

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 624.154

DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.5

В.И. ИСАЕВ

А.В. МАЛЬЦЕВ

А.А. КАРПОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОРОТКОЙ ЗАБИВНОЙ СВАИ ЗА СЧЕТ УСТРОЙСТВА УШИРЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ

STUDY OF POTENTIAL INCREASING OF SHORT DRIVEN PILE LOADING-CARRYING ABILITY THROUGH SPREADING DEVICE IN UPPER PART

Представлены результаты экспериментального исследования несущей способности короткой забивной сваи, в верхней части которой выполнено пирамидальное уширение. Исследование произведено на физических моделях свай одной длины и различных размеров уширения. Для решения поставленной задачи был создан испытательный лоток с необходимыми загрузочной и реперной системами. По полученным экспериментальным данным сделан качественный анализ повышения несущей способности сваи за счет предлагаемого конструктивного решения.

Ключевые слова: пирамидально-призматическая свая, уширение, несущая способность, испытательный лоток, качественный анализ

Results of experimental studies of loading-carrying ability of short driven pile with tapered spreading device in upper part are presented. Research is undertaken on physical models of piles of the same length and different spread widening. To solve the problem testing tray with necessary loading and reference systems is created. Experimental data permit to carry out a quality analysis of pile loading-carrying ability through proposed construction solution.

Keywords: tapered prismatic pile, spreading, loading-carrying ability, testing tray, quality analysis

Свая переменного поперечного сечения с пирамидальной верхней частью и призматической нижней получила свое применение в промышленном строительстве как односвайный фундамент. Такая свая устраивается, например, под стойку, без создания свайного куста. Изменяющееся по длине поперечное сечение сваи способствует созданию значительной зоны уплотненного грунта в околосвайном пространстве. За счет уширения верхней части и, соответственно, увеличения боковой поверхности пирамидально-призматическая свая способна эффективно воспринимать как вертикальную, так и горизонтальную нагрузки [1–3]. Область применения сваи такого типа ограничивается консистенцией грунта. Применять пирамидально-призматические сваи рекомендуется в грунтах, имеющих показатель текучести J_L в диапазоне 0,2–0,6. Длина таких свай, применяемых в промышленном строительстве, составляет до 12,0 м. Продольный размер уширения может составлять 30–50 % от общей длины сваи [4, 5].

Устройство пирамидально-призматических свай осуществляется пробивкой штампом или пробуриванием в грунте конусовидной полости или скважины, представляющей собой в дальнейшем верхнюю пирамидальную часть сваи. Далее в дно образовавшейся выштампованной скважины производится забивка призматической сваи, после чего выштампованная полость бетонируется. Таким образом, создается комбинированная свая с развитым верхним поперечным сечением. Также возможен вариант создания цельной штампованной сваи [6, 7].

Авторами предлагается альтернативный способ устройства – путем забивки готовой сваи. Аналога забивной пирамидально-призматической сваи на сегодняшний день не существует. Способ увеличения площади опирания верхней части («головы») сваи интересен тем, что значительно упрощает технологический процесс её изготовления по сравнению с устройством уширения нижнего конца («пятки») сваи. Также существенным положительным фактором является исключение появления зазора между

верхней частью сваи и грунтом, встречающегося в результате забивки призматических свай [8–14]. Однако наличие наклонных граней не позволяет, по понятным причинам, забивать сваи большой длины. Поэтому готовые сваи подобной формы рекомендуется делать короткими, что нисколько не снижает их значения и актуальности для фундаментостроения.

Наиболее перспективным направлением использования коротких пирамидально-призматических свай является малоэтажное строительство [15]. Применение таких забивных свай до настоящего времени сдерживают два производственных фактора. Во-первых, потоковое изготовление вышеназванных изделий в заводских условиях затруднительно по причине наличия скошенных граней сваи. Во-вторых, установка этой сваи на точку забивки и дальнейшее ее погружение вызывает трудности, связанные с фиксацией в оголовке молота верхнего конца с наклонными поверхностями. Однако все эти проблемы, связанные с устройством пирамидально-призматической сваи, поддаются решению, а некоторые технические сложности оправдываются её значительной несущей способностью [16].

Проведенный авторами качественный сравнительный анализ результатов лотковых испытаний аналогичных по размерам пирамидально-призматической и призматической забивных свай показал, что уширение верхней части является конкурентоспособным конструктивным решением, повышающим несущую способность сваи.

