

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕМЕНТОГРУНТОВЫХ СВАЙ

В.И. Запруднов¹, Н.Г. Серегин²✉

¹ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

²ФГБОУ ВО «Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет)» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, г. Москва, Ярославское ш., д. 26

SereginNG@mgsu.ru

Рассмотрена технико-экономическая эффективность сооружения свайных фундаментов бурсмесительным способом с механоактивацией грунтов. Проанализированы различные конструкции и технологии возведения свайных фундаментов. Описаны основные наиболее перспективные технологические процессы изготовления свайных фундаментов. Обоснованы преимущества сооружения свайных фундаментов бурсмесительным способом с механоактивацией грунтов. Приведены результаты расчетов сравнения технико-экономических показателей при сооружении видов и конструкций фундаментов. Представлены выводы и даны рекомендации по сооружению фундаментов малоэтажных зданий.

Ключевые слова: технико-экономическая эффективность, свайные фундаменты, цементогрунтовые сваи, бурсмесительный способ, механоактивация грунтов

Ссылка для цитирования: Запруднов В.И., Серегин Н.Г. Эффективность применения цементогрунтовых свай // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2026. Т. 30. № 3. С. 132–141.
DOI: 10.17816/2542-1468-2026-3-132-141

Долговечность и безаварийность зданий и сооружений во многом определяются конструкцией и технологией производства оснований и фундаментов при возведении объектов промышленного и гражданского строительства. Многообразие вариантов возведения оснований и фундаментов расширяет возможности оптимизации строительства на нулевом цикле [1–6]. Существенное сокращение затрат при разработке и возведении оснований зданий и сооружений позволяет применять свайные фундаменты, объем внедрения которых увеличивается с каждым годом.

Конструкции и технологии возведения свайных фундаментов зависят от вида грунта, формы и размеров строительных площадок. Очень важно обладать достоверной и полной информацией о свойствах грунтов на строительных площадках. Для возведения свайных фундаментов максимально целесообразным является применение местных строительных материалов, укрепленных связующим материалом, например цементом. Однако разнообразные климатические, грунтовые и гидрологические факторы обуславливают повышенные требования к физико-механическим свойствам

укрепленных цементом грунтов. Кроме того, низкая морозостойкость является еще одним недостатком цементогрунтов, значительно снижающим эксплуатационные характеристики верхней части оснований и фундаментов зданий и сооружений. На прочностные характеристики цементогрунтов также влияет степень измельчения грунтового компонента перед добавлением его в цементогрунтовую смесь и получением нового связующего материала для устройства цементогрунтовых свай бурсмесительным способом [7–12].

Комплексное изучение процессов, происходящих в цементогрунтах, позволит повысить технологичность возведения свайных фундаментов, выполненных на основе цементогрунтов. Выбор оптимального состава цементогрунтовой смеси в интересах повышения технологичности производства свайных работ с учетом повышения их морозостойкости обуславливает проведение комплексных исследований. Совершенствование технологии возведения цементогрунтовых свай с применением механоактивации позволит обеспечить потребности строительной отрасли в дешевых строительных материалах на основе местных грунтов.

