

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК НА СВАИ-ОБОЛОЧКИ НА АКВАТОРИИ МОРЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИХ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Матус Ю.В., к.т.н., доцент, вед. научн. сотр.,

Кушак С.И., ст. научн. сотр.,

Кушнирева А.А., ст. научн. сотр.,

Шутяк А.А., науч. сотр.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

kushak_od@ukr.net

Добровольский А.А., гл. инж.

ООО «СК «Промстройсервис»»

Аннотация. Приведены сведения по организации и методике статических испытаний стальных свай-оболочек $\varnothing 1420$ мм и $\varnothing 1220$ мм, длиной 38,01 м на акватории моря под причальные сооружения в сложных инженерно-геологических условиях и результаты испытаний опытных свай вертикальной вдавливающей нагрузкой до 5000,0 кН (500,0 тс) двух свай $\varnothing 1420$ мм, длиной 38,01 м и трех свай $\varnothing 1220$ мм, длиной 38,01 м.

Особенностью статических испытаний свай на акватории моря являются стесненные условия площадки испытания, и необходимостью дистанционного измерения (методом геометрического нивелирования по II-му классу) перемещений опытной сваи, расположенной на расстоянии до 100 м от берега.

Ключевые слова: сваи-оболочки, статические испытания, допускаемая нагрузка, акватория моря, пробка, тахеометр, веха с призмой, гидравлический домкрат, упорная балка, испытательный стенд.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ НА ПАЛІ-ОБОЛОНКИ НА АКВАТОРІЇ МОРЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЇХ СТАТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Матус Ю.В., к.т.н., доцент, пров., наук., співр.,

Кушак С.И., ст. наук. співр.,

Кушнірєва Г.А., ст. наук. співр.,

Шутяк О.О., наук. співр.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

kushak_od@ukr.net

Добровольський А.А., гол. інж.

ТОВ «БК «Промбудсервіс»»

Анотація. Наведено відомості щодо організації та методики статичних випробувань сталевих палі-оболонки $\varnothing 1420$ мм і $\varnothing 1220$ мм, довжиною 38,01 м на акваторії моря під причальні споруди в складних інженерно-геологічних умовах і результати випробувань дослідних палі вертикальним вдавлюючим навантаженням до 5000,0 кН (500,0 тс) двох палі $\varnothing 1420$ мм, довжиною 38,01 м і трьох палі $\varnothing 1220$ мм, довжиною 38,01 м. Особливістю статичних випробувань палі на акваторії моря з обмеженими умовами майданчика випробування, і необхідністю дистанційного вимірювання (методом геометричного нівелювання по II-му класу) переміщень дослідної палі, розташованої на відстані до 100 м від берега.

Ключові слова: палі-оболонки, статичні випробування, допустиме навантаження,

акваторія моря, пробка, тахеометр, віха з призмою, гідравлічний домкрат, упорна балка, випробувальний стенд.

FEATURES FOR DETERMINING LOADS ON PILES-SHELL IN THE MARINE ENVIRONMENT ON THE RESULTS OF STATIC TESTS

Matus U.V., Ph.D., Assistant Professor,
Kushak S.I., Senior Researcher,
Kushnareva G.A., Senior Researcher,
Shutyk A.A., Researcher

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
kushak_od@ukr.net

Dobrovolskiy A.A., Chief Engineer

Public Limited Company «Construction company «Promstroiservis»»

Abstract. The organization and technique of static tests of steel shells piles $\varnothing 1420$ mm $\varnothing 1220$ mm, length 38,01 m at the marine environment under the berthing facilities in difficult engineering-geological conditions and the results of experimental pile load test vertical pressed to 5000,0 kN (500,0 ton) two piles $\varnothing 1420$ mm, a length of 38,01 m and three piles $\varnothing 1220$ mm, a length of 38,01 m are given. A feature of static tests of piles on the marine environment are constrained with the test site conditions, which involves the predominant use of manual labor and small-size (weight up to 140 kg) equipment, as well as the need for remote measurement of displacements experienced piles at a distance of 100 m from the shore. Measurements of displacement experienced piles made by geometrical leveling on the II-d class with the use of a high-precision leveling AT-1 with the bar rack with invar strip and Total Station Leica TS 06 plus with a milestone and a prism. Installed vertical displacement measurement accuracy was 0,2...0,4 mm.

