається тиск.

Таким чином було отримано:

$$\sigma_{q1} = \sigma_{q2} = 120 \cdot 0,29 = 34,8 \text{ кПа};$$

Для сумарної епюри активного тиску:

$$\Sigma \sigma_{a1} + \sigma_{q1} = 41,21 \text{ кПа};$$

$$\Sigma \sigma_{a2} + \sigma_{q2} = 44,11 \text{ кПа}.$$

Активні сили:

$$E_a = \frac{41,21 + 44,11}{2} \cdot 1,0 = 42,66 \text{ кН};$$

В розрахунку кількість анкерних плит в «гребінці» приймалася  $n=3$  та перевірялося виконання умови:

$$R_a + E_a \leq 3E_p$$

$$3E_p = 142,55 \cdot 3 = 427,65 \text{ кН};$$

$$291 + 42,66 \leq 427,65;$$

$$333,66 \leq 427,65.$$

Умова виконується, тому було можливим прийняти анкерні плити в «гребінці» висотою  $h=1\text{ м}$ , товщиною  $d=0,3\text{ м}$  та кількістю  $n=3$  (рис. 4.18).

Порівняння матеріаломісткості анкерної опори за традиційним рішенням (анкерна стінка із сталевих шпунтових паль) та анкерної опори згідно рішення, заснованого на інноваційному рішенні анкерних опор у вигляді «гребінки» із залізобетонних плит (за укрупненими показниками) наведено в табл. 4.10.

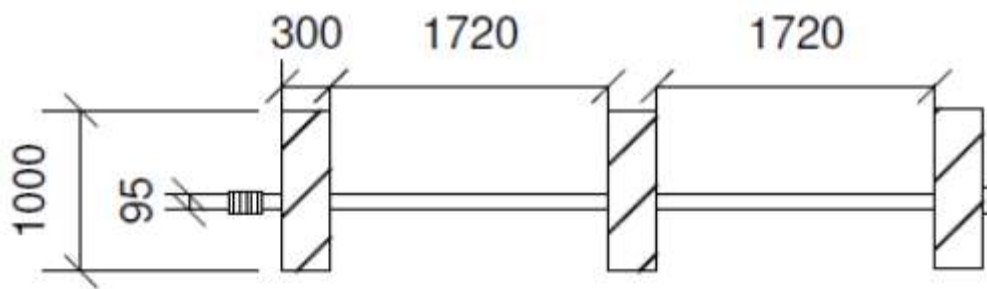


Рисунок 4.18 - Компоновка анкерних плит в «гребінці»

Таблиця 4.10 - Порівняння матеріаломісткості анкерної опори причалу (на 100 пог.м. споруди)

Конструкція анкерної опори	Витрати матеріалів		Вартість, тис.грн. (в цінах 2020 р.)
	Сталь, т	Бетон, куб.м	
Стальна шпунтова стінка	240.0	-----	7460
«Гребінка» із залізобетонних плит	17.3	50.4 куб.м	663

Як випливає із наведених в табл. 4.10 кількісних показників, витрати на виготовлення анкерної опори інноваційної конструкції у вигляді «гребінки» є більш ніж на порядок меншими вартості зведення анкерної стінки із сталевих шпунтових паль. Відповідне конструктивне рішення причалу типу «больверк» для розглянутих умов із застосуванням анкерного пристрою у вигляді «гребінки» зображене на рис. 4.19 та рис. 4.20.

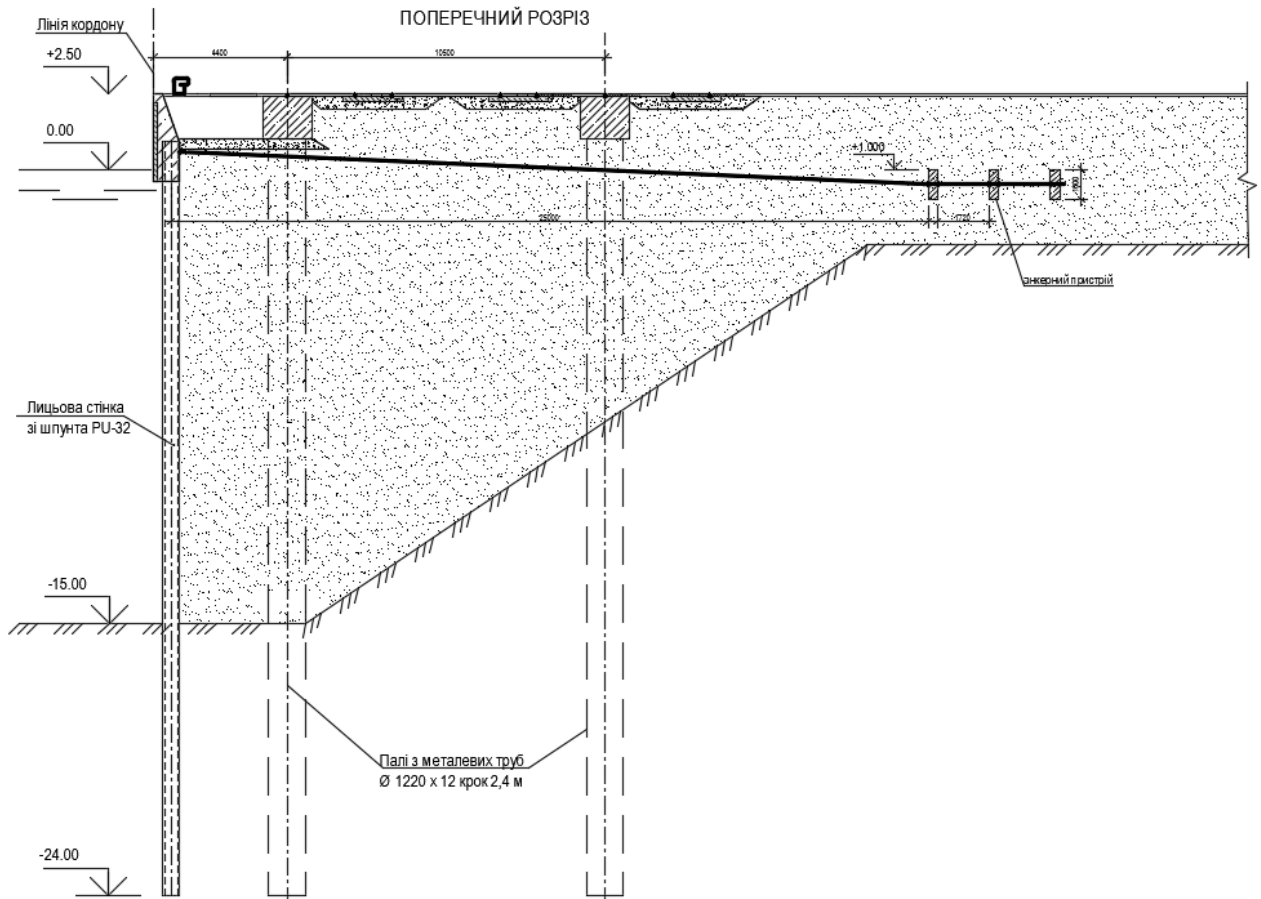


Рисунок 4.19 - Поперечний переріз причальної споруди з анкерним пристроєм у вигляді «гребінки»

