

По результатам выполненных исследований можно сделать вывод о том, что влияние гранитных отходов камнедробления КУП «Гроднооблдорстрой» проявляется в следующем:

1. Концентрация кремния относительно контрольного состава повысилась на 9 %, серы – на 13,5 %, железа – на 7 %. Концентрация кальция снизилась на 4 % относительно контрольного состава.

2. В составе 1, в отличие от контрольного состава, отсутствуют (либо представлены в очень маленькой концентрации) натрий, алюминий и свинец.

Подводя итог, можно сказать о том, что введение в цементно-песчаный состав гранитных отсеков влияет на химический состав цемента, однако это влияние не является значительным. В дальнейшем, предполагается исследовать влияние гранитных отсеков КУП «Гроднооблдорстрой» совместно с пластифицирующей добавкой и фиброматериалами на химический состав цементных и бетонных систем.

Список литературы

1. Бурба Д. В, Католиков В. А. Изучение физико-механических характеристик отсеков, образующихся на предприятии КУП «Гроднооблдорстрой» // Современные технологии в строительстве : сб. научных статей / ГрГУ им. Я. Купалы. Гродно : ГрГУ, 2015. С. 82–84.

2. Бурба Д. В, Католиков В. А. Области эффективного применения отсеков камнедробления РУПП «Гранит» // Современные технологии в строительстве : сб. научных статей / ГрГУ им. Я. Купалы. Гродно : ГрГУ, 2015. С. 85–86.

3. Методы испытания цемента. Часть 3. Определение сроков схватывания и равномерности изменения объема: СТБ ЕН 196-3-2007 : введ. 27.02.2007 (с отменой СТБ ЕН 196-3-2000). Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. 14 с.

4. Бурба Д. В, Католиков В. А. Влияние отходов дробления гранитного щебня на прочностные характеристики цементных систем // Наука-2015 : сб. научных статей / ГрГУ им. Я. Купалы. Гродно : ГрГУ, 2015. С. 86–90.

5. Методы испытания цемента. Часть 1. Определение прочности: СТБ ЕН 196-1-2007 : введ. 27.02.2007 (с отменой СТБ ЕН 196-1-2000). Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. 26 с.

УДК 624.15

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СТУПЕНЧАТЫХ И ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СВАЙ В ПЕСКАХ И СУГЛИНКАХ

Н. В. Купчикова, А. С. Сеницин

Астраханский инженерно-строительный институт (Россия)

Приведен анализ применения в российском и зарубежном строительстве готовых и набивных ступенчатых свай. Приведены результаты лабораторных экспериментальных исследований ступенчатых свай. Выявлены эффективные характеристики работы таких

конструкций в водонасыщенных песках и суглинках по сравнению с призматическими сваями и сваями с поверхностными уширениями в виде сборных клиньев.

Ключевые слова: ступенчатая свая, водонасыщенный песок, суглинок, поверхностные уширения фундаментов.

In the article you can find an analysis of the application in Russian and foreign construction prepared and printed a stepped pile, the results of laboratory experimental researches of speed piles. Identified effective characteristics of such structures in water-saturated Sands and loams in comparison with a prismatic pile and a pile with surface broadening in the form of precast wedges

Keywords: step pile, water-saturated sand, loam, surface widening of the groundwork.

В настоящее время на практике значительно повышается эффективность свайного фундаментостроения при решении нестандартных проектных задач, когда верхние толщи инженерно-геологического разреза сложены несвязными переувлажненными или просадочными грунтами. Актуальным становится применение свай с поверхностными уширениями, где особенно важным становится выбор рациональных форм поверхностных уширений с максимальной удельной несущей способностью, низкой себестоимостью и материалоемкостью. Одной из разновидностей в классификации свай с уширениями, расположенными в верхней части сваи, являются ступенчатые сваи (рис. 1), которые изготавливаются как в готовом, так и набивном виде [1–9].

