

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ / BASES AND FOUNDATIONS,  
UNDERGROUND STRUCTURES

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.54.3>

ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАЙ ВЫТЕСНЕНИЯ

Обзор

Бойков Е.В.<sup>1,\*</sup>, Фролов В.Э.<sup>2</sup>, Бондаревский А.В.<sup>3</sup>, Бровиков Ю.Н.<sup>4</sup>, Колесников А.Ю.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-9422-2488;

<sup>1,5</sup> Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Российская Федерация  
<sup>2,3,4</sup> ЗАО «Геотехника-С», Саратов, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (boykov\_e[at]mail.ru)

**Аннотация**

В настоящее время на территории Российской Федерации при строительстве фундаментов все чаще стали изготавливать сваи непосредственно в грунте. В частности, в Саратовской области стали широко применяться сваи «Фундекс». В научной литературе имеются работы, в которых рассмотрены свойства определенных типов свай, анализ их применения в различных грунтовых условиях. Также в рассматриваемой литературе произведен сравнительный анализ технологии и сделаны выводы по условиям их применения. В рамках данной статьи нас интересуют технологии производства, достоинства и недостатки набивных свай и свай вытеснения, а также условия применения свай "Fundex". Предложена новая технология изготовления свай, предложенная ЗАО «Геотехника-С» (свай вытеснения «Геотехника-С» – СВГС).

**Ключевые слова:** свая вытеснения, труба, шнековая навивка, теряемый наконечник.

INTRODUCTION OF NEW TECHNOLOGIES FOR MANUFACTURING DISPLACEMENT PILES

Review article

Boykov E.<sup>1,\*</sup>, Frolov V.<sup>2</sup>, Bondarevskii A.<sup>3</sup>, Brovnikov Y.<sup>4</sup>, Kolesnikov A.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0001-9422-2488;

<sup>1,5</sup> Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russian Federation  
<sup>2,3,4</sup> CJSC "Geotechnika-S", Saratov, Russian Federation

\* Corresponding author (boykov\_e[at]mail.ru)

**Abstract**

Currently, in the Russian Federation, piles are increasingly being made directly in the ground when building foundations. In particular, "Fundex" piles have become widely used in Saratov Oblast. In the scientific literature, there are works that discuss the properties of certain types of piles, analysing their application in different ground conditions. Also in the studied literature a comparative analysis of the technology is performed and conclusions on the conditions of their application are made. Within the framework of this article, we are interested in production technologies, advantages and disadvantages of piles and displacement piles, as well as conditions of application of "Fundex" piles. A new pile manufacturing technology proposed by CJSC "Geotechnika-S" ("Geotechnika-S" displacement piles – DPGS) is proposed.

**Keywords:** displacement pile, pipe, auger coiling, lose tip.

**Введение**

В настоящее время при возведении фундаментов в Российской Федерации все чаще используют технологию установки свай непосредственно в грунте. Существует множество способов строительства таких свай, выбор которых зависит от местоположения строительной площадки и характеристик грунта.

**Основные результаты**

Наиболее распространенной технологией является метод НПШ, который предполагает формирование полого проходного шнека в грунте с извлечением грунта на поверхность. После достижения проектной отметки шнек постепенно извлекается из скважины и одновременно заполняется бетонной смесью. Затем в наполненную бетоном скважину устанавливается арматурный каркас.

Технология НПШ широко используется на связанных грунтах, таких как полутвердые и тугопластичные суглинки, глины. В таких типах грунтов стенка скважины сохраняет свою форму длительное время, что позволяет бетону приобрести нужную прочность и создать тело сваи [1]. Одной из основных проблем строительства свай по технологии НПШ является наличие водонасыщенных и переувлажненных грунтов вокруг сваи. Производство свай НПШ в таких грунтах может привести к значительному расходу бетона, который иногда увеличивается вплоть до 7 раз [2]. Поэтому строительство свай НПШ в насыщенных влагой грунтах может значительно увеличить стоимость фундаментов.

При возведении свай в слабых и влажных грунтах широко применяется метод бурения с использованием обсадной трубы [2]. Особенность этого метода заключается в том, что при формировании скважины происходит одновременное введение обсадной трубы и удаление грунта с помощью полого шнека из ее внутренней части. Таким образом, стенка трубы обеспечивает надежную защиту бетонного раствора от внешних воздействий в процессе заливки скважины бетоном, таких как избыточное увлажнение бетонной смеси и сдавливание ствола сваи [3].

Недостатками данной технологии являются многочисленные технологические операции, необходимые для формирования свай, что приводит к уменьшению производительности и увеличению сроков строительства фундамента. Еще одним значительным недостатком является разуплотнение грунта в процессе бурения под защитой обсадной трубы, что может снизить несущую способность сваи по боковой поверхности.