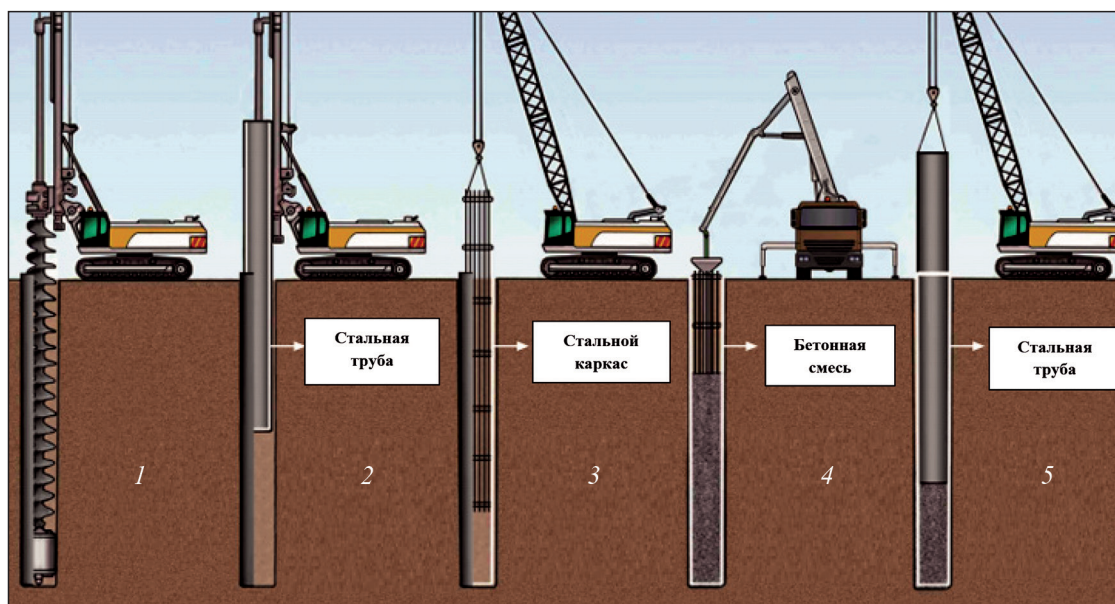


Рис. 1. Технология изготовления свайного фундамента на строительной площадке: 1 — сверление отверстия; 2 — размещение внутри отверстия стальной трубы; 3 — размещение в трубе каркаса арматуры; 4 — заливка бетоном каркаса; 5 — извлечение трубы

Fig. 1. Technology for making a pile foundation on a construction site: 1 — drilling a hole; 2 — placing a steel pipe inside the hole; 3 — placing a reinforcement frame in the pipe; 4 — pouring concrete into the frame; 5 — removing the pipe

Цель работы

Цель работы — выполнение технико-экономической оценки эффективности применения в строительстве цементогрунтовых свай и разработка рекомендации по их сооружению.

Материалы и методы

При освоении под строительные площадки территорий, которые ранее не застраивались по причине сложности инженерно-геологических условий вследствие неоднородности грунтов, проектные организации все чаще применяют сваи при конструировании фундаментов зданий и сооружений.

В последние два десятилетия применяют различные конструкции и технологии изготовления свай. Широкое распространение получили сваи заводского изготовления: винтовые, забивные и других конструкций.

Существуют различные технологии изготовления свай непосредственно на строительной площадке. Рассмотрим одну из таких технологий (рис. 1).

Технологический процесс изготовления свайного фундамента на строительной площадке состоит из пяти этапов (см. рис. 1). На этапе 1 бурильной установкой формируют в грунте скважину под будущую сваю. На этапе 2

в скважину, полученную на этапе 1 технологического процесса, погружают трубу соответствующего диаметра, которая выполняет роль опалубки. На этапе 3 в трубе размещают стальной арматурный каркас. На этапе 4 стальной арматурный каркас заливают бетонной смесью. Бетонную смесь уплотняют вибратором. Не дожидаясь отверждения бетонной смеси, на этапе 5 из сырого бетонного раствора извлекают трубу. После отверждения бетонной смеси полученная свая готова для дальнейшего сооружения фундамента.

К преимуществам рассмотренной технологии изготовления свайного фундамента следует отнести, следующие:

- возможность сооружать фундамент строящегося здания или сооружения вблизи существующих построек, поскольку данная технология относится к категории безударных;
- большая несущая способность полученного по данной технологии фундамента;
- возможность устройства фундамента по данной технологии в любых грунтовых условиях.

К недостаткам рассмотренной технологии изготовления свайного фундамента относят необходимость прогрева бетонной смеси в зимнее время, так как бетонирование происходит в полевых условиях, и сложность контроля качества формирования скважины.