Как показал анализ отечественного и зарубежного опыта внедрения готовых и буронабивных ступенчатых свай, несущая способность их увеличивается в результате образования вокруг нее грунтовой рубашки, благодаря чему при работе сваи под нагрузкой происходит заклинивание и трение грунта о грунт. Однако ввиду отсутствия точных и надежных методов расчета напряженно-деформированного состояния ступенчатые сваи не нашли своего применения в строительстве.

Ступенчатые сваи в зарубежном строительстве называются шаговыми коническими. Отличительной особенностью их является одинаковая длина ступеней, расположенных по всей длине сваи (рис. 2). Конические шаговые сваи в зарубежном строительстве часто используются в случае, когда мягкий верхний слой залегает под плотным или твердым слоем. Если верхний слой должен осесть, свая подвергается просадочным силам, и свая должна быть разработана так, чтобы противостоять данному эффекту.

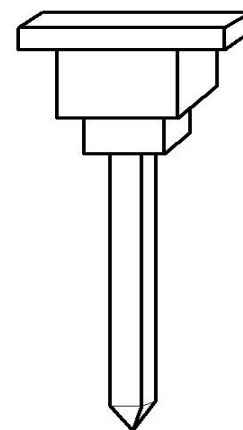


Рис. 1. Ступенчатая свая



Рис. 2. Шаговая коническая свая (Robert W. Day)

Ступенчатые многосекционные сваи в отечественном строительстве представлены в виде квадратного поперечного сечения (НИИПРОМСТРОЙ) (рис 3а) и с круглым поперечным сечением (сваи «Мега») для удобства перекатывания в стесненных условиях (рис. 3б). Сборные элементы располагаются друг над другом, соприкасаясь торцовыми поверхностями. Соединение этих свай выполняется на болтах или с помощью штырей. Значительную технико-экономическую эффективность такие конструкции достигли при реконструкции и восстановлении аварийных фундаментов.

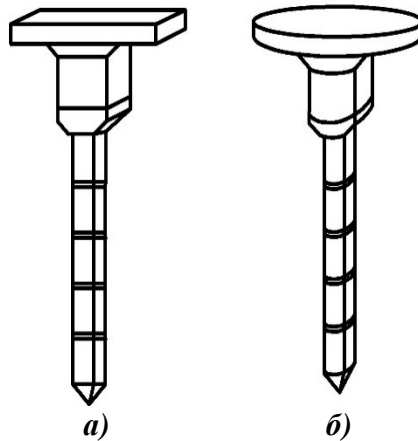


Рис. 3. Ступенчатые сваи: а) многосекционная квадратного сечения, б) многосекционная круглого сечения (свая «Мега»)

Сваи «Мега» изготавливают из сборных железобетонных элементов длиной 60...120 см с размером поперечного сечения 20×20, 25×25 и 30×30 см. Для голов свай применяют элементы большего размера – 120×60×25 см. Все элементы свай армируют продольной рабочей арматурой с поперечными хомутами. Для восприятия горизонтальных сил между элементами обычно закладывают вертикальные штыри диаметром 37,5...50,0 мм, которые препятствуют смещению соединяемых элементов и допускают их незначительный поворот.

В НИИпромстрое составлены рабочие чертежи на многосекционные железобетонные сваи квадратного сечения 30×30 см, длиной 0,6; 0,9 и 1,2 м с ненапрягаемой арматурой. Соединение этих свай выполняется на болтах или с помощью штырей. Болтовой стык способен воспринимать изгибающие моменты, перерезывающие и выдергивающие усилия, а штыревой стык – только вертикальное сжимающее усилие.