При возведении свай в водонасыщенных и переувлажненных грунтах, в том числе в Саратовской области, все более распространены сваи «Фундекс».

В настоящее время данная технология широко применяется для создания свай в водонасыщенных, переувлажненных и несвязных грунтах. Она была разработана в Нидерландах в 60-х годах XX века и начала использоваться в России с 2000-х годов при строительстве зданий в Санкт-Петербурге. Основным преимуществом «Фундекс» является возможность формирования скважины под сваю без выноса грунта на поверхность благодаря его уплотнению. Для создания скважины под сваю используется стальная инвентарная труба, которая ввинчивается в грунт и нижний конец которой закрыт теряемым наконечником.

В процессе формирования скважины теряемый наконечник разрыхляет грунт и выталкивает его в стороны от оси вращения, после чего разрыхленный грунт уплотняется в стенки скважины при помощи инвентарной трубы. Более подробно о сваях «Фундекс» можно узнать из работ Р.А. Мангушева [4], [5], [6], [7]. В развитие этих свай в грунтовых условиях Саратовского региона внедрена технология производства свай, предложенная компанией «Геотехника-С» (свай вытеснения «Геотехника-С» – СВГС) [8].

Технология изготовления свай вытеснения – СВГС, например, для сваи диаметром 450 мм, заключается в следующем (Рис. 1):

– Труба диаметром 380 мм с винтовой нарезкой шнека шириной лопасти 35 мм и теряемым коническим наконечником DPOS-4E погружается в грунт под действием осевого усилия и крутящего момента, причем наибольший диаметр винтового шнека составляет 465 мм.

– При проходе наконечника через слои грунта происходит его радиальное смещение и уплотнение. Это приводит к изменению физико-механических свойств грунта на боковой поверхности обсадной трубы, в результате чего ранее уплотненный грунт между стенкой скважины и обсадной трубой разуплотняется. Образовавшийся разуплотненный водонасыщенный грунт, расположенный вдоль внешней поверхности трубы, перемещается плоскими лопастями винтового шнека во время извлечения трубы, образуя скважину с диаметром, соответствующим диаметру наконечника.

– После достижения обсадной трубой требуемой отметки в полость трубы монтируется арматурный каркас. Внутренняя полость трубы заполняется бетонной смесью.

– Труба с вращением извлекается, при необходимости в нее доливается бетонная смесь.

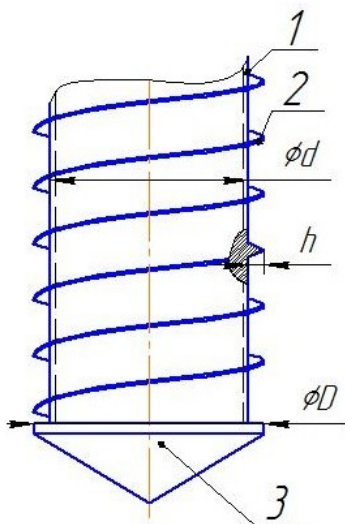


Рисунок 1 - Схема изготовления набивной сваи по технологии СВГС  
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.54.3.1>

Согласно СП 24.13330.2021 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты», сваи «Фундекс» и СВГС относятся:

- по способу заглубления в грунт – к набивным железобетонным сваям, которые устанавливаются в грунте путем укладки бетонной смеси в скважины, сформированные путем принудительного вытеснения – отжатия грунта (п.6.1в);
- по способу устройства свай – к вытеснительным сваям, устраиваемым путем погружения (завинчиванием) инвентарных труб с закрытым нижним концом в грунт с помощью башмака. После заполнения скважин бетонной смесью данные трубы извлекаются (п.6.4а).

Несущую способность набивных свай  $F_d$ , кН, работающих на сжимающую нагрузку, рассчитывают по формуле 7.13 из СП 24.13330.2021, учитывая расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи  $R$ , кПа, принятое из Таблицы 7.2 того же стандарта, как и для забивных свай.

При работе со сваями «Фундекс» выявлено, что данные сваи обладают технологическими особенностями, которые в определенных грунтовых условиях могут привести к негативным последствиям их использования [9], [10]:

- возникновение местных сужений свай из-за излишне высокой скорости изготовления;
- образование «плачущих» свай, когда вода проходит сквозь свежий бетон и вызывает разрыхление верхней части по арматуре, что снижает несущую способность;
- невозможность опустить нижние концы свай в несущий грунт из-за ложного «отказа». Буровой установке не хватает осевого усилия для опускания широкого наконечника в твердые коренные грунты, и нижний конец свай оказывается на недостаточно плотном слое этих грунтов;
- нагрев трубы при погружении, с последующими затратами времени на охлаждение до необходимой температуры перед заливкой бетоном свай;
- уменьшение несущей способности свай по боковой поверхности из-за зазора между диаметром наконечника и обсадной трубы, что приводит к снижению плотности контактного слоя грунта и его насыщению водой.

