Список литературы

1. Барабаш М. С., Палиенко О. И., Медведенко Д. В. Программный комплекс САПФИР – основа BIM-технологий. М. : АСВ, 2012. 56 с.
2. Перельмутер А. В., Сливкер В. И. Расчетные модели сооружений и возможности их анализа. М., 2007. 595 с.
3. ПК «ЛИРА-САПР» 2016. Проектирование и расчет строительных конструкций. URL: liraland.ru/lira/
4. Русаков А. И. Учет размера конечного элемента оболочки при расчете арматуры монолитных плит перекрытий // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 8. С. 57–60.
5. Голышев К. И. Рекомендации по усилению монолитных железобетонных конструкций : справ. пособие. Киев : Будивельник, 1985. С. 314–317.
6. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. М. : Стройиздат, 2012.

УДК 624.154

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ НА СВАИ С ПОВЕРХНОСТНЫМИ УШИРЕНИЯМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ПОГРУЖЕНИЯ

Н. В. Купчикова, Е. Е. Купчиков
Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет

Рассмотрим основные типы конструктивных решений свай с наклонными боковыми гранями, расширяющимися к верху и с поверхностными уширениями: пирамидальную, пирамидально-цилиндрическую, бипирамидальную и сваю со сборными клиньями (рис. 1).

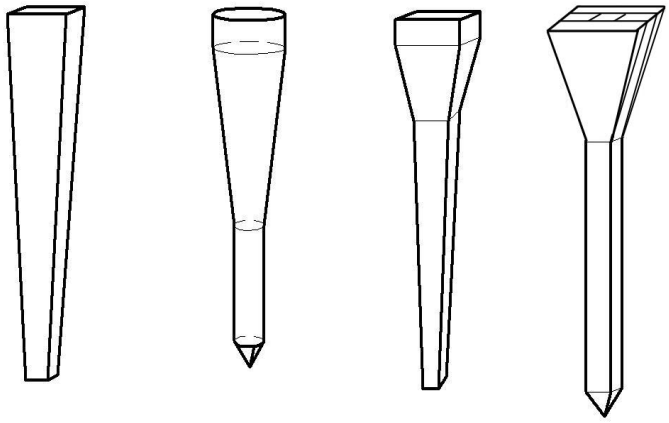

Рис. 1. Общий вид конструкций свай с поверхностными уширениями: пирамидальной, пирамидально-цилиндрической, бипирамидальной, сваи с клиньями

В работах А. И Моргуна [1, 2] на основании обобщенного опыта применения свай с забивными поверхностными уширениями и комплексных полевых испытаний предложена модель сваи, которая состоит из двух пирамидальных элементов. При их соединении образуется пирамидальная

свая с уширением в верхней части, поэтому свая получила название бипирамидальной. Такие сваи могут изготавливаться в заводских условиях и затем погружаться, как и забивные, традиционной формы. Однако при этой технологии изготовления свай возрастают затраты на оснастку, а широкое внедрение в строительство сдерживается отсутствием надежных методов расчета.

Эффективность применения пирамидальных свай, пирамидально-цилиндрических или сваи с углом сбега с разработанными методиками расчета широко описаны в работах М. В. Тарасова [3], В. И. Хазина, Н. Л. Зоценко, А. С. Головачева [4–6], В. Н. Голубкова, Е. В. Платонова, Ю. Ф. Тугаенко [7].

Разработанная конструкция фундамента, решение которой заключается в использовании конструкции сваи (сборной, призматической, железобетонной) с последующим устройством клиньев (длиной, составляющей 1/3-1/4 от длины сваи). После погружения сваи, с четырех сторон устраиваются сборные клинья из того же материала, подробные испытания которых представлены в работах [8–14], что способствует значительному повышению уплотнения грунта особенно для макропористого просадочного грунта и восприятию значительных горизонтальных воздействий. Если в дальнейшем необходимо усилить основание и под нижним концом сваи, то совместно с погружением клиньев подается цементный раствор, или силикат натрия, в результате чего повышается несущая способность конструкции сваи в структурно-неустойчивых грунтах.