Нижний элемент свай «Мега» имеет симметричное острие для обеспечения вертикальности погружения вдавливаемых свай. Иногда острие

укрепляют четырехгранным симметричным наконечником из листовой стали толщиной 6...10 мм. Погруженные сваи с примыкающими несущими конструкциями здания соединяют следующим образом. Под старый фундамент устанавливают распределительный элемент больших размеров, равномерно распределяющий нагрузку от домкрата при погружении сваи (реакцию сваи), вследствие чего нижняя поверхность стеновых конструкций или ленточных фундаментов равномерно примыкает к поверхности элемента и после догрузки сваи. Распределительный элемент одновременно служит опорой гидравлического домкрата при погружении сваи. Между распределительным элементом и головной сваи размещают головной элемент, который при производстве служит подставкой для гидравлического домкрата. Расширенную голову сваи дополняют заранее изготовленными подпорками, которые устанавливают после погружения

Сваи «Мега» с круглым поперечным сечением удобны для перекачивания в стесненных условиях подвала. Чтобы обеспечить вертикальное положение свай «Мега», распределительные элементы должны быть горизонтальными и плотно примыкать к старому фундаменту. Поэтому поверхность старого восстанавливаемого фундамента предварительно выравнивают и между старым фундаментом и распределительным элементом укладывают выравнивающий слой цементного раствора необходимой толщины [1].

Наиболее подробно работу сборных ступенчатых свай исследовали еще в 60-х годах в отечественном строительстве. График зависимости осадки сваи в натуральных условиях от вертикального статического нагружения и сравнительные испытания ступенчатой и обычной свай с одинаковыми размерами головы и острия и одинаковыми углами сбега (размер головы 80 см, острия 10 см, длина 2,2 м, угол сбега граней ступеней 9°), погруженных в намытый песок средней плотности, показали (рис. 4), что несущая способность ступенчатой сваи на 20–25 % больше, причем бетона на ее изготовление расходуется на 15–20% меньше [2, 3].

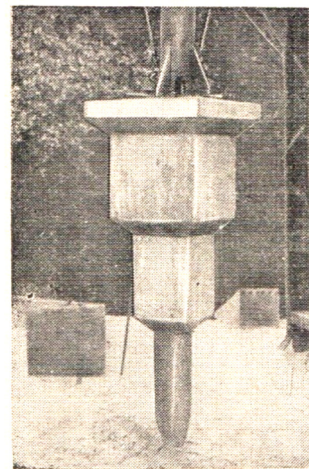


Рис. 4. Иллюстрация погружения ступенчатой сваи (В. И. Хазин, А.С. Головачев, А. А. Орел)

Ступенчатые набивные или буронабивные сваи сложны в технологической последовательности возведения и практически не применяются. Известен способ их возведения, запатентованный в нашей стране и может быть использован для возведения буробетонных фундаментов повышенной несущей способности, в том числе для фундаментов с отметками подошвы, характерными для части фундаментов мелкого заложения. Буронабивной ступенчатый фундамент включает участки из буронабивной сваи, сформированные с использованием шнековой технологии. Нижняя ступень сформирована из четырех периферийных цилиндров диаметром $D_{св.н.}$ и такой же

высоты, центры которых расположены в вершинах квадрата с размером стороны $d_{св.н.}$, а центр квадрата совпадает с центром опоры. Центральная опора, опирающаяся на четыре периферийных цилиндра нижней ступени, имеет нижнюю уширенную часть диаметром $D_{ц.уш.} = (1,0-1,2)D_{св.н.}$ и цилиндрический ствол диаметром $D_{св.в.} = (0,6-0,8)D_{св.н.}$; обрез фундамента находится на 0,7 м ниже поверхности земли. При формировании четырех периферийных цилиндров диаметром $D_{св.н.}$ поочередно пробуривается скважина диаметром $d_{шн.1}$, формируется – путем подачи рабочего материала этих цилиндров – каждый из периферийных цилиндров высотой $D_{св.н.}$, а оставшаяся часть скважины заполняется с грунтовым материалом, в качестве которого может быть использован и грунт с данного объекта, при этом принимается шнек такого диаметра, чтобы для достижения требуемого диаметра $D_{св.н.}$ использовать технологические приемы, позволяющие в минимальной степени – в 1,05–1,1 раза – увеличить диаметр сваи по сравнению с диаметром шнека $d_{шн.1}$ и в 1,1–1,2 раза по сравнению с $d_{шн.1}$ увеличить диаметр грунтовых свай.

