

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

2019, №2, Том 11 / 2019, No 2, Vol 11 <https://esj.today/issue-2-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/103SAVN219.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Галимнурова О.В., Галимнуров И.Р., Самофеев Н.С. К эффективности использования свай разрядно-импульсной технологии при реконструкции зданий и сооружений // Вестник Евразийской науки, 2019 №2, <https://esj.today/PDF/103SAVN219.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Galimnurova O.V., Galimnurov I.R., Samofeev N.S. (2019). To the efficiency of use discharge-pulse technology piles in the reconstruction of buildings and structures. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 2(11). Available at: <https://esj.today/PDF/103SAVN219.pdf> (in Russian)

УДК 692.1:69.003.13:691-408.64

Галимнурова Ольга Витальевна

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия
Архитектурно строительный институт
Доцент кафедры «Автомобильные дороги и технология строительного производства»
Кандидат технических наук
E-mail: galimnurova@mail.ru

Галимнуров Илья Робертович

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия
Архитектурно строительный институт
Магистр кафедры «Автомобильные дороги и технология строительного производства»
E-mail: volvita@inbox.ru

Самофеев Никита Святославович

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия
Институт нефтегазового бизнеса
Доцент кафедры «Экономики и управления на предприятии нефтяной и газовой промышленности»
Кандидат технических наук
E-mail: volvita@inbox.ru

**К эффективности использования
свай разрядно-импульсной технологии при
реконструкции зданий и сооружений**

Аннотация. В настоящее время сваи-РИТ (разрядно-импульсной технологии) стали самостоятельным видом буровых свай, при этом технологии изготовления свай-РИТ постоянно совершенствуются. Такая технология устройства фундаментов особенно востребована при строительстве объектов в стесненных условиях, сооружений повышенной этажности, а также в случаях, когда использование буронабивных свай по технико-экономическим соображениям нецелесообразно.

Авторами проведен анализ способа изготовления свай разрядно импульсной технологией, а также показаны особенности и преимущества метода перед традиционными технологиями изготовления свай.

Важнейшей задачей современного геотехнического строительства является возведение фундаментов с повышенным значением несущей способности. Разрядно импульсная технология при изготовлении буронабивных свай хорошо зарекомендовала себя при реконструкции зданий и сооружений, исходя из того, что можно использовать малогабаритное

оборудование, и устраивают свайные фундаменты меньшего диаметра и длинны с большей несущей способностью, а экономическая эффективность по сравнению с буронабивными сваями многократная.

В работе, на основе технико-технологического описания показано, что осадки свай-РИТ значительно меньше, чем у буронабивных свай, потому что грунт, разрушенный долотом в забое скважины у буронабивных свай остаётся под нижним концом сваи, а у сваи-РИТ уплотняется серией электрических разрядов импульсного тока высокого напряжения, затем проверяется на плотность методом на отскок. Улучшение физико-механических свойств достигается в результате уплотнения грунта в околоскважинном пространстве и за счет его цементации.

Технико-экономическое сравнение свай-РИТ с классическим эквивалентом в буронабивном исполнении показывает высокий синергетический эффект от их применения, таким образом сваи-РИТ значительно лучше воспринимают воздействия от нагрузок (до 2–3 раз) при эквивалентных условиях, сваи-РИТ имеют лучшие характеристики по скорости их изготовления (до 20–40 %), в 1.5–2 ниже по уровню затрат, имеют высокие экологические показатели производства и могут быть рекомендованы не только для нового строительства, но и для условий реконструкции с усилением фундаментов объектов различного назначения.