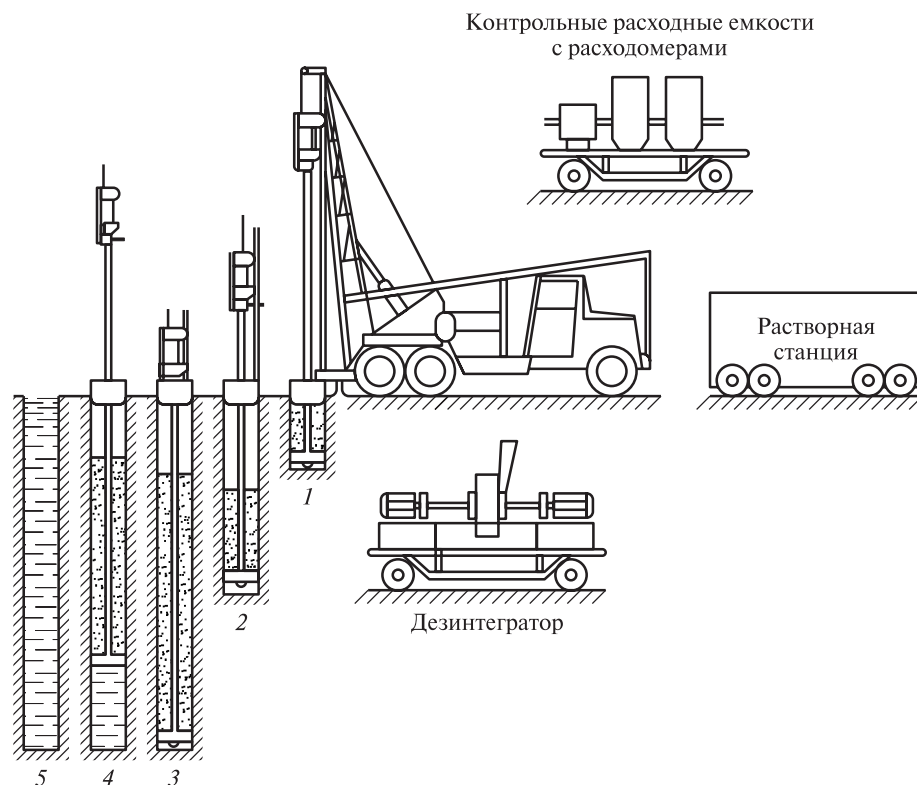


Рис. 2. Технологическая схема изготовления цементогрунтовых свай буросмесительным способом с применением механоактивации: 1 — устройство приемка; 2 — погружение буросмесителя и перевод грунта в текучее состояние; 3 — скважина, заполненная грунтом текучей консистенции; 4 — выглубление буросмесителя и подача водогрунтоцементного раствора; 5 — готовая свая

Fig. 2. Technological scheme for manufacturing cement-soil piles using the drilling-mixing method with the use of mechanical activation: 1 — pit device; 2 — boring -mixing device immersion and conversion of the soil into a fluid state; 3 — a borehole filled with fluid-consistency soil; 4 — drilling-mixing device excavation and supply of water-soil-cement matrix; 5 — finished pile

Однако при строительстве зданий и сооружений, особенно на неоднородных грунтах в сложных инженерно-геологических условиях, свайные фундаменты составляют примерно 25 % общего объема сооружаемых фундаментов, поэтому исследования по совершенствованию технологии их возведения в настоящее время приобрели широкую актуальность. Прежде всего это технологии, которые при обеспечении прочности и надежности свайных фундаментов позволяют снизить трудоемкость и стоимость изготовления.

Одним из наиболее перспективных способов сооружения свайных фундаментов является буросмесительный способ [13–18].

Буросмесительный способ сооружения свайных фундаментов позволяет закреплять все виды структурно-неустойчивых и слабых грунтов независимо от их влажности и расположения горизонта подземных вод. Буросмесительный способ достаточно экономичен по следующим причинам:

- в составе материала свай используются местные грунты;
- технологический процесс отличается низкой стоимостью;
- работы механизированы на высоком уровне;
- грунты (присадочные грунты любой влажности и активности, глинистые текучие и текуче-пластичные грунты, рыхлые водонасыщенные пески) под строящимся объектом будут закреплены.

Этот способ отличается экологической чистотой и возможностью применения как для сооружения фундаментов новых зданий и сооружений, так и для реконструкции уже существующих.

Многолетний опыт укрепления грунтов подтверждает необходимость совершенствования методов улучшения свойств цементогрунтовых свайных фундаментов [19–24]. Одним из них является метод механоактивации грунтов, который позволяет снизить расход цемента и повысить прочность цементогрунтовых свайных фундаментов.

Буросмесительный способ сооружения свайных фундаментов с механоактивацией грунтов можно реализовать с помощью буросмесительных машин, буровых установок, полых буровых штанг, обеспечивающих принудительную подачу бурового состава (рис. 2).

Технологическая схема изготовления цементогрунтовых свай буросмесительным способом с применением механоактивации грунта состоит из следующих операций (см. рис. 2):

- 1) устройство приямка;
- 2) погружение буросмесителя и перевод грунта в тягучее состояние;
- 3) заполнение скважины грунтом тягучей консистенции;
- 4) выглубление буросмесителя и подача водогрунтоцементного раствора.

Устройство приямка осуществляют бурением приемной скважины диаметром на 0,1 м больше диаметра сооружаемой сваи и глубиной 0,5–2,0 м в зависимости от длины будущей сваи и физико-механических свойств грунта. Приемная скважина предназначена для приема избытка цементогрунтовой смеси, возникшей при подаче в грунт воды и цемента. Извлеченный из скважины грунт применяют для приготовления механоактивированной цементогрунтовой смеси. В зависимости от физико-механических свойств грунта и количества вводимого связующего материала определяют глубину скважины.

Погружение буросмесителя и перевод грунта в тягучее состояние выполняют бурением грунта лопастным буросмесителем и подачей воды для перевода размельченного грунта в тягучее состояние.

Заполнение скважины грунтом тягучей консистенции проводят посредством подачи воды при погружении буросмесителя в грунт. В этом случае одновременно происходят два процесса: резание грунта и его увлажнение до тягучего состояния.

