



УДК 624.012.45

**DETERMINATION OF THE INTERACTION OF PILES - SHELLS WITH OPEN BOTTOM END WITH GROUND BASE****ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВАЙ – ОБОЛОЧЕК С ОТКРЫТЫМ НИЖНИМ КОНЦОМ С ГРУНТОМ ОСНОВАНИЯ****Bugaeva S.V. / Бугаева С.В.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.***Goncharuk I.P. / Гончарук И.П.***Odessa National Maritime University, Odessa, Mechnikova 34, 65029**Одесский национальный морской университет, Одесса, ул.Мечникова 34, 65029*

**Аннотация.** В работе рассматриваются экспериментальные исследования изучения взаимодействия сваи-оболочки с открытым нижним концом и грунтового основания при погружении осевой вертикальной нагрузкой и выдергивания из почвы, установление влияния различных форм нижнего конца сваи на напряженно-деформированное состояние грунтового основания.

**Ключевые слова:** эксперимент, свай – оболочка, грунтовый лоток, давление грунта.

**Вступление.**

Экспериментальные исследования предусматривали изучение взаимодействия сваи-оболочки с открытым нижним концом и грунтового основания при погружении осевой вертикальной нагрузкой и выдергивания из грунта, установление влияния различных форм нижнего конца сваи на напряженно-деформированное состояние грунтового основания.

Результатами этих работ являются: получение зависимостей сопротивления грунта погружению и выдергиванию сваи-оболочки от величины осевой нагрузки, определение закономерностей распределения бокового давления грунта по наружной и внутренней поверхностям сваи-оболочки и сопротивления грунта по ее подошве, а также установление высоты подъема грунта в полости оболочки при погружении.

**Основной текст**

Из-за отсутствия нормативных документов по расчету трубчатых свай с открытым нижним концом, единственной возможностью установления несущей способности является способ статических испытаний в полевых условиях, требующих дорогостоящего технологического оборудования, оснастки и длительного времени их проведения. Основные требования к проведению статических и динамических испытаний изложены в ГОСТ 5686-95 [2] и СНиП 3.02.01-87 [1]. С учетом требований этих документов могут быть определены сопротивления сваи, по которым проводится статическая оценка ее несущей способности по грунту. Учитывая актуальность задачи, испытана установка для исследования взаимодействия сваи-оболочки с грунтом. В основу установки - поставлена задача создания устройства для изучения взаимодействия сваи-оболочки с грунтом, обеспечивающего возможность разделения сил сопротивления почвы, действующих на сваю при ее погружении или извлечении из грунта осевыми нагрузками, на составляющие по внутренней и наружной боковым поверхностям и по кольцевому торцу низа



сваи, а также установления по глубине распределения нормального давления и сил трения по наружной боковой поверхности сваи-оболочки.

Экспериментальная установка включает: грунтовый лоток; модель сваи-оболочки специальной конструкции; модель трубчатой сваи для изучения кинематики песчаного основания; устройство для создания осевой нагрузки при погружении модели в грунт и ее выдергивании; измерительная и регистрирующая аппаратура; методика проведения испытаний.

Грунтовый лоток имеет размеры: высота - 115 см, ширина - 75 см, длина - 80 см. Боковые стенки лотка выполнены из листов полированного стекла толщиной 15 мм, опирающиеся на его металлический каркас. Задняя стенка разборная и состоит из отдельных досок толщиной 40 мм, которые устанавливаются по концам в предусмотренные направляющие. Такая конструкция позволяет легко опорожнять лоток от песка и определять угол естественного откоса, который, как известно, для сухого песка равен углу внутреннего трения.

Передняя стенка лотка выполнена в виде жесткой металлической плиты, которая закреплена сверху с двух сторон неподвижными шарнирными опорами. По оси плиты на расстоянии 12 см от дна лотка установлена третья подвижная шарнирная опора, закрепленная жестко вторым концом к каркасу лотка. Плита выполняет, кроме того, роль жесткой подпорной стенки для получения эпюры давления грунта на стенку. По ее оси в предусмотренные гнезда вмонтированы датчики давления с шагом 15 см по высоте. Конструкция датчиков разработана на кафедре МРПВПтаТЕ ОНМУ.

Для изучения кинематики перемещения частиц песка при погружении или извлечении из грунта модели на боковой стенке лотка нанесена краской тонкими линиями сетка с ячейками 5x5 см.

На рисунке 1 приведен общий вид и схема экспериментальной установки.



**Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки для испытания свай - оболочек и жестких штампов.**



В экспериментальных исследованиях в качестве грунтового основания использовался мелкозернистый кварцевый песок с углом внутреннего трения  $\varphi=33^\circ$ , удельной массой  $\gamma_{уд}=26,5$  кН/м<sup>3</sup>, объемной массой  $\gamma_{об}=15,5$  кН/м<sup>3</sup>.

Методические опыты по изучению влияния трения боковых стенок лотка, проведенные П.И. Яковлевым, М.Н. Варгиным, А.И. Пасечником и др., показали, что тормозящее действие стенок сказывается только в непосредственной их близости. Это позволяет утверждать, что в средней части лотка влияние боковых стенок на модель не будет сказываться.

Испытания модели сваи-оболочки проводились в такой последовательности.

