

**«АНТИОСТЕРБЕРГ» ИЛИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД «ONLY-DOWN»
ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВ МНОГОСЕКЦИОННЫМИ СВАЯМИ
ПОВЫШЕННОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ**

Самородов А.В., к.т.н., доцент

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
osamorodov@ukr.net

Аннотация. В статье проведен критический анализ существующего «метода погруженного домкрата» или «метода Остерберга» в мировой практике испытаний грунтов сваями (баретами) значительной несущей способности на действие вдавливающих нагрузок. Предложен усовершенствованный метод испытания натуральных многосекционных свай, который позволяет повысить надежность процесса испытаний и точность определения величины несущей способности свай.

Ключевые слова: грунт, буровая свая, барета, испытания, погруженный домкрат, Остерберг, нагрузка, несущая способность.

**«АНТИОСТЕРБЕРГ» АБО УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД «ONLY-DOWN»
ВИПРОБУВАННЯ ГРУНТІВ БАГАТОСЕКЦІЙНИМИ ПАЛЯМИ
ПІДВИЩЕНОЇ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ**

Самородов О.В., к.т.н., доцент

Харківський національний університет будівництва та архітектури
osamorodov@ukr.net

Анотація. У статті проведено критичний аналіз існуючого «методу зануреного домкрату» чи «методу Остерберга» у світовій практиці випробувань ґрунтів палями (баретами) значної несучої здатності на дію вдавлюючих навантажень. Запропоновано удосконалений метод випробування натурних багатосекційних паль, що дозволяє підвищити надійність процесу випробувань та точність визначення несучої здатності паль.

Ключові слова: ґрунт, бурова паля, барета, випробування, занурений домкрат, Остерберг, навантаження, несуча здатність.

**«ANTIOSTERBERG» OR THE NEW IMPROVED LOAD-TEST METHOD «ONLY-DOWN»
FOR MULTISECTION PILES WITH INCREASED BEARING CAPACITY**

Samorodov O.V., Ph.D., Associated Professor

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture
osamorodov@ukr.net

Abstract. In the article is given the critical analysis of the existing "embedded jack method" or "Osterberg method" in the world for load testing of bored piles (barrettes) of the large bearing capacity at action of the pressed loads. When testing a piles for pressed loads more 10000kN in the world are increasingly using so-called "Osterberg method", the essence of which is that the static load applied along the longitudinal axis of the construction at a certain depth by means of hydraulic cell (O-cell). However, the direction of movement "up" of the top of the pile in the test of "Osterberg method" creates other stress-strain system status "soil base - pile" as opposed to the actual load applied to the pile during construction, resulting in significant errors in determining the

bearing capacity of piles and reduces the reliability of test results. Is proposed the improved method for load testing of the multisection piles, which allows to increase the reliability of the load testing process and the accuracy of determining the value of bearing capacity of piles.

Keywords: soil, bored pile, barrette, load testing, embedded jack method, Osterberg method, bearing capacity.

Введение. Современное многоэтажное и высотное строительство требует решения разноплановых геотехнических задач, связанных с проектированием конструктивно надежных и экономично обоснованных фундаментов, в том числе в сложных инженерно-геологических условиях. Высотные здания передают на грунтовое основание значительное давление, которое, как правило, способны воспринять более прочные и малосжимаемые его нижние слои, что обеспечивается применением фундаментов глубокого заложения, состоящих, в основном, из свай или барет (далее свай).

Поэтому, вопрос назначения несущей способности свай является актуальным как для проектировщиков – в плане надежности принимаемых решений, так и для инвесторов – в экономическом аспекте.

Анализ последних достижений. Как известно, полевые испытания натуральных свай вдавливающими нагрузками являются самым достоверным методом определения их фактической несущей способности.

В этой области нормативным и самым распространенным является метод испытания грунтов сваями [1, 2], при котором к голове сваи прикладывается нагрузка с помощью стандартного гидравлического оборудования с применением контргрузов или разных конструкций анкерных систем (рис. 1). В процессе испытания грунтов сваями исследуют напряженно-деформированное состояние (НДС) системы «грунтовое основание – свая» с помощью как обычных манометров и прогибомеров, так и современных датчиков и оборудования, на основании чего по различным методикам определяют их несущую способность [3].