Выглубление буросмесителя и подача водогрунтоцементного раствора проводят посредством извлечения буросмесителя с одновременной подачей водогрунтоцементной смеси в необходимом объеме для поступления в грунтовую массу расчетного количества цемента.

Сооружение свайного фундамента в текучих смесях по сравнению с пластичными в 3 раза уменьшает время погружения и извлечения буросмесителя за счет увеличения частоты вращения до 130 об./мин и в 2–3 раза снижает усилие резания грунта. Кроме того, разработка грунта буросмесителем с подачей в скважину заданного объема воды для перевода грунта в тягучее состояние позволяет получить грунт необходимой степени измельчения.

Основными преимуществами буросмесительного способа сооружения свайных фундаментов с механоактивацией грунтов применение в качестве материала свай местного грунта, извлеченного непосредственно из скважины, и возможность монтажа свай рядом с существующими фундаментами и другими подземными сооружениями без их повреждения.

Результаты и обсуждение

Как указано выше высокая эффективность сооружения свайных фундаментов буросмесительным способом с механоактивацией из цементогрунтов обеспечивается применением местных грунтов в качестве основного материала. Это позволяет получить свайные материалы с высокими прочностными характеристиками. Особенно это относится к районам, не обладающим необходимым количеством каменных строительных материалов, которые в пределах Российской Федерации составляют 15 % территории. В связи с этим применение местных грунтов в качестве основного материала для свайных фундаментов при формировании цементогрунта дает реальное практическое преимущество.

Производство цементогрунтовых свай буросмесительным способом на основе механоактивированного связующего материала обеспечивает высокую экономическую эффективность за счет расхода цемента, являющегося главным дорогостоящим компонентом.

Прежде всего было проведено сравнение технических показателей при сооружении ленточных монолитных фундаментов и фундаментов на буросмесительных цементных сваях с монолитным ростверком (рис. 3–6).

При выполнении расчетов технические показатели приведены на 1 пог. м. стен малоэтажных зданий с ленточными монолитными фундаментами и фундаментами на буросмесительных цементных сваях с монолитным ростверком при нагрузке 10 т на 1 пог. м.

В результате сравнительного анализа технических показателей при сооружении ленточных монолитных фундаментов и фундаментов на буросмесительных цементных сваях с монолитным ростверком можно утверждать, что значительным преимуществом характеризуются фундаменты на буросмесительных цементных сваях с монолитным ростверком по сравнению с ленточными монолитными фундаментами (табл. 1).

Кроме того, проведено сравнение технических показателей, установленных при сооружении фундаментов из сборных сплошных блоков,

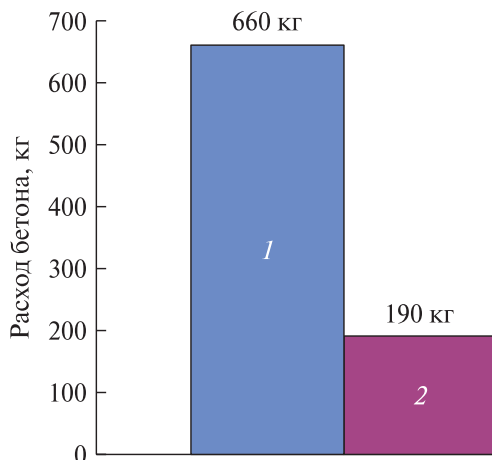


Рис. 3. Расход бетона при сооружении ленточного и свайного фундаментов: 1 — ленточные монолитные; 2 — свайные с монолитным ростверком

Fig. 3. Concrete consumption in the construction of girder and pile foundations: 1 — monolithic strip; 2 — pile with a monolithic grillage

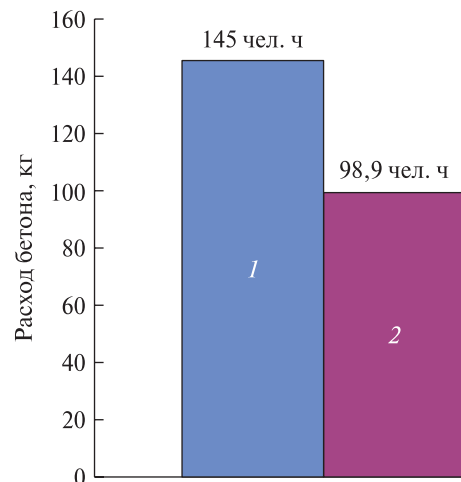


Рис. 4. Расход цемента при сооружении ленточного и свайного фундаментов (здесь и на рис. 5, 6 те же усл. об., что и на рис. 3)

Fig. 4. Cement consumption during the construction of girder and pile foundations