Ключевые слова: разрядно импульсная технология; импульсный ток; генератор; сваи; бетонная смесь; несущая способность; предварительное обоснование

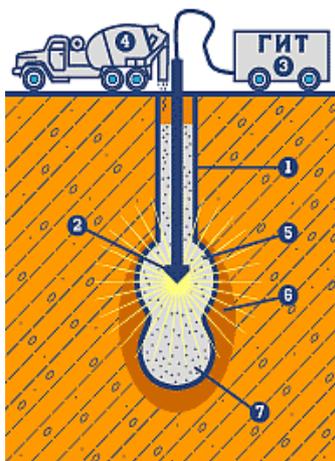
Направленная на создание материальных благ, деятельность человека, сопровождается его взаимодействием со сложными техническими системами. Примером такой системы в геотехническом строительстве является система «основание – фундамент – сооружение». Напряженно-деформируемое состояние элементов этой системы, в процессе эксплуатации, изменяется. Особенно заметны такие изменения при реконструкции, при уплотнительной застройке современных городов [1], возведении надземных и подземных транспортных развязок, прокладке новых инженерных сетей, гаражей, торговых помещений и т. п. в существующей застройке. В результате меняется характер действующих нагрузок, что вызывает, как правило, появление дополнительных деформаций оснований, догрузку колонн, перекрытий и других элементов системы.

Учитывая массовый характер строительства, вероятностную природу внешних нагрузок и воздействий, физических и механических характеристик грунтов основания, прочностных и деформационных характеристик материалов конструкций, очевидным становится применение новых технологий.

В современной практике строительства высотных и реконструкции существующих зданий и сооружений проявляется особый интерес к возможности использования РИТ при изготовлении буронабивных свай, которые впоследствии получили название свай-РИТ.

Разрядно-импульсные технологии, в геотехнике, основаны на использовании эффектов, возникающих в жидкости, от воздействия разряда импульса тока высокого напряжения¹, базируются на преобразовании электрической энергии в другие её виды в момент разряда импульса тока высокого напряжения.

¹ Разрядно-импульсные технологии и аппараты [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.to-inform.ru/> (Дата обращения: 12.03.2019).



1 – скважина до обработки; 2 – электродная система; 3 – ГИТ (генератор импульсной технологии); 4 – Бетононасос; 5 – зона цементации грунта; 6 – зона уплотнения грунта; 7 – камуфлетное уширение в основании сваи-РИТ

Рисунок 1. Принципиальная схема устройства сваи-РИТ¹

Изготовление свай (рис. 1) разрядно-импульсной технологией (РИТ) на начальном этапе повторяет технологию изготовления обычных буровых свай – формируется скважина и заполняется бетонной смесью, затем в скважину погружают электродную систему и на заданной глубине производят разрядно-импульсную обработку (РИО) – серию электрических разрядов импульсного тока высокого напряжения [2]. Сразу после однократного разряда бетонная смесь в скважине оседает – это обусловлено тем, что в момент электрического взрыва в зоне разряда образуется камуфлетная полость, грунт вокруг камуфлетной полости уплотняется, а тело сваи в этом месте становится большего диаметра. При повторении электрических взрывов создаются зоны уплотнения нужного размера. В большинстве случаев, первую разрядно-импульсную обработку производят в основании сваи, это позволяет уплотнить грунт и повысить его несущую способность непосредственно под нижним концом сваи [3]. Созданные в результате электрических взрывов камуфлетные уширения в основании и по длине сваи позволяют наиболее эффективно использовать сопротивление грунта, создавая условия для работы системы «свая-грунт» в качестве единого геотехнического массива [5]. Кроме того, результаты лабораторных испытаний показали, что бетон, обработанный по разрядно-импульсной технологии, имеет повышенную водонепроницаемость и коррозионную стойкость [4]. Созданные по данной технологии сваи получили название сваи-РИТ².

Устройство свай электро-разрядным способом применяется в различных грунтовых условиях, так же позволяет вести работы на площадках ограниченных размеров в пределах плотной городской застройки. Электродная система, размещенная в скважине, соединена коаксиальным кабелем с генератором импульсных токов, который и создает электрические разряды высокого напряжения. При формировании свай-РИТ по условиям безопасности работ рекомендуется использовать напряжение не более 10 кВ [6; 7].