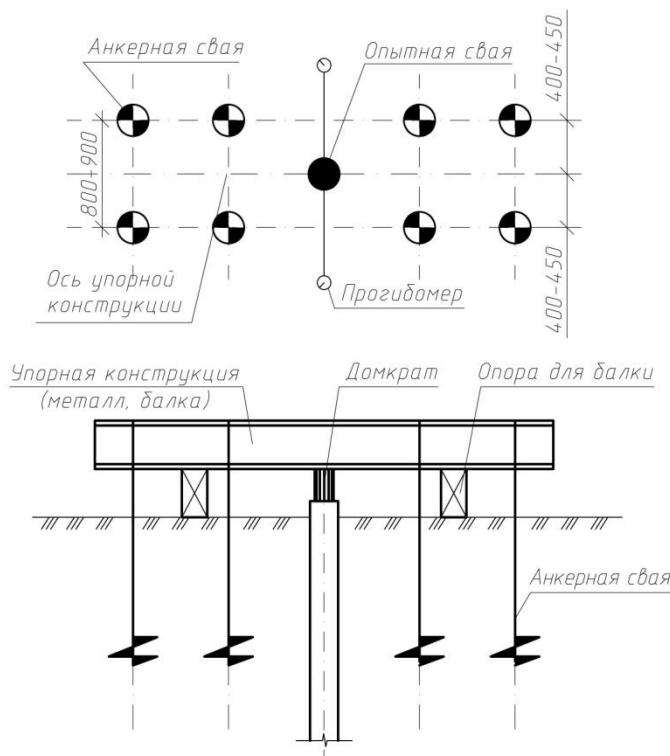


Рис. 1. Схема испытания свай с анкерной системой на поверхности

При потенциально высоких значениях несущей способности свай (более 10000 кН = 1000 тс) применение анкерной системы на поверхности является экономически нецелесообразным или вообще технически невозможным. Поэтому, в мире все чаще

применяют так называемый «метод погруженного домкрата» или «метод Остерберга» [4-7], использование которого регламентируется американскими нормами [8]. Сущность «метода погруженного домкрата» состоит в том, что статическая нагрузка прикладывается не к голове сваи, а вдоль продольной оси ее конструкции на некоторой глубине с помощью одной (O-Cell) или нескольких (Multi-level O-Cell) гидравлических ячеек, что обеспечивает независимое движение одних частей сваи вверх, а других – вниз. То есть образуется самоуравновешенная испытательная система, которая не требует дополнительной «реактивной» системы на поверхности (рис. 2).