Воспользуемся методикой определения несущей способности пирамидальных свай с наклоном боковых граней $i_p \leq 0{,}025$ согласно СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85» для описанных выше четырех конструкций свай:

$$F_d = \gamma_c \left[RA + \sum h_i \left(u_i f_i + u_{0,i} i_p E_i k_i \zeta_r \right) \right], \qquad (1)$$

где γ_c, $_c$ – коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый $\gamma_c = 1$; R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа (тс/м^2), принимаемое по табл. 1; A – площадь опирания на грунт сваи, м^2, принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто или по площади поперечного сечения камуфлетного уширения по его наибольшему диаметру, или по площади сваи-оболочки нетто; f_i – расчетное сопротивление i-го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа (тс/м^2), принимаемое по табл. 2. СП 24.13330.2011; h_i – толщина 1-го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м; u_i – наружный периметр i-го сечения сваи, м; $u_{0,i}$ – сумма размеров сторон i-го поперечного сечения сваи, м, которые имеют наклон к оси сваи; i_p – наклон боковых граней сваи в долях единицы; E_i – модуль деформации i-го слоя грунта, окружающего боковую поверхность сваи, кПа (тс/м^2), определяемый по результатам компрессионных испытаний; k_i – коэффициент, зависящий от вида грунта и принимаемый по табл. 4. СП 24.13330.2011; ζ_r – реологический коэффициент, принимаемый $\zeta_r = 0{,}8$.

Результаты расчета представим на графике (рис. 2, левая часть графика). Основоположник свайного фундаментостроения в нашей стране А. А. Луга [15] в своих исследованиях разработал метод определения допустимой нагрузки на забивную сваю для трех наиболее часто встречающихся случая грунтового окружения сваи.

Первый случай: свая тяжелыми молотами погружена в песчано-гравелистые грунты, которые находятся и под острием сваи. Удельное боковое сопротивление R_m в среднем составляет 6–6,5 т/м^2, а критическая нагрузка на сваю, т.е. нагрузка, при которой начинаются пластические выдавливания грунта из-под острия сваи, на 55–65 % превышает сопротивление боковой поверхности сваи. Исходя из этих положений, критическая нагрузка на сваю исчисляется:

$$P_{кр} \approx 10UL_{0,}$$

где $P_{кр}$ – критическая нагрузка на сваю в т; U – периметр сваи в м; L_0 – глубина погружения сваи в грунт в м.

Второй случай: тело сваи проходит толщу разнородных грунтов, а острие находится в песчано-гравелистых грунтах или плотных суглинках или плотных глинах. Среднее удельное сопротивление по боковой поверхности для этих случаев колеблется в пределах 3,5–4 т/м^2, а критическая нагрузка на сваю на 55–65 % превышает сопротивление боковой поверхности. Для этого случая имеем:

$$P_{кр} \approx 6UL_{0.}$$

Третий случай: тело сваи проходит толщу илисто-глинистых грунтов, дающих среднее удельное сопротивление по боковой поверхности в 2–2,5 т/м^2. Критическая нагрузка на сваю на 20–25 % превышает сопротивление боковой поверхности. Для этого случая имеем:

$$P_{кр} \approx 3UL_{0,}$$

Воспользуемся на примере первой схемой определения допустимой нагрузки на пирамидально-цилиндрическую сваю, погруженную тяжелыми молотами в глинистые грунты с удельным боковым сопротивлением R_m в среднем 6-6,5 т/м^2, при этом варьируя диаметром сваи у поверхности, увеличивая его в 2; 3 и 4 раза по сравнению с диаметром тела сваи. Результаты представлены на рис. 2 в правой части графика. В результате выявлено, что несущая способность сваи с клиньями на 23 % выше несущей способности бипирамидальной, и на 47 % больше пирамидальной сваи. Несущая способность пирамидально-цилиндрической сваи возрастает на 50 % при увеличении диаметра цилиндра с наклонными боковыми гранями на поверхности в 2 раза по сравнению с диаметром тела сваи, и несущая способность возрастает в 1,8 раза с увеличением диаметра цилиндра на поверхности в 3 раза по сравнению с диаметром тела сваи.

