

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2025, Том 17, № 6 / 2025, Vol. 17, Iss. 6 <https://esj.today/issue-6-2025.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/56SAVN625.pdf>

2.1.7. Технология и организация строительства (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Абрамян, С. Г. Технология устройства буронабивной и анкерной свай с многоместными уширениями / С. Г. Абрамян, Т. А. Сабитова, О. В. Оганесян, О. Е. Емельянова, К. С. Мгерян // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/56SAVN625.pdf>.

For citation:

Abramyan S.G., Sabitova T.A., Oganesyanyan O.V., Emelyanova O.E., Mgeryan K.S. Piling technology employing multi-belled auger piles and anchor piles. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025;17(6): 56SAVN625. Available at: <https://esj.today/PDF/56SAVN625.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 69.05:009

Абрамян Сусанна Грантовна

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия
Доцент
ООО МИП «ГрантМИПУС», Волгоград, Россия
Генеральный директор
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: susannsgrant@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3938-1096>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=589709
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/C-7099-2016>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6508040964>

Сабитова Татьяна Анатольевна

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: ta.sabitova@gmail.com
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=554127
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57205656211>

Оганесян Оганес Валерьевич

ОАО «Российские железные дороги», Москва, Россия
Дирекция железнодорожных вокзалов
Павелецкий вокзал
Главный инженер
E-mail: ogoganesyan@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2050-2302>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=853422
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57196038412>

Емельянова Оксана Евгеньевна

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия
Старший преподаватель
E-mail: sascha-06@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9428-1478>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=861118

Мгерян Кнара Серобовна

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия
E-mail: knaramgeryan.04@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1255089

Технология устройства буронабивной и анкерной сваи с многоместными уширениями

Аннотация. Рассматривается возможность устройства буронабивных и анкерных свай с уширением в пяте сваи и многоместными уширениями по боковой поверхности в локальных зонах слабых грунтов с целью повышения несущей способности грунтов основания. Приводятся существующие технологические методы устройства буронабивных свай с многоместными боковыми уширениями. Подчеркивается эффективность применения свай, изготовленных разрядно-импульсной технологией. На основе анализа литературных источников выявлено, что применение технологии устройства свай с многоместными уширениями для усиления фундаментов существующих строительных систем, основанием которых являются несвязные грунты, по электроразрядной технологии не всегда является приемлемым по ряду причин.

Авторами в данной работе представлены конструктивные и технологические решения устройства свай с контролируемыми многоместными уширениями, путем использования геотекстильной прорезиненной ткани, которая находится внутри обсадной трубы при устройстве буронабивной сваи и или в анкерной трубе при устройстве анкерной сваи. При устройстве свай с неизвлекаемой обсадной трубой (в отличие от извлекаемой) по боковым поверхностям трубы на уровне локальных зон слабых грунтов предусмотрены отверстия, через которые по мере заполнения бетонной смеси выходят расширенные части геотекстильной ткани и заполняют слабую зону грунтов основания. Подобное конструктивное решение принято для анкерной сваи, только анкерная труба является также армирующим элементом. Армирование буронабивной сваи осуществляется арматурным каркасом находящегося внутри «чулка» из геотекстильной ткани. Конструктивное и технологические решения анкерной сваи позволяют упрочнять не только грунты основания существующих зданий, но и усиливать фундамент, в том числе и из подвальных помещений.

Новизна заключается в предлагаемых конструктивных и технологических решениях устройства буронабивной и анкерной свай с многоместными контролируемыми уширениями.

Ключевые слова: слабые грунты; многоместное уширение; несущая способность; технологичность; эффективность

Введение

Повышение несущей способности грунтов оснований осуществляется различными методами [1–3]. В публикации [3] автор приводит технологии повышения грунтов на склонах с применением буронабивных свай ЭРТ (электроразрядная технология) [ERT (electric discharge technology)], разновидностями которой являются: (РИТ (разрядно-импульсная технология), ФОРСТ (разрядно-импульсная геотехническая технология), ЭРСТ (электроразрядная свайная геотехническая технология) — ERST (Electro-Discharge Stimulation)) и грунтовых анкеров ERT. Ранее, в другой научной публикации [4] подчеркивалась эффективность применения свай в геотехническом строительстве при стабилизации грунтов. Эффективность применения свай, изготовленных разрядно-импульсной технологией (РИТ) рассмотрены также другими авторами [5; 6]. В [5] подчеркивается возможность применения в стесненных городских условиях, при возведении высотных и уникальных объектов недвижимости, при реконструкции строительных систем, когда нецелесообразно изготавливать сваи традиционной технологией. При выполнении технико-экономического сравнения свай-РИТ со сваями, изготовленными по традиционной технологии, авторами выявлено снижение трудозатрат от 1,5 до 2 раз. Конкурентные преимущества свай-РИТ выявлены также при сравнении с технологией Fundex, автор исследования [6] подчеркивает, что несущая способность свай-РИТ намного выше, а

трудозатраты на изготовление сокращаются в 2–3 раза, снижается также стоимость выполнения работ. В указанных исследованиях [1–6], а также в патентах¹ повышение несущей способности грунтов рассматривается с помощью устройства буронабивных и буроинъекционных свай с местными уширениями как по боковой поверхности, так и только в нижней части: в пяте.

