

УДК 624.154.1-8

КУПЧИКОВА Н. В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУППЫ СВАЙ С ПОВЕРХНОСТНЫМИ УШИРЕНИЯМИ В ВИДЕ СТУПЕНЕЙ

Аннотация: комплексные исследования полунатурных моделей взаимодействия одиночных и группы свай с поверхностными уширениями в виде ступеней в песчаных и глинистых грунтах. Выявление степени уплотнения грунтового полупространства вокруг поверхностного уширения в виде ступеней с последующей разработкой эффективной методики их расчёта. Установление зависимостей деформационно-прочностных характеристик ступенчатых свай. Выполнены экспериментальные исследования одиночных и группы ступенчатых свай на статическое вертикальное нагружение и исследования взаимодействия сваи с различными типами грунтов. В ходе экспериментальных исследований установлены зависимости деформационно-прочностных параметров работы фундамента глубокого заложения состоящего из ступенчатых свай. Для ступенчатых свай несущая способность увеличивается в результате образования вокруг нее грунтовой рубашки, благодаря чему наибольшие перемещения ступенчатые сваи получили при их статическом нагружении во влажном суглинке, а в водонасыщенных песках осадка ступенчатых конструкций на 30-60% меньше при различных этапах статического нагружения, чем во влажном суглинке; осадка в 8 раз меньше, чем обычных призматических и в 3-4 раза меньше, чем призматических с поверхностными уширениями из сборных клиньев.

Ключевые слова: ступенчатая свая, группа ступенчатых свай, лабораторные, исследования, зависимость осадки одиночной и групп свай от вертикального нагружения, сравнительный анализ ступенчатых, пирамидальных и призматических свай

Введение. Многообразие конструктивных форм фундаментов глубокого заложения, широко применяемых в настоящее время продиктовано возросшими объемами строительства зданий и сооружений значительных размеров в плане на стеснённых площадках городской застройки, в сложных инженерно-геологических условиях и нагрузкой на основание до 70-100 тс/м². При строительстве на слабых основаниях, в особенности, когда верхние толщи инженерно-геологического разреза сложены несвязными переувлажнёнными или просадочными грунтами, актуальным становится применение фундаментов глубокого заложения из свай с поверхностными уширениями, где особенно важным является 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].

Анализ отечественного и зарубежного фундаментостроения показывает заинтересованность у специалистов во внедрении различных по конфигурации видов ступенчатых конструкций свай для определённого типа инженерно-геологических условий. Так, например, ещё в 60-х годах в отечественном строительстве В.И. Хазин, А.С. Головачев и А. А. Орел наиболее подробно исследовали работу сборных ступенчатых свай (рис. 1, поз. 1), где график зависимости осадки сваи в натурных 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 3), что несущая способность ступенчатой сваи на 20-25% больше, при чем бетона на ее изготовление расходуется на 15-20% меньше [2,3]. Стоит отметить, что к сваям с поверхностными уширениями следует относить конструкции, у которых ступени расположены только в верхней части и по высоте не превышают 1/3 от длины сваи, а если ступени распо-

ложены по всей длине тела сваи и расширяются как вниз, так и вверх (см. рис. 1, 4-7 и 2), то такие конструкции следует называть ступенчатыми.