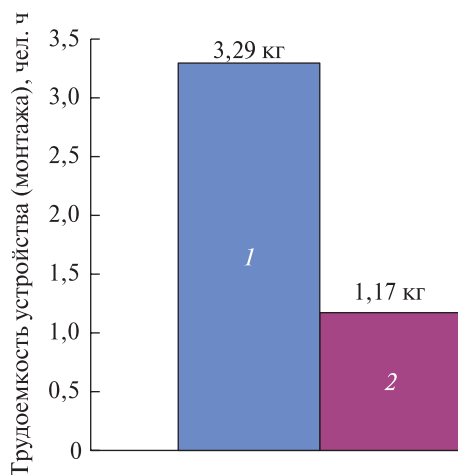


Рис. 5. Трудоемкость монтажа ленточного и свайного фундаментов

Fig. 5. The complexity of the installation of girder and pile foundations

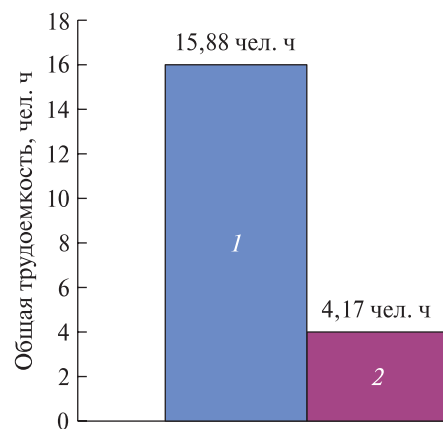


Рис. 6. Общая трудоемкость сооружения ленточного и свайного фундаментов

Fig. 6. The overall complexity of the construction of girder and pile foundations

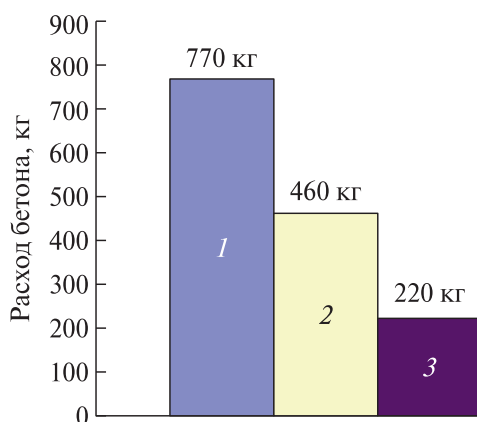


Рис. 7. Расход бетона при сооружении различных типов фундаментов: 1 — из сборных сплошных блоков; 2 — на буронабивных бетонных сваях; 3 — на буромесительных цементогрунтовых сваях

Fig. 7. Concrete consumption in the construction of various types of foundations: 1 — from precast solid blocks; 2 — on bored concrete piles; 3 — on bored cement-soil piles

Т а б л и ц а 1

Технические показатели по двум видам фундаментов
Technical indicators for two types of foundations

Показатель	Вид фундамента	
	Ленточные монолитные фундаменты	Буросмесительные цементные сваи с монолитным ростверком
Расход бетона, кг	660	190
Расход цемента, кг	145	98,9
Трудоемкость монтажа, чел. ч	3,29	1,17
Общая трудоемкость, чел. ч	15,88	4,17

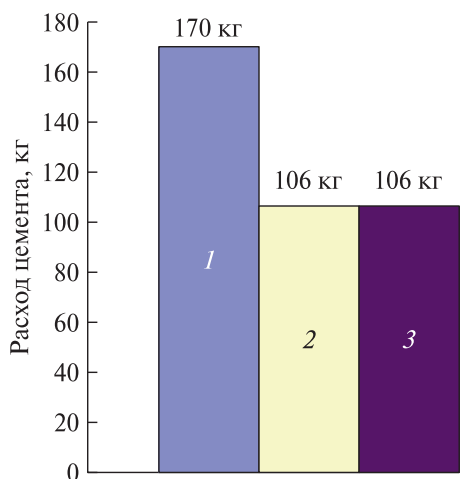


Рис. 8. Расход цемента при сооружении различных типов фундаментов (здесь и на рис. 9 те же усл. об., что и на рис. 7)

Fig. 8. Cement consumption during the construction of various types of foundations (here and in Fig. 9 are the same conditions as in Fig. 7)

буронабивных бетонных свай и буросмесительных цементогрунтовых свай (рис. 7–9).

Расчеты технических показателей выполнялись при тех же условиях, т. е. на 1 пог. м. стен малоэтажных зданий с ленточными фундаментами из сборных бетонных блоков и фундаментами на буросмесительных цементных сваях со сборным ростверком при нагрузке 10 т на 1 пог. м.

