

УДК 69.05:009

С. Г. Абрамян^а, О. В. Оганесян^б, Г. Г. Бутенко^а

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Московская дирекция железнодорожных вокзалов,
Павелецкий вокзал — филиал ОАО «РЖД»*

УСТРОЙСТВО БУРООПУСКНОЙ СВАИ КОНИЧЕСКОЙ ФОРМЫ С МНОГОМЕСТНЫМИ УШИРЕНИЯМИ

Раскрываются технологические процессы устройства буропускной сваи в конической телескопической оболочке. На основе анализа ряда научных публикаций выявлена актуальность темы: несущая способность конических свай, по сравнению с подобными сваями цилиндрической формы, выше за счет конусности боковой поверхности. Подчеркивается, что неизвлекаемую коническую оболочку необходимо рассматривать как резерв повышения несущей способности буропускной сваи. Предлагаемые конструктивные решения сваи позволяют извлекать обсадную трубу в любых грунтовых условиях, поскольку коническая оболочка выполняет роль неизвлекаемой обсадной трубы при выполнении работ в нестабильных грунтах.

Ключевые слова: свая заводского изготовления, несущая способность, телескопическая коническая оболочка, технологические процессы.

Введение

Сваи с уширениями в пяте и по боковой поверхности в настоящее время считаются самыми эффективными, так как позволяют повысить несущую способность в слабых, структурно неустойчивых водонасыщенных грунтах благодаря увеличению площади взаимодействия сваи с грунтом [1—3].

Автор публикации [1] подчеркивает эффективность применения буронабивных свай с уширениями; в работах [2, 3] отмечается, что несущая способность буроинъекционной сваи с уширениями по боковой поверхности в полтора-два раза выше свай, изготовленных по традиционным технологиям.

В исследованиях [3, 4] рассматривается устройство буроинъекционных свай с помощью электроразрядной технологии (ЭРТ) и подчеркивается, что прогрессивными являются практически все виды ЭРТ для устройства уширений в пяте сваи и по боковой поверхности.

Разновидностью ЭРТ выступает разрядно-импульсная технология (РИТ); ее конкурентное преимущество по сравнению с технологией Fundex обосновано в исследовании [5]: автор публикации отмечает, что РИТ применяли не только в России и Германии, но и в Тунисе, в условиях слабых грунтов прибрежных районов, где использование данной технологии, по сравнению с традиционными технологиями, позволяет сокращать сроки выполнения работ. Как отмечается в [5], эксплуатационная надежность строительных систем при использовании свайных фундаментов в зависимости от грунтовых условий требует также уширения в верхней части сваи, при этом «свая с уширением сверху» включает в себя различные конструктивные решения.

На основе анализа ряда научных работ отечественных и зарубежных исследователей в [6] представлена классификация свай с уширениями в различных зонах, с указанием области применения исходя из грунтовых условий, основных достоинств и недостатков конструктивных и технологических решений по каждому виду уширения.

В публикациях [7, 8] рассматриваются различные технологии контролируемого уширения буронабивных и буроинъекционных свай на основе применения извлекаемых и неизвлекаемых уширителей.

Расчет размеров различных видов уширения свай приведен в [9, 10].

В целом надежная работа свай с уширением зависит не только от типа грунтов, но и от направления воспринимающей сваей нагрузки [11], от ее геометрической формы [12] и других факторов. Например, в работе [13] исследуется свая с переменным сечением.

Существуют различные направления повышения несущей способности грунтов оснований. Так, в работе [14] приводятся некоторые из них, в основном те, которые актуальны для стесненных условий городской застройки. Подчеркивается, что в подобных сложных инженерно-геологических условиях особый интерес представляет использование буроопускных свай. Это обусловлено тем фактом, что совместное применение технологии устройства буронабивных свай с одной стороны и погружения в частично заполненную бетонной смесью скважину свай заводского изготовления с другой позволяет обеспечить оптимальную несущую способность грунтов оснований. Подобный подход является эффективным как с экономической, так и экологической точки зрения, поскольку, во-первых, уменьшаются потери бетонной смеси при транспортировке (в том числе за счет сокращения количества транспортных циклов), а во-вторых, снижаются трудозатраты, связанные с устройством свай (и, как следствие, оптимизируются сроки выполнения работ).