Для исследования указанных выше свай в лабораторных условиях на физических моделях был разработан лоток с загрузочной и реперной системами. Лоток цилиндрический, в плане диаметром 410 мм, высотой 500 мм. Загрузочная система пред-

ставляет собой рычажный одноплечный механизм. Длина рычага составляет 750 мм, длина плеча нагрузки – 250 мм. Перемещение модели сваи определялось жестко закрепленным на независимой балке индикатором часового типа (ИЧ-10) с точностью до 1×10^{-2} мм. Схема испытательного лотка и его общий вид показаны на рис. 1 и 2.

В качестве заполнения лотка применена искусственно созданная модель грунта, представляющая собой смесь мелкого песка и технического солидола в отношении 10:1. Полученный аналог грунтового массива характеризовался следующими физико-механическими показателями: плотность грунта $\rho = 1,78 \text{ г/см}^3$; модуль деформации $E = 21,6 \text{ МПа}$; удельное сцепление $c = 4,7 \text{ кПа}$; угол внутреннего трения $\phi = 22^\circ$.

Испытываемые образцы были изготовлены из цементно-песчаной смеси с соблюдением геометрических пропорций натуральных свай. Всего было испытано 4 модели свай (одна призматическая и три пирамидально-призматических):

- призматическая – размеры поперечного сечения модели сваи $30 \times 30 \text{ мм}$, длина 250 мм;
- пирамидально-призматические – различались размерами поперечного сечения «головы» модели сваи: $45 \times 45 \text{ мм}$, $60 \times 60 \text{ мм}$, $75 \times 75 \text{ мм}$. Размеры поперечного сечения «пяты» у всех моделей равнялась $30 \times 30 \text{ мм}$. Общая длина свай была принята 250 мм, длина пирамидальной части во всех трех случаях составляла 50 % от общей длины.

Эскиз одной из моделей пирамидально-призматических свай и общий вид всех испытываемых моделей свай представлены на рис. 3 и 4 соответственно.

Для сравнительной оценки повышения несущей способности забивной сваи за счет устройства