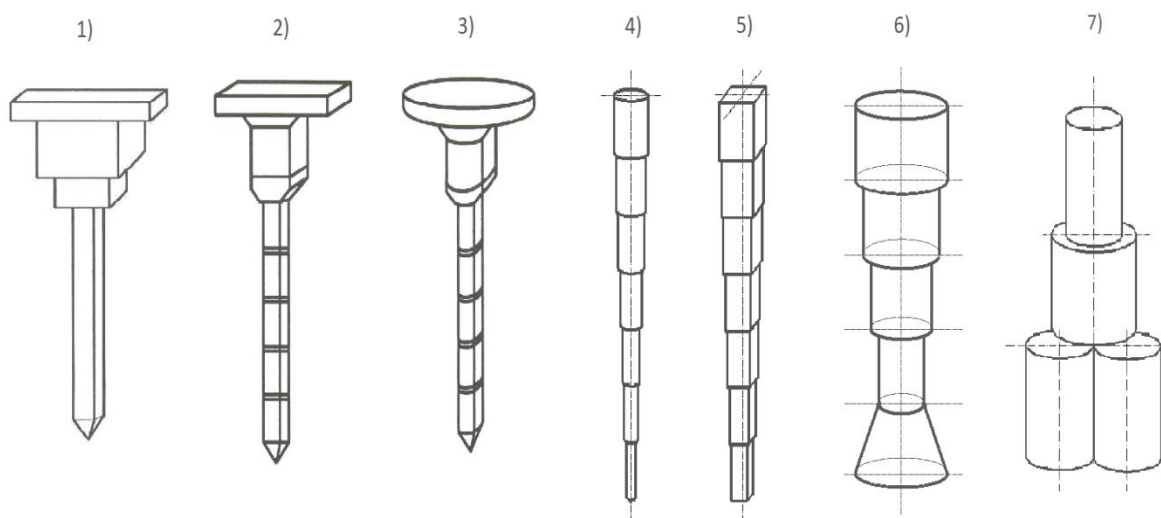


Рисунок 1 - Виды применяемых в строительстве готовых и набивных ступенчатых свай: 1 - готовая ступенчатая; 2, 3- многосекционные квадратного и круглого поперечного сечения, разработанные в НИИ-ПРОМСТРОЙ; 4, 5 – конические с круглыми и квадратными ступенями в поперечном сечении; 6 – телескопическая металлическая оболочка; 7 – буронабивная со ступенями, расширяющимися к низу

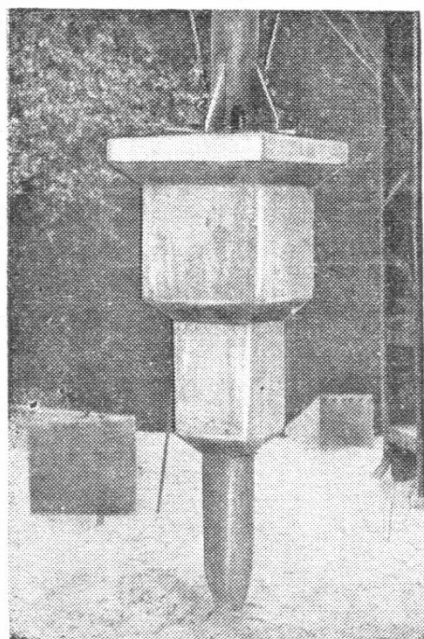


Рисунок 2 - Иллюстрация погружения ступенчатой сваи (В.И. Хазин, А.С. Головачев, А.А. Орел)

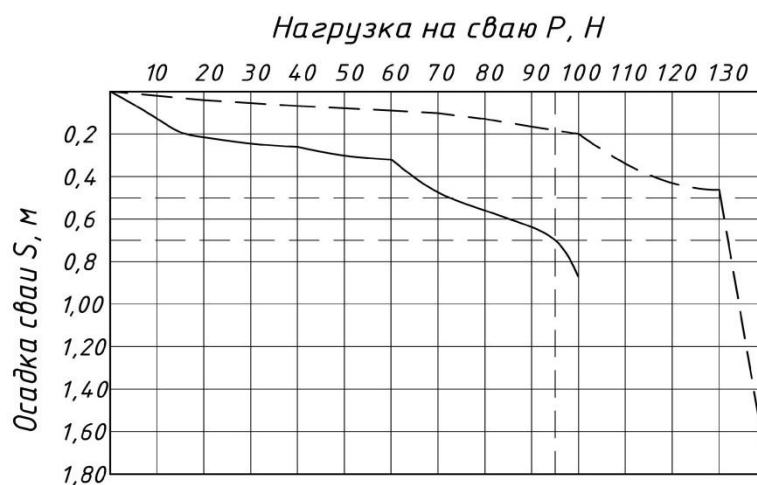


Рисунок 3 - График зависимости осадки ступенчатой сваи от вертикального статического нагружения

Многосекционные сваи с поверхностными уширениями в виде ступеней квадратного (рис.1, 2) и круглого поперечного сечения называются сваи «Мега» и разработаны в НИИ-ПРОМСТРОЙ, круглого сечения - для удобства перекачивания в стеснённых условиях

(рис.1, поз. 3). В конструкции сваи сборные элементы располагают друг над другом, соприкасаясь торцовыми поверхностями, их соединение выполняется на болтах или с помощью штырей. Значительную технико-экономическую эффективность, по данным разработчиков, такие конструкции достигли при реконструкции и восстановлении аварийных фундаментов, сборные элементы при этом изготавливают 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. 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. 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].