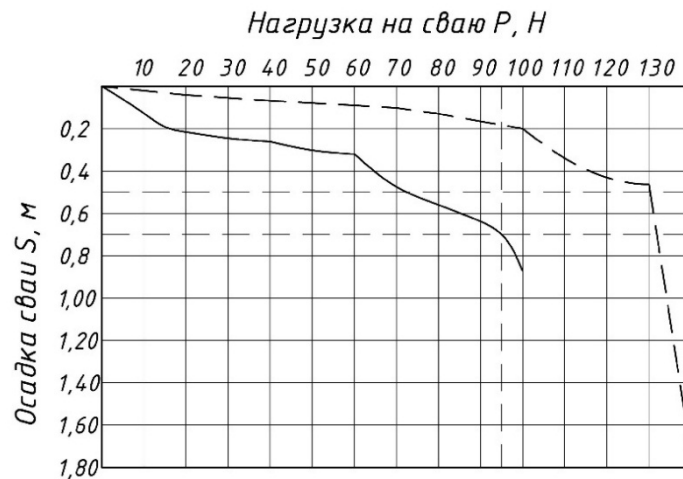


Рис. 5. График зависимости осадки ступенчатой сваи от вертикального статического нагружения

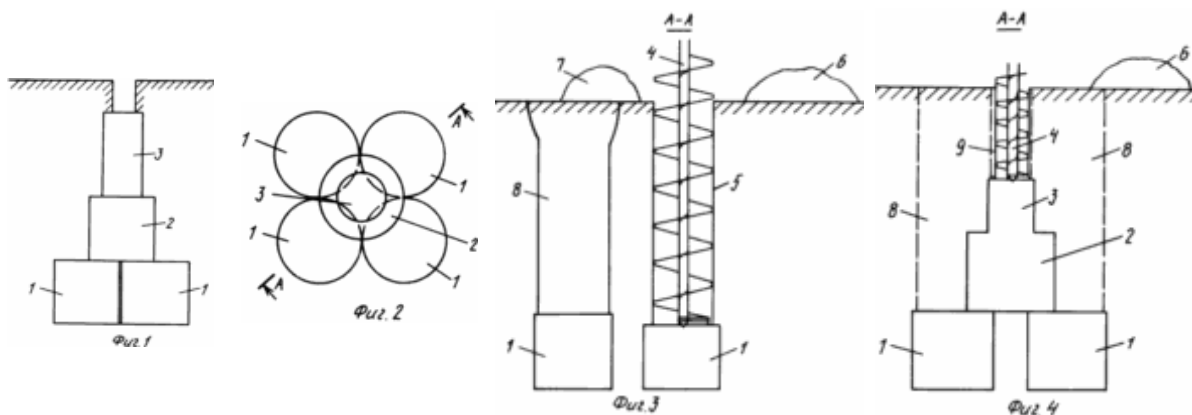


Рис. 6. Буронабивной ступенчатый фундамент: 1 – вид сбоку, 2 – план, 3 – этап возведения периферийных цилиндров нижней ступени, 4 – этап возведения центральной опоры

Таким образом, анализ отечественного и зарубежного опыта возведения готовых и буронабивных ступенчатых свай показал:

- несущая способность их увеличивается в результате образования вокруг нее грунтовой рубашки, благодаря чему при работе сваи под нагрузкой происходит заклинивание и трение грунта о грунт;
- однако ввиду отсутствия точных и надежных методов расчета напряженно-деформированного состояния ступенчатые сваи не нашли своего применения в строительстве.

Целью проведенных экспериментальных исследований являлось следующее: опытным путем для различных грунтов условий получить функциональные зависимости, необходимые для разработки инженерных методов расчета готовых ступенчатых свай на статические и динамические воздействия.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- проведены исследования на моделях свайных фундаментов в песчаном грунте и суглинке;
- проведены экспериментальные исследования взаимодействия внецентренно нагруженных групп свай с грунтовым основанием в результате чего были установлены закономерности влияния параметров свайных фундаментов и эксцентриситета приложения нагрузки на распределение продольных усилий на сваи и развитие кренов фундаментов.