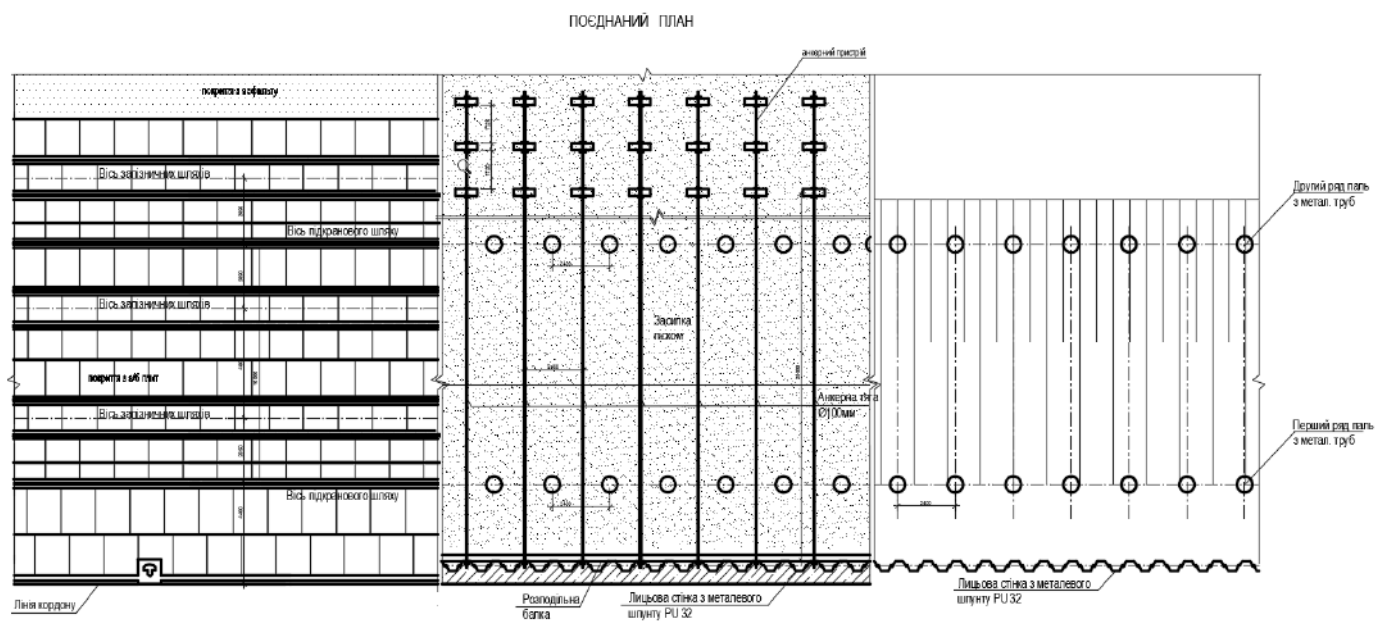


Рисунок 4.20 - Суміщений план причальної споруди з анкерним пристроєм у вигляді «гребінки»

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

Проведений аналіз особливостей анкерної системи у вигляді «гребінки» при формуванні напружено-деформованого стану воднотранспортної споруди типу «больверк» дозволив виявити і кількісно охарактеризувати позитивний вплив нового конструктивного рішення на несучу здатність больверка. На підставі згаданого аналізу з'явилася можливість визначити оптимальні параметри компоновочного рішення анкерного пристрою (кількість, габарити і крок розташування плит в «гребінці») та розташування анкерної системи в цілому.

На підставі чисельного моделювання проаналізовані основні чинники, що визначають несучу здатність як анкерного пристрою, так і всієї споруди в цілому (глибина розташування анкерного пристрою, кут нахилу анкерних плит, кількість плит, висота різних плит в «гребінці» і порядок їх розташування в пристрої).

Для конкретних інженерно-геологічних та експлуатаційних умов реального об'єкту (причал №8 в порту «Південний») виконаний розрахунок основних параметрів і несучої здатності анкерного пристрою у вигляді «гребінки». Порівняння матеріаломісткості і вартості традиційного анкерного пристрою (анкерної стінки із сталевих шпунтових паль) та інноваційного рішення у вигляді «гребінки» для наведеного об'єкту (за умови забезпечення однакової несучої здатності анкерної системи) продемонструвало високу ефективність запропонованого нового підходу.



## ВИСНОВКИ

До найбільш важливих наукових результатів, отриманих в дисертації, слід віднести наступні:

1. Розроблено інноваційне конструкторсько-технологічне рішення анкерного пристрою для підпірних стінок, в тому числі для причальних споруд типу «больверк», на яке отримано патент України на винахід.

2. На основі проведених експериментальних досліджень взаємодії моделі інноваційного анкерного пристрою у вигляді «гребінки» з ґрунтовим середовищем визначені якісні та кількісні параметри роботи анкерного пристрою, зокрема, оцінено вплив можливих компоновальних рішень «гребінки» і розмірів її конструктивних елементів на несучу здатність пристрою.

3. Розроблено розрахункову схему інноваційного анкерного пристрою у вигляді «гребінки» і виконано чисельне моделювання її роботи, в тому числі в складі причальної споруди типу «больверк»; виконано порівняння результатів експериментальних досліджень і чисельного моделювання.

4. Виконано розрахунки реальних конструкцій портових причальних споруд із застосуванням розробленого інноваційного анкерного пристрою; проведена оцінка ефективності використання нового рішення. Результати впроваджені як в Україні (проекування реконструкції причалів в порту «Південний»), так і за кордоном (дослідницькі проекти Дунайської Комісії).

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про морські порти України» від 17.05.2012, ст. 13, 15 -із змінами, внесеними згідно із Законом № 406-VII від 04.07.2013, ВВР, 2014, № 20-21, ст.712 та № 2210- VIII від 16.11.2017/ Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2013, № 7, ст.65 – електронний ресурс;
2. Дубровский М.П. Инновационные подходы и экологичные решения / М.П. Дубровский, А.О. Немчук, С. Посохов // Порты Украины. – 2012 - №4 (116);
3. Дубровський М.П. Аналіз сучасного стану експлуатованих причальних споруд морських портів України / М.П. Дубровський, В.М. Петросян, О.В. Калюжний, В.Є. Калюжна // Вісник Одеського національного морського університету, 2018, С.51-61;
4. Ильницкий К. А. Самые глубоководные / К.А. Ильницкий // Порты Украины. – 2008 - №2. – с. 22-27;
5. Крюченко А. Портовая гидротехника: шаг за шагом / А. Крюченко // Порты Украины. – 2006 - №2 (58);
6. Ремонт бетонных конструкций с помощью продукта Loctite 7257 // Порты Украины. – 2010 - №3 (95);
7. Дубровский М.П. Эффективные технологии при использовании шпунтовых свай в портовом строительстве / М.П. Дубровский, М.Б. Пойзнер, В.В. Петросян // Порты Украины. – 2007 - №3 (65);
8. Зиновьев А.А. 20 лет возраст становления / А.А. Зиновьев // Порты Украины. – 2010 - №2 (94);
9. Омельченко Ю.М. Некоторые прикладные задачи морской гидротехники (Some applied problems of sea hydraulic structure engineering) / Ю.М. Омельченко, М.П. Дубровский, М.Б. Пойзнер – Одесса, 1993 – 176 с.;
10. Пойзнер М.Б. Новые конструктивные решения и резервы несущей способности при проектировании, строительстве и эксплуатации портовых гидротехнических сооружений / М.Б. Пойзнер – Одесса, 1994 – 93 с.;