Ранее в своих публикациях [7–9] и патентах² некоторыми авторами данного исследования были предложены технологии устройства буронабивных и буроинъекционных свай с контролируемым уширением в локальных зонах слабых грунтов. При этом работы выполняются с применением различных организационно-технологических решений. В частности, предлагаются: уширение буроинъекционной сваи с контролируемым уширением, технология применима как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий и сооружений [7], отличительной особенностью технологии является выполнение работ при реконструкции с подвального помещения существующего здания. В [8] уширение сваи по боковой поверхности предлагается выполнять с помощью секции арматурного каркаса, стержни которого предварительно прогнуты в сторону обсадной трубы. До бетонирования и извлечения обсадной трубы арматурный каркас вдавливаются, и секция арматурного каркаса, находящаяся в локальной зоне слабых грунтов, уширяется до необходимой величины. В исследовании [9] авторами рассматривается совершенствованная технология устройства и измененные конструктивные решения, предлагаемые ранее в патенте³, позволяющие анкерную сваю с уширением использовать на склонах с целью предотвращения оползневых явлений. Уширение нижней части буронабивной сваи в⁴ обеспечивается за счет дополнительных стержней секции арматурного каркаса, расположение которого должно соответствовать проектным отметкам локальной зоны слабых грунтов (отдельные секции арматурного каркаса соединяются между собой дисками-хомутами) и опорной металлической пластиной, установленной на дно скважины с выпуклой поверхностью вверх. При вдавливании арматурного каркаса дополнительные продольные стержни нижней секции арматурного каркаса принимают необходимую пространственную фиксацию и после бетонирования и затвердения бетона обеспечивается

¹ Михайлов А.Н., Пушкарев А.Е., Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Савчук А.Д. Способ возведения буронабивной сваи с грунтоцементными уширениями в зоне слабых грунтов и устройство для его осуществления (варианты): пат. 2 725 363(13) С1. Рос. Федерация: МПК E 02 D 5/34, (2006.01); № 2019142756; заявл. 17.12.2019; опубл. 02.07.2020, Бюл. № 19. 33 с.

Ладьяженский И.Г., Сергиенко А.В. Буронабивная свая: пат. 176 157(13) U1. Рос. Федерация: МПК E02D 5/330 (2006.01); № 2017135193; заявл. 05.10.2017; опубл. 10.01.2018 Бюл. № 1. 7 с.

Юдина А.Ф., Розанцева Н.В. Устройство из геотекстильных материалов в качестве формирующей оболочки сваи: пат. 114 468(13) U1. Рос. Федерация: МПК E02D 5/34 (2006.01); № 2011112122/03; заявл. 30.03.2011; опубл. 27.03.2012, Бюл. № 4. 11 с.

² Фоменко Н.А., Абрамян С.Г., Махова С.И., Оганесян О.В., Симаков В.С., Фоменко В.Н. Анкерная свая: пат. 2831465С1. Рос. Федерация: МПК МПК E02D 5/54 (2006.01); №. 2023134523; заявл. 22.12.2023; опубл. 09.12.2024, Бюл. № 34. 6 с.

Фоменко Н.А., Абрамян С.Г., Оганесян О.В., Фоменко В.Н. Буронабивная свая с уширением: пат. 2824059С1. Рос. Федерация: МПК МПК E02D 5/34 (2006.01); № 2023134520; заявл. 22.12.2023; опубл. 01.08.2024, Бюл. № 22. 8 с.

Фоменко Н.А., Абрамян С.Г., Симаков В.С., Оганесян О.В., Фоменко В.Н. Буроинъекционная свая: пат. 2824061С1. Рос. Федерация: МПК МПК E02D 5/44 (2006. 01); № 2023134512; заявл. 22.12.2023; опубл. 01.08.2024, Бюл. № 22. 7 с.

³ Фоменко Н.А., Абрамян С.Г., Махова С.И., Оганесян О.В., Симаков В.С., Фоменко В.Н. Анкерная свая: пат. 2831465С1. Рос. Федерация: МПК МПК E02D 5/54 (2006.01); № 2023134523; заявл. 22.12.2023; опубл. 09.12.2024, Бюл. № 34. 6 с.

⁴ Фоменко Н.А., Абрамян С.Г., Оганесян О.В., Фоменко В.Н. Буронабивная свая с уширением: пат. 2824059С1. Рос. Федерация: МПК МПК E02D 5/34 (2006.01); № 2023134520; заявл. 22.12.2023; опубл. 01.08.2024, Бюл. № 22. 8 с.