Итак, анализ специальной литературы показывает, что сваи с уширениями повышают несущую способность грунтов оснований посредством увеличения площади взаимодействия свай с грунтом, а буроопускные сваи в стесненных условиях городской застройки являются экономически и экологически эффективными. Поэтому целью данной работы является разработка организационно-технологических решений устройства буроопускных свай с уширениями по боковой поверхности и сверху (с поверхности земли).

Материалы и методы

Основой для разработки конструктивных и организационно-технологических решений буроопускной свай с боковыми и поверхностным уширениями послужили решения, представленные в патентах [15, 16] и в публикациях [17—19].

Известно, что для уширения свай применяются специальные уширители заводского и индивидуального изготовления. Так как уширители заводского изготовления могут использоваться многократно, их извлекают. Уширители индивидуального изготовления бывают извлекаемыми и неизвлекаемыми, при этом неизвлекаемые выступают в качестве армирующего элемента (или его части) свай [7].

Авторы публикации [17] предлагают в качестве одного из возможных способов повышения несущей способности буронабивных свай рассматривать использование свай конической формы, аналогично тому, как применяются пирамидальные забивные или конусные набивные сваи в пробитых скважинах. Такой подход возможен благодаря тому, что позволяет в большей степени эффективно задействовать прочность материала ствола цилиндрических буронабивных свай.

Авторы отмечают, что сужающиеся в конце сваи передают часть нагрузки за счет нормальной составляющей по наклонной боковой поверхности, так как работают «враспор», подобно объемному клину. В другой научной работе ими же экспериментальным путем было доказано, что «бурунабивные конические сваи с углом конусности $1...2,5^\circ$ обладают удельной несущей способностью (на 1 м^3 материала) на $20...40\%$ выше, чем равные им по объему цилиндрические сваи» [18]. При этом чем больше диаметр головы сваи, тем выше несущая способность. Отметим, что подобные сваи имеют ограниченную длину. Кроме того, устройство конических бурунабивных свай, как подчеркивают авторы [18], наиболее эффективно «при залегании с поверхности прочных грунтов, а заглубление острия в плотные грунты не является обязательным», т. е. подобные сваи висячие; в [19] определена несущая способность таких свай при разных видах нагрузок. Вопросам расчета конических бурунабивных свай посвящены также исследования [20, 21].

В данной работе с учетом основных достоинств конических и буроопускных свай предлагается технология устройства конических буроопускных свай с многоместными уширениями по боковой поверхности и сверху.

Начальная стадия предлагаемой технологии устройства буроопускной сваи представлена на рис. 1.

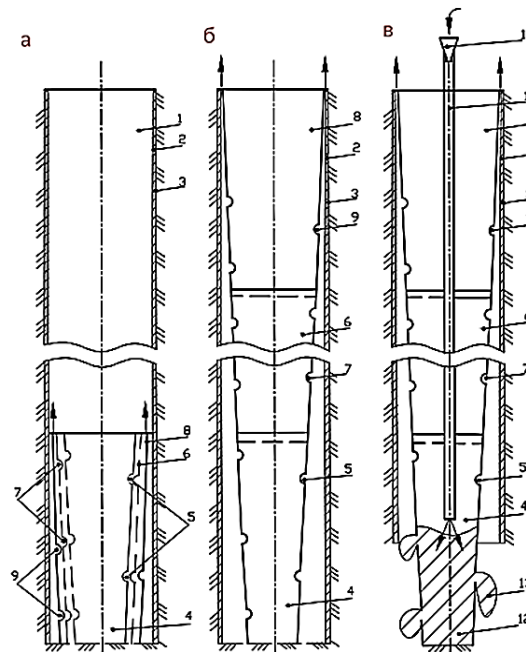


Рис. 1. Схема технологической последовательности устройства сваи на начальной стадии: а — погруженные в обсадной трубе в разложенном виде блок-секций оболочки конической сваи; б — собранная в рабочем виде оболочка; в — схема подачи бетонной смеси в нижнюю блок-секцию оболочки и извлечение секций обсадной трубы:

- 1 — скважина; 2 — обсадная труба; 3 — контур скважины; 4 — нижняя блок-секция оболочки конической сваи; 5 — отверстия нижней блок-секции оболочки; 6 — средняя блок-секция оболочки конической сваи; 7 — отверстия средней блок-секции оболочки; 8 — верхняя блок-секция оболочки конической сваи; 9 — отверстия верхней блок-секции оболочки; 10 — вертикально перемещаемая труба; 11 — приемник бетонной смеси; 12 — частично заполненная бетонной смесью нижняя блок-секция оболочки; 13 — боковые уширения нижней части конической сваи