В результате сравнительного анализа технических показателей при сооружении фундаментов из сборных бетонных блоков, буронабивных бетонных свай и буросмесительных цементогрунтовых свай со сборным ростверком

Т а б л и ц а 2

Технические показатели по трем видам фундаментов
Technical indicators for three types of foundations

Показатель	Ленточный из сборных бетонных блоков	Буронабивные бетонные сваи	Буросмесительные цементогрунтовые сваи со сборным ростверком
Расход цемента, т	0,17	0,106	0,106
Трудоемкость монтажа, чел. ч	3,84	3,99	2,9

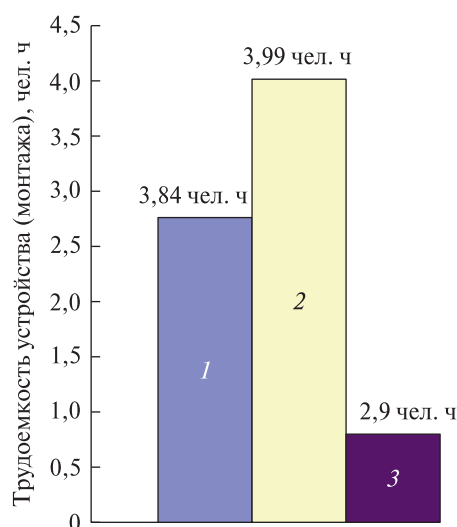


Рис. 9. Трудоемкость монтажа при сооружении различных типов фундаментов

Fig. 9. The complexity of installation during the construction of various types of foundations

можно утверждать, что значительным преимуществом характеризуются фундаменты на буросмесительных цементогрунтовых сваях по сравнению с фундаментами из сборных бетонных блоков и буронабивных бетонных свай (табл. 2). Обращает на себя внимание равенство значений технического показателя расхода цемента при сооружении фундаментов на буронабивных бетонных и буросмесительных цементогрунтовых сваях 106 кг. Однако это не снижает преимущества сооружения фундаментов на буросмесительных цементогрунтовых сваях перед фундаментами на буронабивных бетонных сваях, поскольку возведение фунда-

ментов на буронабивных бетонных сваях недопустимо рядом с существующими зданиями или сооружениями. Это связано с ударными воздействиями, которые необходимы при монтаже фундаментов на буронабивных бетонных сваях, способными нанести повреждения фундаментам рядом находящихся зданий или сооружений.

Выводы

1. Применение вместо железобетонных забивных свай буронабивных способствует укреплению грунтов и повышает технику эффективности строительного процесса.

2. Изготовление свай из цементогрунта буромесительным способом с механоактивацией снижает потребность в крупном заполнителе, не требует вывоз грунта со строительной площадки.

3. При сооружении фундамента вместе с цементом в качестве механоактивированного компонента следует применять грунт из приямка.

4. Производство свай из цементогрунта буромесительным способом с механоактивацией минимизирует парк строительных машин и механизмов, сокращает количество строительных рабочих и снижает стоимость нулевого цикла.