повышение прочности свай в зоне слабых грунтов. Для уширения пяты буринъекционной сваи в⁵ предлагается использование эластомерной оболочки, которая закрепляется к нижней части инъекционной трубы, при подаче инъекционного раствора эластомерная оболочка расширяется и принимает вид, необходимый для уширения.

Анализ изученных научных публикаций, патентов показывает, что для обеспечения технологичности производства работ при устройстве свай с уширением, а также с точки зрения ресурсосбережения и экологичности часто предпочтение дается применению геотекстильных прорезиненных (эластомерных) тканей, позволяющим также выполнять дополнительное армирование для повышения эксплуатационной надёжности в целом строительной системы.

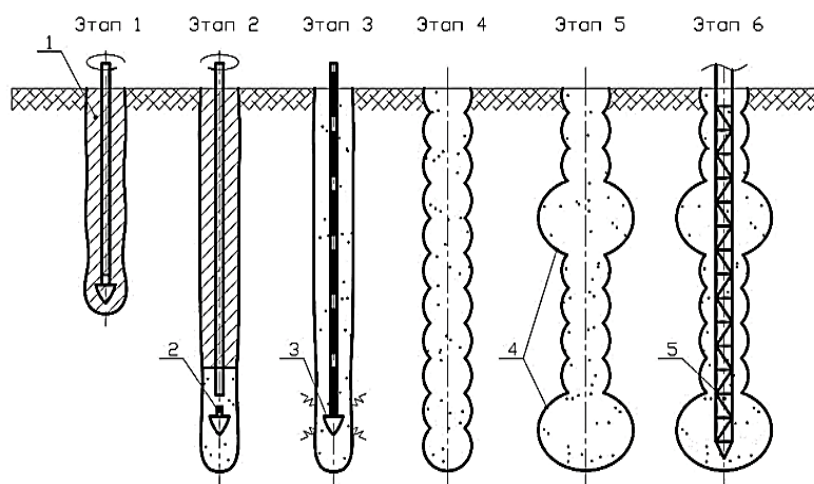
В связи с этим целью данной работы является совершенствование технологии устройства буронабивной, буринъекционной и анкерной свай с множественными уширениями для обеспечения несущей способности в локальных зонах слабых грунтов с использованием геотекстильных прорезиненных тканей.

Методы и материалы

Основными методами исследования являются анализ и сопоставление существующих способов устройства буронабивных свай с множественными уширениями. За основу сравнения принята технология устройства свай с множественными уширениями, рассмотренная в научных публикациях [10; 11], а также в патентах.

Итак, согласно [10; 11] «повышение несущей способности грунтов оснований сваями — ЭРТ обеспечивается за счет множественных уширений, так как образуются дополнительные опоры по боковым поверхностям, а уширение в пяте увеличивает площадь опирания на нижней части сваи».

На рисунке 1 представлена технологическая схема с разбивкой на этапы устройства сваи — ЭРТ с множественными уширениями [11].



1 — проходной шнек; 2 — клапан шнека; 3 — электрический излучатель; 4 — уширения; 5 — пространственный армокаркас

Рисунок 1. Технологическая схема устройства сваи — ЭРТ (электроразрядная свайная технология [11])

⁵ Фоменко Н.А., Абрамян С.Г., Симаков В.С., Оганесян О.В., Фоменко В.Н. Буринъекционная свая: пат: 2824061С1. Рос. Федерация: МПК МПК E02D 5/44 (2006. 01); № 2023134512; заявл. 22.12.2023; опубл. 01.08.2024, Бюл. № 22. 7 с.

Итак, при устройстве свай — ЭРТ устраивают скважину (этап 1 рис. 1), заполняют скважину бетонной смесью высокой подвижностью (этап 2 рис. 1), далее с определенной частотой производят электрические взрывы (3–5 этапы рис. 1), в следствие чего в жидкой бетонной смеси возникают волны, которые давят и расширяют стенки скважины. Таким образом в скважине образовывается камуфлетная полость, которая заполняется жидкой бетонной смесью, при взаимодействии которой со слабыми грунтами создается уплотненный грунтобетонный слой. Этапы электрического взрыва на рис. 1 показаны условно, в зависимости от грунтовых условий и ожидаемого результата их количество может быть меньшим, или наоборот большим. Далее (этап 6 рис. 1) в уширенную и заполненную бетонной смесью полость скважины устанавливают арматурный каркас.

