

EDN: PSLLRH

УДК 624.154.34:624.04

А. А. БАЛАШОВ, О. С. ФРОЛОВ, Т. В. КОШЕЛЕВА, И. А. ДАНИЛЕВСКИЙ, Д. И. ЛОЗАК

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

УНИКАЛЬНАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ВЗРЫВА

Аннотация. Обеспечение безопасности эксплуатации зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях является актуальным и зависит, в первую очередь, от надежности работы оснований и фундаментов. При усилении оснований фундаментов все большее применение находят буроинъекционные сваи (БИС), закрепляющие основание без динамических воздействий. Новым направлением повышения их несущей способности явилось применение при их изготовлении электроразрядных технологий. В целях расширения области использования этих свай при усилении оснований зданий исследован ряд вопросов. Полученные результаты: обоснована возможность и условия применения свай «ЭРГТ», «ЭХВ», «РИТ», «TITAN» при усилении оснований зданий, подобраны технологические параметры, разработаны и исследованы материалы, подобран комплект отечественного оборудования. Проведен расчет и анализ напряженно-деформированного состояния системы «основание-фундаменты-надземное строение» с использованием ПК ЛИРА САПР, произведен расчет и проектирование усиления основания многоэтажного гражданского здания, разработаны рекомендации по выполнению работ.

Ключевые слова: усиление, основание, буроинъекционные сваи, экспериментальные исследования, материалы, система «основание-фундаменты-надземное строение», проектирование, охрана труда, экономическая эффективность.

В условиях плотной городской застройки при выполнении работ по реконструкции зданий, все чаще находят применение «щадящие» технологии, к которым относятся буро-инъекционные геотехнологии, преимуществом которых является возможность выполнения комплекса работ по усилению оснований без ударных, вибрационных и других механических воздействий на здание и окружающую застройку [2, 5].

В современной зарубежной и отечественной геотехнической практике сфера применения буроинъекционных свай значительно расширилась: усиление оснований и фундаментов, крепление оползневых склонов, подпорных стен, и др. [1, 4]. В мировой практике существует большое количество разновидностей БИС повышенной несущей способности как отечественного («ЭРГТ», «РИТ», «Атлант», «Буран» GEOIZOL-MP), так и зарубежного (GEWI, TITAN, DYWI DRILL) производств [1, 5].

В качестве альтернативы зарубежным геотехнологиям в ГУП Московском НИИОСП им. Н. М. Герсаванова с 1990 г. при изготовлении свай БИС применялась электроразрядная геотехнология (ЭРГТ) [4, 6]. Технология основана на использовании энергии электрических разрядов в скважинах, заполненных подвижным мелкозернистым бетоном. ЭРГТ позволяет уплотнить грунты ударными волнами, возникающими при высоковольтных разрядах в подвижной бетонной смеси и несколькими пульсациями в образующейся парогазовой полости. При обработке используется серия импульсов с интервалом в несколько секунд.

Дальнейшим развитием этого направления в 2009 г. явилась геотехнология электрохимического взрыва (ЭХВ), отличающаяся введением в зону разрядного промежутка специальных химических составов, которые увеличивают в несколько раз выделяемую энергию разряда, изменяют форму импульса ударной волны. Применение ЭХВ позволяет получать камуфлетные уширения в любой части ствола свай.

© А. А. Балашов, О. С. Фролов, Т. В. Кошелева, И. А. Данилевский, Д. И. Лозак, 2023



Наиболее широкое применение нашли буринъекционные сваи РИТ (патент 2087617 С1, 6Е02Д5/34), устраиваемые по разрядно-импульсной технологии.

Целью работы является исследование усиления основания фундаментов жилого здания при реконструкции с использованием прогрессивных буринъекционных свай.

Реализация намеченной цели достигается решением следующих задач: изучение теоретических работ и опыта усиления оснований с использованием буринъекционных свай; исследование материалов и подбор оборудования; разработка рекомендаций по выполнению работ.

Научную новизну работы составляют:

- исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «основание-фундаменты-надземное строение»;
- численные характеристики свойств растворов и цементно-песчаного бетона.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

При изготовлении буринъекционных свай повышенной несущей способности, например – «ЭХВ» (электрохимический взрыв), последовательность работ следующая:

- бурение скважины проходным полым шнеком;
- подача в скважину через шнек инъекционного раствора (при движении шнека вниз) или цементно-песчаного бетона (при движении шнека вверх) под давлением 20...30 атм.;
- установка в скважину излучателя и проведение электрохимической обработки пяты и ствола свай специальным составом «Дилафилм» на основе алюминиевого состава;
- в свежее залитый бетон опускают в скважину арматурный каркас с помощью виброустановки (время установки каркаса после укладки бетона – не более 20 минут).