11. Строительство портовых гидротехнических сооружений из сварного шпунта (Construction of port hydrotechnical structures of welded sheet piling) / О.Н. Чеботарёв, М.Б. Пойзнер, М.П. Дубровский – Москва: Транспорт, 1993 – 176 с.;
12. Будин А.Я. Набережные: справочное пособие / А.Я. Будин, Г.А. Дёмина - Москва: Стройиздат, 1979 – 287 с.;
13. Яковлев П.И. Портовые гидротехнические сооружения: учебник для учащихся средних спец. учебн. заведений; / П.И. Яковлев, А.П. Тюрин, Ю.А. Фортученко - Москва: Транспорт, 1990 – 320 с.;
14. Порты и портовые сооружения: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Гидротехническое строительство водных путей и портов; / [Г.Н. Смирнов, Б.Ф. Горюнов, Е.В. Курлович и др.]; под ред. Г.Н. Смирнова - Москва: Стройиздат, 1979 – 607 с.;
15. Дубровский М.П. Современные стальные шпунты в отечественном портостроении / М.П. Дубровский, М.Б. Пойзнер, В.В. Петросян // Порты Украины. – 2003 - №6. – с. 61-62;
16. Дубровский М.П. Разнообразие шпунтовых профилей / М.П. Дубровский, М.Б. Пойзнер, В.В. Петросян // Порты Украины. – 2004 - №1 (45);
17. Калюжная В.Е. Европейский выбор – глубоководные терминалы из комбинированного шпунта / В.Е. Калюжная, М.П. Дубровский, М.Б. Пойзнер, В.В. Петросян // Порты Украины. – 2007 - №6 (68);
18. CSN EN 10248-1 - Hot rolled sheet piling of non-alloy steels 2014 - Part 1: Technical delivery conditions", IDT - European Standard, CEN, 2014;
19. ArcelorMittal Europe Long Products Sheet Piling: сайт. URL: <http://sheetpiling.arcelormittal.com/page/index/name/products>;
20. А.с. № 1555413, SU 1684398 А1, СССР, Е 02 В 3/06. Шпунтовая стенка / М.П. Дубровский, М.Б. Пойзнер, П.И. Яковлев, О.Н. Чеботарёв, В.Т. Ильин и Л.В. Тертычная; заявл. 12.06.1989; опубл. 15.10.1991, Бюл. № 38;
21. Большаков В.И. «Разработка новых типов профилей шпунтовых свай» - УДК 624.155.9; 624.154.9 / В.И. Большаков, О.П. Носенко // Сборник

«Строительство, материаловедение, машиностроение: Стародубовские чтения – 2015» - с. 86 – 91;

22. Будин А.Я. Тонкие подпорные стенки / А.Я. Будин – Ленинград: Стройиздат, 1974 – 192 с.;

23. Амбарян О.А. Устройство морских портов / О.А. Амбарян, Б.Ф. Горюнов, Л.Н. Белинская – Учебник для мореходных училищ. - Москва: Транспорт, 1987 – 272 с.;

24. А.с. № 152427, SU 1283283 A1, СССР, Е 02 В 3/06, Е 02 D 29/02. Причал / В.С. Зеленский и М.П. Дубровский; заявл. 29.04.1985; опубл. 15.01.1987, Бюл. № 2;

25. Дубровский М.П. Уникальный проект для ГИСа / М.П. Дубровский, В.Б. Котвицкий // Порты Украины. – 2008 - №2. – с. 42-45;

26. Дубровский М.П. Эффективный тандем / М.П. Дубровский, В.Б. Котвицкий // Порты Украины. – 2008 - №10. – с. 54-56;

27. Doubrovsky M.P. Modern tendencies in development and renovation of deep-water quay walls in Ukrainian sea ports / M.P. Doubrovsky, A. Belackrouf, S. Gabi, V.V. Petrosyan, K.V. Petrosyan, V.T. Oganessian, E. Tertychnaya, Y.A. Artemiev // Материалы X международной выставки-конференции Интертранспорт, 2011 с. 299-300;

28. Проект производства работ подготовительного периода «Строительства 1-ой очереди (гидротехнические сооружения) контейнерного терминала на Карантинном молу ГП «Одесский морской торговый порт» за счёт искусственно образованной территории» ООО «ГТ Проект-Украина», 2013 - 36 с.;

29. Горюнов Б.Ф. Морские порты и портовые сооружения: учебник для эксплуатационной, экономической и механизаторской специальностей, а также в качестве учебного пособия для гидротехнической специальности вузов; / Ф.М. Шихиев, Б.Ф. Горюнов - Москва: Транспорт, 1970 – 448 с.;

30. Гуревич В.Б. Речные портовые гидротехнические сооружения / В.Б. Гуревич – Москва: Транспорт, 1969 – 416 с.;

31. Справочник по строительству портовых гидротехнических сооружений / [Николаев Г.Н., Бутов А.С., Лучников Ю.С. и др.]; под ред. Г.Н. Николаева. – Москва: Транспорт, 1972 – 474 с.;
32. Костюков В.Д. Надежность морских причалов и их реконструкция / Костюков В.Д. - Москва: Транспорт, 1987 – 223 с.;
33. Цытович Н.А. Механика грунтов / Н.А. Цытович – издание третье, переработанное и дополненное. - Москва: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951 – 528 с.;
34. Яковлев П.И. Взаимодействие сооружений с грунтом и свайные основания / П.И. Яковлев, А.Л. Готман, Р.Г. Курмаев – Одесса: Астропринт, 2004 – 510 с.;
35. Яковлев П.И. Несущая способность оснований портовых гидротехнических сооружений/ П.И. Яковлев. – М.: Транспорт, 1978. – 207 с.;
36. Клейн Г.К. Расчет подпорных стен / Г.К. Клейн– Учебное пособие для студентов строительных вузов и факультетов – Москва: Высшая школа, 1964 – 197 с.;
37. Ренгач В.Н. Шпунтовые стенки (расчет и проектирование) / В.Н. Ренгач – Ленинград: Стройиздат, 1970 – 113 с.;
38. СНиП 2.06.07-87: Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения – Государственный строительный комитет СССР, Москва, 1989 – 37 с.;
39. ДБН В.1.2-2:2006: Навантаження і впливи. Норми проектування - Мінрегіонбуд України, Київ, 2006 - 75 с.;
40. ДБН В.2.1-10-2009: Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування - Мінрегіонбуд України, Київ, 2009 - 104 с.;
41. ДБН В.2.4-3:2010: Гідротехнічні споруди. Основні положення. Мінрегіонбуд України, Київ, 2010 - 37 с.;
42. ДБН В.1.1-12:2006: Строительство в сейсмических районах Украины. Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины, Киев, 2006 - 50 с.;