Экспериментальные исследования работы вертикально нагруженных свайных фундаментов в песчаных грунтах проводились в лотке лаборатории «Геотехника» кафедры «ТОСЭУН» АИСИ на моделях ступенчатых железобетонных свай (рис. 7–9).

Лоток размером 160 см в длину, 120 см в ширину, 110 см в высоту заполнялся воздушно сухим, чистым однородным песком следующего гранулометрического состава:

Размер фракции, мм	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1
%	0	0,6	16,6	82,5	0,3

Укладка песка в лоток осуществлялась слоями по 20 см. Каждый слой песка уплотнялся специальным площадочным вибратором до состояния средней плотности. После каждого опыта на глубину 0,6 м перекачивался и уплотнялся заново.

Группы свай в собранном виде погружались в подготовленный песок вертикальной статической нагрузкой. Горизонтальная нагрузка создавалась однопролетной балкой (шарнирно-опертой) диаметром 25 мм. Нагрузка возрастала ступенями, равными 10 кг до 20 кг.

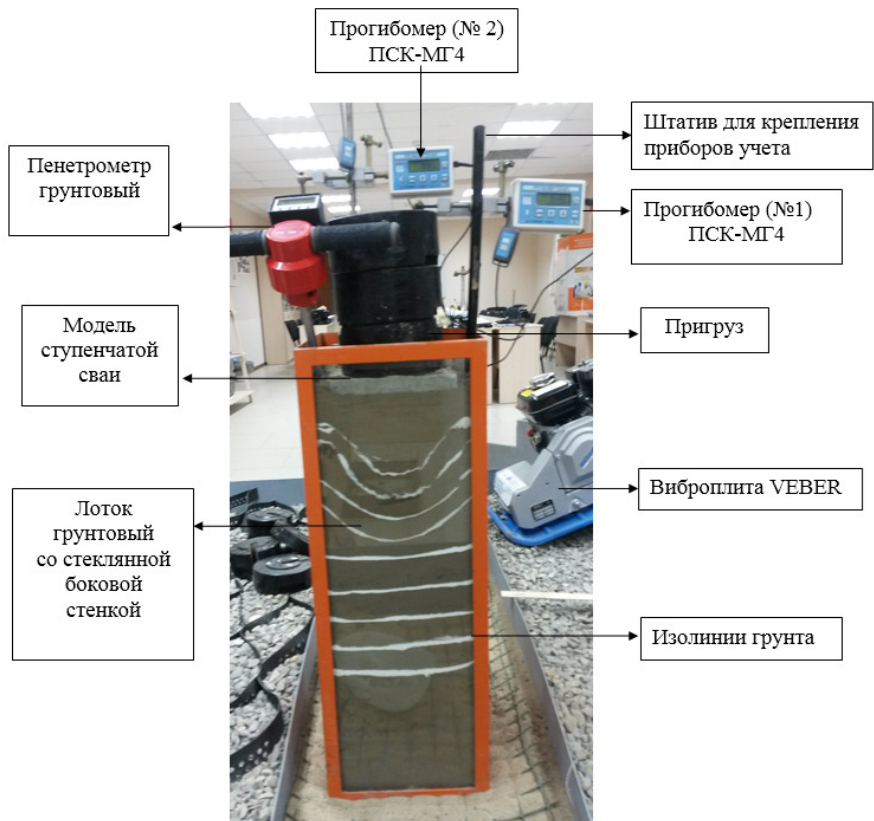


Рис. 7. Лабораторная установка по определению плотности грунта под верхним уширением ступенчатой сваи