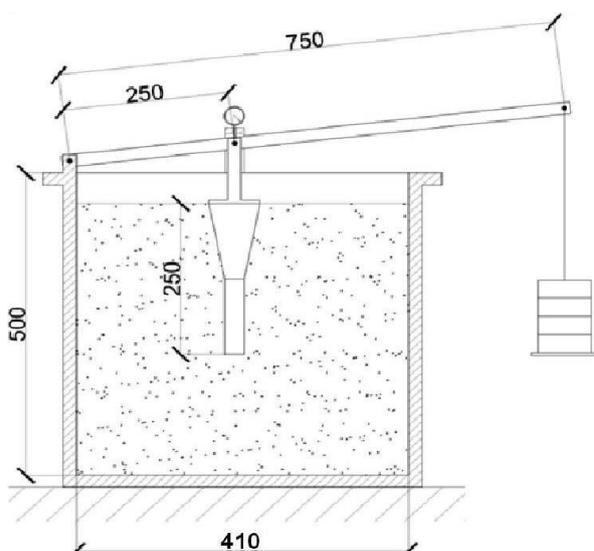


Рис. 1. Схема испытательного лотка



Рис. 2. Общий вид испытательного лотка

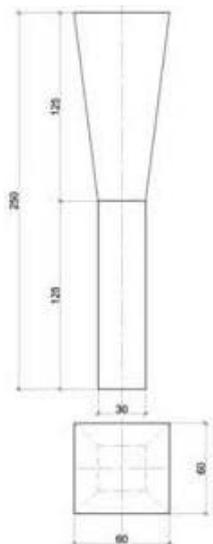


Рис. 3. Эскиз модели пирамидально-призматической сваи



Рис. 4. Общий вид испытываемых моделей свай

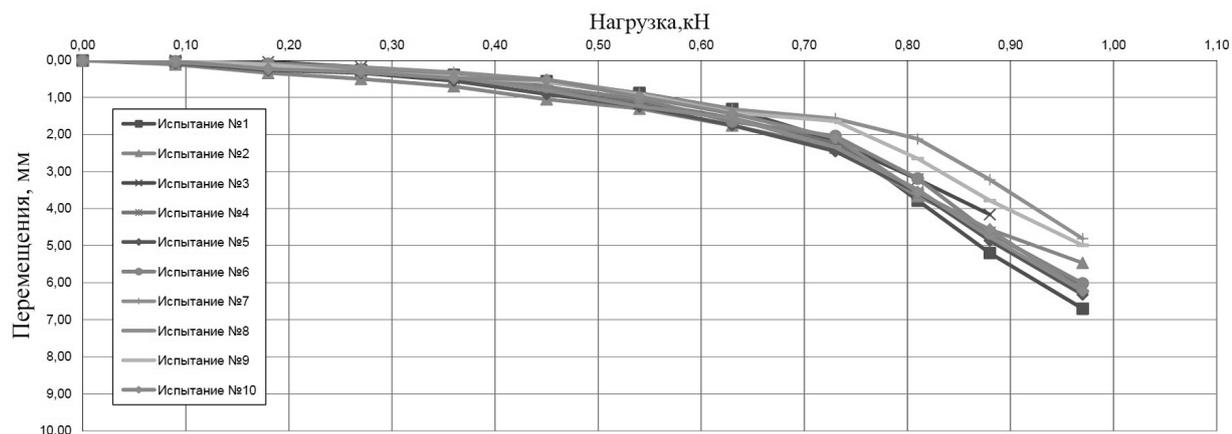


Рис. 5. Результаты экспериментального исследования модели призматической сваи-«эталона»

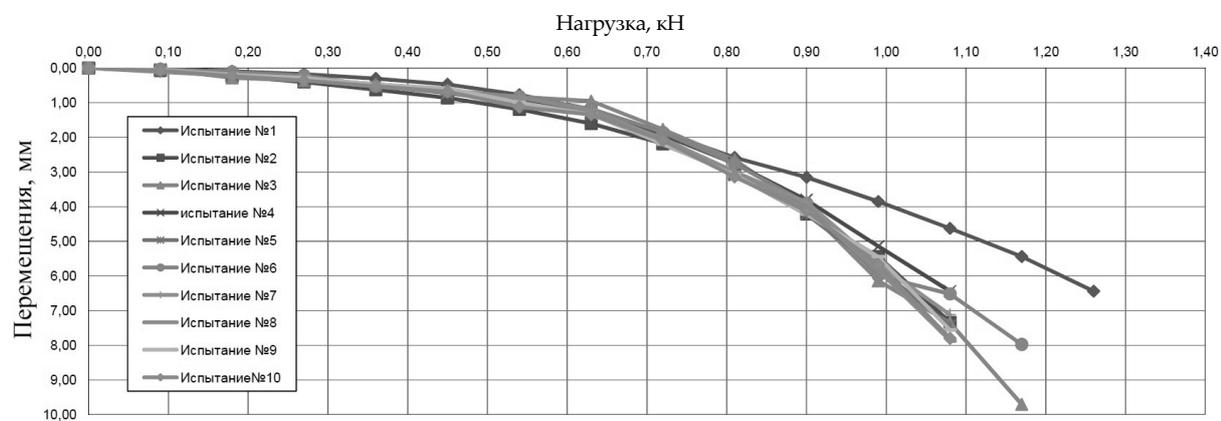


Рис. 6. Результаты экспериментального исследования пирамидально-призматической сваи с уширением 45×45 мм