43. Морские шельфовые и речные гидротехнические сооружения / [Дубровский М.П., Яковлев П.И., Князев Е.А., Бугаев В.Т.]. – Москва: Недра, 1995 – 256с.;

44. Doubrovsky M.P., Oganessian V.T. Some Peculiarities of Granular Materials Interaction with Rigid Retaining Structures // Proceedings of the 2d “Advances in applied physics and materials science congress”, APMAS, 2011, Istanbul Kultur Universitesi, Antalya, Turkey, p. 110;

45. Есиновский В. А. Особенности работы анкерных устройств причальных сооружений в северной климатической зоне// Дис. канд. техн. наук: 05.23.07 : М., 2005 131 с. РГБ ОД, 61:05-5/3325;

46. Дубровский М.П. Совершенствование эксплуатационных параметров анкерных опор больверков / М.П. Дубровский, В.Т. Оганесян, Полтавський національний технічний університет; Збірник наукових праць, Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава, 2013, випуск 3 (38), с. 133 – 141;

47. Zotsenko N.L. Innovative solutions in the field of geotechnical construction and coastal geotechnical engineering under difficult engineering-geological conditions of Ukraine / N.L. Zotsenko, Y.L. Vynnykov, M.P. Doubrovsky, V.T. Oganessian, V.S. Shokarev, V.L. Syedin, A.V. Shapoval, M.B. Poizner, V.I. Krysan, G.N. Meshcheryakov // Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Vol. 3, France, Paris, 2013, pp. 2645 – 2648;

48. Doubrovsky M.P., Kaluzhnaya V.E., Kaluzhniy A.V. and Oganessian V.T. Some innovations for offshore and harbor berths construction, Journal of Shipping and Ocean Engineering, David Publishing, New York, USA, 2015, issue № 5, pp. 115-123;

49. Пат. 105067, Україна, МПК E02B 3/06 (2006.01) E02D 29/02 (2006.01) / Причальна споруда / М.П. Дубровский, В.Т. Оганесян / Власник Одеський національний морський університет № а 2012 05328; заявл. 28.04.2012; опубл. 10.04.2014, Бюл. №7;

50. Дубровский М.П. Некоторые инновационные разработки по повышению эксплуатационных качеств объектов портовой инфраструктуры / М.П. Дубровский, Али Белакурф, Габи Смаил, В.В. Литвиненко, В.Т. Оганесян, Ю.А. Артемьев // Материалы XI международной выставки-конференции Интертранспорт, 2012 с. 365-368;

51. Дубровский М.П. Ресурсосберегающие и энергоэффективные конструкторско-технологические решения для портовой гидротехники / М.П. Дубровский, Али Белакурф, Габи Смаил, В.В. Литвиненко, В.Т. Оганесян, В.Е. Калужная // Материалы XII международной выставки-конференции Интертранспорт, 2013 с. 366-369;

52. Doubrovsky M.P. Some innovative solutions for marine and port engineering / M.P. Doubrovsky, A. Belackrouf, S. Gabi, V.T. Oganessian, V.E. Kaluzhnaya // Материалы XIII международной выставки-конференции Интертранспорт, 2015 с. 300-302;

53. А.с. № 341904, SU 1137143 А, СССР, Е 02 В 3/06. Способ возведения причальной стенки / Д.А. Шварцман, Ю.М. Омельченко, М.П. Дубровский и С.Н. Черняев; заявл. 30.12.1982; опубл. 30.01.1985, Бюл. № 4;

54. А.с. №1366581, SU 1418400 А1, СССР, Е 02 В 3/06. Причальная стенка/ С.Н. Кладько, Н.В. Селезнёв; заявл. 09.02.1987; опубл. 23.08.1988, Бюл. № 31;

55. А.с. SU 1693166 А1, СССР, Е 02 В 3/06. Больверк / М.П. Дубровский, М.Б. Пойзнер, В.И. Петровский и О.Н. Чеботарёв; заявл. 29.09.1989; опубл. 23.11.1991, Бюл. № 43;

56. Костюков В.Д. О распределении плотности песка в призме выпора перед анкерными плитами – УДК 624.131.531.3 / Основания, фундаменты и механика грунтов – Москва: Стройиздат, Вып. №1, 1967 – с. 7-8;

57. Варгин М.Н. Влияние боковых стенок экспериментального лотка на измеряемое давление грунта – УДК 624.131. / Основания, фундаменты и механика грунтов – Москва: Стройиздат, Вып. №4, 1966 – с. 12 – 14;

58. Босаков С.В. Расчёт заглубленных анкерных плит конечной жесткости – УДК 624.15.04:624.073.2 / Основания, фундаменты и механика грунтов – Москва: Стройиздат, Вып. №6, 1977 – с. 23-24;

59. Репников Л.Н. Расчёт плоской анкерной плиты, работающей в стадии уплотнения грунта / Л.Н. Репников, М.И. Горбунов-Посадов – УДК 624.131.522.3 / Основания, фундаменты и механика грунтов – Москва: Стройиздат, Вып. №5, 1969 – с. 6-8;

60. Яковлев П.И. О некоторых результатах экспериментальных исследований взаимодействия гидротехнических сооружений с грунтом / П.И. Яковлев // Межвузовский сборник: гидротехнические сооружения. – Владивосток, 1987. – с. 134 – 140;

61. Сергеев И.Т., Савченко Ф.М. Экспериментальные исследования давления грунта на поверхность анкерной плиты – УДК 624.131.522.3 / Основания, фундаменты и механика грунтов – Москва: Стройиздат, Вып. №5, 1972 – с. 2-4;

62. Ромашев Л.Г. Лабораторное исследование тонкой стенки с анкерной плитой – УДК 627.33.001.57:624.131.52; Труды Ленинградского института водного транспорта, Вып. 88, с. 94 – 98;

63. Бугаева С.В. Экспериментальные исследования взаимодействия гибкой подпорной стенки с окружающим ее грунтом. Вісник Одеського державного морського університету. – Одеса, 1998, №1. – с. 18 – 21;

64. Козлов С.М. Исследования взаимодействия анкерных устройств с грунтом с помощью фотофиксации – УДК 778.624.131.531.3.001.5 / Основания, фундаменты и механика грунтов – Москва: Стройиздат, Вып. №4, 1966 - с. 34;

65. Цагарелли З.В. Экспериментальное исследование давления сыпучей среды на подпорные стены с наклонной задней гранью в сторону засыпки - УДК 624.131.531.1 / Основания, фундаменты и механика грунтов – Москва: Стройиздат, Вып. №3, 1967 – с. 5-7;



66. Техническая эксплуатация портовых сооружений / [Г.Б. Андреев, Б.Ф. Горюнов, Л.Ф. Златоверховников и др.]; под ред. Б.Ф. Горюнова – издание второе, переработанное. - Москва: Транспорт, 1974 – 352 с.;

67. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Морские порты и портовые сооружения» / В.В. Заремба, Н.А. Макаручук – Одесса, 1986 – 26 с.;