Рис. 8. Модель ступенчатой ж/б сваи размерами 1000×300×300 в верхней части

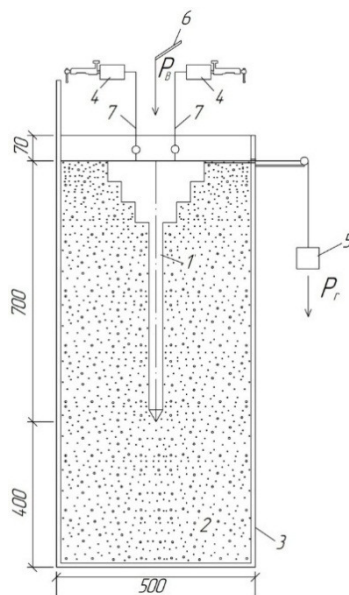


Рис. 9. Схема лабораторной установки для испытания ступенчатой сваи: 1 – ступенчатая свая, 2 – грунт, 3 – лоток со стеклянной боковой стенкой, 4 – прогибомер ПСК-МГ4, 5 – груз, 6 – рычаг, закрепленный к лотку для вертикального нагружения, 7 – штатив

По описанной методике были испытаны ступенчатые и призматические сваи [5, 7]. Полный объем и результаты испытаний на опытной площадке в лаборатории приведены на графике на рис. 10.

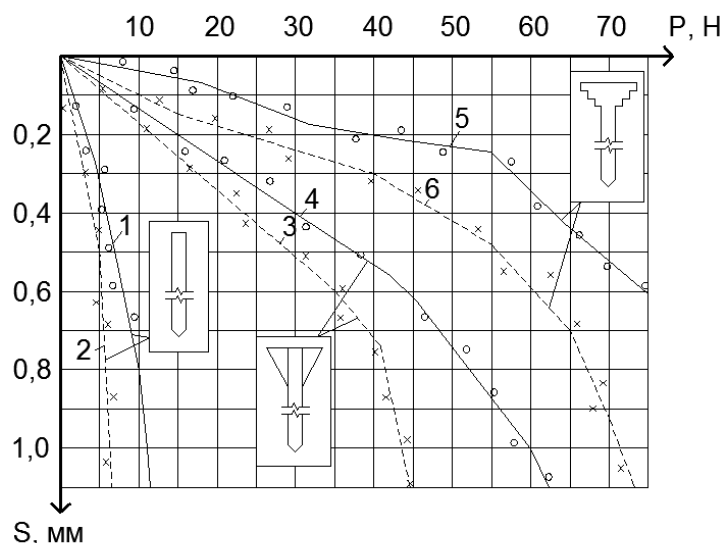


Рис. 10. График зависимости осадки ступенчатой, призматической, сваи со сборными клиньями от вертикального нагружения в водонасыщенном песке (2, 3, 6) и суглинке (1, 4, 5)

Список литературы

1. Штоль Т. М., Теличенко В. И., Феклин В. И. Технология возведения подземной части зданий и сооружений : учеб. пособие для вузов: Спец.: «Пром. и гражд. стр-во». М. : Стройиздат, 1990. 288 с.
2. Хазин В. И. Опыт применения коротких пирамидальных свай. М. : Оргтрансстрой, 1970. 12 с.
3. Головачев А. С., Хазин В. И. Вибродинамические испытания призматических и пирамидальных свай в различных грунтовых условиях // Труды ЦНИИСа, вып. 85. М. : Транспорт, 1972.
4. Смиренский Г. М., Нудельман Л. А., Радугин А. Е. Свайные фундаменты гражданских зданий. М. : Стройиздат, 1970. 141 с.
5. Ермишкин П. М. Устройство буронабивных свай : учебник. М.: Стройиздат, 1982. 160 с.
6. Землянский А. А., Вертынский О. С. Формообразование в грунте конической сваи // III науч.-практич. конф. Пенза : ПДЗ, 2004.
7. Купчикова Н. В. Исследование напряженно-деформированного состояния свайных фундаментов с концевыми и поверхностными уширениями в структурно-неустойчивых основаниях : дис. ... канд. техн. наук. М., 2010. 200 с.: ил.
8. Моргун А. И. Полевые исследования деформаций основания бипирамидальных свай // Свайные фундаменты : сб. Института строительства и архитектуры Госстроя БССР. Минск, 1975.
9. Купчикова Н. В. Технологическая эффективность применения свай с поверхностными уширениями в зависимости от изменения геометрии сборных клиньев в просадочных грунтах // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 6. С. 53–56.