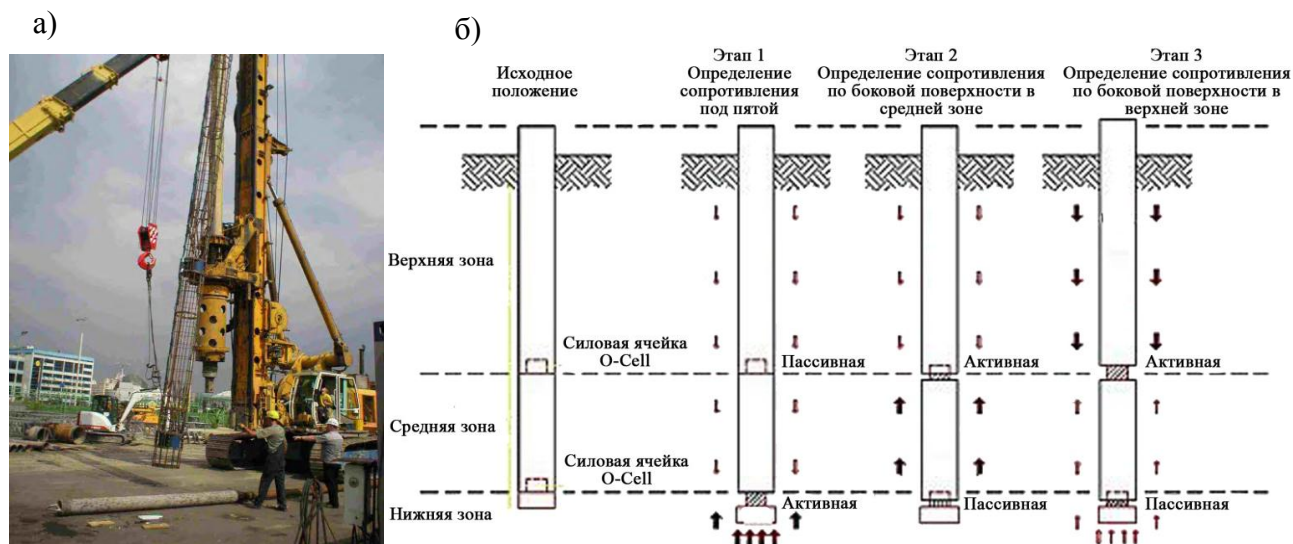


Рис. 2. Испытания сваи с помощью «метода погруженного домкрата»:
 а – общий вид расположения силовых ячеек (Multi-level O-Cell) в каркасе сваи;
 б – схема испытания многосекционной сваи

Специальные конструкции гидравлических ячеек (O-Cell) с дополнительными датчиками, приборами и другим оборудованием, в том числе вдоль конструкции ствола сваи (рис. 3), позволяет исследовать напряженно-деформированное состояние системы «грунтовое основание – свая» в процессе испытаний (рис. 4), и после обработки результатов – назначать несущую способность сваи [9].

Здесь следует отметить, что геотехниками общепринято называть «метод погруженного домкрата» именем американского ученого Остерберга (Osterberg Jorj O.), который, вероятно, впервые применил его для испытания двухсекционной буронабивной сваи с целью



Рис. 3. Общий вид измерительного оборудования на поверхности в процессе испытания сваи

определения сил сопротивления по ее боковой поверхности и под нижним концом и опубликовал свою работу в 1984 году [4], а также запатентовал силовую ячейку O-Cell в 1986 году [5]. Однако, основная идея погруженного домкрата нашла свое практическое применение намного раньше в 1961 году как способ повышения несущей способности свай-оболочек при устройстве фундаментов глубокого заложения Маракайбского моста в Венесуэле, влияние которого с помощью многочисленных испытаний всесторонне изучал советский ученый П.Г. Чижиков [10], где также косвенно фиксировались величина погружения нижней части плоских домкратов в основании свай-оболочки и перемещение ее головы.