Геотехнология «ЭХВ» получила свое развитие в виде электрохимического взрыва, сущность которого заключается в установке в зоне расположения электрического разряда специального состава, «Дилафилм», который выделяет значительную дополнительную энергию высоковольтного импульса.

Проведены экспериментальные исследования цементно-глинистого инъекционного раствора и цементно-песчаного бетона для выполнения ствола свай. Результаты исследований показали, что прочность бетона с соотношением компонентов цемент: песок: вода Ц:П:В = 1:1,18:0,65 с добавлением 2,5 % CaCl_2 на 7 сутки твердения составила 21,0 МПа, а на 28 сутки – 30 МПа, что соответствует предъявляемым требованиям.

Произведен статический расчет и анализ напряженно-деформированного состояния системы «основания-фундамент-надземное строение» с использованием ПК ЛИРА САПР.

Разработаны рекомендации по выполнению работ при усилении основания здания. Разработаны мероприятия по охране труда и расчет экономической эффективности.

ВЫВОДЫ

Разработанные в нашей стране электроразрядные геотехнологии изготовления буринъекционных свай, например: «ЭРГТ», «ЭХВ», «РИТ», – по своим характеристикам не имеют аналогов в мире. Они основаны на использовании мощных электрических разрядов в конденсированных средах как средства возбуждения ударных волн и импульсов высокого давления. Произведен расчет и проектирование усиления основания фундаментов жилого дома с применением 90 буринъекционных свай «ЭХВ» длиной 5 м, расположенных с шагом 3 м. Экономический эффект составляет 2 961 459 руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самохвалов, М. А. Обзор существующих конструкций буринъекционных анкерных свай / М. А. Самохвалов, А. В. Гейдт, А. А. Паронко. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2019. – Том 14, выпуск 12. – С. 1530–1554. – DOI: 10.22227/1997-0935.2019.12.1530-1554.
2. Мангушев, Р. А. Современные свайные технологии : учебное пособие / Р. А. Мангушев, А. В. Ершов, А. И. Осокин. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГАСУ, 2007. – 160 с. – ISBN 978-5-93093-512-7. – Текст : непосредственный.
3. Патент № 2522358 Российская Федерация, Е02Д5/46. Способ изготовления буринъекционной сваи с контролируемым уширением : № 2012155563/03 ; заявл. 19.12.2012 ; опубл. 20.07.2014 / Я. А. Пронозин, Ю. В. Зазула, М. А. Самохвалов ; патентообладатели: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет» (ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ»). – 11 с. – Текст : непосредственный.

4. Evtushenko, S. I. The Estimation of Efficiency from Application the Local Strengthening of Strip Foundations by Short Piles / S. I. Evtushenko, M. N. Shutova, V. N. Pikhur. – Текст : непосредственный // International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2020), Sochi, Russia, November 2020. – 2020. – Volume 962. – P. 1–7. – Article number 032019. – DOI: 10.1088/1757-899X/962/3/032019.
5. Modern methods of strengthening bases / F. I. Bratan, E. A. Danilova, E. I. Hotuleva [et al.]. – Текст : непосредственный // Sistemnye tehnologii. – 2020. – № 37. – P. 20–24.
6. Static and Dynamic Response of Micropiles Used for Reinforcing Slopes / T. Yang, Y. Men, C. J. Rutherford [et al.]. – Текст : непосредственный // Applied Sciences. – 2021. – Volume 11, No. 14. – P. 1–19. – DOI: 10.3390/app11146341.

Получена 10.05.2023

Принята 23.05.2023

А. А. БАЛАШОВ, О. С. ФРОЛОВ, Т. В. КОШЕЛЁВА, И. А. ДАНИЛЕВСЬКИЙ,
Д. И. ЛОЗАК
УНІКАЛЬНА ВІТЧИЗНЯНА ГЕОТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ
БУРОІН'ЄКЦІЙНИХ ПАЛЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ВИБУХУ
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