Разрядно-импульсная обработка (РИО) забоя происходит следующим образом: после установки электродной системы на забой скважины производится серия электрических взрывов до падения уровня бетонной смеси в скважине на заданную проектом расчетную величину и продолжается до получения отказа (осадка бетонной смеси от одного электрического взрыва не должна превышать 1–2 мм [4]); далее проверяется степень уплотнения разрушенного буровым инструментом грунта на "отскок", определяется величина погружения электродной установки

² Проектно-строительное предприятие «РИТА» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.rita.com.ru/> (Дата обращения: 12.03.2019).

в грунт после однократного разряда. При погружении электродной системы в грунт основания за 1 электрический взрыв менее, чем на 1 см – грунт основания принимается соответствующим требованию средней плотности. При осадке электродной системы более 1 см – разрядно-импульсную обработку забоя скважины следует продолжать, периодически проверяя плотность грунта [4; 6].

Сваи РИТ армируются пространственными армокаркасами в зависимости от вида и величины действующей нагрузки. Арматура должна иметь конструктивные элементы, центрирующие ее в скважине и обеспечивающие требуемую толщину защитного слоя бетона не менее 2,5 см. Арматурный каркас, погружается в бетонную смесь после завершения формирования ствола сваи РИТ.

Созданное электрическими взрывами обжатие грунта, обеспечивает высокую жесткость. Под нагрузкой 120...130 т осадка сваи РИТ диаметром 250 мм не более 8...10 мм, а диаметром 300 мм под нагрузкой 240 т не более 20 мм.

Электрический разряд создается при помощи генератора импульсных токов, который соединяют с электродной системой. Электродная система помещается в скважине, заполненной подвижной бетонной смесью. При формировании свай-РИТ по условиям безопасности работ рекомендуется использовать напряжение не более 10 кВ. Технология формирования тела сваи на каждой строительной площадке может корректироваться в зависимости от конкретных грунтовых условий с соблюдением настоящих рекомендаций³.

Несущая способность свай-РИТ рассчитывается с использованием методики преобразования модели напряженно-деформированного состояния (НДС) грунта, принятой под нижним концом буровой сваи, в модель НДС грунта, принятой под нижним концом забивной сваи [3].

Для осуществления этого расчета возникла необходимость определения размеров камуфлетной полости (КП) и зоны уплотнения грунта, для чего предпринимались попытки перейти от электрического разряда к взрыву химических взрывчатых веществ (ВВ) [7].

Во взрывном деле при определении размеров камуфлетной полости и зоны уплотнения грунта при взрыве взрывчатого вещества используют начальные параметры заряда (радиус заряда, масса, плотность заряжения, энергия, теплота взрыва и т. п.) [4]. Наиболее часто в расчетах используют массу заряда Q в тротиловом эквиваленте. Радиус камуфлетной полости определяют по формуле 1:

$$R_{кр} = (0.1 - 0.5)\sqrt[3]{Q}, \quad (1)$$

а остаточные деформации распространяются в зоне радиусом (формула 2):

$$R_{зп} = (1.5 - 2.0)\sqrt[3]{Q}, \quad (2)$$

При переходе к электрическому взрыву, проблемы начинаются с того, что у него нет массы заряда, практически отсутствуют продукты взрыва и т. д. В некотором приближении электрический взрыв можно считать "безмассовым". Далее, несмотря на то, что движение грунта обладает рядом общих черт, было установлено, что по механическому действию взрывчатое вещество является более сильным источником по сравнению с электрическим

³ ТР 50-180-06 «Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии и для зданий повышенной этажности (сваи-РИТ)». – М.: ООО «УИЦ «ВЕК», 2006. – 68 с.

взрывом той же энергии. При этом установить количественное соотношение между взрывами не удалось [7].

Пенни и Тейлор, используя принципы законов геометрического подобия, установили соотношения между радиусом заряда взрывчатого вещества, радиусом камуфлетной полости и радиусом зоны уплотнения грунта вокруг камуфлетной полости, величины которых зависят только от характеристик грунта и не зависят от масштаба взрыва, массы заряда и глубины его размещения. На основе этих принципов была разработана теория расчета размеров создаваемых камуфлетных полостей. Согласно этой теории, для каждого вида грунта радиус камуфлетной полости всегда составляет n радиусов заряда взрывчатого вещества, а радиус зоны уплотнения грунта всегда составляет m радиусов заряда.