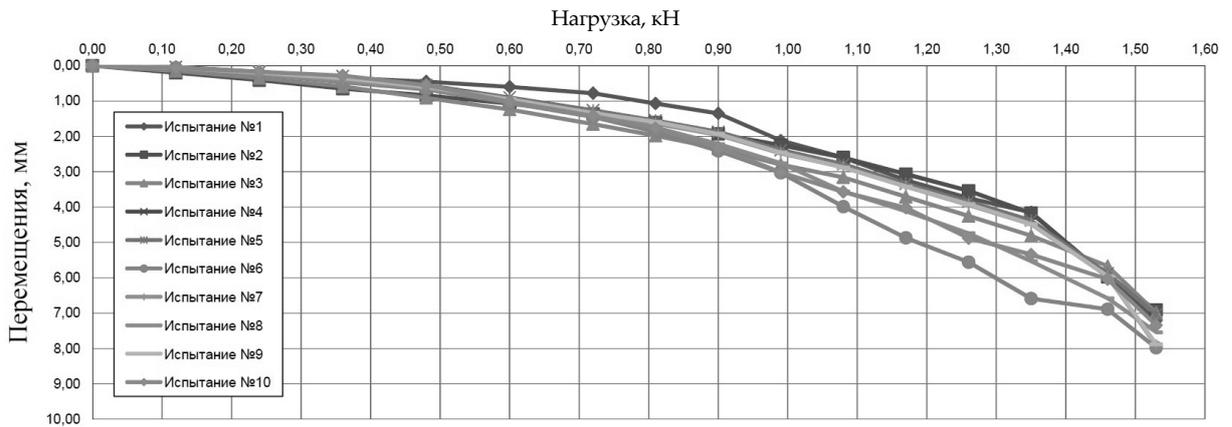


Рис. 7. Результаты экспериментального исследования пирамидально-призматической сваи с уширением 60x60 мм

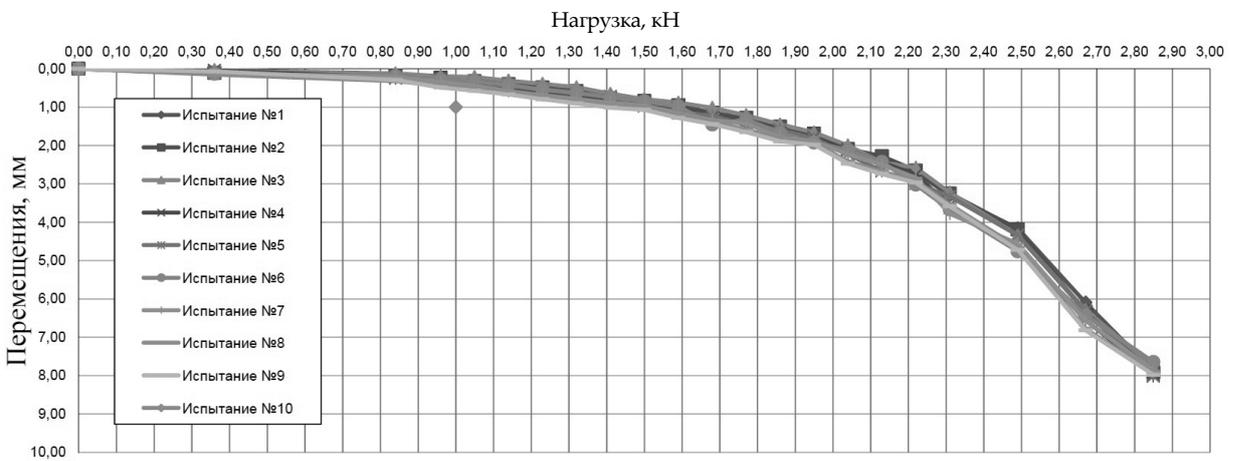


Рис. 8. Результаты экспериментального исследования пирамидально-призматической сваи с уширением 75x75 мм