С учетом того, что свая устраивается в слабых или структурно неустойчивых грунтах, при образовании (формировании) скважины 1 применяется обсадная труба 2, диаметр которой зависит от диаметра головки сваи с учетом толщины телескопической оболочки. После погружения обсадной трубы до необходимой глубины и извлечения грунта из нее опускают на дно скважины в сложенном виде блок-секции 4, 6, 8 телескопической оболочки (в разложенном виде представляет собой складной стакан без дна) конической сваи (рис. 1, а). Блок-секции оболочки имеют форму усеченного конуса, различаются диаметрами оснований и выполнены из полиэтиленовых труб, на боковой поверхности которых предусмотрены отверстия 5, 7, 9. Расположение отверстий должно соответствовать локальным зонам слабых грунтов, что определяется на основе геологического разреза.

На рис. 1, б представлена оболочка конической сваи в собранном виде. Для этого с помощью тросов поднимают на необходимые отметки среднюю и верхнюю блок-секции оболочки. Тросы закрепляют на поверхности земли до заполнения бетонной смесью оболочки, которая играет роль несъемной опалубки конической сваи.

На рис. 1, в схематически представлены подача бетонной смеси в нижнюю блок-секцию оболочки и извлечение некоторых секций обсадной трубы. Бетонирование производят с помощью вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) 10, подачу бетонной смеси производят с помощью бетоносмесителя через приемный бункер 11. По мере подачи бетонной смеси извлекаются секции обсадной трубы, бетонная смесь просачивается через отверстия на боковой поверхности блок-секций оболочки и образует местные уширения 13 в локальных зонах слабых грунтов.

На рис. 2, а также схематически показаны бетонирование средней блок-секции 6 оболочки и постепенное извлечение последующих секций обсадной трубы; по мере подачи бетонной смеси расширяются уширяемые части 13 в зонах слабых грунтов. На рис. 2, б, кроме бетонирования секций оболочки и извлечения необходимых секций обсадной трубы, показан демонтаж приемника (инвентарной загрузочной воронки) 11 бетонной смеси и звеньев ВПТ 10. Верхняя блок-секция 8 оболочки конической сваи бетонируется не полностью: из общего объема необходимой бетонной смеси вычитается объем железобетонной сваи заводского изготовления 14, которая впоследствии опускается в оболочку конической сваи (рис. 2, в).

Как видно из рис. 2, местные боковые уширения 13 в зонах слабых грунтов увеличиваются не только при заполнении бетонной смесью конической оболочки, но и при опускании железобетонной сваи заводского изготовления 14 краном с необходимыми техническими параметрами.

После опускания железобетонной сваи заводского изготовления в оболочку конической буроопускной сваи до расчетной глубины выполняют работы по устройству поверхностного уширения. На проектной стадии, в зависимости от действующей нагрузки, геологических и гидрогеологических условий оснований, определяются все геометрические характеристики конической сваи, в том числе и уширяемой с поверхности земли части.

На рис. 3 схематически представлены последние этапы устройства сваи, в частности на рис. 3, а представлен арматурный каркас 15, который устанавливается в уширяемой с поверхности земли части после полного погружения

сваи заводского изготовления 14 до расчетной глубины. На рис. 3, б представлено конструктивное решение буроопускной сваи конической формы с многоместными уширениями.

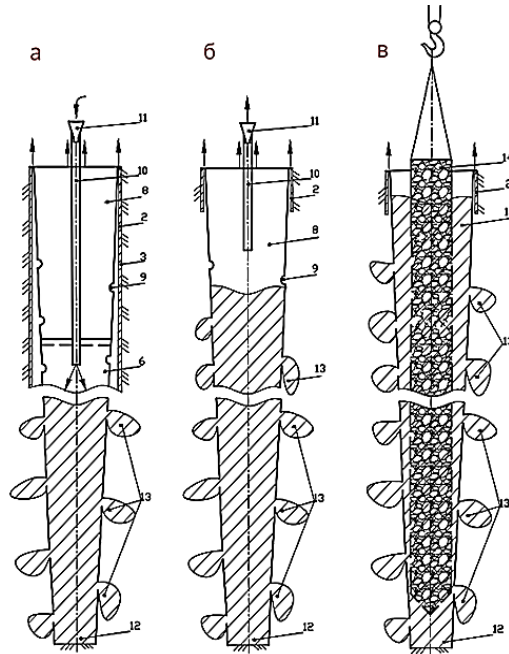


Рис. 2. Схема бетонирования и опускания сваи заводского изготовления:

- а* — бетонирование последующих блок-секций оболочки конической сваи с извлечением секций обсадной трубы; *б* — извлечение приемника бетонной смеси и секций ВПТ; *в* — опускание сваи заводского изготовления: 2 — обсадная труба; 3 — контур скважины; 6 — средняя блок-секция оболочки конической сваи; 7 — отверстия средней блок-секции оболочки; 8 — верхняя блок-секция оболочки конической сваи; 9 — отверстия верхней блок-секции оболочки; 10 — ВПТ; 11 — приемник бетонной смеси; 12 — бетонная смесь; 13 — боковые уширения сваи; 14 — свая заводского изготовления

Несмотря на то, что в данной работе для опускания указана железобетонная свая заводского изготовления призматической формы, в оболочку можно опускать сваи любой другой геометрической формы, которые приведены в работе [22].

Обсуждение

Технология устройства буроопускных свай имеет достаточно много преимуществ по сравнению с технологиями устройств буронабивных и буроинъекционных свай; отдельными исследователями, с учетом всех ее достоинств, она признается «новым направлением в свайном фундаментостроении» [23]. Тем не менее к настоящему времени указанная технология остается недостаточно изученной и пока не получила широкого применения.

Как следует из текста данной работы, экономико-экологическая выгода предлагаемой буроопускной конической сваи в оболочке заключается в следующем:

- снижаются трудовые затраты при ее устройстве по сравнению с буронабивными и буроинъекционными сваями, а также со сваями, устраиваемыми забивкой и вдавливанием;

- за счет сокращения затрат труда снижаются сроки выполнения работ;
- сокращаются объем расхода товарного бетона и его потери при транспортировке благодаря применению свай заводского изготовления и телескопической конической оболочки;
- применение телескопической конической оболочки позволяет извлекать обсадную трубу в любых грунтовых условиях, т. е. коническая оболочка выполняет также функцию неизвлекаемой обсадной трубы при выполнении работ в нестабильных грунтах;
- наличие конической оболочки при расчетах несущей способности буропускных свай необходимо рассматривать как резерв повышения несущей способности подобных свай; отметим, что научные публикации, посвященные определению несущей способности подобных свай, в основном касаются строительства объектов нефтегазового комплекса;
- сокращается количество транспортных циклов для доставки бетона, что приводит к снижению выбросов вредных веществ в атмосферу при работе машин;
- возможность применения при реконструкции существующих и возведении новых строительных систем в стесненных условиях городской застройки, так как отсутствуют работы, сопровождающиеся вибрацией и шумом, присущие технологиям забивки и вдавливания свай;
- в отличие от конических свай заводского изготовления, буропускные сваи в конической оболочке могут иметь неограниченную длину, что должно быть обосновано расчетами.

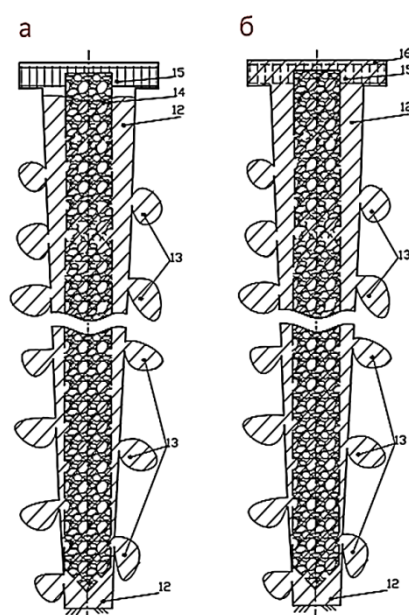


Рис. 3. Схемы устройства уширяемой с поверхности земли части и конструктивных решений буропускной сваи: *а* — устройство арматурного каркаса в уширяемой зоне сверху сваи; *б* — конструктивная схема конической буропускной сваи с боковыми и с поверхностным уширениями: 12 — бетонная смесь в оболочке сваи; 13 — боковые уширения конической сваи; 14 — свая заводского изготовления; 15 — арматурный каркас поверхностного уширения; 16 — уширение верхней части конической сваи

Заключение

Предложенная технология устройства буроопускной сваи предполагает: устройство скважины по одному из известных методов производства работ с применением обсадной трубы с дальнейшим ее извлечением по мере бетонирования конической оболочки; опускание сваи заводского изготовления в коническую оболочку с отверстиями, обеспечивающими боковые уширения; устройство верхнего уширения после полного извлечения обсадной трубы.