Ступенчатые набивные или буронабивные сваи [7] сложны в технологической последовательности возведения и применяются крайне редко. Известен способ их возведения, запатентованный Столяровым В. Г. (СевКавГТУ, 2005), который 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 $D_{ц.ущ.}=(1,0-1,2)D_{св.н.}$ и цилиндрический ствол диаметром $D_{св.в.}=(0,6-0,8)D_{св.н.}$; обрез фундамента находится на 0,7 м ниже поверхности земли (рис. 1, 7).

Ступенчатые сваи в зарубежном строительстве называются шаговыми коническими [8]. Отличительной особенностью их является одинаковая длина ступеней, расположенных по всей длине сваи (рис. 1, 4,5). Конические шаговые сваи в зарубежном строительстве часто используются в случае, когда мягкий верхний слой залегает под плотным или твердым слоем, когда верхний слой должен осесть, а свая подвергается просадке. В зарубежном строительстве известны также телескопические металлические ступенчатые оболочки, применяемые в транспортном строительстве мостов и эстакад [9].

Постановка задачи. Цель работы - комплексные исследования модельных, полунатурных и натурных одиночных и группы ступенчатых свай в песчаных и глинистых грунтах для последующей разработки эффективной методики их расчёта.

Основными задачами комплексных экспериментальных исследований группы свай является выявление закономерностей развития осадок ленточных свайных фундаментов при расположении свай в один, два, три ряда; установление зоны деформации грунта и распределения напряжений в активной зоне свайных фундаментов; установление влияния на осадки фундаментов расстояния между сваями, их длины, грунтовых условий; определение напряжений под ростверками и их роли в несущей способности и развитии осадок фундаментов; исследование степени уплотнения окологрунтового пространства вокруг ступеней с помощью пенетрации пенетрометром грунтовым и фото фиксации окрашенных грунтовых изолиний; сравнительный анализ работы одиночных ступенчатых, призматических и свай со сборными клиньями; численное моделирование экспериментов; разработка на базе сопоставления результатов физического и численного моделирования эффективной методики их расчёта на статическое и динамическое воздействие.

В данной работе представлены результаты первого этапа исследований, а именно:

- экспериментальные исследования одиночной и группы свай для выявления закономерностей развития осадок ленточных свайных фундаментов при расположении ступенчатых свай в один, два ряда на вертикальное статическое нагружение;
- исследование степени уплотнения окологрунтового пространства вокруг ступеней с помощью пенетрации грунтовым пенетрометром и фото фиксации окрашенных грунтовых изолиний в лотке;
- установление зоны деформации грунта и распределения напряжений в активной зоне свайных фундаментов
- сравнительный анализ работы одиночных ступенчатых, призматических и свай со сборными клиньями.

Результаты экспериментальных исследований.



Рисунок 4 - Модель ступенчатой ж/б сваи длиной 1000 мм и 300×300 мм размерами сечения в верхней части

Целью проведенных экспериментальных исследований на моделях ступенчатой ж/б сваи размерами 100×100 в верхней части и длиной 500 мм и 300×300 в верхней части и длиной 1000 мм (см. рис.4) являлось следующее: опытным путем для различных грунтовых условий получить функциональные зависимости, необходимые для дальнейшей разработки инженерных методов расчета ступенчатых свай на статические и динамические воздействия и выявления наиболее оптимальных условий внедрения таких конструкций фундаментов.

Экспериментальные исследования работы свай со ступенями в грунтовом лотке проводились в лаборатории кафедры Промышленное и гражданское строительство. Лоток размером 2000×2000×1500 заполнялся воздушно сухим, чистым однородным песком и суглинком. Укладка грунта в лоток осуществлялась слоями по 20 см. Каждый слой грунта 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 от 20-ти до 50 кг (рис. 5,6). Пенетрометр

статического действия ПСГ-МГ4 в экспериментах применялся для ускоренного контроля качества уплотнения грунта, а также прочностных характеристик грунтов земляного полотна – угла внутреннего трения, удельного сцепления, модуля упругости.

При всестороннем изучении характера работы свайных фундаментов одним из условий является выбор площадок с однородными грунтами значительной мощности [14,15], что позволяет обобщить результаты исследований неверных выводов, поэтому в экспериментах по всей толще применялся однородный суглинок и песок. В процессе экспериментов изменялась плотность и влажность грунта, поэтому после каждой серии опытов грунт из лотка извлекали, а затем вновь укладывали, уплотняя до получения необходимой объемной массы, что контролировалось пенетрометром и одновременно увлажняли до первоначальной влажности, что позволило получить более достоверные результаты.