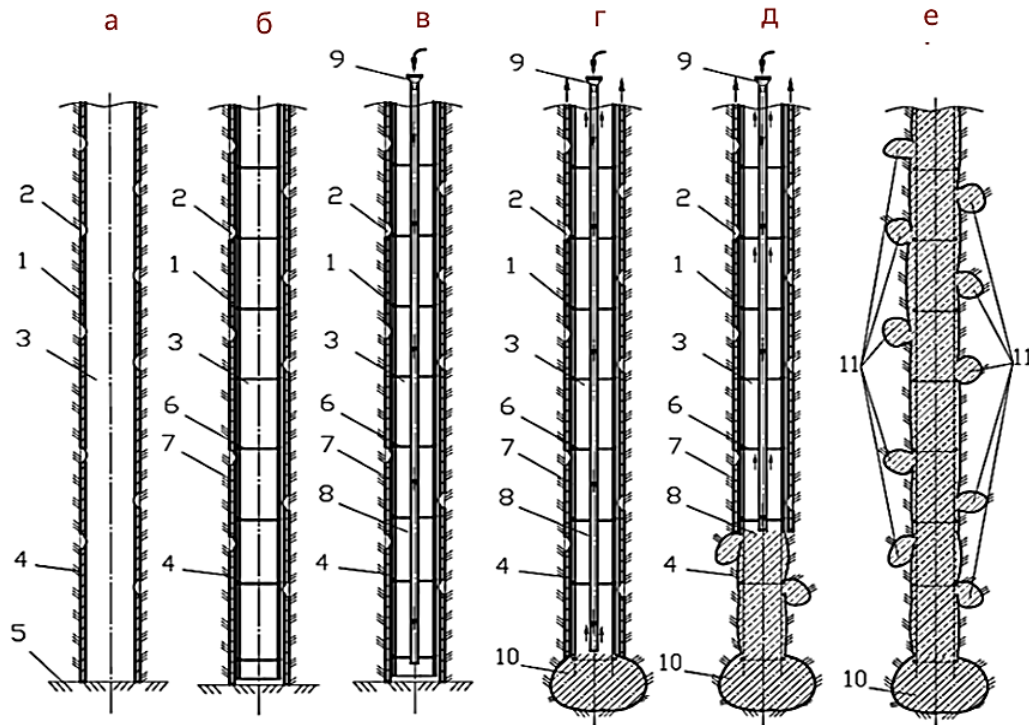
Несмотря на ряд преимуществ, устройства свай по описанной технологии, главным из которого является повышение несущей способности, автор публикации [12] отмечает, что некоторые ограничения (связаны с запасом электрической энергии), снижающие применение технологического оборудования, не позволяют использовать ее при устройстве крупногабаритных геотехнических конструкций. Отмечается также, что данную технологию с осторожностью необходимо применять для усиления фундаментов существующих зданий и сооружений, основанием которых являются несвязные грунты, т. е. «электроразрядную обработку тела свай рекомендуется применять вне активной зоны усиливаемого фундамента для снижения риска доуплотнения основания здания и, как следствие, увеличения дополнительной осадки» [12].

Устройство свай ЭРТ в целом сопровождается не малым количеством технологических процессов и операций, что снижает технологичность выполнения работ, особенно при упрочнении грунтов под реконструируемые здания и сооружения. Отметим, что в основном технологичность зависит от количества этапов электрических взрывов в уложенную скважину бетонной смеси. В связи с чем необходима разработка или совершенствование существующих технологий устройства свай с множественными уширениями в локальных зонах слабых грунтов, применяемые как при освоении новых территорий, так и при повышении несущей способности как слабых грунтов оснований, так и самих фундаментов существующих зданий. Для устройства множественных уширений будет использована геотекстильная прорезиненная ткань.

На рисунке 2 представлены основные этапы предлагаемой технологии при новом строительстве.

Для устройства свай в скважину по мере бурения опускают обсадную трубу (1), имеющую специальные отверстия (2) по боковой поверхности, соответствующие местам локальных зон слабых грунтов (рис. 2 а). Далее во внутреннюю полость (3) обсадной трубы устанавливают арматурный каркас (6) с предварительно натянутым чулком из геотекстильной эластомерной ткани (мембраны) (7) (рис. 2 б). После устанавливается вертикальная перемещаемая бетонолитная труба (8) и бункер (9) для приема бетонной смеси (рис. 2 в). На рис. 2 г и 2 д представлена схема подачи бетонной смеси, в результате которой под тяжестью бетонной смеси растягивается чулок из геотекстильной мембраны и в пяте (нижней части (рис. 1 (5)) свай образовывается уширение (10). По мере заполнения скважины бетонной смесью извлекаются секции обсадной и бетонолитной труб, при этом в локальных зонах слабых грунтов на боковой поверхности свай за счет растяжения геотекстильной мембраны (чулка) образуются местные боковые уширения (рис. 2 е (11)). Условные уширения в пяте и по боковой поверхности свай представлены на рис. 2 е.

Отметим, что при извлечении обсадной трубы, наличие отверстий (2) на трубе не обязательно. Предлагаемая технология позволяет выполнять контролируемое уширение свай, за счет применения чулка из эластомерной геомембраны, что снижает расход бетонной смеси при устройстве свай.