The composition of the test stand comprises:

- resistant I-beam, welded from sheet metal thickness of 40 mm, a length of 11,2 m, a height of 1,50 m, a width of 1,0 m;
- supporting steel plate $\varnothing 1600$ mm, 100 mm, with ribs;
- anchoring of reinforcement rods $\varnothing 28$ mm cells. A400S – 32 pcs.;
- two hydraulic jacks carrying capacity of 2000,0 kN (200,0 ts) and 3200,0 kN (320,0 ts);
- two hand pump oil station;
- 4th anchor piles and one pilot.

Limited setting of the experimental pile in the tests is 46,0 mm.

According to the static tests results reliable safe load of shell piles was fixed.

Keywords: shell piles, static tests, load capacity, the marine environment, cork, total station with a prism pole, hydraulic jack, thrust bar, the test stand.

Введение. На суше статические испытания свай производятся согласно требований ДСТУ [1] п.п. 1...8.

В последнее время, из-за нехватки свободных площадей в порту, проектировщиками и строителями осваивается под строительство пирсов и терминалов прибрежная акватория моря. В процессе строительства пирсов и терминалов возникает много сложностей, как в выборе длины свай, так и определение на них нагрузки, когда общая мощность воды и илистых грунтов составляет до 25 м. Расчетами можно ориентировочно получить значения нагрузок на сваи. Наиболее достоверные величины нагрузок на сваи можно получить только по результатам их статических полевых испытаний в акватории моря на существующем свайном поле.

Объекты и методы исследования. Объектом являются свайные фундаменты причала из свай-оболочек $\varnothing 1420$ мм и $\varnothing 1220$ мм, длиной 38,01 м с абс. отм. верха 1,01 м, низа – 37,00 м.

Цели и задачи. Целью настоящей работы является определение несущей способности и допускаемой нагрузки на сваи-оболочки, металлические $\varnothing 1420$ мм и $\varnothing 1220$ мм, длиной 38,01 м с абс. отм. верха 1,01 м, низа – 37,00 м на объекте строительства причала в акватории моря. Для выполнения поставленной цели решены следующие задачи:

- разработана рабочая программа на проведение статических испытаний свай-оболочек в акватории моря;

- запроектирована и изготовлена упорная балка длиной 11,2 м, высотой 1,5 м и шириной 1,0 м с анкерными тягами из арматуры $\varnothing 28$ А400С в количестве 32 штук, обеспечивающими анкеровку упорной балки за 4 (четыре) анкерные сваи (из существующего свайного поля);

- на опытной свае (из существующего свайного поля) на верхнем обресе запроектирована опорная металлическая круглая плита $\delta = 100$ мм, позволяющая воспринимать (без деформирования) вертикальную вдавливающую нагрузки не менее 5000 кН (500,0 тс);

- запроектировано оборудование опытных и анкерных свай с геодезическими осадочными марками;

- собран испытательный стенд из упорной балки с анкерными тягами, опорной плиты и гидравлических домкратов, обеспечивающих передачу на опытную сваю вертикальной, вдавливающей нагрузки не менее 5000 кН (500,0 тс).