Формулу (2) разделим на формулу (1), то после сокращения получим, что радиус зоны уплотнения $R_{зуп}$ в 4...15 раз больше радиуса КП $R_{кр}$. Отсюда следует, что размеры зоны уплотнения пропорциональны размерам камуфлетной полости.

Учитывая, что при разрядно-импульсной обработке отсутствуют масса и радиус заряда, для вычисления радиуса зоны уплотнения грунта, по формулам, применяемым в расчетах для взрывов химических взрывчатых веществ, можно воспользоваться второй частью зависимости. По-другому, определив объем образовавшейся в результате взрыва камуфлетной полости по осадке бетонной смеси в забое, по известным формулам можно вычислить радиус полости, а затем, пользуясь законами геометрического подобия, найти радиус зоны уплотнения [9; 10].

Несущая способность сваи-РИТ по сравнению с традиционной забивной свайей оказывается значительно больше при меньшей осадке под нагрузкой, что обусловлено эффективным использованием сопротивления грунта. Формирование сваи большего диаметра в скважине меньшего размера, приводит к значительному уплотнению окружающего грунта (грунт вокруг камуфлетной полости уплотняется в среднем на 3–3,5 диаметра, зона уплотнения грунта забивной сваи не превышает 2–2,5 диаметра⁴), повышению плотности и, следовательно, повышению несущей способности сваи по грунту. Выполнив несложные расчеты, основанные на уравнивании зон уплотнения, получаем, что несущая способность забивной сваи по грунту диаметра D соответствует несущей способности сваи-РИТ диаметром $\approx 0,68D$.

Возникающие в процессе формования динамические воздействия, за пределами зоны обработки, незначительны и не оказывают вредного воздействия [8] на усиливаемые конструкции и рядом стоящие здания, так же позволяют производить усиление фундаментов ветхих сооружений. Разрядно-импульсная технология имеет ряд положительных качеств она экологически безвредна потому, что отсутствует пыле- и газообразование [6], применяются легкие малогабаритные станки и, соответственно, производить работы из подвалов, цокольных или первых этажей, не создавая неудобств жителям находящихся выше этажей и соседних зданий, выполнять проходку в неустойчивых грунтах без обсадных труб, высокая управляемость технологическим процессом при изготовлении сваи РИТ позволяет делать ее с заданными параметрами, так же между грунтом и свайей обеспечивается надежный контакт, кроме слабых грунтов, и нет необходимости проверять ствол сваи на устойчивость [2].

Очевидно, что по сравнению с классическими технологиями изготовления свай, несущая способность сваи-РИТ по грунту выше в 2...3 раза, а стоимость одной тонны несущей способности в 1,5...2 раза меньше, чем у других свай. Так же есть возможность значительно снизить количество затрат при устройстве или усилении свайного фундамента, за счет

⁴ Проектно-строительное предприятие «РИТА» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.rita.com.ru/> (Дата обращения: 12.03.2019).