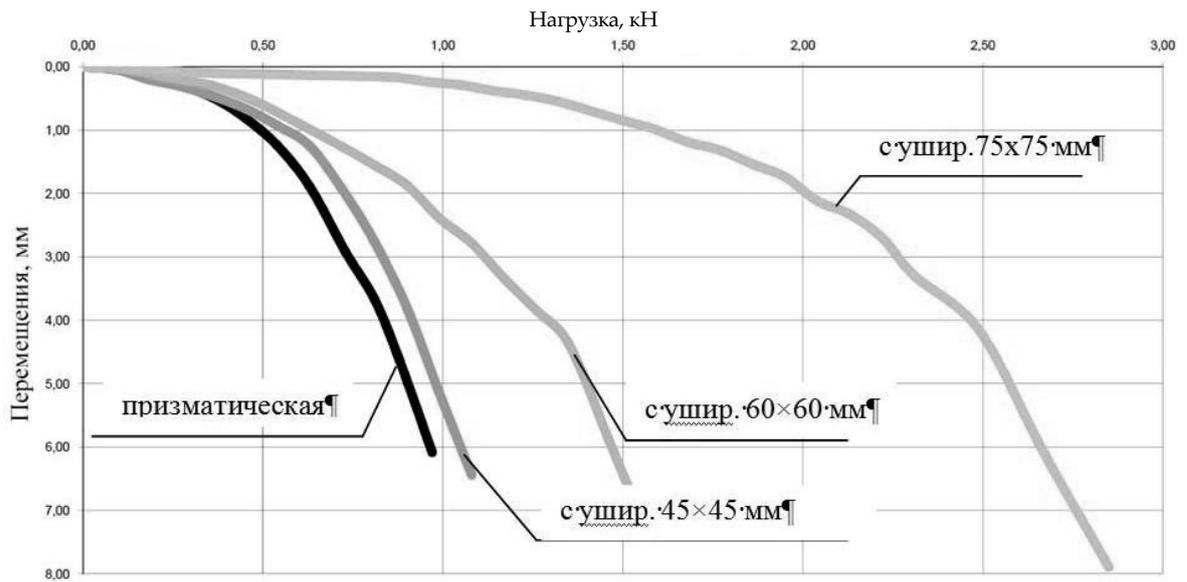


Рис. 9. Обобщенные графики зависимости перемещений свай от вертикальной нагрузки

уширения в ее верхней части было произведено испытание призматической сваи вертикальной вдавливающей нагрузкой в качестве «эталонного образца». Далее аналогичным способом последовательно были испытаны различные модели пирамидально-призматических свай.

Лотковые испытания физических моделей свай статической вертикальной нагрузкой производились по следующей методике:

1. Модельная свая забивалась в грунт в центре лотка до проектной глубины 250 мм. Нагружение забивной сваи статической вдавливающей нагрузкой начиналось после её «отдыха». В ходе лабораторного опыта при испытании сваи в лотке продолжительность «отдыха» сваи составляла 20 мин.

2. Монтировалась рычажная балка. Шток рычажной балки через металлическую прокладку устанавливался на верхний конец сваи.

3. Монтировалась независимая от загрузочной системы реперная балка, на которую закреплялся индикатор ИЧ-10 для замера вертикальных перемещений модельной сваи.

4. К свае прикладывалась статическая ступенчато-возрастающая нагрузка. Величина ступеней нагрузки принималась равной 0,09 кН.

5. Испытания в лабораторных условиях проводились по ускоренной методике. За величиной вертикальных перемещений сваи под нагрузкой следили по показаниям индикатора: первый отсчет снимался сразу после приложения очередной ступени нагрузки, последующие – через каждые 2 мин до условной стабилизации перемещений. За условную стабилизацию вертикальных перемещений модели сваи под каждой ступенью нагрузки принималась разница в отсчетах по индикатору, не превышающая цену деления ИЧ-10 (т.е. не более 0,01 мм) за последний интервал времени наблюдения.

6. Увеличение нагрузки на сваю производилось до тех пор, пока величина перемещений сваи от последней приложенной ступени нагрузки более чем в 5 раз превышала величину перемещений от предыдущей ступени.

По результатам лотковых испытаний для каждой сваи были построены графики-зависимости вертикальных перемещений от нагрузки и определены значения предельной критической нагрузки. Графики зависимости перемещений моделей свай от нагрузки приведены на рис. 5–9.

Анализ проведенных исследований на физических моделях свай в лотке показал увеличение несущей способности призматической забивной сваи за счет пирамидального уширения её верхней части:

- у модели с размерами поперечного сечения «головы» 45×45 мм – на 11 %;

- у модели с размерами поперечного сечения «головы» 60×60 мм – на 58 %;

- у модели с размерами поперечного сечения «головы» 75×75 мм – на 194 %.

Результаты выполненных исследований позволяют сделать **вывод** о том, что предложенное авторами конструктивное решение по повышению несущей способности забивной сваи в относительно слабом грунте является эффективным. Для более детального изучения вопроса качественной и количественной оценки повышения несущей способности сваи за счет пирамидального уширения планируется создание расчетной модели «свая-грунт» в современном программном комплексе и исследование работы предложенной конструкции сваи в различных грунтовых условиях с помощью математического моделирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Готман А.Л., Соколов Л. Я. Расчет комбинированных свай переменного сечения на горизонтальную нагрузку // Вестник ПНИПУ. 2014. №2 С. 79-90.

2. Исаев В.И., Игнатъев П.В., Медведев П.Л. Сравнительный анализ несущей способности свай различной формы по результатам испытаний на моделях // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 70-й юбилейной Всероссийской научно-технической конференции. Ч.2 / СГАСУ. Самара, 2013. С. 364–365.

3. Исаев В.И., Юрченко Г.Ю. Расчет коротких пирамидально-призматических свай на горизонтальную нагрузку // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: материалы 72-й Всероссийской научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2015. С.311–315.