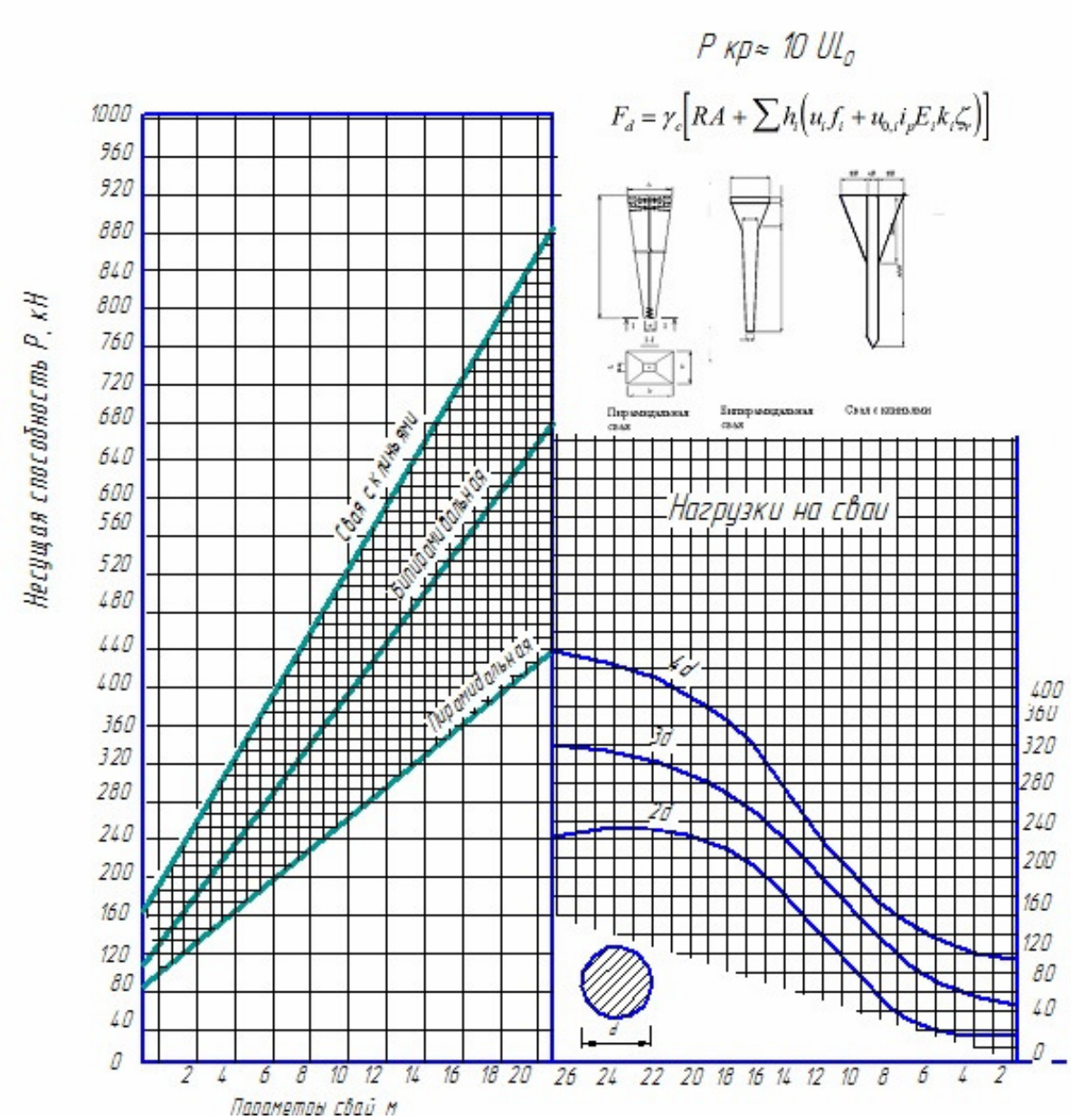

Рис. 2. График зависимостей несущей способности четырех типов конструкций свай с поверхностными уширениями: пирамидальной, пирамидально-цилиндрической, бипирамидальной, сваи с клиньями от параметров поверхностных уширений и длины сваи

Список литературы

1. Моргун А. И. Полевые исследования деформаций основания бипирамидальных свай // Свайные фундаменты : сб. Института строительства и архитектуры Госстроя БССР. Минск, 1975.

2. Моргун А. И. О геометрических параметрах висячих свай, определяющих формирование зоны уплотнения // Основания и фундаменты : сб. трудов Института строительства и архитектуры Госстроя БССР. Минск, 1976.

3. Тарасов М. В. и др. Эффективность применения свай, усиленных железобетонными оголовками, в просадочных грунтах г. Новосибирска // Сборник докладов и сообщений по свайным фундаментам. М. : Стройиздат, 1968.

4. Хазин В. И., Зоценко А. С., Головачев Н. Л. Исследование взаимодействия пирамидальных свай и грунта // Труды Всесоюз. Научно-исследовательского института транспортного строительства. М. : Транспорт, 1976. Вып. 98. С. 15–27.

5. Головачев А. С., Хазин В. И. Методика расчета несущей способности свай с учетом угла сбега. Исследование взаимодействия пирамидальных свай и грунта // Труды Всесоюз. Научно-исследовательского института транспортного строительства. М. : Транспорт, 1976. Вып. 98. С. 27–36.

6. Головачев А. С. Короткие пирамидальные сваи // Транспортное строительство. М. : Транспорт, 1976. Вып. 98.

7. Голубков В. Н., Платонов Е. В., Тугаенко Ю. Ф. Исследование и внедрение фундаментов на пирамидальных сваях // Транспортное строительство. М.: Транспорт, 1971. № 5. С. 12–14.