Подобная технология позволяет использовать, во-первых, все достоинства свай заводского изготовления (а именно высокие прочностные характеристики), во-вторых, преимущества буронабивных конических свай. Кроме того, еще одним важным фактором является возможность устройства боковых уширений в локальных зонах слабых грунтов по всей длине конической сваи.

Благодаря указанным преимуществам технология устройства буроопускной конической сваи в защитной оболочке с множественными уширениями может применяться при строительстве зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки.

Новизна работы заключается в том, что впервые для устройства сваи предлагается использовать защитную коническую телескопическую оболочку, состоящую из трех блок-секций, которая в разложенном виде представляет собой складной стакан без дна и является дополнительным элементом повышения несущей способности буроопускных свай.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоров В. С., Купчикова Н. В. Технологии устройства концевых уширений набивных и готовых свай и их влияние на формообразование конструкций фундамента // Инженер.-строит. вестн. Прикаспия. 2019. № 1(27). С. 40—56.
2. Соколов Н. С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с множественными уширениями // Жилищное строительство. 2016. № 10. С. 54—59.
3. Соколов Н. С. Техника и технология: устройство и методология расчетов буроинъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности : моногр. Чебоксары : Среда, 2022. 332 с.
4. Sokolov N. S. Bored injection piles ERT (RIT, FORST, ERST) — structures for ensuring slope stability // Journal of Material Sciences and Engineering Technology. 2023. Vol. 1—3. URL: <https://doi.org/10.61440/JMSET.2023.v1.08>.
5. Kharin Yu. The competitive advantages of RIT technology // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 371. Art. no. 02025. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337102025>.
6. Купчикова Н. В. Предложения по дополнению классификации конструкций готовых и набивных свай с уширениями сверху и наклонными боковыми сваями // Инженер.-строит. вестн. Прикаспия. 2015. № 1(11). С. 25—35.
7. Абрамян С. Г., Оганесян О. В. К вопросу об уширении буронабивных, буроинъекционных и анкерных свай // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2026. Вып. 2(103). С. 6—14. URL: https://doi.org/10.35211/18154360_2026_2_6.
8. Terceros A. M., Terceros M. The use of the expander body with full displacement piles in medium dense to dense sandy soils // Conference: Fourth Geo-China International Conference. 2016. 10 p. URL: <https://doi.org/10.1061/9780784480076.017>.
9. Kupchikova N. V., Kurbatskiy E. N. Analytical method used to calculate pile foundations with the widening up on a horizontal static impact // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (ICCATS-2017). 2017. Vol. 262. Art. no. 012102. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/262/1/012102>.
10. Холодов С. П., Преснов О. М., Серватинский В. В. Выбор размеров уширения для буронабивных свай с уширенной пяткой // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2018. Вып. 51(70). С. 44—47.