68. Гришин В.А. Расчет транспортного сооружения. Учебное пособие / В.А. Гришин, Д.А. Зелинская – Одесса: Одеський національний морський університет, 2008 – 68 с.;

69. Расчёт гидротехнических сооружений в системе Plaxis / [В.А. Гришин, А.В. Гришин, Л.В. Гембарский, В.И. Снисаренко]. – Киев: Издательский центр «Азбука», 2011 – 240 с.;

70. Южненский филиал ГП «Администрация морских портов Украины». Разработка рабочего проекта реконструкции гидротехнической части причала №8 (стадия РП) / разработ. ГП «ЧерноморНИИПроект»; Брошюра инв. № 430946;

71. Южненский филиал ГП «Администрация морских портов Украины». Разработка рабочего проекта реконструкции гидротехнической части причала №9 (стадия РП) / разработ. ГП «ЧерноморНИИПроект»; Брошюра инв. № 430949;

72. Материалы обследования и паспортизации перегрузочного причала №8 морского порта Южный (Причал № 8, фасад, план), инв. № 411696 / разработ. ГП «ЧерноморНИИПроект»;

73. Материалы обследования и паспортизации перегрузочного причала №8 морского порта Южный (Причал № 8, разрезы 1-1, 2-2), инв. № 411697 / разработ. ГП «ЧерноморНИИПроект»;

74. Материалы работ по контрольно-инспекторскому обследованию причала № 9 морского порта Южный (Причал № 9, план, фасад), инв. № 423022 / разработ. ГП «ЧерноморНИИПроект»;

75. Материалы работ по контрольно-инспекторскому обследованию причала № 9 морского порта Южный (Причал № 9, разрез 1-1), инв. № 423023 / разработ. ГП «ЧерноморНИИПроект»;

76. Материалы работ по контрольно-инспекторскому обследованию причала № 9 морского порта Южный (Причал № 9, разрез 2-2), инв. № 423023 / разработ. ГП «ЧерноморНИИПроект»;

77. Материалы работ по контрольно-инспекторскому обследованию причала № 9 морского порта Южный (Причал № 9, разрез 3-3), инв. № 423023 / разработ. ГП «ЧерноморНИИПроект»;

78. НД 31.3.003-2005 Правила технічної експлуатації портових гідротехнічних споруд, затверджені Наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 27.05.2005 №257 [із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства інфраструктури України від 18.06.2013 № 411]; зареєстровані в Міністерстві юстиції України 13.10.2005 за № 1191/11471;

79. НД 31.3.003 – XXXX Правила технічної експлуатації морських гідротехнічних споруд / Розробник – ДП «ЧорноморНДПроект спільно з ДП «Адміністрація морських портів України», за участю А.Б. Самойленко, В.А. Котікова, М.Б. Пойзнера, В.І. Калініченко, В.В. Полухіна, В.С. Соколовського, В.Т. Оганесян та ін., 2015, 172 с. (не опублікований);

80. Налимов В.В. Теория эксперимента - Москва: Стройиздат, 1971;

81. Малой И.Г. Теория статистики - Москва: Статистика, 1975;

82. Мастаченко В.И. Надежность моделирования строительных конструкций - Москва: Стройиздат, 1974;

83. Павловский З. Введение в математическую статистику - Москва: Статистика, 1967;

84. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях - Москва: Статистика, 1974.

ДОДАТОК А  
ПАТЕНТ НА ВІНАХІД

У цьому додатку наведений патент на винахід: Пат. 105067, Україна, МПК E02B 3/06 (2006.01) E02D 29/02 (2006.01) / Причальна споруда / М.П. Дубровський, В.Т. Оганесян / Власник Одеський національний морський університет № а 2012 05328; заявл. 28.04.2012; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.



(11) 105067

(19) UA

(51) МПК  
E02B 3/06 (2006.01)  
E02D 29/02 (2006.01)

- (21) Номер заявки: а 2012 05328
- (22) Дата подання заявки: 28.04.2012
- (24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.04.2014
- (41) Дата публікації відомостей про заявку та номер бюлетеня: 11.11.2013, Бюл. № 21
- (46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 10.04.2014, Бюл. № 7

(72) Винахідники:  
Дубровський Михайло  
Павлович, UA,  
Оганесян Віржінія  
Такворівна, UA(73) Власник:  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
вул. Мечнікова, 34, м. Одеса,  
65029, UA

(54) Назва винаходу:

ПРИЧАЛЬНА СПОРУДА

(57) Формула винаходу:

Причальна споруда, що містить лицьову шпунтову стінку, зворотну ґрунтову засипку позаду стінки та розташовані в засипці поза призмою зрушення ґрунту засипки анкерні тяги з анкерними опорами, яка відрізняється тим, що анкерні опори виконані гребінчастими у вигляді закріплених упродовж жорсткого сердечника анкерних плит, причому відстань між суміжними анкерними плитами така, що більш близька до лицьової стінки плита не перетинає меж призма випирання ґрунту поперед більш віддаленою від лицьової стінки плитою.

ДОДАТОК Б

**ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ  
ДОСЛІДЖЕНЬ**

У даному додатку наведені фотографії основних етапів проведення лабораторних експериментальних досліджень взаємодії моделі анкерної опори типу «гребінка» з ґрунтовим середовищем, виконаних за участю автора і описаних в розділі 3 цього дослідження.