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия района строительства характеризуются напластованием (сверху-вниз) следующих инженерно-геологических элементов:

- с абс. отм. 0,00 м и до – 5,0...6,1 м вода;

- ИГЭ-0 – насыпной слой (строймусор) мощностью до 5,0 м; – ИГЭ-1а, 1б, 2б, ил супесчаный и суглинистый, текучий, общей мощностью до 15,0 м; – ИГЭ-3, 3а, 4, 4а, суглинки и глины слабозаторфованные от текучих до мягкопластичных с примесью дотрита ракуши, общей мощностью до 20,0 м; – ИГЭ-5, 5а, песок средней крупности, неоднородный, средней плотности и супесь серая с прослоями песка, общей мощностью до 3,0 м; – ИГЭ-5¹_а – глина легкая, пылеватая, серая, тугопластичная и полутвердая, мощностью до 1,8 м; – ИГЭ-6, 6а, глина легкая, пылеватая, зеленовато-серая, с линзами песка и супеси, средненабухающая, тугопластичная, полутвердая и твердая. Пройденная мощность до 7,10 м. Слои ИГЭ-6, 6а служат основанием свай-оболочек.

Согласно ДБН [2] сейсмичность строительной площадки причала – 8 баллов.

Методика полевых статических испытаний свай-оболочек. Статические испытания натуральных свай на действие вертикальной, вдавливающей нагрузки до 5000 кН (500,0 тс) выполнены согласно положений рабочей программы [3] и ДСТУ [1], с учетом особенностей расположения опытных кустов опытных свай, а именно:

- из-за отсутствия возможности устройства измерительной системы на воде, замеры перемещений опытной сваи во время ее нагружения выполнено методом геометрического нивелирования II класса с применением нивелира НА-1 и прецизионной рейкой, и электронным тахеометром Leica TS 06 plus и вехой с призмой;

- учитывая, что анкерные сваи являются рабочими, в процессе испытаний выполнен контроль их неподвижности;

- кроме того, в процессе измерений перемещения опытной сваи в испытаниях постоянно контролировалась неподвижность нивелира или тахеометра (которые устанавливались на берегу) по отношению к геодезическому реперу на портовых сооружениях;

- перед установкой гидравлических домкратов на опорной плите сваи, выполнена разбивка мест их расположения, обеспечивающая центральное приложение нагрузки на опытную сваю в испытаниях;

- для повышения точности измерения перемещений опытной сваи в испытаниях, измерения выполнены с большей (чем требовалось по ДСТУ [1]) частотой (через 15 минут) в течении 2-х часов на последней ступени нагружения. В целом точность измерений перемещений опытной сваи составила 0,2...0,4 мм; что отвечает требованиям [1, 4-8];

- статические испытания опытных свай выполнены не ранее чем через 20 суток после

их погружения вибропогружателем из морской платформы.

На рис. 1 представлены: опытный куст (а); расположение домкратов на опорной плите опытной сваи (б); замеры перемещения опытных и анкерных свай (в, г).