11. Hou S., Ying B., Zhang Y. Load transferring characteristics of expanded pile with cement mortar mixture for pipe pile // Transactions on Engineering and Technology Research. 2023. Vol. 1. Pp. 73—78. URL: <https://doi.org/10.62051/jvmjmh84>.
12. Makki I., Malik I., Ataj O. Assessment of load-carrying capacity of bored pile in clay soil using different methods // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). 2012. Vol. 2. Iss. 4. Pp. 1243—1253.
13. Qian Y., Chen Y., Xu L., Wang Ch. Sh. Influence of the angle of flexible concrete expanded-plate piles on the bearing capacity under horizontal load // Advances in Materials Science and Engineering. 2022. Art. no. 6157320. 11 p. URL: <https://doi.org/10.1155/2022/6157320>.
14. Абрамян С. Г., Бурлаченко О. В., Бутенко Г. Г., Кравченко Е. Ю. Устройство свай в стесненных условиях городской застройки // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2026. Вып. 2(103). С. 6—14. URL: https://doi.org/10.35211/18154360_2026_2_6.
15. Полищук А. И., Солонов Г. Г., Чернявский Д. А. Устройство для изготовления буронабивной конической сваи для глинистых грунтов : пат. 2813864 Рос. Федерация : МПК E02D 5/46.
16. Местников В. В., Местникова И. В. Способ повышения эффективности буронабивных свай в многолетнемерзлых грунтах : пат. 2850025С1 Рос. Федерация : МПК E02D 5/46.
17. Рыбникова И. А., Рыбников А. М. Анализ результатов натурных испытаний буронабивных конических свай на действие различных видов нагрузок // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. 2018. № 3. С. 24—29. URL: https://doi.org/10.12737/article_5abfc9b8b80fd1.89721982.
18. Рыбникова И. А., Рыбников А. М. Разработка конструкции буронабивных конических свай // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017. № 2. С. 68—72. URL: <https://doi.org/10.12737/24>.
19. Рыбников А. М., Рыбникова И. А. Усовершенствование конструкции буронабивных конических свай // Изв. высш. учеб. заведений. Стр-во. 2024. № 2. С. 28—39. URL: <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2024-782-2-28-39>.
20. Alkroosh I. S., Bahadori M., Nikraz H., Bahadori A. Regressive approach for predicting bearing capacity of bored piles from cone penetration test data // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2015. Vol. 7. Iss. 5. Pp. 584—592. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2015.06.011>.
21. Кузнецова Э. Р. Влияние конструктивных решений на жесткостные характеристики набивной монолитной железобетонной конусообразной сваи со щебневыми образованиями // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2021. Т. 17. № 5. С. 500—518. URL: <http://doi.org/10.22363/1815-5235-2021-17-5-500-518>.
22. Купчикова Н. В. О факторах, влияющих на надежность свайных фундаментов с уширениями // Инженер.-строит. вестн. Прикаспия. 2021. № 3(37). С. 54—61.
23. Ковалев В. А., Ковалев А. С. Забивные сваи в пробитых скважинах — новое направление в свайном фундаментостроении // Интернет-журн. «Мир науки». 2018. № 5. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/53PDMN518.pdf>.

© Абрамян С. Г., Оганесян О. В., Бутенко Г. Г., 2026

Поступила в редакцию
28.04.2026

Ссылка для цитирования:

Абрамян С. Г., Оганесян О. В., Бутенко Г. Г. Устройство буронабивной сваи конической формы с многоточечными уширениями // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2026. Вып. 3(104). С. 14—22. DOI: 10.35211/18154360_2026_3_14.

Об авторах:

Абрамян Сусанна Грантовна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; susannagrants@mail.ru

Оганесян Оганес Валерьевич — исследователь, начальник Павелецкого вокзала Московской дирекции железнодорожных вокзалов — филиала ОАО РЖД. Российская Федерация, 115054, г. Москва, Павелецкая пл., 1а; oganesyan@mail.ru

Бутенко Герман Геннадьевич — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; pridorogin.g@gmail.com

Susanna G. Abramyan^a, Oganessyan V. Oganessyan^b, German G. Butenko^a

^a *Volgograd State Technical University*

^b *Regional Rail Station Directorate, Moscow Branch of Russian Railways (JSCo "RZD")*

CONSTRUCTION OF A MULTI-BELLED DRIVEN CAST-IN-SITU PILE WITH TAPER

The paper looks into the technological processes involved in the construction of a driven cast-in-situ pile in a tapered telescopic shell. The analysis of a number of scientific publications has shown the relevance of the topic: the load-bearing capacity of tapered piles is greater as compared with similar-type cylindrical piles due to side tapering. It is stressed that the permanent tapered shell should be viewed as a reserve to enhance the bearing capacity of a driven cast-in-situ pile. The suggested design solutions allow retrieving the casing pipe regardless of ground conditions because the tapered shell plays the part of a non-retrievable casing when work is performed in unstable soils.

К е y w o r d s: factory-made piles, load-bearing capacity, tapered telescopic shell, technological processes.

For citation:

Abramyan S. G., Oganessyan O. V., Butenko G. G. [Construction of a multi-belled driven cast-in-situ pile with taper]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2026, iss. 3, pp. 14—22. DOI: 10.35211/18154360_2026_3_14.

About authors:

Susanna G. Abramyan — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; susanna-grant@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3938-1096; Scopus ID: 6508040964, Researcher ID: C-7099-2016

Oganessyan V. Oganessyan — Researcher, Chief, Paveletsky Station, Regional Rail Station Directorate, Moscow Branch of Russian Railways (JSCo "RZD"). 1a, Paveletskaya sq., Moscow, 115054, Russian Federation; ogoganesyan@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2050-2302

German G. Butenko — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; pridorogin.g@gmail.com; ORCID: 0009-0001-8015-6528