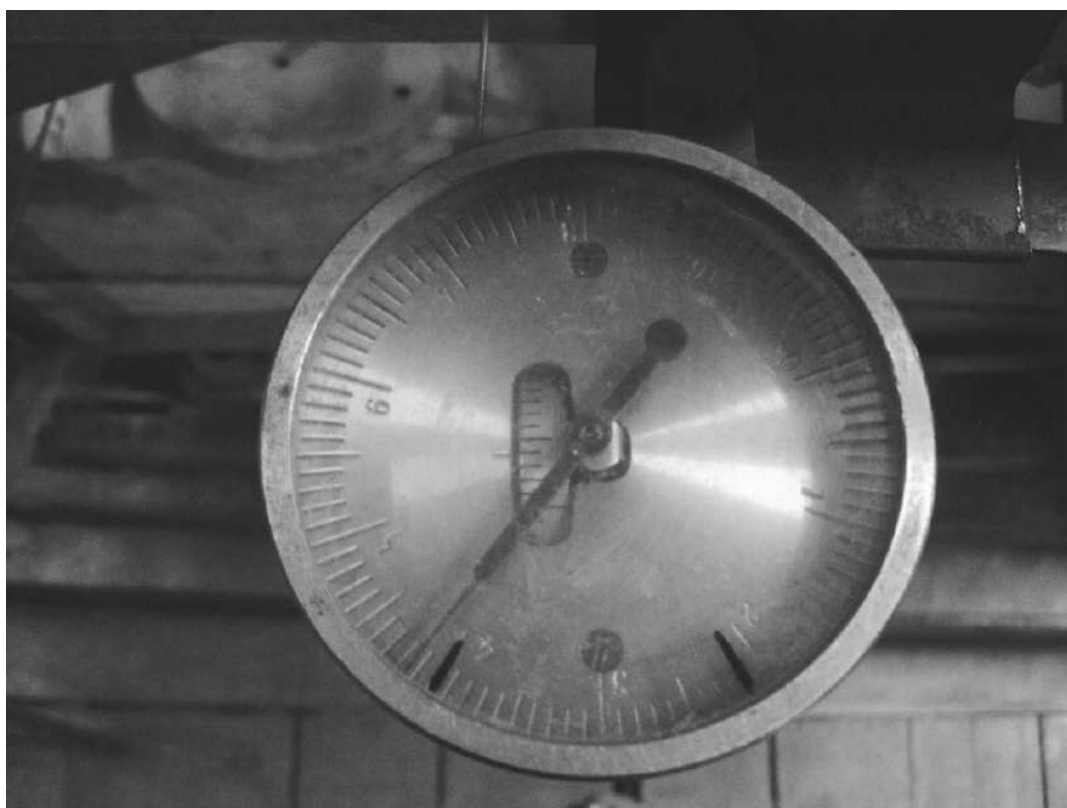


Фото 1 - Прогиномір Максимова для фіксації горизонтальних переміщень



Фото 2 - Динамометр марки ДПУ-0,5-2 5 кН для фіксації зусиль, що діють на анкерну опору

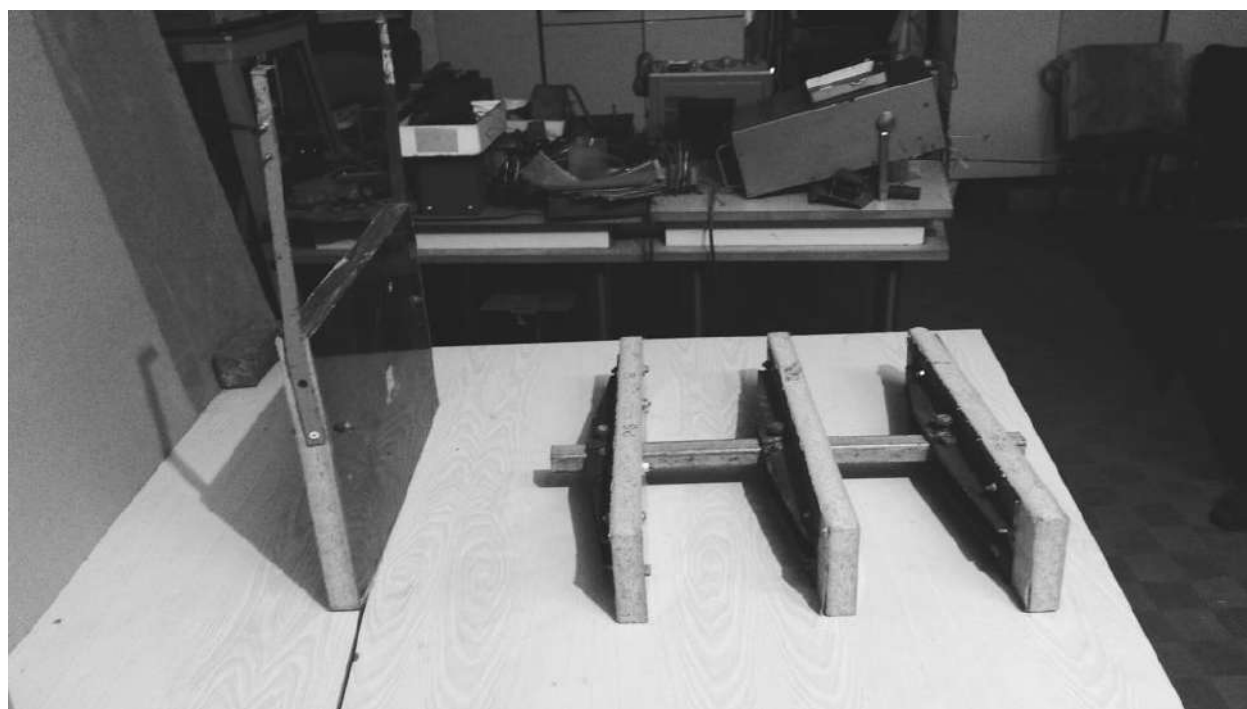


Фото 3 - Моделі анкерної опори у вигляді традиційної плити та «гребінки», вид збоку



Фото 4 - Модель анкерної опори у вигляді «гребінки» з нахилом плит, вид збоку



Фото 5 - Модель анкерної опори у вигляді «гребінки» з нахилом плит, вид зверху



Фото 6 - Модель анкерної опори у вигляді «гребінки» з плитами різного розміру





Фото 7 - Модель анкерної опори у вигляді «гребінки» з плитами однакового розміру



Фото 8 - Зображення результатів проведення додаткового дослід з профарбованими смугами піску: демонструється поява провалу на поверхні засипки поза анкерною опорою, вид збоку



Фото 9 - Зображення результатів проведення додаткового дослід з профарбованими смугами піску: демонструється поява провалу на поверхні засипки поза анкерною опорою, вид зверху

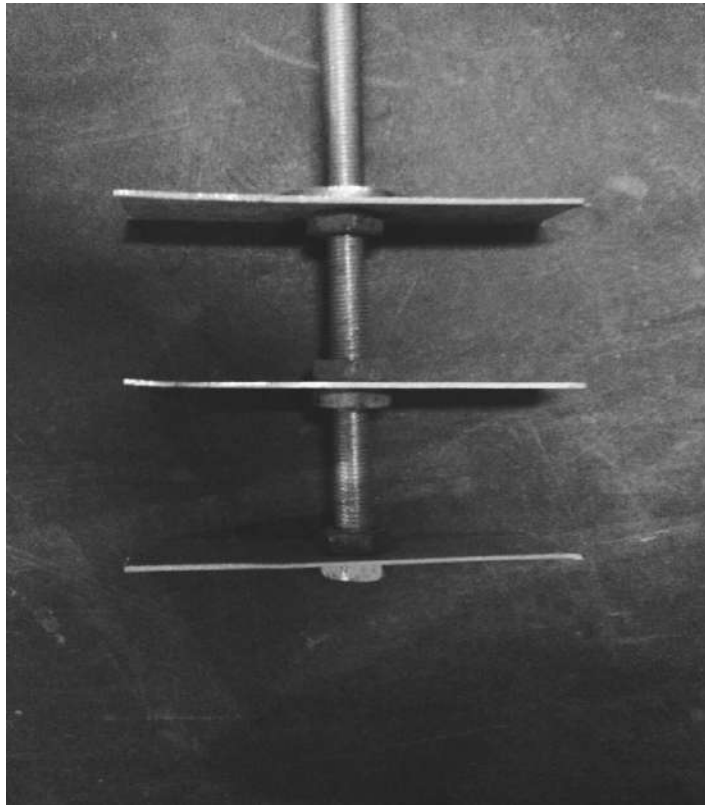


Фото 10 - Зображення результатів проведення додаткового дослід з профарбованими смугами піску: демонструється модель анкерної опори у вигляді «гребінки»