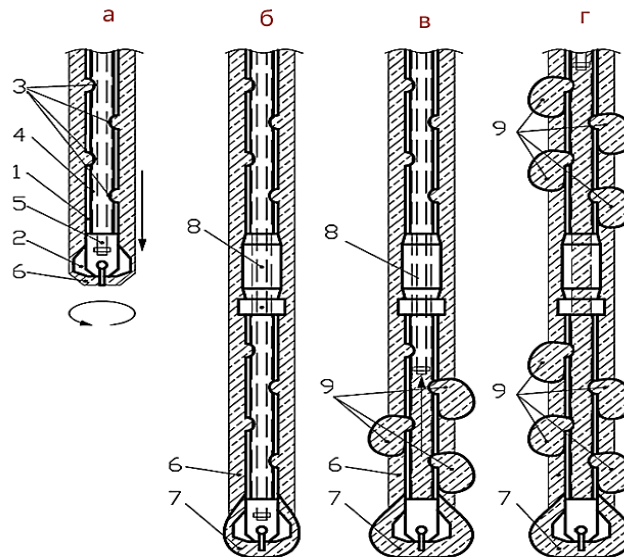
1 — обсадная труба с отверстиями; 2 — отверстие в обсадной трубе; 3 — внутренняя полость обсадной трубы; 4 — околотрубная земляная поверхность; 5 — нижняя часть сваи; 6 — арматурный каркас; 7 — защитная геотекстильная прорезиновая мембрана (чулок); 8 — бетонолитная труба; 9 — приемник бетонной смеси; 10 — уширенная нижняя часть сваи; 11 — уширения сваи по боковой поверхности

Рисунок 2. Последовательность технологических процессов устройства буронабивной сваи с многоместными уширениями: а — погруженная в скважину обсадная труба с отверстиями; б — установка арматурного каркаса с предварительно натянутого чулка из геотекстильной прорезиновой ткани; в — установка бетонолитной трубы для подача бетонной смеси; г — подача бетонной смеси и образование уширения в пята сваи; д — подача бетонной смеси, постепенное извлечение обсадной и бетонолитной труб, образование боковых уширений; е — внешний вид сваи с уширениями по боковой поверхности и в пята (разработано авторами)

Рассмотрим возможность применения свай с многоместными уширениями с использованием геотекстильной прорезиновой ткани при упрочнении грунтов оснований реконструируемых зданий и сооружений. Существуют множество факторов, влияющие на грунты оснований эксплуатируемых строительных систем и требующие повышения их несущей способности: увеличение деформации за счет изменения уровня грунтовых вод; чрезмерного увлажнения атмосферными и производственными водами; промерзание грунтов, вследствие чего происходит пучение; возникновение и дальнейшее развитие недопустимых деформаций при строительстве новых зданий и фундаментов существующих зданий, вследствие чего повышаются нагрузки на основание; увеличение нагрузки на фундамент при надстройке дополнительных этажей и другие.

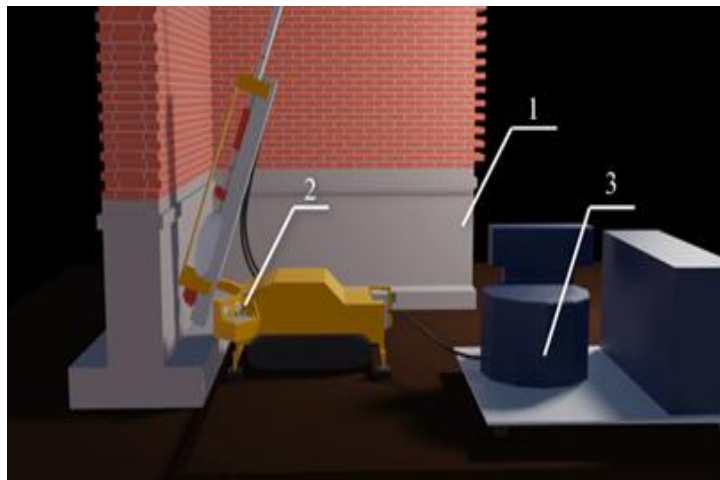
Конструктивные особенности предлагаемой сваи для упрочнения грунтов основания и фундаментов существующих зданий, подлежащих реконструкции, представлены на рисунке 3.

По аналогии технологии, представленной авторами публикации [7], упрочнение грунтов основания и существующих фундаментов можно выполнять с подвального помещения, имеющего даже ограниченную высоту. С учётом стеснённых условий, бурение нужно производить через тело восстанавливаемого фундамента малогабаритной установкой (рис. 4).