Анотація. Забезпечення безпеки експлуатації будівель та споруд у складних інженерно-геологічних умовах є актуальним та залежить, в першу чергу, від надійності роботи основ та фундаментів. При посиленні основ фундаментів все більше застосування знаходять буріоін'єкційні палі (ВІС), що закріплюють основу без динамічних впливів. Новим напрямом підвищення їхньої несучої здатності стало застосування при їх виготовленні електророзрядних технологій. З метою розширення області використання цих палей при посиленні основ будівель досліджено низку питань. Отримані результати: обґрунтовано можливість та умови застосування палей «ЕРГТ», «ЕХВ», «РІТ», «ТІТАН» при посиленні основ будівель, підібрано технологічні параметри, розроблено та досліджено матеріали, підібрано комплект вітчизняного обладнання. Проведено розрахунок та аналіз напружено-деформованого стану системи «основа-фундаменти-надземна будова» з використанням ПК ЛІРА САПР, здійснено розрахунок та проектування посилення основи багатоповерхової цивільної будівлі, розроблено рекомендації.

Ключові слова: посилення, основа, буріоін'єкційні палі, експериментальні дослідження, матеріали, система «основа-фундаменти-надземна будова», проектування, охорона праці, економічна ефективність.

ARTEM BALASHOV, OLEG FROLOV, TATYANA KOSHELEVA,
IGOR DANILEVSKY, DENIS LOZAK
UNIQUE DOMESTIC GEOTECHNOLOGY FOR THE MANUFACTURE OF
BORED-INJECTION PILES USING ELECTRO-DISCHARGE TECHNOLOGIES
AND ELECTRO-CHEMICAL EXPLOSION
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,
Makeyevka, DPR, Russian Federation

Abstract. Ensuring the safety of buildings and structures in complex engineering and geological conditions is relevant and depends, first of all, on the reliability of the bases and foundations. When strengthening foundation foundations, drilled-injection piles (DIP) are increasingly used, which fix the foundation without dynamic effects. A new direction for increasing their bearing capacity was the use of electro-discharge technologies in their manufacture. In order to expand the area of use of these piles when strengthening the foundations of buildings, a number of issues have been investigated. Obtained results: the possibility and conditions for the use of piles «ERGT», «EKhV», «RIT», «TITAN» when strengthening the foundations of buildings are substantiated, technological parameters are selected, materials are developed and studied, a set of domestic equipment is selected. Calculation and analysis of the stress-strain state of the «base-foundation-above-ground structure» system was carried out using the SP LIRA SAPR, calculation and design of the reinforcement of the base of a multi-storey civil building were made, recommendations for the work were developed.

Keywords: reinforcement, foundation, bored piles, experimental studies, materials, «base-foundation-above-ground structure» system, design, labor protection, economic efficiency.

Балашов Артем Андреевич – магистрант кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: расширение области применения прогрессивных свай.

Фролов Олег Станиславович – магистрант кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: строительство в сложных инженерно-геологических условиях.

Кошелева Татьяна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: строительство в сложных инженерно-геологических условиях, разработка и исследование работы буринъекционных свай.

Данилевский Игорь Андреевич – магистрант кафедры оснований фундаментов и подземных сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: реконструкция зданий и сооружений.

Лозак Денис Игоревич – магистрант кафедры оснований фундаментов и подземных сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: применения разрядно-импульсных геотехнологий

Балашов Артем Андрійович – магістрант кафедри основ, фундаментів та підземних споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: розширення сфери застосування прогресивних паль та пальових фундаментів.

Фролов Олег Станіславович – магістрант кафедри основ, фундаментів та підземних споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: будівництво у складних інженерно-геологічних умовах.

Кошелева Тетяна Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри основ, фундаментів та підземних споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: будівництво у складних інженерно-геологічних умовах, розробка та дослідження роботи паль.

Данилевський Ігор Андрійович – магістрант кафедри основ фундаментів та підземних споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: реконструкція будівель та споруд, бурин'єкційні геотехнології.

Лозак Денис Ігорович – магістрант кафедри основ фундаментів та підземних споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: розширення застосування розрядно-імпульсних геотехнологій.

Balashov Artem – a master's student, Foundations, Foundations and Underground Structures Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: expanding the scope of progressive piles and pile foundations.

Frolov Oleg – a master's student, Foundations, Foundations and Underground Structures Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: construction in complex engineering and geological conditions.

Kosheleva Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Foundations and Underground Structures Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: construction in complex engineering and geological conditions, development and study of the operation of piles.

Danilevsky Igor – a master's student, Foundations, Foundations and Underground Structures Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: reconstruction of buildings and structures, drilling.

Lozak Denis – a master's student, Foundations, Foundations and Underground Structures Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: expanding the use of discharge-impulse geotechnologies.