В работах [10-13] авторами подробно представлено описание проведения ряда экспериментов на моделях бетонных свай с поверхностными уширениями в виде ступеней длиной 500 мм, результаты сравнительного анализа работы с призматическими сваями и сваями со сборными клиньями в суглинке (плотностью 1,48-1,60 г/см³) и водонасыщенном песке

(плотностью 1,87-1,92 г/см³) и свидетельствуют об эффективности их использования: в водонасыщенных песках осадка ступенчатых конструкций на 30-60% меньше при различных этапах статического нагружения, чем во влажном суглинке; осадка в 8 раз меньше, чем обычных призматических и в 3-4 раза меньше, чем призматических с поверхностными уширениями из сборных клиньев.

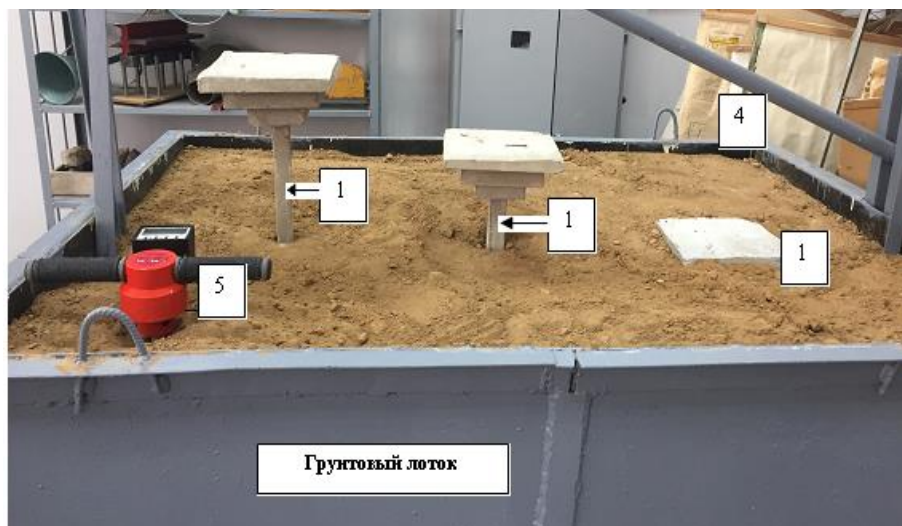


Рисунок 5 - Подготовка лабораторной установки для испытания группы ступенчатых свай:
1 - ступенчатая свая, 4- рычаг, закрепленный к лотку для вертикального нагружения,
5 – пенетрометр грунтотый

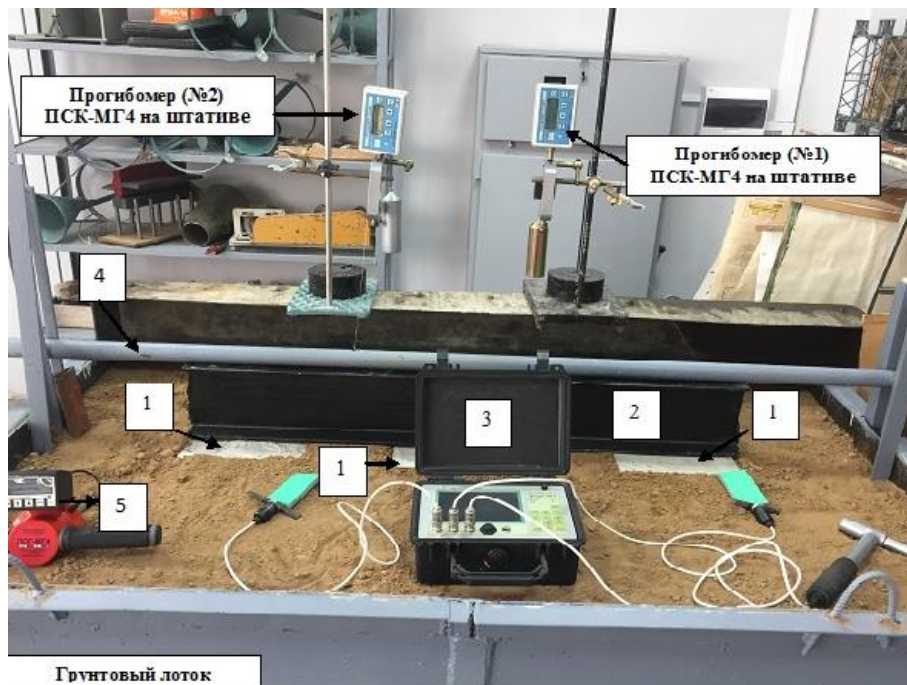
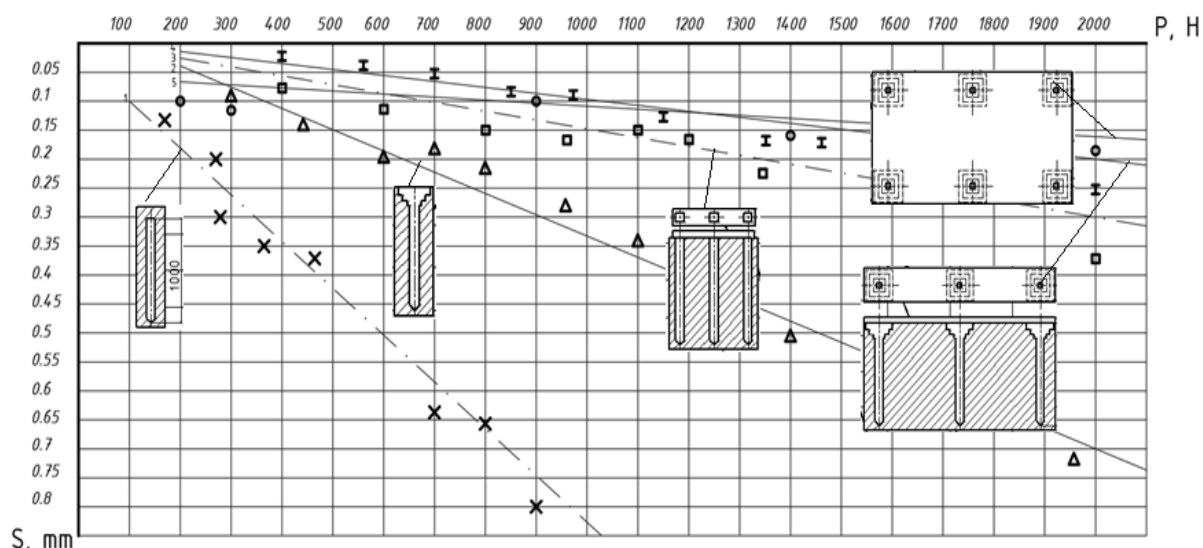