1 — анкерная труба; 2 — буровая коронка с отверстием для инъектирования во время бурения; 3 — отверстия в анкерной трубе; 4 — резиновая мембрана, находящаяся в полости анкерной трубы; 5 — подвижной пакер; 6 — промывочная цементная жидкость; 7 — уширение у основания сваи, которое образуется при нагнетании бетонной смеси под давлением; 8 — муфта, соединяющая элементы анкерной сваи; 9 — контролируемое уширение, которое образуется с помощью нагнетания раствора в резиновую мембрану

Рисунок 3. Схема предлагаемой анкерной сваи: а — общий вид; б — нижняя часть; в — уширение в нижней части и частично по боковой поверхности; г — готовая свая (разработано авторами)



1 — усиливаемый фундамент; 2 — блочная буровая установка; 3 — бетонный насос

Рисунок 4. Усиление существующего фундамента по разработанной технологии [7]

Согласно предлагаемой технологии предусматривается применение анкерной трубы (1), которая оснащена буровой коронкой (2) с отверстием для инъектирования раствором во время бурения. Для устройства боковых уширений в анкерной трубе предусмотрены отверстия (3) и во внутренней полости трубы вставлен чулок из геотекстильной эластомерной мембраны (4). В процессе сверления через буровую коронку подается промывочная цементная жидкость (6), основное назначение которой укрепление грунтовых стенок образуемой скважины в процессе сверления. При достижении анкерной трубы до необходимой глубины под давлением подается бетонная смесь необходимой подвижности, чулок из прорезиненной (эластомерной) ткани растягивается и образуются уширение (7) в пяте сваи, увеличивая несущую площадь. После находящийся в полости чулка подвижной пакер (5) передвигается вверх и внутренняя полость

чулка наполняется бетонной смесью. При необходимости длина сваи наращивается до требуемой глубины с помощью соединительной муфты (8). Под давлением подаваемой бетонной смеси, в местах отверстий в боковой части анкерной сваи чулок из эластомерной мембраны растягивается и по боковой поверхности образуются уширения (9). Процесс постепенной подачи инъекционной смеси продолжается до образования всех боковых уширений и полного заполнения сваи. После устанавливается опорная плита, которая впоследствии будет воспринимать вышележащую нагрузку. По аналогии [7] анкерная труба играет роль арматурного каркаса.

Представленная на рисунке 3 технологическая схема упрочнения грунтов основания с указанием вертикального направления погружения сваи больше подходит для усиления плитных фундаментов и грунтов под такими фундаментами. Однако подобные сваи можно погружать и в наклонном положении, что позволяет также усиливать другие виды фундаментов. При необходимости в местах нахождения сваи в теле фундамента, что определяется расчетом и фактически после полного погружения, в чулке из геотекстильной мембраны нужно предусматривать микроотверстия, что позволит инъекционной смеси выйти из чулка и заполнить трещины в теле фундамента, которые могли бы появиться как при эксплуатации строительной системы, так и при погружении сваи.

Рассмотрим конструктивные особенности предлагаемой сваи и ее отличие от ранее разработанной сваи [7] (табл. 1).

Таблица 1

Отличительные конструктивные особенности сваи с местными уширениями и сваи представленной в [7]

Составные части свай	Свая с уширением по технологии [7]	Свая с местными уширениями на основе применения чулка из геотекстильной прорезиненной ткани
1	2	3
Анкерная труба с отверстиями, в последствии выполняющей роль арматурного каркаса	присутствует	присутствует
Соединительная муфта анкерных труб, в зависимости от длины сваи	присутствует	присутствует
Буровая коронка с отверстиями, закрепленная к анкерной трубе для проходки через тело фундамента	присутствует	присутствует
Теряемый наконечник буровой коронки	присутствует	присутствует
Геотекстильная прорезиненная ткань, обеспечивающая контролируемое уширение	контролируемое уширение выполняется только в нижней части в свае, т. е. в грунте основания, в связи с чем расход мембраны (геотекстильного эластомерного материала) меньше	контролируемое уширение при необходимости выполняется по всей длине сваи, роль мембраны выполняет чулок из геотекстильного эластомерного материала
Серповидный арматурный каркас в нижней части сваи	присутствует, однако в этой части сваи отсутствует анкерная труба	отсутствует, нижняя контролируемая уширяемая часть полностью заполняется бетонной смесью, анкерная труба полностью остается в теле сваи

Предложенное в данной работе изготовление буроинъекционной сваи конструктивно менее металлоемко и трудозатратно, так как отсутствует серповидный арматурный каркас и нет необходимости выполнять сварочные работы с целью его соединения с анкерной трубой. Преимуществом является также устройство сваи с множественными уширениями, т. е. уширений по боковой поверхности, между тем при сравниваемом варианте [7] уширение образовывается только в нижней части, в пяте сваи.

В целях определения технологичности выполнения работ сравниваемых технологий составлена в таблице 2.

Таблица 2

Последовательность технологических процессов устройства свай с множественными уширениями

Технологические процессы устройства свай с уширениями	Свая с уширениями по технологии [7]	Свая с множественными уширениями на основе применения чулка из геотекстильной прорезиненной ткани
1	2	3
Погружение сваи через тело фундамента с помощью малогабаритной установки с подвального помещения, с одновременной подачей промывочной жидкости. Буровая коронка позволяет не выполнять работы по предварительному бурению скважины.	присутствует	присутствует
Установка свободно перемещающегося (вверх-вниз) пакера внутри анкерной трубы и соединение его со шлангом подачи инъекционной бетонной смеси.	присутствует	присутствует
Подача инъекционной смеси необходимого объема с целью получения расчетного уширения в пяте сваи	присутствует	присутствует
Продолжение подачи инъекционной смеси необходимого объема с целью получения боковых уширений	отсутствует	присутствует
Постепенное извлечение пакера по мере завершения работ подачи инъекционной смеси	присутствует	присутствует
Окончательное закрепление верхней выступающей части анкерной трубы к телу восстановленного фундамента	присутствует	присутствует