Список литературы

- [1] Серегин Н.Г., Запруднов В.И. Механоактивационный способ получения вяжущего для устройства цементогрунтовых свай // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 1. С. 114–120. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-1-114-120
- [2] Серегин Н.Г., Запруднов В.И. Определение оптимальных составов цементогрунтов при устройстве свайных фундаментов буромесительным способом // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 5. С. 106–110. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-5-106-110
- [3] Seregin N. Strengthening of Soils During the Construction of Cement-Ground Piles // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022), 2023, pp. 119–126. DOI:10.1007/978-3-031-36960-5_15
- [4] Omarov A., Zhussupbekov A., Kaliakin V. Investigations of piles by bidirectional static loading test in Astana soils // E3S Web of Conferences, 2023, v. 457, no. 02057.
- [5] Omarov A., Zhussupbekov A., Kaliakin V., Chang D.-W., Dhanya J.S. Comparison of the results of different types of testing piles with static load to predict the load capacity of piles // J. of Applied Science and Engineering (Taiwan), 2025, no. 28(1), pp. 163–174.
- [6] Omarov A.R., Zhussupbekov A.Zh., Sarsembayeva A.S., Issakulov A.B., Buranbayeva A.M. Numerical modelling micro piles and evaluation of the o-cell test results // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2023, no. 5(461), pp. 190–201. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-170X.342>
- [7] Omarov A.R., Zhussupbekov A.Z., Mussakhano va S.T., Issakulov A.B. Analysis of interaction of precast concrete joint piles with problematic soil conditions Prorva // Smart Geotechnics for Smart Societies, 2023, pp. 1385–1394.
- [8] Omarov A., Sarsembayeva A., Zhussupbekov A., Nurgozhina M., Yeleussinova A., Isakulov B. Bearing Capacity of Precast Concrete Joint Micropile Foundations in Embedded Layers: Predictions from Dynamic and Static Load Tests according to ASTM Standards // Infrastructures, 2024, no. 9(7), p. 104.
- [9] Mussakhanova S., Zhussupbekov A., Omarov A., Abilmazhenov T., Issakulov A. Features of test ing piles for high-rise buildings in difficult soil conditions in Astana // International J. of Geomate, 2023, no. 25(110), pp. 106–113.
- [10] Buranbayeva A., Zhussupbekov A., Sarsembayeva A., Omarov A. Evaluation of the Structural Health Monitoring Results of the Applied Fiber Optics in the Pile Raft Foundations of a High-Rise Building // Applied Sciences (Switzerland), 2022, no. 12(22), p. 11728.
- [11] Zhussupbekov A., Mangushev R., Omarov A. Geotechnical Piling Construction and Testing on Problematical Soil Ground of Kazakhstan and Russia // Lecture Notes in Civil Engineering, 2021, no. 112, pp. 89–107.
- [12] Issakulov A., Omarov A., Zhussupbekov A., Musakhanova S., Issakulov B. Investigation of the interaction of the bored micro pile by dds (fdp) technology with the soil ground // International J. of Geomate, 2023, no. 24(105), pp. 11–17.
- [13] Buranbayeva A.M., Zhussupbekov A., Omarov A.R. Numerical analysis and geomonitoring of behaviour of foundation of Abu-Dhabi Plaza in Nur-Sultan // J. of Physics: Conference Series, 2021, no. 1928(1), p. 012033.
- [14] Zhussupbekov A., Kaliakin V., Chang D.-W., Omarov A. Investigation of Interaction of Piles at New Cargo Sea Transportation Route and LRT Projects with Problematical Soils of Kazakhstan // Lecture Notes in Civil Engineering, 2022, no. 164, pp. 945–957.
- [15] Omarov A.R., Kuderin M., Zhussupbekov A., Kaliakin V.N., Iskakov S. Vibration measurements at a new monument in Nursultan city // International J. of Geomate, 2021, no. 21(85), pp. 24–31.
- [16] Zhussupbekov A., Morev I., Omarov A., Borgekova K., Zhukenova G. Geotechnical considerations of piling testing in problematical soils of West Kazakhstan // International J. of Geomate, 2018, no. 15(47), pp. 111–117.
- [17] Zhussupbekov A., Omarov A., Tanyrbergenova G. Design of anchored diaphragm wall for deep excavation // International J. of Geomate, 2019, no. 16(58), pp. 139–144.
- [18] Zhussupbekov A., Chang D.-W., Uteпов Y., Borgekova K., Omarov A. Estimating the Driven Pile Capacities for COF Project in West Kazakhstan // Soil Mechanics and Foundation Engineering, 2019, no. 56(2), pp. 121–127.
- [19] Zhussupbekov A., Omarov A., Morev I., Ashkey E., Borgekova K., Popov V. Analysis results of static and dynamic loads tests of pile foundations in construction site of Expo-2017 // ICSMGE 2017 — 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Seoul, 17–22 September 2017, pp. 3079–3082.