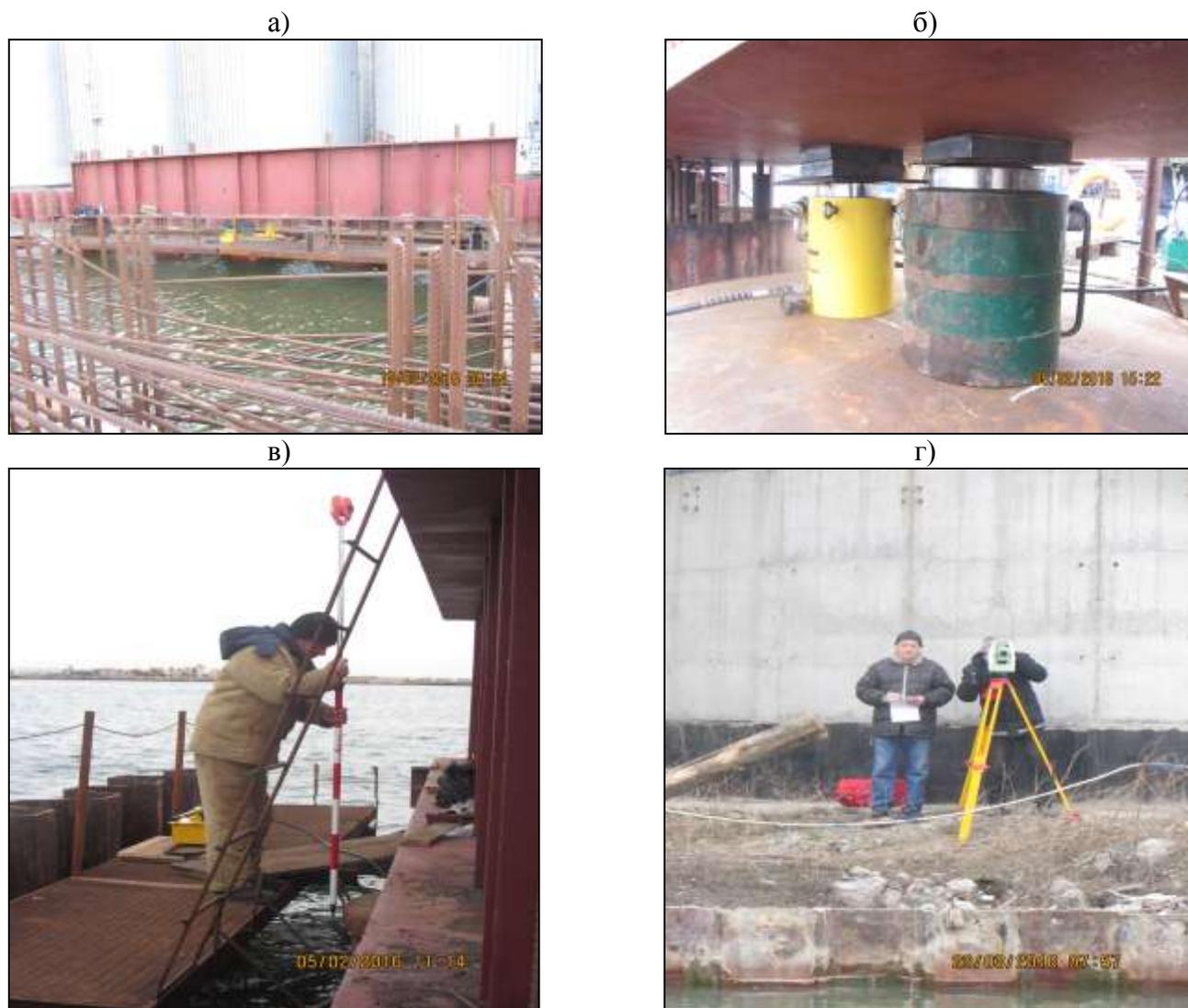


Рис. 1. Процесс испытания опытных свай-оболочек

Нагрузка на опытные сваи приложена ступенями: 1000 кН (100,00 тс); 2000 кН (200,00 тс); 3000 кН (300,00 тс); 3500 кН (350,00 тс); 4000 кН (400,00 тс); 4500 кН (450,00 тс); 5000 кН (500,00 тс).

Предельная осадка сооружения причала согласно ДБН [4] составляет 230 мм. При испытаниях осадка сваи согласно ДБН [5] с изменением №1 составляет по формуле (2) ДСТУ [6]: $S_u = 0,2 \times 230 = 46$ мм.

Результаты статических испытаний опытных свай-оболочек. Всего на данном участке акватории моря испытаны статической вдавливающей нагрузкой 2 сваи $\varnothing 1420$ мм, длиной 38,01 м и 3 сваи $\varnothing 1220$ мм и длиной 38,01 м; и получены следующие результаты:

– опытная свая ИС-1, $\varnothing 1420$ мм нагрузка на сваю доведена до 4000 кН (400,0 тс) при стабилизированной осадке 10,4 мм. При увеличении нагрузки до 4500 кН (450,0 тс) осадка возрастала непрерывно до $S_1 = 52,9$ мм $> S_u = 46,0$ мм, опытная свая «сорвана», испытания прекращены;

– опытная свая ИС-2, $\varnothing 1420$ мм нагрузка на сваю доведена до 5000 кН (500,0 тс) при стабилизированной осадке $S_2 = 15,5$ мм $< S_u = 46,0$ мм;