### Заключение

Технология производства свай СВГС, разработанная компанией «Геотехника-С», имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными сваями «Фундекс».

- ускоренное бурение скважин;
- избежание нагрева трубы;
- предотвращение возникновения «гейзерения» при установке свай;
- применение более легкого и энергоэффективного бурового оборудования для изготовления свай;
- минимизация риска недопогружения нижних концов свай по отношению к проектным отметкам;
- повышенная несущая способность свай по боковой поверхности благодаря отсутствию разуплотненного грунта;
- увеличение несущей способности у основания сваи за счет винтовых лопастей на обсадной трубе, увеличивающих усилие вдавливания путем дополнительного тягового усилия.
- Для установки свай требуется меньше осевое усилие благодаря использованию тягового усилия, создаваемого лопастями на трубе.
- Использование башмака меньшего размера (4Е вместо 6Е) при одинаковом диаметре свай уменьшает зону разуплотнения вокруг сваи, снижает воздействие на соседние сваи и окружающую застройку, а также сокращает стоимость свай.

Сваи, изготовленные по новой технологии, успешно прошли испытания на строительных объектах Саратовской области, продемонстрировав хорошие результаты. Однако для более глубокого понимания процесса формирования свай требуются дальнейшие испытания.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Гарькин И.Н., ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», Пенза, Российская Федерация  
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.54.3.2>

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

Garkin I.N., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State University of Technology and Management named after. K.G. Razumovsky (First Cossack University)", Penza, Russian Federation  
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.54.3.2>

### Список литературы / References

1. Мангушев Р.А. Современные свайные технологии : учебное пособие / Р.А. Мангушев, А.В. Ершов, А.И. Осокин. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. — 235 с. — ISBN 978-5-93093-512-7. — EDN QNOSUX.
2. Тюфанов В.А. Аналитический обзор устройства буронабивных свай по технологиям "Fundex" и "CFA" / В.А. Тюфанов, Е.А. Потележко // Международный студенческий строительный форум – 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова) : сборник докладов. В 2-х томах, Белгород, 26 ноября 2018 года. Т. 1. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. — С. 299–303. — EDN JPVNBG.
3. Селетков Н.С. Современные технологии устройства свай, изготавливаемых на строительной площадке / Н.С. Селетков, С.В. Калошина // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. — 2018. — Т. 2. — С. 188–196. — EDN YONSHZ.
4. Мангушев Р.А. Буронабивные сваи «ФУНДЕКС»: достоинства и недостатки / Р.А. Мангушев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. — Волгоград : ВолГАСУ, 2013. — № 31 (50). — Ч. 2. Строительные науки. — С. 264–271.
5. Мангушев Р.А. Анализ практического применения завинчиваемых набивных свай / Р.А. Мангушев, В.В. Конюшков, И.П. Дьяконов // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 2014. — № 5. — С. 11–16.
6. Мангушев Р.А. Границы практического применения свай «Фундекс» в условиях слабых грунтов / Р.А. Мангушев, И.П. Дьяконов, Л.Н. Кондратьева // Жилищное строительство. — 2017. — № 9. — С. 1–6.
7. Ван Виил А.Ф. Руководство по сваям «Фундекс» / А.Ф. Ван Виил. — Нидерланды, 1982. — С. 19–32.
8. Фролов В.Э. Способ возведения набивной сваи в грунте: пат. 2804651 С1 Российская Федерация: МПК E02D 5/38, E02D 5/56 / В.Э. Фролов, А.В. Бондаревский, Ю.Н. Бровиков [и др.]; заявитель и патентообладатель ЗАО «Геотехника-С». — № 2023101517/06; заявл. 2023-01-24; опубл. 2023-10-03. — EDN DGZAWY.

9. Овсюков Н.В. Анализ применения различных типов свай на примере многоквартирного жилого дома в Петроградском районе Санкт-Петербурга / Н.В. Овсюков, А.А. Жигирь // Неделя науки ИСИ : материалы всероссийской конференции в 3-х частях, Санкт-Петербург, 26–30 апреля 2021 года; Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Часть 2. — Санкт-Петербург, 2021. — С. 376–378. — EDN VCUVQV.