Рисунок 6 - Схема лабораторной установки для испытания группы свай с уширением в виде ступеней (из 3-х и 6-ти штук) в суглинке: 1 – готовая свая с поверхностным уширением в виде ступеней, 2 - ростверк-балка, 3 - прибор диагностики свай и грунтов при динамическом ударе, 4- рычаг, закрепленный к лотку для вертикального нагружения, 5 – пенетрометр грунтотый

Результаты испытаний одиночных и групп призматических свай и свай с поверхностными уширениями в виде ступеней из 3-х и 6-ти штук длиной 1000 мм представлены на графике (см. рис. 7). Результаты испытаний одиночных свай показали, что у свай с уширениями осадка уменьшается в 2,5-3,5 раза по сравнению с призматическими в зависимости от степени нагружения (например, при 1000Н осадка обычной сваи – 0,82 мм и 0,32 для сваи со ступенчатым уширением). Для группы ступенчатых из 6-ти штук при нагружении 2000 Н вертикальные перемещения куста составили 0,19 мм, а группы призматических свай – 0,34 м, для группы ступенчатых свай из 3-х штук при нагружении 2000 Н вертикальные перемещения куста составили 0,25 мм, а группы призматических свай – 0,38 мм для суглинка.



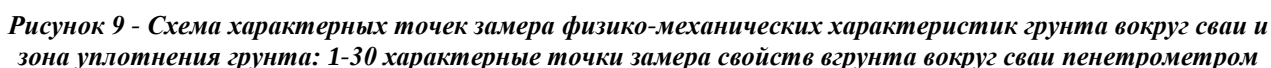
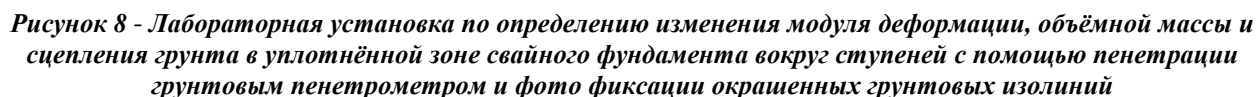
Результаты экспериментальных исследований

- × – призматическая одиночная свая
- △ – ступенчатая одиночная свая
- – группа из трех призматических свай
- ⊥ – группа из трех ступенчатых свай
- – группа из шести ступенчатых свай

Рисунок 7 - Результаты испытания одиночных и групп призматических свай и свай с поверхностными уширениями в виде ступеней из 3-х и 6-ти штук