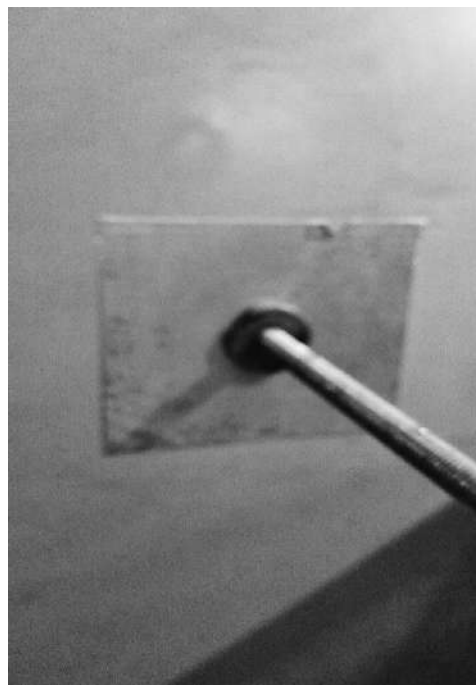


Фото 11 - Зображення результатів проведення додаткового дослід з профарбованими смугами піску: демонструється модель анкерної опори у вигляді одиночної плити

## ДОДАТОК В

### АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

У цьому додатку наведені акти впровадження результатів проведених дисертаційних досліджень в практику проектування при реконструкції причалів №8 та №9 в порту «Південний» (Україна), а також в практику експлуатаційної діяльності міжнародної організації – Дунайська Комісія.

Головний інженер Южного морського порту «Південний» ДП «АМПУ»



#### АКТ

впровадження при реконструкції причалу №9 морського порту Южний  
результатів дисертаційної роботи В.Т. Оганесян «Підвищення несучої здатності  
анкерних опор воднотранспортних споруд типу «больверк»

Наступним Актом підтверджується, що розроблена в результаті дисертаційного дослідження Оганесян Віржинії Такворівни та запатентована інноваційна конструкція анкерних опор для споруд типу «больверк» була використана при розробці проекту реконструкції причалу №9 морського порту Южний, а саме розглядалася, як один із можливих варіантів конструктивних рішень причалу.

Проектом реконструкції гідротехнічної частини причалу №9, що входить до спеціалізованого перевантажувального комплексу навалювальних вантажів, з існуючою глибиною -15,0 м передбачалося посилення конструкції причалу у зв'язку із зміною параметрів розрахункового судна і відповідно до цього, глибини біля кордону причалу до -17,0 м. Запропонований анкерний пристрій, завдяки певним конструктивним особливостям забезпечує меншу матеріаломісткість (при тій же несучій здатності, що й у інших технічних рішень), що дозволяє зменшити обсяги витрат на монтажні роботи та матеріали конструкції причальної споруди в цілому. З іншого боку запропонована будова може забезпечити вищу несучу здатність причалу (при тій же матеріаломісткості, що й у інших технічних рішень), за рахунок чого покращуються експлуатаційні показники причальної споруди.

Інноваційна конструкція анкерних опор передбачає вирішення двох основних, пов'язаних з експлуатацією, питань: збільшення глибин біля причалу до -17,0 та можливості підвищення категорії експлуатаційних навантажень, а також має певні технологічні переваги, такі як забезпечення більшої стійкості на стадії монтажу, ніж у традиційних конструкцій анкерних плит (немає необхідності в пристрої траншеї на період будівництва).

Запропоноване рішення дозволяє забезпечити зниження ризику аварійних ситуацій і експлуатаційних витрат при зведенні та технічній експлуатації причальних споруд, реалізовувати резерви несучої здатності причалу при порівняно менших витратах матеріалів та ресурсів. Конструкція анкерних опор інноваційного типу дозволяє також підвищити надійність, довговічність і безпеку експлуатації причальних споруд типу «больверк».

Начальник  
ВГІС та КБ ЮФ ДП «АМПУ»

Д.В. Караман

Головний інженер Южморпорт «АМПУ»

« 10

2017 р.



### АКТ

впровадження при реконструкції причалу №8 морського порту Южний  
результатів дисертаційної роботи В.Т. Оганесян «Підвищення несучої здатності  
анкерних опор воднотранспортних споруд типу «больверк»

Наступним Актом підтверджується, що розроблена в результаті дисертаційного дослідження Оганесян Віржинії Такворівни та запатентована інноваційна конструкція анкерних опор для споруд типу «больверк» була використана при розробці проекту реконструкції причалу №8 морського порту Южний, а саме розглядалася, як один із можливих варіантів конструктивних рішень причалу.

Проектом реконструкції гідротехнічної частини причалу №8, що входить до спеціалізованого перевантажувального комплексу навалювальних вантажів, з існуючою глибиною -14,5 м передбачалося посилення конструкції причалу у зв'язку із зміною параметрів розрахункового судна і відповідно до цього, глибини біля кордону причалу до -17,0 м. Запропонований анкерний пристрій, завдяки певним конструктивним особливостям забезпечує меншу матеріаломісткість (при тій же несучій здатності, що й у інших технічних рішень), що дозволяє зменшити обсяги витрат на монтажні роботи та матеріали конструкції причальної споруди в цілому. З іншого боку запропонована будова може забезпечити вищу несучу здатність причалу (при тій же матеріаломісткості, що й у інших технічних рішень), за рахунок чого покращуються експлуатаційні показники причальної споруди.

Інноваційна конструкція анкерних опор передбачає вирішення двох основних, пов'язаних з експлуатацією, питань: збільшення глибин біля причалу до -17,0 та можливості підвищення категорії експлуатаційних навантажень, а також має певні технологічні переваги, такі як забезпечення більшої стійкості на стадії монтажу, ніж у традиційних конструкцій анкерних плит (немає необхідності в пристрої траншеї на період будівництва).

Запропоноване рішення дозволяє забезпечити зниження ризику аварійних ситуацій і експлуатаційних витрат при зведенні та технічній експлуатації причальних споруд, реалізовувати резерви несучої здатності причалу при порівняно менших витратах матеріалів та ресурсів. Конструкція анкерних опор інноваційного типу дозволяє також підвищити надійність, довговічність і безпеку експлуатації причальних споруд типу «больверк».

Начальник  
ВГІС та КБ ЮФ ДП «АМПУ»

Д.В. Караман

## АКТ

использования результатов диссертационной работы Оганесян В.Т. «Повышение несущей способности анкерных опор воднотранспортных сооружений типа «больверк»

Секретариат Дунайской комиссии подтверждает, что теоретические и прикладные исследования Оганесян Виржинии Такворовны, а именно, методы, направленные на повышение несущей способности и срока службы причальных сооружений речных портов, улучшение условий их технической эксплуатации, были отражены в исследовании, выполненном согласно договора между Дунайской комиссией и государственным предприятием «Администрация морских портов Украины» (Договор от 17.05.2019 № 38-П-АМПУ-19, Акт оказания услуг от 01.08.2019 № 1), в рамках договора Дунайской комиссии с Генеральным директором DG MOVE Европейской комиссии (Grant Agreement MOVE/B4/SUB/2015/CEF/PSA/SI2.719921 “Technical assistance for the initial stage of NAIADES II with regard to technical requirements in the field of maintenance of inland waterway infrastructure eligible to the Connection Europe Facility”) и посвященном анализу работы украинских портов дунайского региона – «Деятельность дунайских портов в 2018 году».