– опытная свая ИС-3, $\varnothing 1220$ мм нагрузка на сваю доведена до 3500 кН (350,0 тс) при

стабілізованій осадці $S_3 = 17,9 \text{ мм} < S_u = 46,0 \text{ мм}$. При збільшенні навантаження до 4000 кН (400,0 тс) осадка зростала неперервно до 47,0 мм, опытна свая «сорвана», випробування припинені;

– опытна свая ИС-4, $\varnothing 1220 \text{ мм}$ навантаження на сваю доведена до 3000 кН (300,0 тс) при стабілізованій осадці $S_4 = 12,9 \text{ мм} < S_u = 46,0 \text{ мм}$. При збільшенні навантаження до 3500 кН (350,0 тс) осадка зростала неперервно до 47,0 мм, опытна свая «сорвана», випробування припинені.

Учитывая недостаточность достигнутой в испытаниях нагрузки, выполнено усиление сваи $\varnothing 1220 \text{ мм}$, длиной 38,01 м:

– из внутренней полости сваи оболочки, откачана вода и выполнена засыпка среднезернистым песком от дна полости до отметки установки арматурных каркасов (на 3,5 м ниже головы сваи);

– по верху засыпки во внутренней полости сварена пробка из металлического листа $S = 20 \text{ мм}$ с ребрами жесткости;

– после нормативного отдыха – 20 суток, опытна свая ИС-4 (ИС-5) повторно испытана вертикальной вдавливающей нагрузкой ступенями по 500 кН (50,0 тс). Статическая нагрузка на сваю доведена до 4500 кН (450,0 тс) при стабілізованій осадці $S_5 = 29,5 \text{ мм} < S_u = 46,0 \text{ мм}$.

Анализ результатов статических испытаний опытных свай позволяет сделать следующие выводы и дать рекомендации:

1. В сложных инженерно-геологических условиях побережья и акватории моря расчет несущей способности по действующим ДБН свай-оболочек дает значительно завышенные результаты.

2. Испытание свай-оболочек статической вдавливающей нагрузкой позволило, получить не только достоверные на них допустимые нагрузки, но, и выявлены недостатки в конструкциях свай-оболочек $\varnothing 1220 \text{ мм}$, длиной 38,01 м и рекомендованы решения по их усилению, что позволило существенно (до 50%) поднять допускаемую на них нагрузку.

3. В сложных инженерно-геологических условиях побережья и акватории моря рекомендуется определять нагрузку на сваи-оболочки $\varnothing 1420 \text{ мм}$ и 1220 мм длиной 38,01 м, только по результатам их статических испытаний.

Литература

1. ДСТУ Б.В. 2.1-1-95. Грунти. Методи польових випробувань палями. – К., Держстандарт України, 1997. – 58 с.

2. ДБН В.1.1-12:2014. Стrojительство в сейсмических районах Украины. – К., Министерство регионального развития строительства, 2014. – 83 с.

3. Рабочая программа на статические испытания свай-оболочек диаметром 1420 и 1220 мм, длиной 38,01 м. вдавливающей нагрузкой на площадке строительства причала на территории ГП «ОМТП». – Одесса, ОГАСА, 2015. – 19 с.

4. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К., Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.

5. ДБН В.2.1-10-2009. Основи і фундаменти будівель та споруд. – К., Мінрегіонбуд України, 2009. із зміною №1 від 01.07.2011. – 55 с.

6. ДСТУ Б В.2.1-27:2010. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань. – К., Мінрегіонбуд України, 2011. – 14 с.

7. ГОСТ 24846-81. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. – М., Госстрой СССР, 1981. – 26 с.

8. Результаты статических испытаний свай-оболочек, $\varnothing 1420 \text{ мм}$ и $\varnothing 1220 \text{ мм}$, длиной 38,01 м на строительстве причала на территории ГП «ОМТП» – Одесса, ОГАСА, 2016. – 60 с.

Стаття надійшла 12.07.2016