По Бартоломео А. А., Омельчаку И. М., Юшкову Б. С. [15,16] в исследованиях изменения модуля деформации, объёмной массы и сцепления грунта в уплотнённой зоне свайного фундамента в зависимости от физико-механических характеристик грунта вокруг свайного фундамента выделяют несколько зон уплотнения. Первая зона – внутри фундамента, наружная граница которой проходит по внутренней боковой поверхности сваи крайнего ряда. Вторая зона расположена в межсвайном пространстве крайнего ряда свай фундамента. Третья и четвертая зоны расположены в околосвайном пространстве с радиусами соответственно $2-3d$ и $5-7d$. Пятая зона не имеет чёткой границы и не оказывает влияния на несущую способность фундамента, грунт из уплотнённого состояния этой зоны постепенно переходит в природный. Аналогичный принцип расположения зон уплотнения был принят и в исследовании группы свай с поверхностными уширениями в виде ступеней. Вообще исследования изменения модуля деформации, объёмной массы и сцепления грунта в уплотнённой зоне свайного фундамента в зависимости от физико-механических характеристик грунта вокруг свайного фундамента проводится различными способами:

- определением объёмных деформаций в основании сваи по изменению плотности грунта;



Лабораторная установка по определению изменения модуля деформации, объёмной массы и сцепления грунта в уплотнённой зоне свайного фундамента вокруг ступеней с помощью пенетрации грунтовым пенетрометром и фото фиксации окрашенных грунтовых изолиний представлена на рис.8, схема характерных точек замера физико-механических характеристик грунта вокруг сваи и зона уплотнения грунта - на рис.9.

Выводы

1. Анализ отечественного и зарубежного опыта внедрения готовых и набивных ступенчатых свай и свай с поверхностными уширениями в виде ступеней показал, что несущая способность их увеличивается в результате образования вокруг ступеней грунтовой рубашки, благодаря чему при работе сваи под нагрузкой происходит заклинивание и трение грунта о грунт. Однако ввиду отсутствия точных и надёжных методов расчёта напряжённо-деформированного состояния ступенчатые сваи и сваи с поверхностными уширениями в виде ступеней не нашли широкого применения в строительстве.

2. В результате экспериментальных исследований установлено, что в водонасыщенных песках осадка одиночных свай с поверхностными уширениями в виде ступеней на 30-60% меньше при различных этапах статического нагружения, чем во влажном суглинке, осадка одиночных свай с уширениями в 8 раз меньше, чем обычных призматических и в 3-4 раза меньше, чем призматических с поверхностными уширениями в виде сборных клиньев.

3. Для группы свай с поверхностными уширениями в виде ступеней внутри фундамента, наружная граница которой проходит по внутренней боковой поверхности сваи крайнего ряда плотность увеличилась на 50% (с 1,39 до 1,92 г/см³), что в 2,3 раза больше, чем для свайных кустов из призматических свай, а удельное сцепление увеличилось почти в 4 раза (до 84 кПа). Во второй зоне, расположенной в межсвайном пространстве крайнего ряда свай фундамента плотность, увеличилась на 38% (с 1,39 до 1,77 г/см³), что в 2 раза больше, чем для свайных кустов из призматических свай, а удельное сцепление увеличилось почти в 3 раза (до 63 кПа). Третья и четвёртая зоны, расположенные в около свайном пространстве с радиусами 2-3d и 5-7d, плотность увеличилась соответственно на 28% и 15%, а удельное сцепление - почти в 1,5 раза (до 31,5 кПа).

4. Результаты экспериментов будут приняты в основе численного моделирования; а на базе сопоставления результатов физического и численного моделирования будет разработана методика расчёта свай с поверхностными уширениями в виде ступеней на статическое и динамическое воздействие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Штоль, Т.М. Технология возведения подземной части зданий и сооружений: учеб. пособие для вузов: Спец.: «Пром. и гражд. стр-во»/ Т. М. Штоль, В. И. Теличенко, В. И. Феклин. – М.: Стройиздат, 1990. – 288с.
2. Хазин, В. И. Опыт применения коротких пирамидальных свай/ Т. М. Хазин. – М.: Оргтрансстрой, 1970. – 12с.
3. Головачёв, А. С. Вибродинамические испытания призматических и пирамидальных свай в различных грунтовых условиях / А. С. Головачёв, В. И. Хазин – труды ЦНИИСа, вып.85. – М.: Транспорт, 1972. – 106 с.
4. Смиренский, Г. М. Свайные фундаменты гражданских зданий/ Г. М. Смиренский, Л. А. Нудельман, А. Е. Радугин. – М.: Стройиздат, 1970. – 141с.
5. Ермишкин, П. М. Устройство буронабивных свай [Текст]: учебник / П. М. Ермишкин. – Москва: Стройиздат, 1982. - 160 с.
6. Землянский, А. А., Вертынский, О. С. Формообразование в грунте конической сваи /А.А. Землянский, О.С. Вертынский // III науч.-практич. конф. Пенза: ПДЗ, 2004.
7. Буронабивной ступенчатый фундамент и способ его возведения. [Текст]: пат. Е02D27/01 Столяров Виктор Гаврилович (RU), заявитель и патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего про-