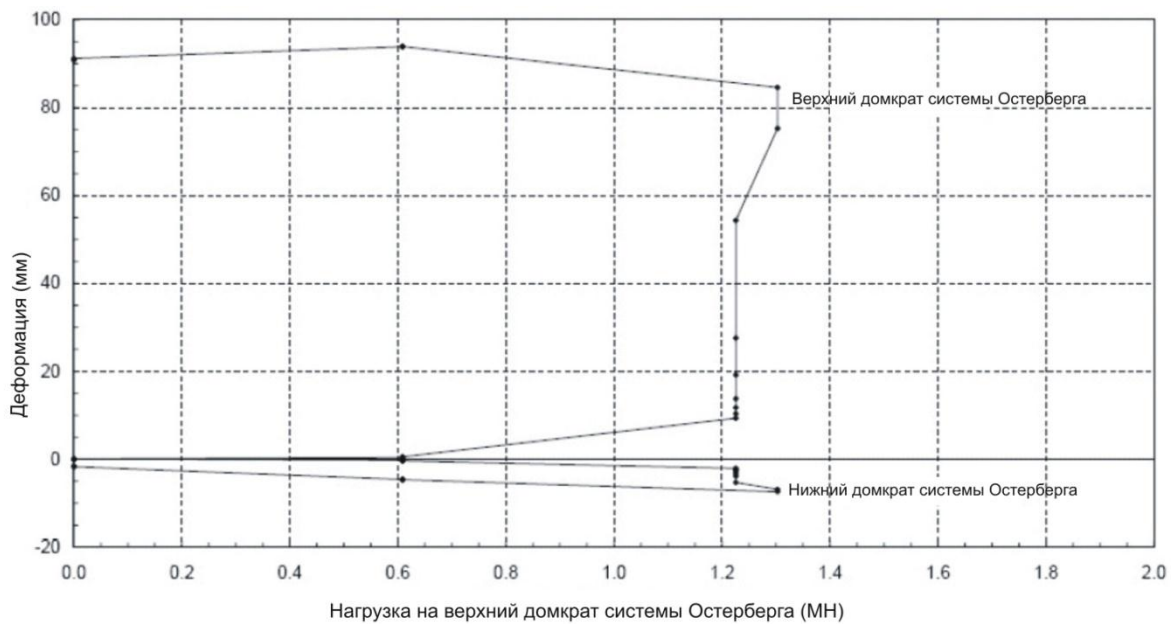


Рис. 4. Пример графиков зависимости деформаций сегментов сваи от нагрузки (потеря несущей способности по грунту верхнего сегмента при движении вверх)

Однако, основная проблема «метода погруженного домкрата» состоит в том, что предполагается направление движения «вверх» верхней части сваи в процессе испытаний, что формирует иное НДС части системы «грунтовое основание – свая» в отличие от реального нагружения, которое прикладывается к голове сваи в процессе строительства и эксплуатации здания, что приводит к существенным ошибкам при определении общей величины несущей способности сваи на вдавливающие нагрузки в сторону ее занижения. Это доказано нашими последними лабораторными и полевыми исследованиями при испытаниях свай на действие вдавливающих и выдергивающих нагрузок [11, 12]. При этом нами установлено, что соотношение значений несущих способностей сваи за счет сил сопротивления по боковой поверхности при вдавливании $F_{d,f}$ и выдергивании $F_{du,f}$ находится в пределах $2,2 \leq F_{d,f}/F_{du,f} \leq 2,9$ в зависимости от соотношений длины сваи к её диаметру L/d (рис. 5), что существенно отличается от нормативного соотношения $F_{d,f}/F_{du,f} = 1,25$ [13].

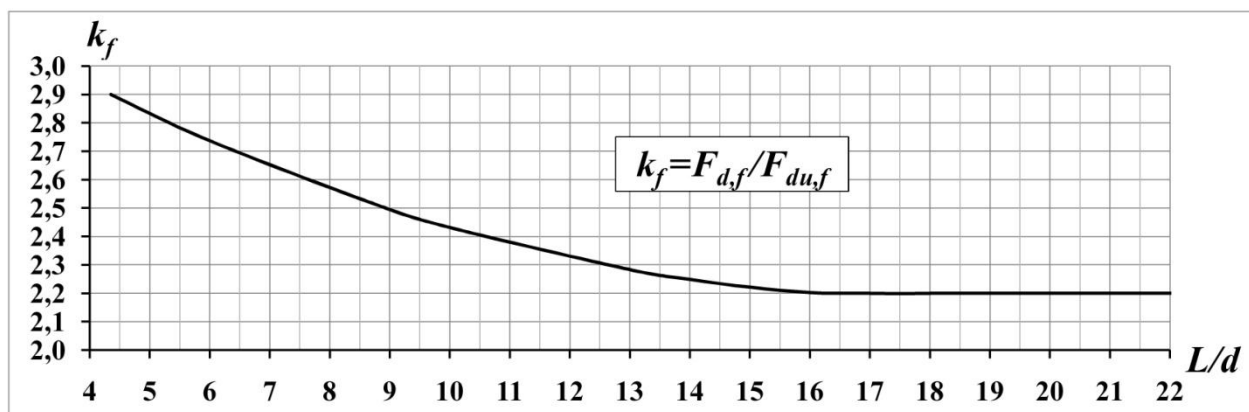


Рис. 5. График зависимости соотношения $k_f = F_{d,f}/F_{du,f}$ от L/d

Таким образом, направление вертикальной нагрузки является одним из основных факторов, влияющих на изменение напряженного состояния околосвайного массива грунта, и имеет принципиальное значение при определении несущей способности по боковой поверхности свай. Поэтому, несущая способность верхней части сваи, определяемая «методом погруженного домкрата», занижается минимум в 2,2 раза при прочих равных условиях.