Составлено авторами по материалам [7]

По технологичности выполнения работ вновь разработанная технология устройства буроинъекционной сваи для упрочнения грунтов основания и усиления существующих фундаментов незначительно уступает технологии [7]. Однако множественные контролируемые уширения позволяют намного повысить несущую способность системы «основание — фундамент». Отметим также что согласно исследованию [13] технологии одновременного упрочнения грунтов основания и усиления фундамента реконструируемого здания и сооружения буроинъекционными сваями, в том числе анкерными являются универсальными.

Результаты и выводы

Представленные в данной работе технологии устройства буронабивных и анкерной свай для упрочнения грунтов являются экологически и экономически обоснованными по ряду причин. Если сравнить технологию, разработанную для повышения несущей способности грунтов основания при освоении новых территорий, то разработанная технология устройства буронабивных свай с множественными уширениями по сравнению со сваями ЭРТ исключает выполнение взрывных работ для устройства скважин, сопровождающихся сотрясением

грунтовых массивов и не может применяться в стесненных городских условиях. Применение чулка из геотекстильной эластомерной мембраны по совершенствованной технологии позволяет не только выполнять уширение как в пяте сваи, так и по боковым поверхностям, но и снизить расход бетонной смеси, так как уширение контролируется.

Технология, предназначенная для изготовления свай с целью упрочнения грунтов основания и одновременного усиления фундамента реконструируемых объектов недвижимости можно применяться как для плитных, так и для других видов фундаментов, в частности в данном исследовании рассматривается пример для ленточных фундаментов. Предлагаемая технология также является совершенствованной по сравнению с ранее модифицированной технологией буроинъекционной анкерной сваи [7]. Основной отличительной чертой изготовления буроинъекционной сваи является применение не только анкерной трубы, но и чулка из геотекстильной эластомерной мембраны, который имеет микроотверстия и при заполнении инъекционной бетонной смесью или раствором под давлением не только растягивается и создает местные контролируемые уширения по всему телу анкерной сваи, но и в необходимых случаях заполняется околоосвайное пространство в теле фундамента с трещинами. Применение данной технологии одновременного упрочнения грунтов основания и усиления существующих фундаментов является экономически эффективным, так как отпадает необходимость предварительного бурения скважины и универсальным, кроме того боковые уширения позволяют намного повысить несущую способность как грунтов основания, так и фундаментов. При получении необходимых прочностных характеристик, что должно сопровождаться обоснованными инженерными расчетами, здания можно надстраивать при реконструкции и применяться также при реконструкции объектов, имеющих историческое и архитектурное значения. К основным экологическим характеристикам рассмотренной технологии относится также выполнение работ без высокого уровня шума и вибрации. Отсутствие выполнения большого объема земляных работ (так как грунт при упрочнении в основном уплотняется и на поверхность извлекается лишь незначительная часть) позволяет сокращать выделение вредных выбросов от работающих машин и механизмов, а также выделение пыли.

Дальнейшее развитие данного исследования планируется реализовать в контексте выполнения инженерных расчетов для конкретных грунтовых условий и передаваемых нагрузок на основе от строящихся зданий (рассмотрение применения буронабивной сваи с многоместными уширениями) и соответственно от реконструируемых (применение анкерной сваи с многоместными уширениями).

Теоретическая значимость данной работы заключается в том, что она может быть принята в качестве основы для разработки новых видов буронабивных и анкерных свай с многоместными контролируемыми уширениями, технологии их погружения, в том числе и при реконструкции зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голованов, А.М. Опыт закрепления структурно-неустойчивых грунтов цементацией / А.М. Голованов, В.И. Пашков, Г.А. Рево и др. // Вестник МГСУ. — 2013. — № 8. — С. 59–66.
2. Братан, Ф.И. Современные методы усиления оснований / Ф.И. Братан, Е.А. Данилова, Е.И. Хотулева, Г.Э. Окольникова // Системные технологии. — 2020. — № 37. — С. 20–24.
3. Sokolov N.S. Bored Injection Piles ERT (RIT, FORST, ERST) — Structures for Ensuring Slope Stability // J Mat Sci Eng Technol. — 2023. — Vol. 1(2). — Pp. 1–3. <https://doi.org/10.61440/JMSET.2023.v1.08>.

4. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction // Key Engineering Materials. — 2018. Vol. 771. Pp. 70–74.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.771.70>.
5. Галимнурова, О.В. К эффективности использования свай разрядноимпульсной технологии при реконструкции зданий и сооружений / О.В. Галимнурова, И.Р. Галимнуров, Н.С. Самофеев // Вестник Евразийской науки. — 2019. — № 2.
<https://esj.today/PDF/103SAVN219.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
6. Kharin Yu. The Competitive Advantages of RIT Technology E3S Web of Conferences. — 2023. Vol. 371. — Art. Number 02025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337102025>.
7. Abramyan S.G., Simakov V.S., Oganesyanyan O.V. Soil Stabilizing with Drilled-In Piles for Building Foundations in Reconstruction Projects. In: Radionov, A.A., Ulrikh, D.V., Gasiyarov, V.R. (eds) Proceedings of the 8th International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. ICCATS 2024. Lecture Notes in Civil Engineering. Springer, Cham. — 2025. — Vol 565. https://doi.org/10.1007/978-3-031-80482-3_56.
8. Абрамян, С.Г. Совершенствование технологии устройства буронабивной сваи с уширителем / С.Г. Абрамян, Н.А. Фоменко, О.В. Оганесян // Градостроительство и архитектура. — 2024. — Т. 14. — № 4. — С. 102–107.
<https://doi.org/10.17673/Vestnik.2024.04.15>.
9. Abramyan S.G., Burlachenko O.V., Oganesyanyan O.V., Beklaryan B.M. The base soils strengthening by means of an anchor pile with a widener. Advances in Ecology and Environmental Engineering Proceedings of the 2nd International Conference on Ecology and Environmental Engineering (RusEcoCon-2025), Moscow, March, 25–29, 2025 / eds.: L.V. Radionova, D.V. Ulrikh; Moscow Polytechnic University. — Cham (Switzerland): Springer Nature Switzerland AG. — 2025. Early Link <https://rusecoco.n.ru/programme2025-eng.html>.
10. Соколов, Н.С., Кадышев, Е.Н. Электроразрядная технология для устройства буроинъекционных свай / Н.С. Соколов, Е.Н. Кадышев // Вестник Чувашского университета. — 2017. — № 3. — С. 159–164.
11. Соколов, Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с местными уширениями / Н.С. Соколов // Жилищное строительство. — 2016. — № 10. — С. 54–56.
12. Рытов, С.А. Эффективность применения электроразрядных технологий для устройства геотехнических конструкций / С.А. Рытов // Жилищное строительство. — 2010. — № 5. — С. 47–50.
13. Salnyi I.S., Pronozin Ya.A., Bartolomei L.A., Kudomanov M.V., Naumkina Yu.V. The Mortars for Drill-Injection Piles Creation // Construction and Geotechnics. — 2020. — Vol. 11(4). — Pp. 69–80.

Abramyan Susanna Grantovna

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
Small Innovative Enterprise «Grantmipus», Volgograd, Russia
E-mail: susannsgrant@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3938-1096>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=589709

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/C-7099-2016>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6508040964>

Sabitova Tatyana Anatol'evna

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
E-mail: ta.sabitova@gmail.com

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=554127

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57205656211>

Oganesyan Oganess Valerievich

Russian Railways, Moscow, Russia
Regional Rail Station Directorate
Paveletsky Station

E-mail: ogoganesyan@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2050-2302>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=853422

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57196038412>

Emelyanova Oksana Evgenievna

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
E-mail: sascha-06@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9428-1478>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=861118

Mgeryan Knara Serobovna

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
E-mail: knaramgeryan.04@mail.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1255089

Piling technology employing multi-belled auger piles and anchor piles

Abstract. The paper explores the prospect of using auger and anchor piles with a bell-shaped bottom and multiple enlargements (bells) along the sideline of a pile within confined weak-soil areas in order to improve the bearing capacity of bottom soils. The existing technological methods are presented showing the construction of auger piles with multiple side bells. The efficiency of using pile discharge technology (PDT) in building piles is underlined. Based on the analysis of reference literature, a point is made that the use of electric discharge technology for building multi-belled piles to reinforce the foundations of the existing construction systems underlain by loose soils is not always acceptable for a number of reasons.

In the work, the authors present the structural and technological solutions for pileworks using multi-belled piles with multiple controllable bell-shaped sections made of a rubberized geotextile fabric, which is placed inside a casing pipe for auger piling and inside an anchor rod for anchor piling. Where the piling technology provides for the use of a non-retrievable casing pipe (unlike a retrievable one), piles have holes on their side surfaces leveled with confined weak-soil areas, through which the injected concrete mixture comes out in form of enlarged geotextile parts to fill in the areas containing weak underlying soils. That design solution has been adopted for an anchor pile, except that the anchor

rod also serves as a reinforcing element. An augur pile is reinforced by a reinforcing cage of the inner «stocking» made from a geotextile fabric. The design and technology used for building anchor piles allow not only strengthening the bottom soils under the existing buildings, but also reinforcing the foundations, in particular from the basement level.

The novelty of the work lies in the structural and technological solutions suggested for building augur and anchor piles with multiple controllable bells.

Keywords: weak soils; multiple bells; bearing capacity; technological adaptability; efficiency