Приведенные исследования и указанные методы повышения несущей способности причальных сооружений типа «больверк» для речных причальных сооружений позволят создать конкурентноспособные условия и повысят привлекательность инфраструктуры речных портов, с точки зрения возможности приёма перспективных судов и повышения категорий нагрузок на причалы, позволят снизить затраты средств и времени на строительство, реконструкцию и ремонт причальных сооружений.

Результаты данного исследования могут найти применение при реализации проектов программы DTP (Danube Transnational Programme), Good Navigation Status (GNS) и будут способствовать формированию новых направлений в развитии портов во внутреннем судоходстве, решению проблем экологической защиты Дунайского бассейна в рамках Water Framework Directive, формирования перспектив для активизации судоходства и защиты окружающей среды на Дунае.

Результаты исследований В.Т.Оганесян позволяют обеспечить баланс интересов гидротехнического строительства и охраны окружающей среды.

Главный инженер  
Секретариата Дунайской Комиссии,  
д.т.н., проф.,  
Заслуженный работник транспорта Украины

  
П.С. Суворов



19.09.2019  
Будапешт

## ДОДАТОК Г

**СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА  
ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ**

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації (публікації у наукових фахових виданнях України та у наукових періодичних виданнях інших держав, які включені до міжнародних наукометричних баз):*

1. Оганесян В.Т. Инновационные конструкторско-технологические решения глубоководных гидротехнических сооружений свайной конструкции / М.П. Дубровский, В.В. Литвиненко, В.Т. Оганесян, О.М. Дубровская // Будівельні конструкції - межвідомчий науково-технічний збірник «Механіка ґрунтів, геотехніка та фундаментобудування», 2011, вип. 75, книга 2, с. 378-384 (українське видання, що входить до переліку наукових фахових видань).

2. Оганесян В.Т. Совершенствование эксплуатационных параметров анкерных опор больверков / М.П. Дубровский, В.Т. Оганесян, Полтавський національний технічний університет; Збірник наукових праць, Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава, 2013, випуск 3 (38), с. 133-141 (українське видання, що входить до переліку наукових фахових видань).

3. Оганесян В.Т. Инновационные решения в геотехническом строительстве и береговой геотехнике в сложных инженерно – геологических условиях Украины / Н.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, М.П. Дубровский, В.Т. Оганесян и др. // науково-технічний журнал «Світ геотехніки», 2014, випуск 1 (41), с. 25-29 (українське видання, що входить до переліку наукових фахових видань).

4. Пат. 105067, Україна, МПК E02B 3/06 (2006.01) E02D 29/02 (2006.01) / Причальна споруда / М.П. Дубровский, В.Т. Оганесян / Власник Одеський національний морський університет № а 2012 05328; заявл. 28.04.2012; опубл. 10.04.2014, Бюл. №7 (патент на винахід, який пройшов кваліфікаційну експертизу і безпосередньо стосується наукових результатів дисертації).

5. Oganessian V.T. Some innovations for offshore and harbor berths construction / M.P. Doubrovsky, V.E. Kaluzhnaya, A.V. Kaluzhniy and V.T.

Oganesian, Journal of Shipping and Ocean Engineering, David Publishing, New York, USA, 2015, issue № 5, pp. 115-123 (*закордонне видання, яке індексується в наукометричних базах даних Worldcat, Google scholar, EBSCO, DOAJ, Ulrich's periodicals, Cambridge Scientific Abstracts, CAS, OCLC, PAIS*).

6. Oganesyan V. Fast-constructed marine and port structures / M. Doubrovsky, M. Poizner, V. Oganesyan and A. Oganesyan Journal of Shipping and Ocean Engineering, Vol. 9, Number 1, Jan-Mar 2019, David Publishing Company, USA, pp. 8-13 (*закордонне видання, яке індексується в наукометричних базах даних Worldcat, Google scholar, EBSCO, DOAJ, Ulrich's periodicals, Cambridge Scientific Abstracts, CAS, OCLC, PAIS*).

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

7. Doubrovsky M.P. Modern tendencies in development and renovation of deep-water quay walls in Ukrainian sea ports / M.P. Doubrovsky, A. Belackrouf, S. Gabi, V.V. Petrosyan, K.V. Petrosyan, V.T. Oganesian, E. Tertychnaya, Y.A. Artemiev // Материалы X международной выставки-конференции Интертранспорт, 2011 с. 299-300.

8. Oganesian V.T. Some Peculiarities of Granular Materials Interaction with Rigid Retaining Structures / Doubrovsky M.P., // Proceedings of the 2d “Advances in applied physics and materials science congress”, APMAS, 2011, Istanbul Kultur Universitesi, Antalya, Turkey, p. 110.

9. Дубровский М.П. Некоторые инновационные разработки по повышению эксплуатационных качеств объектов портовой инфраструктуры / М.П. Дубровский, Али Белакурф, Габи Смаил, В.В. Литвиненко, В.Т. Оганесян, Ю.А. Артемьев // Материалы XI международной выставки-конференции Интертранспорт, 2012 с. 365-368.

10. Оганесян В.Т. Ресурсосберегающие и энергоэффективные конструкторско-технологические решения для портовой гидротехники / М.П. Дубровский, Али Белакурф, Габи Смаил, В.В. Литвиненко, В.Т. Оганесян, В.Е.



Калюжная // Материалы XII международной выставки-конференции Интертранспорт, 2013 с. 366-369.

11. Oganessian V.T. Innovative solutions in the field of geotechnical construction and coastal geotechnical engineering under difficult engineering-geological conditions of Ukraine / N.L. Zotsenko, Y.L. Vynnykov, M.P. Doubrovsky, V.T. Oganessian, V.S. Shokarev, V.L. Syedin, A.V. Shapoval, M.B. Poizner, V.I. Krysan, G.N. Meshcheryakov // Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Vol. 3, France, Paris, 2013, pp. 2645–2648.

12. Oganessian V.T. Some innovative solutions for marine and port engineering / M.P. Doubrovsky, A. Belackrouf, S. Gabi, V.T. Oganessian, V.E. Kaluzhnaya // Материалы XIV международной выставки-конференции Интертранспорт, 2015 с. 300-302.

*Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:*

13. Оганесян В.Т. Менеджмент качества высшего образования Украины / Збірник наукових праць 3-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інформаційно-вимірювальні технології в метрології, технічному регулюванні та менеджменті якості», Одеса, Україна, 2012, с. 154-157.

*Основні результати роботи доповідалися на:*

- Сьомій Всеукраїнській науково-технічній конференції «Механіка ґрунтів, геотехніка й фундаментобудування» (Одеса, 2011) - доповідь;
- X, XI, XII, XIV міжнародних транспортних конференціях «Інтер-Транспорт» (Одеса, 2011 – 2015) – доповіді;
- Міжнародній науково-технічній конференції «Advances in applied physics & material science congress APMAS 2011». (Туреччина, 2011) - доповідь;
- 3-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інформаційно-вимірювальні технології в метрології, технічному регулюванні та менеджменті якості», Одеса, Україна, 2012 - доповідь;

- Науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу й наукових співробітників Одеського національного морського університету (Одеса, 2011 – 2015) - доповіді.