Более того, расположение одной (One-level O-Cell) или нескольких (Multi-level O-Cell)

силовых ячеек Остерберга (см. рис. 2) создает проблему обеспечения самоуравновешенной системы (соотношение несущей способности отдельных элементов системы) в связи с невыдержанностью слоев грунта, отклонениями их физико-механических характеристик и допущениями в предварительных расчетах, что не всегда позволяет обеспечить правильное соотношение несущих способностей элементов сваи и снижает надежность и точность результатов испытаний [14].

Цели и задачи. С целью устранения вышеперечисленных недостатков классического «метода погруженного домкрата» поставлена задача разработки метода испытания многосекционных свай для более адекватного взаимодействия различных секций сваи с грунтовым массивом при определении ее несущей способности по грунту на вдавливающие нагрузки.

Предлагается усовершенствованный метод «ONLY-DOWN» испытания грунтов многосекционной свай [15], при котором сначала передается часть ожидаемой полной опытной нагрузки к голове сваи (классический метод) за счет наличия анкерной системы на поверхности, а другая часть нагрузки – передается вдоль оси конструкции сваи на разных уровнях по глубине с помощью погруженных домкратов.

На рис. 6 приведена принципиальная схема метода испытаний натурной многосекционной сваи 1, которая разбита на секции длиной 2, 3 и 4, между которыми заложены специальные силовые ячейки с домкратами 5, а на поверхности предусмотрена анкерная система 6 любой конструкции для возможности передачи нагрузки с помощью домкрата 7 к голове сваи в направлении 8.

Сущность усовершенствованного метода «ONLY-DOWN» состоит в том, что любой испытуемый сегмент сваи, к которому прикладывается нагрузка, движется только вниз. Это позволяет обеспечить контролируемую реакцию в системе на каждом этапе испытаний и сформировать максимально адекватное взаимодействие каждой части боковой поверхности исследуемой сваи с грунтовым массивом для определения ее несущей способности именно на вдавливающие нагрузки.

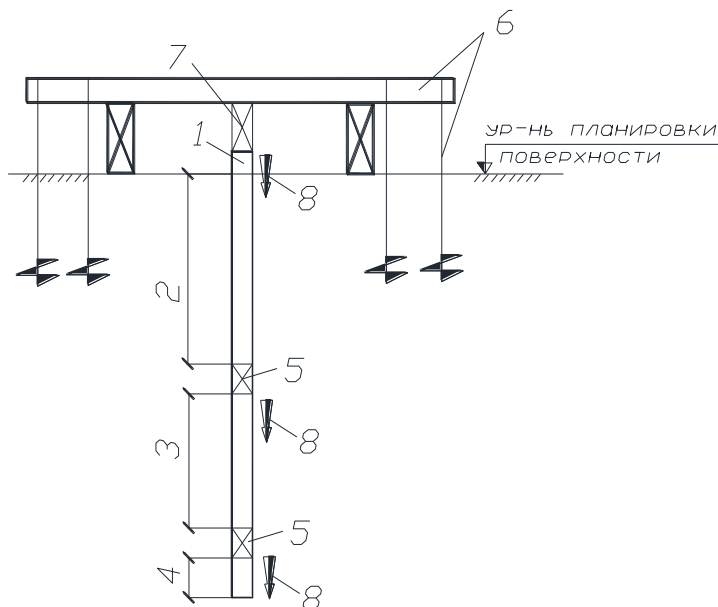


Рис. 6. Принципиальная схема метода «ONLY-DOWN» испытания грунтов многосекционной свай

Применение данного метода испытания многосекционных свай позволяет повысить надежность самого процесса испытания, а также точность определяемой величины несущей способности сваи на действие вдавливающих нагрузок.