8. Купчикова Н. В. Экспериментальные исследования по закреплению слабых грунтов под фундаментами физико-химическими методами с применением добавок-пластификаторов // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 3 (44). С. 123–132.

9. Новые строительные материалы и изделия: региональные особенности производства / Д. П. Ануфриев, Н. В. Купчикова, Н. А. Страхова, Л. П. Кортовенко, В. А. Филин, Е. М. Дербасова, С. С. Евсеева, П. С. Цамаева. М. : АСВ, 2014. 200 с.

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

11. Купчикова Н. В. Формообразование концевых уширений свай в поперечном сечении и методика их деформационного расчета // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 1 (48). С. 88–96.

12. Купчикова Н. В. Методика расчета свай с уширениями, основанная на свойствах изображений Фурье финитных функций // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. С. 24–26.

13. Ануфриев Д. П., Купчикова Н. В. Эффективные строительные конструкции и технологии на Каспийском инновационном форуме – 2009 // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2009. № 5. С. 52.

14. Новые конструкции и технологии при реконструкции и строительстве зданий и сооружений / Д. П. Ануфриев, Т. В. Золина, Л. В. Боронина, Н. В. Купчикова, А. Л. Жолобов. М. : АСВ, 2013. 208 с.

15. Луга А. А., Рыбчинский В. П. К вопросу применения забивных свай с улучшенными пятами в условиях слабых грунтов Западно-Сибирской низменности // Труды совещания-семинара по обмену опытом строительства в суровых климатических условиях Тюмени. Тюмень, 1968. С. 24–25.