снижения минимального количества выбуренного грунта, получать максимально возможную несущую способность сваи при наименьшем диаметре и длине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные свайные технологии: Учебное пособие / Р.А. Мангушев, А.В. Ершов, А.И. Осокин; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 240 с.
2. Галимнурова О.В. Изготовление буронабивных свай при помощи разрядно импульсной технологии / Н.Э. Урманшина, О.В. Галимнурова, И.Р. Галимнуров // Материалы международной научной технической конференции “Актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук”, Уфа, УГНТУ, 2018, с. 92–94.
3. Кубецкий В.Л. Применение свай-РИТ в фундаментах высотных зданий / В.Л. Кубецкий, В.Я. Еремин // Вестник МГСУ. 2012. № 4. С. 240–245.
4. Н.С. Соколов, С.С. Викторова, Разрядное устройство для изготовления буровой набивной сваи / Н.С. Соколов, С.С. Викторова // Вестник Чувашского университета. – 2017. – № 3. – С. 152–158.
5. Буданов А.А. «Исследование напряженно-деформированного состояния маловлажного песчаного грунта вокруг свай-РИТ». Диссертация кандидата технических наук. – Москва, 2006. – 216 с.
6. Н.Э. Урманшина, О.В. Галимнурова, И.Р. Галимнуров, Устройство свайных фундаментов разрядно импульсной технологией / Н.Э. Урманшина, О.В. Галимнурова, И.Р. Галимнуров // Материалы международной научной технической конференции “Актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук”, Уфа, УГНТУ, 2018, с. 94–97.
7. Еремин В.Я. К расчету висячих свай, устраиваемых с использованием разрядно-импульсной технологии / А.В. Еремин, А.А. Буданов, В.Я. Еремин // Материалы Международной научно-технической конференции “Проблемы механики грунтов и фундаментостроения в сложных грунтовых условиях”, Том 1, Уфа, 2006, с. 76–79.
8. Аптикаев С.Ф. О сейсмической опасности разрядно-импульсных технологий при производстве буроинъекционных свай / С.Ф. Аптикаев, В.В. Калинин // Основания, фундаменты, механика грунтов. 2003 г. № 1. С. 40–45.
9. З.Г. Тер-Мартirosян. Обоснование методики расчета несущей способности грунта под нижним концом висячих свай-РИТ. Материалы Академических чтений по геотехнике (22–23 ноября 2006 г. Казань). Достижения, проблемы и перспективные направления развития теории и практики механики грунтов и фундаментостроения. Казань, 2006, с. 127–131.
10. Мухаметзянов И.З. Методические особенности применения стохастических показателей при анализе потоковых данных природных или технических процессов и объектов / И.З. Мухаметзянов, Р.А. Майский, М.Н. Янтудин // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журнал. – 2015. – № 5. – С. 446–492.

Galimurova Olga Vitalievna

Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia
E-mail: galimurova@mail.ru

Galimurov Ilya Robertovich

Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia
E-mail: volvita@inbox.ru

Samofeev Nikita Svyatoslavovich

Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia
E-mail: volvita@inbox.ru

To the efficiency of use discharge-pulse technology piles in the reconstruction of buildings and structures

Abstract. At present, the DPT piles have become an independent type of drilling piles, while the technology of piling DPT is constantly being improved. Especially this technology is in demand in the construction of facilities in cramped operating conditions and high-rise buildings, as well as in the case when the use of bored piles is not advisable for technical and economic reasons.

The authors analyze the method of manufacturing piles of discharge-pulse technology (DPT) and demonstrate the peculiarities and advantages of the method over traditional piling techniques.

The most important task of modern geotechnical construction is the construction of foundations with an increased value of bearing capacity. Discharge pulse technology in the manufacture of bored piles has proven itself in the reconstruction of buildings and structures, based on the fact that small-sized equipment can be used, and arrange pile foundations of smaller diameter and length with greater bearing capacity, and there are many times more economic efficiency than bored piles. It should be noted that the precipitation of the DPT piles is significantly less than that of bored piles, because the soil destroyed by the bit in the bottom of the borehole piles remains under the lower end of the pile, and at the DPT pile, it is compacted with a series of high-voltage pulsed electrical discharges, then checked for density method for rebound. Improvement of physical and mechanical properties is achieved as a result of soil compaction in the near-wellbore space and due to its cementation.

A technical and economic comparison of DPT piles with a classical equivalent in bored performance shows a high synergistic effect from their use, thus DPT perceives load effects (up to 2–3 times) much better under equivalent conditions, DPT piles have better characteristics production speeds (up to 20–40 %), 1.5–2 lower in terms of costs, have high environmental performance of production and can be recommended not only for new construction, but also for reconstruction conditions with increased foundations of various objects.

Keywords: discharge pulse technology; pulse current; generator; piles; concrete mix; load bearing capacity; preliminary justification