фессионального образования "Северо-Кавказский государственный технический университет". опубл. 27.10.2006.

8 Kramer, Steven L. 1996. Geotechnical Earthquake Engineering. Prentive Hall, 653 pp.

9. Hwang, H. and Huo, J-R,(1991). "Parametric Study of Site Response Analysis." Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 10(6).

10. Моргун, А. И. / Полевые исследования деформаций основания бипирамидальных свай / А. И. Моргун // Сб. Института строительства и архитектуры Госстроя БССР «Свайные фундаменты». – Минск, 1975.

10. Купчикова, Н. В. Технологическая эффективность применения свай с поверхностными уширениями в зависимости от изменения геометрии сборных клиньев в просадочных грунтах[Текст]/Н. В. Купчикова//Промышленное и гражданское строительство – 2014. - № 6. – С. 53-56.

11. Купчикова Н.В. Особенности берегоукрепления набережной реки волги свайными оболочками, каменной наброской и строительства на намывных грунтах вдоль береговой зоны // Промышленное и гражданское строительство.- № 6 – 2014 С. 36-39

12. Купчикова Н.В. Учет сдвиговых деформаций свайных фундаментов с усиливающими элементами. // Строительная механика и расчет сооружений. - № 3 (254) – 2014 С. 17-22.

13. Купчикова, Н.В. Методика расчета свай с уширениями, основанная на свойствах изображений Фурье финитных функций. // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. С. 24.

14. Купчикова Н.В. Системный подход в концепции формообразования свайных фундаментов с уширениями // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 12 (111). С. 1361–1368.

15. Бартоломей, А. А., Омельчак, И. М., Юшков, Б.С. Прогноз осадок свайных фундаментов[Текст]/А. А. Бартоломей, И.М. Омельчак, Б.С. Юшков// СТРОЙИЗДАТ. – Москва, 1994.

16. Омельчак, И. М. Численное моделирование поведения свайных фундаментов зданий и сооружений с учетом различных моделей поведения грунтов основания / И. М. Омельчак [и др.] // Вычислительная механика: сборник научных трудов / Федеральное агентство по образованию; Пермский государственный технический университет. — Пермь., 2007 .— № 6 .— С. 91-98.

Купчикова Наталья Викторовна

ГАОУ АО ВО Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань

Канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Промышленное, гражданское строительство»

E-mail: kupchikova79@mail.ru

KUPCHIKOVA N.V.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE STEPPED READY PILES

Complex studies of semi-real models of interaction of single and group of stepped piles in sandy and clay soils. The determination of the degree of compaction of the soil half-space around the surface broadening in the form of steps, followed by the development of an effective methodology for their calculation. Determination of the dependencies of the stepped piles deformation-strength characteristics. Experimental researches of single and group of stepped piles on static vertical loading and researches of interaction of piles with various types of soils were carried out. Results. In the course of experimental studies, dependencies of the deformation-strength parameters of the deep foundation work consisting of stepped piles were established. For stepped piles, the bearing capacity is increased as a result of the formation of a soil jacket around it, so that the maximum movement of the stepped piles is obtained when they are static loaded in wet loam, and in water-saturated sands the sediment of the stepped structures is 30-60% less at different stages of static loading than in wet loam; the sediment is 8 times smaller than the usual prismatic and 3-4 times smaller than the prismatic ones with surface widening from the prefabricated wedges.

Key words: stepped pile, group of stepped piles, laboratory, studies, dependence of single and pile sediment on vertical loading, comparative analysis of steppe, pyramidal and prismatic piles

REFERENCES

1. Shtol', T.M. Tekhnologiya vozvedeniya podzemnoy chasti zdaniy i sooruzheniy:ucheb. posobiye dlya vuzov: Spets.: «Prom. i grazhd. str-vo»/ T. M. Shtol', V. I. Telichenko, V. I. Feklin. – М.: Stroyizdat, 1990. – 288s.