Лоток заполнялся песком до уровня подошвы модели. Модель сваи-оболочки в собранном виде устанавливается на песчаную подушку вертикально, строго под загрузочным устройством. Временно закрепляется ее положение. Отсыпается песок в лоток до уровня на 5 см ниже верхнего торца модели, до этого уровня заполняется песок полость сердечника модели. Временное закрепление убирается, устанавливается загрузочное устройство, измерительная и регистрирующая аппаратура. Подключаются датчики к регистрирующей аппаратуре, проводится их проверка и балансировка.

Перед началом опытов соединительный болт удаляется, сердечник отделен от корпуса, нагрузочный диск соединен болтами с корпусом и может совместно с ним перемещаться вертикально под действием осевой нагрузки. После проверки работоспособности устройств и аппаратуры приступают к выполнению испытаний модели.

В экспериментальных исследованиях использовалась следующая аппаратура:

- индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм для измерения перемещений узлов модели;
- контактные датчики давления грунта на боковую поверхность корпуса модели сваи-оболочки;
- тензорезисторные датчики для измерения прогиба стенки сердечника модели при определении нормального давления грунта и растягивающих усилий в плоских сергах для оценки трения грунта о боковую поверхность звеньев корпуса модели.

Электрическая тензометрическая схема включалась в полумост с автоматической компенсацией температурных деформаций.

Показания датчиков давления грунта, растягивающих усилий в плоских сергах и прогибах стенки конструкции фиксировались с помощью измерительной системы СИИТ - 3.

В опытах для создания вдавливающей осевой нагрузки на модель сваи применялось рычажное устройство, специально изготовленное из профилирующей стали квадратного сечения 40x40 мм, толщиной стенки 3 мм и общей длиной 1625 мм. Для создания необходимой жесткости к рычагу приваривалась ферма с прутковой стали. На концах рычага шарнирно закреплялись подвески для гирь нагружения. Подвеска на консоли служила для уравновешивания рычажной системы. На расстоянии 325 мм от консольного



конца к рычагу приваривался шарнир, к которому крепилась опора, приваренная к корпусу лотка. Плечи рычажного устройства составили: расстояние от шарнира до центра сваи 355 мм, а от шарнира к грузовой подвеске - 1410 мм. Таким образом, отношение плеч составило - 4.

Выдергивающий механизм представлял собой недвижимое колесо, которое шарнирно с помощью кронштейнов в определенном месте прикреплено к потолку лаборатории. Для этого использовалось велосипедное колесо диаметром 60 см без шины. Грузовой стальной трос диаметром 3 мм заводился через колесо по желобку обода, одним концом крепился к голове модели выдергиваемой сваи, а вторым - к грузовой подвеске. Таким образом, груз прикладывается на подвеску, отвечал выдергивает нагрузку. Это упрощало контроль выдергиваемой силы.

#### **Заключение и выводы.**

Проведены предварительные методологические испытания предложенной модели сваи-оболочки показали ее высокую точность, многофункциональность и производительность. Предложенная модель сваи-оболочки позволяет исследовать взаимодействие почвы на внешнюю поверхность сваи-оболочки, сопротивление грунта с оболочкой отдельно: определять нормальное давление грунта на внешнюю поверхность сваи-оболочки, сопротивление почвы по внешней и внутренней боковых поверхностях оболочки и нижнем ее торца, а также устанавливать распределение по высоте оболочки и нижнем ее торца, а также устанавливать распределение по высоте оболочки нормального давления грунта и его сопротивление по наружной поверхности сваи-оболочки. Результаты испытаний на такой модели позволяют более полно оценить совместную работу сваи-оболочки и контактирующего с ней грунта, и эффективно использовать современные методы расчета сооружений.

Таким образом, создана экспериментальная установка, специальная модель трубчатой сваи, применяемая измерительная аппаратура и разработана методика испытаний позволяют получать необходимую информацию о несущую способность сваи-оболочки с открытым нижним концом. В этом и заключается отличие разработанной экспериментальной модели сваи-оболочки от существующих, которые позволяют измерять суммарную силу сопротивления грунтового основания.

Описанная установка показала себя работоспособной.

#### **Литература:**

1. СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения. Основания и фундаменты. М. – 1988, 79 С.
2. ГОСТ 5686-94 Грунты. Методы полевых испытаний сваями. М. – 1994, 56 С.
3. ДБН В. 2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Київ. – 2009, 107 С.
4. ДСТУ Б В.2.1-1-95 Основания и фундаменты зданий и сооружений. Грунты. Метод полевых испытаний сваями (ГОСТ 5686-94). Київ. – 1995, 60 С.



**References:**

1. SNiP 3.02.01-87 Earthworks. Foundations and foundations. M. - 1988, 79 S.
2. GOST 5686-94 Soils. Field test methods by piles. M. - 1994, 56 S.
3. DBN V. 2.1-10-2009 Fundamentals of the foundations of sporud. Fundamentally projected design. Kiev - 2009, 107 C.
4. DSTU B V.2.1-1-95 Grounds and foundations of buildings and structures. Soils. Field test method for piles (GOST 5686-94). Kiev - 1995, 60 C.

**Abstract.** *The paper deals with experimental studies of the interaction of the pile shell with the open lower end and the soil base during the immersion of the axial vertical load and pulling out of the soil, establishing the influence of various forms of the lower end of the pile on the stress-strain state of the soil base.*

**Key words:** *experiment, piles - casing, soil tray, soil pressure.*

Статья отправлена: 20.12.2018 г.  
© Бугаева С.В., Гончарук И.П.