Основные результаты и выводы:

1. Проведен критический анализ существующего «метода погруженного домкрата» или «метода Остерберга» в мировой практике испытаний грунтов сваями (баретами) значительной несущей способности на действие вдавливающих нагрузок.
2. Предложен усовершенствованный метод «ONLY-DOWN» испытания натуральных многосекционных свай, который позволяет повысить надежность процесса испытаний и точность определения величины несущей способности свай на вдавливающие нагрузки.

Литература

1. ДСТУ Б В.2.1-1-95. Грунти. Методи польових випробувань палями. Київ: Укрархбудінформ, 1997. – 58 с.
2. Грунты. Методы полевых испытаний сваями: ГОСТ 5686-2012. – [Действующий от 2013-07-01]. – М.: Стандартинформ, 2014. – 42 с.
3. ДСТУ Б В.2.1-27:2010. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 11 с.
4. Osterberg J.O. A New Simplified Method for Load Testing Drilled Shafts / J.O. Osterberg // FOUNDATION DRILLING, Vol. XXIII, No. 6 (July/August, 1984), ADSC. – p. 9.
5. Patent US4614110 (A), United State. E02D1/02, E02D33/00, G01L5/00. Device for testing the load-bearing capacity of concrete-filled earthen shafts (Osterberg Jorj O.). – 30.09.1986.
6. Osterberg J.O. New Device for Load Testing Driven Piles and Drilled Shafts Separates Friction and End Bearing / J.O. Osterberg // Proceedings: International Conference on Piling and Deep Foundations, London, A. A. Balkema, 1989. – P. 421.
7. Катценбах Р. Методика испытаний буронабивных свай повышенной несущей способности по системе Остенберга / Р. Катценбах, Р.А. Дунаевский, А.А. Франивсющ // Профессиональная информация. – К.: Ярос Строй, 2011. – 4 с.
8. ASTM D1143M-07 Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load., ASTM International. 2007. 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
9. Report of bored pile load testing (Osterberg method) B-30 – Solomenka Project, Kiev, Ukraine (LT-2505) / LOADTEST International Inc. (HQ), 2007. – 68 p.
10. Чижиков П.Г. О способах увеличения несущей способности оболочек по грунту / П.Г. Чижиков // Исследование несущей способности оснований и фундаментов глубокого заложения: Труды Всесоюзного научно-исследовательского института транспортного строительства. – Вып. 78 / Под общей редакцией канд. техн. наук Н.М. Глотова. – М.: Изд-во «Транспорт», 1971. – С. 32-46.
11. Самородов А.В. Полевые исследования несущей способности буроинъекционных свай при действии выдергивающих и вдавливающих нагрузок / А.В. Самородов, С.В. Табачников // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Вип. 4 (34). Т1 – 2012. – С. 258-264.
12. Самородов А.В. Новый метод определения сил сопротивления по боковой поверхности свай, учитывающий направление вертикальной нагрузки / А.В. Самородов, С.В. Табачников // Основания, фундаменты и механика грунтов. – Вып. 6. – Москва: ОФМГ, 2015. – С. 12-15.
13. Основи та фундаменти споруд. Зміна №1: ДБН В.2.1-10-2009. – [Чинний від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 55 с.
14. Корнієнко М.В. Про особливості використання методу Остерберга при випробуванні паль великого діаметра / М.В. Корнієнко, С.О. Дворнік, І.Ю. Заварзіна // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Вип. 4 (34). Т2 – 2012. – ПолтНТУ. – С. 115-122.
15. Заявка на патент № а 2015 05298. МЕТОД ВИПРОБУВАНЬ ГРУНТІВ ПАЛЯМИ (Самородов О.В., Герасимович Є.М., Муляр Д.Л.). – Заявл. 29.05.2015.