4. Соколов Л. Я. Рациональная форма односвайного фундамента под колонны промышленных зданий и сооружений // Основания и фундаменты, подземные сооружения. 2014. №1(27) С.131–139.

5. Шеменков Ю.М. Односвайные фундаменты и экспериментально теоретические основы их расчета с использованием зондирования: дис. ... д.т.н. Уфа, 2003. 160 с.

6. Исаев В.И., Мальцев А.В., Скопинцев Д.Г. К вопросу устройства уширенной пяты у буронабивных свай при высоком уровне грунтовых вод // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: материалы 65-й Всероссийской научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2008. С. 485.

7. Исаев В.И., Мальцев А.В., Скопинцев Д.Г. К вопросу взаимодействия уширенной пяты и ствола у буронабивной сваи // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: материалы 65-й Всероссийской науч.-техн. конф./ СГАСУ. Самара, 2008. С.485–486.

8. Исаев В.И., Юрченко Г.Ю. Классификация способов повышения несущей способности коротких свай на вертикальную нагрузку // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: материалы

72-й Всероссийской научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2015. С.307–311.

9. *Игнатъев П.В.* Свайные фундаменты в условиях городской застройки // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР. Ч.2 / СГАСУ. Самара, 2012. С. 423–424.

10. *Волкова Е.Е.* Обоснование использования пирамидальных свай для малоэтажного строительства // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 898.

11. *Исаев В.И., Игнатъев П.В.* К вопросу увеличения сопротивляемости пирамидальных свай силам морозного пучения // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 70-й юбилейной Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР. Ч. 2 / СГАСУ. Самара, 2013. С. 365–366.

12. *Кузнецова Т.В.* Выбор эффективного типа фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях (просадочные грунты) // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й Всероссийской науч.-техн. конф. Ч.2 / СГАСУ. Самара, 2012. С. 418–419.

13. *Казанков А.П., Васильчикова З.Ф., Игнатъев П.В.* Свайные фундаменты в условиях городской застройки // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 70-й юбилейной Всероссийской науч.-техн. конф. Ч. 2 / СГАСУ. Самара, 2013. С. 370–371.

Об авторах:

ИСАЕВ Вениамин Иванович

кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Самарский государственный технический университет
Архитектурно-строительный институт
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 339-14-69

МАЛЬЦЕВ Андрей Валентинович

кандидат технических наук, заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов Самарский государственный технический университет
Архитектурно-строительный институт
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 339-14-69

КАРПОВ Андрей Анатольевич

учебный мастер кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Самарский государственный технический университет
Архитектурно-строительный институт
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846) 339-14-69

14. *Казанков А.П., Васильчикова З.Ф., Игнатъев П.В.* Внедрение свай в качестве конструкций нулевого цикла для многоэтажных жилых зданий // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 70-й юбилейной Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР. Ч. 2 / СГАСУ. Самара, 2013. С. 369.

15. *Мальцев А.В., Волкова Е.Е.* Научное сопровождение использования коротких свай для малоэтажного строительства // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й Всероссийской научно-технической конференции. Ч. 2 / СГАСУ. Самара, 2012. С. 412–413.

16. *Исаев В.И., Юрченко Г.Ю.* Улучшение технологии изготовления и погружения пирамидально-призматических свай // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 902.

ISAEV Veniamin I.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Geology and Foundation Engineering Chair
Samara State Technical University
Institute of Architecture and Civil Engineering
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 339-14-69

MALTSEV Andrey V.

PhD in Engineering Science, Head of the Geology and Foundation Engineering Chair
Samara State Technical University
Institute of Architecture and Civil Engineering
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 339-14-69

KARPOV Andrey A.

Laboratory Instructor of the Geology and Foundation Engineering Chair
Samara State Technical University
Institute of Architecture and Civil Engineering
443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 339-14-69

Для цитирования: *Исаев В.И., Мальцев А.В., Карпов А.А.* Исследование возможности увеличения несущей способности короткой забивной сваи за счет устройства уширения в верхней части // Градостроительство и архитектура. 2016. №4(25). С. 30-35. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.5.

For citation: *Isaev V.I., Maltsev A.V., Karpov A.A.* Study of potential increasing of short driven pile loading-carrying ability through spreading device in upper part // Urban Construction and Architecture. 2016. №4(25). Pp. 30-35. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.04.5.