2. Khazin, V. I. Opyt primeneniya korotkikh piramidal'nykh svay/ T. M. Khazin. – M.: Orgtransstroy, 1970. – 12s.
3. Golovachov, A. S. Vibrodinamicheskiye ispytaniya prizmaticheskikh i piramidal'nykh svay v razlichnykh gruntovykh usloviyakh / A. S. Golovachov, V. I. Khazin – trudy TSNIISa, vyp.85. – M.: Transport, 1972. – 106 s.
4. Smirenskiy, G. M. Svaynyye fundamentey grazhdanskikh zdaniy/ G. M. Smirenskiy, L. A. Nudel'man, A. Ye. Radugin. – M.: Stroyizdat, 1970. – 141s.
5. Yermishkin, P. M. Ustroystvo buronabivnykh svay [Tekst]: uchebnik / P. M. Yermishkin. – Moskva: Stroyizdat, 1982. – 160 s.
6. Zemlyanskiy, A. A., Vertynskiy, O. S. Formoobrazovaniye v grunte konicheskoy svai /A.A. Zemlyanskiy, O.S. Vertynskiy // III nauch.-praktich. konf. Penza: PDZ, 2004.
7. Buronabivnoy stupenchatyy fundament i sposob yego vozvedeniya. [Tekst]: pat. E02D27/01 Stolyarov Viktor Gavrilovich (RU), zayavitel' i patentoobladatel':Gosudarstvennoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego professional'nogo obrazovaniya "Severo-Kavkazskiy gosudarstvennyy tekhnicheskyy universitet". opubl. 27.10.2006.
- 8 Kramer, Steven L. 1996. Geotechnical Earthquake Engineering. Prentive Hall, 653 pp.
9. Hwang, H. and Huo, J-R,(1991). "Parametric Study of Site Response Analysis." Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 10(6).
10. Morgun, A. I. / Polevyeye issledovaniya deformatsiy osnovaniya bipiramidal'nykh svay / A. I. Morgun // Sb. Instituta stroitel'stva i arkhitektury Gosstroya BSSR «Svaynyye fundamentey». – Minsk, 1975.
10. Kupchikova, N. V. Tekhnologicheskaya effektivnost' primeneniya svay s poverkhnostnymi ushirennyami v zavisimosti ot izmeneniya geometrii sbornykh klin'yev v prosadochnykh gruntakh[Tekst]/N. V. Kupchikova//Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo – 2014. - № 6. – S. 53-56.
11. Kupchikova N.V. Osobennosti beregoukrepleniya naberezhnoy reki volgi svaynymi obolochkami, kamennoy nabroskoy i stroitel'stva na namyvnykh gruntakh vdol' beregovoy zony // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo.- № 6 – 2014 S. 36-39/
12. Kupchikova N.V. Uchet sdvigovykh deformatsiy svaynykh fundamentov s usilivayushchimi elementami. // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. - № 3 (254) – 2014 S. 17-22.
13. Kupchikova, N.V. Metodika rascheta svay s ushirennyami, osnovannaya na svoystvakh izobrazheniy Fur'ye finitnykh funktsiy. // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2012. № 8. S. 24.
14. Kupchikova N.V. Sistemnyy podkhod v kontseptsii formoobrazovaniya svaynykh fundamentov s ushirennyami // Vestnik MGSU. 2017. T. 12. Vyp. 12 (111). S. 1361–1368.
15. Bartolomey, A. A., Omel'chak, I. M., Yushkov, B.S. Prognoz osadok svaynykh fundamentov[Tekst]/A. A. Bartolomey, I.M. Omel'chak, B.S. Yushkov// STROYIZDAT. – Moskva, 1994.
16. Omel'chak, I. M. Chislennoye modelirovaniye povedeniya svaynykh fundamentov zdaniy i sooruzheniy s uchetom razlichnykh modeley povedeniya gruntov osnovaniya / I. M. Omel'chak [i dr.] // Vychislitel'naya mekhanika: sbornik nauchnykh trudov / Federal'noye agentstvo po obrazovaniyu; Permskiy gosudarstvennyy tekhnicheskyy universitet. — Perm', 2007. — № 6. — S. 91-98.

Kupchikova N.V.

State autonomous educational institution of the Astrakhan region of higher professional education "Astrakhan Engineering Construction Institute"

Candidate of Tech. Science, Head of "Industrial and civil engineering" department

E-mail: kupchikova79@mail.ru