10. Мангушев Р.А. Сваи «Фундекс» и CFA – новые технологии устройства буронабивных свай / Р.А. Мангушев // Вестник гражданских инженеров. — 2008. — № 1 (14). — С. 29–32. — EDN JVFRSJ.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Mangushev R.A. Sovremennye svajnye tehnologii : uchebnoe posobie [Modern Pile Technologies : a textbook] / R.A. Mangushev, A.V. Ershov, A.I. Osokin. — 2nd edition, revised and add. — Moscow : Publishing House of the Association of Construction Universities, 2010. — 235 p. — ISBN 978-5-93093-512-7. — EDN QNOSUX. [in Russian]

2. Tyufanov V.A. Analiticheskij obzor ustrojstva buronabivnyh svaj po tehnologijam "Fundex" i "CFA" [Analytical review of the device of bored piles using "Fundex" and "CFA" technologies] / V.A. Tyufanov, E.A. Potelezko // Mezhdunarodnyj studencheskij stroitel'nyj forum – 2018 (k 165-letiju so dnja rozhdenija V.G. Shuhova) : sbornik dokladov. V 2-h tomah, Belgorod, 26 nojabrja 2018 goda [International Student Construction Forum 2018 (on the 165th anniversary of the birth of V.G. Shukhov) : collection of reports. In 2 volumes, Belgorod, November 26, 2018]. Vol. 1. — Belgorod : Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2018. — P. 299–303. — EDN JPVNBG. [in Russian]

3. Seletkov N.S. Sovremennye tehnologii ustrojstva svaj, izgotavlivaemyh na stroitel'noj ploshhadke [Modern technologies of the device of the piles made on the building site] / N.S. Seletkov, S.V. Kaloshina // Sovremennye tehnologii v stroitel'stve. Teorija i praktika [Modern Technologies in Construction. Theory and Practice]. — 2018. — Vol. 2. — P. 188–196. — EDN YOHSZH. [in Russian]

4. Mangushev R.A. Buronabivnye svai "FUNDEKS": dostoinstva i nedostatki ["FUNDEX" bored piles: advantages and disadvantages] / R.A. Mangushev // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture]. — Volgograd : VolGASU, 2013. — № 31 (50). — Ch. 2. Stroitel'nye nauki [Part 2. Building Sciences]. — P. 264–271. [in Russian]

5. Mangushev R.A. Analiz prakticheskogo primeneniya zavinchivaemyh nabivnyh svaj [Analysis of practical application of screw-in cast piles] / R.A. Mangushev, V.V. Konyushkov, I.P. Diakonov // Osnovaniya, fundamenty i mehanika gruntov [Soil Mechanics and Foundation Engineering]. — 2014. — № 5. — P. 11–16. [in Russian]

6. Mangushev R.A. Granicy prakticheskogo primeneniya svaj "Fundeks" v uslovijah slabych gruntov [Limits of practical application of "Fundex" piles under conditions of weak soils] / R.A. Mangushev, I.P. Diakonov, L.N. Kondrat'eva // Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]. — 2017. — № 9. — P. 1–6. [in Russian]

7. Van Weele A.F. Rukovodstvo po svayam "Fundex" [Guide to piles "Fundex"] / A.F. Van Weele. — Netherlands, 1982. — P. 19–32. [in Russian]

8. Frolov V.E. Method of construction of a packed pile in the ground [Method of construction of a packed pile in the ground]: pat. 2804651 C1 Russian Federation: IPC E02D 5/38, E02D 5/56 / V.E. Frolov, A.V. Bondarevsky, Yu.N. Brovnikov [et al.]; applicant and patent holder of CJSC Geotechnika-S. — № 2023101517/06; appl. 2023-01-24; publ. 2023-10-03. — EDN DGZAWY. [in Russian]

9. Ovsyukov N.V. Analiz primeneniya razlichnyh tipov svaj na primere mnogokvartirnogo zhilogo doma v Petrogradskom rajone Sankt-Peterburga [Analysis of the use of various types of piles on the example of an apartment building in the Petrogradsky district of St. Petersburg] / N.V. Ovsyukov, A.A. Zhigir' // Nedelja nauki ISI : materialy vserossijskoj konferencii v 3-h chastjah, Sankt-Peterburg, 26–30 aprelja 2021 goda [Science Week of the Institute of Civil Engineering : materials of the All-Russian Conference in 3 parts, Saint Petersburg, April 26-30, 2021; Civil Engineering Institute of St. Petersburg – Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University. Part 2. — Saint Petersburg, 2021. — P. 376–378. — EDN VCUVQV. [in Russian]

10. Mangushev R.A. Svai "Fundeks" i CFA - novye tehnologii ustrojstva buronabivnyh svaj ["Fundex" and CFA piles new technologies of the augered piles arrangement] / R.A. Mangushev // Vestnik grazhdanskih inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. — 2008. — № 1 (14). — P. 29–32. — EDN JVFRSJ. [in Russian]