- [20] Ang J. B., Fredriksson P. G. Trade, global policy and the environment // *J. of Comparative Economics*, 2018, no. 46, pp. 616–633.
- [21] Baraffe H.D., Cosson M., Bect J. A novel non-intrusive approximation method to obtain fast and accurate multi-period load-flows for distribution net work planning // *Electric Power Systems Research*, 2018, v. 154, pp. 444–451.
- [22] Garmanov G., Urazaeva N. The paper presents design and calculation of cost effectiveness of various types of foundations on the example of the city of Vologda // *Procedia Engineering*, 2015, no. 117, pp. 465–475.
- [23] Aguiar dos Santos R., Rogério Esquivel E. Saturated anisotropic hydraulic conductivity of a compacted lateritic soil // *J. of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2018, no. 10, pp. 986–991.
- [24] Lu Z., Xian S., Yao H., Fang R., She J. Influence of freeze thaw cycles in the presence of a supplementary water supply on mechanical properties of compacted soil // *Cold Regions Science and Technology*, 2019, no. 157, pp. 4252.
- [25] Sakai T., Nakano M. Interpretation of the mechanical behavior of embankments having various compaction properties based on the soil skeleton structure // *Soils and Foundations*, 2015, no. 55, pp. 1069–1085.
- [26] Kumor L.A., Kumor M.K. Changes in mechanical parameters of soil, considering the effect of additional compaction of embankment // *Transportation Research Procedia*, 2016, no. 14, pp. 787–796.
- [27] Hong Z. Executive labor market segmentation: How local market density affects incentives and performance // *J. of Corporate Finance*, 2018, v. 50, pp. 1–21.
- [28] Baril G.L., Wright J.C. Different types of moral cognition: Moral stages versus moral foundations // *Personality and Individual Differences*, 2012, v. 53, iss. 4, pp. 468–473.
- [29] Kong G., Cao T., Hao Y., Zhou Y., Ren L. Thermomechanical properties of an energy micro pile — raft foundation in silty clay // *Underground Space*, 2019, no. 6 (3), pp. 1–9.
- [30] Li J., Wang X., Guo Y., Yu X. Vertical bearing capacity of the pile foundation with restriction plate via centrifuge modelling // *Ocean Engineering*, 2019, v. 181, pp. 109–120.
- [31] Santos R., Esquivel E. Saturated anisotropic hydraulic conductivity of a compacted lateritic soil // *J. of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2018, v. 10, iss. 5, pp. 986–991.
- [32] Zhao R., Hui R., Liu L., Xie M., An L. Effects of snowfall depth on soil physical–chemical properties and soil microbial biomass in moss – dominated crusts in the Gurbantunggut Desert, Northern China // *Catena*, 2018, v. 169, pp. 175–182.
- [33] Zhang Q., Shao M., Jia X., Wei X. Changes in soil physical and chemical properties after short drought stress in semi humid forests // *Geoderma*, 2019, v. 338, pp. 170–177.
- [34] Kante N., Kryshchuk M., Lavendels J. Charged Particle Location Modeling Based Experiment Plan Acquisition Method // *Procedia Computer Science*, 2017, v. 104, pp. 592–597.
- [35] Hong Y., Wang Y., Wu J., Jiao L., Chang X. Developing a mathematical modeling method for determining the potential rates of microbial ammonia oxidation and nitrite oxidation in environmental samples // *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2018, v. 133, pp. 116–123.
- [36] Jayanudin J., Fahrurrozi M., Wirawan S.K., Rochmadi R. Mathematical modeling of the red ginger oleoresin release from chitosan-based microcapsules using emulsion crosslinking method // *Engineering Science and Technology*, 2019, v. 22, iss. 2, pp. 458–467.
- [37] Stephenson C.L., Harris C.A. An assessment of dietary exposure to glyphosate using refined deterministic and probabilistic methods // *Food and Chemical Toxicology*, 2016, v. 95, pp. 28–41.

Сведения об авторах

Запруднов Вячеслав Ильич — д-р техн. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), zaprudnov@bmstu.ru

Серегин Николай Григорьевич — канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет)» (НИУ МГСУ), SereginNG@mgsu.ru

Поступила в редакцию 05.05.2025.

Одобрено после рецензирования 15.05.2025.

Принята к публикации 19.03.2026.

CEMENT-BASED PILES APPLICATION EFFICIENCY

V.I. Zaprudnov¹, N.G. Seregin²✉

¹BMSTU (Mytishchi Branch), 1, 1st Institut'skaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg. Russia

²National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavl highway, 129337, Moscow, Russia

SereginNG@mgsu.ru

The article considers the technical and economic efficiency of piled foundations construction by boring and mixing method with mechanical activation of soils. Various designs and technologies for the construction of piled foundations are analyzed. The main and most promising technological processes for the manufacture of piled foundations are described. The advantages of constructing piled foundations by boring and mixing method with mechanical activation of soils are substantiated. The results of calculations comparing technical and economic indicators in the construction of types and structures of foundations are presented. Conclusions and recommendations on the construction of foundations of low-rise buildings are given.

Keywords: technical and economic efficiency, piled foundations, cement-based piles, boring and mixing method, mechanical activation of soils

Suggested citation: Zaprudnov V.I., Seregin N.G. *Effektivnost' primeneniya tsementogruntovykh svay* [Cement-based piles application efficiency]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2026, vol. 30, no. 3, pp. 132–141. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-3-132-141

References

- [1] Seregin N.G., Zaprudnov V.I. *Mekhanoaktivatsionnyy sposob polucheniya vyazhushchego dlya ustroystva tsementogruntovykh svay* [Mechanical activation method for obtaining cement-ground piles binder]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2023, vol. 27, no. 1, pp. 114–120. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-1-114-120
- [2] Seregin N.G., Zaprudnov V.I. *Opreделение optimal'nykh sostavov tsementogruntoy pri ustroystve svaynykh fundamentov burosmesitel'nykh sposobom* [Optimal composition test of cement primers in pile foundation construction by boring and mixing method]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 5, pp. 106–110. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-5-106-110
- [3] Seregin N. Strengthening of Soils During the Construction of Cement-Ground Piles. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022)*, 2023, pp. 119–126. DOI:10.1007/978-3-031-36960-5_15
- [4] Omarov A., Zhussupbekov A., Kaliakin V. Investigations of piles by bidirectional static loading test in Astana soils. *E3S Web of Conferences*, 2023, v. 457, no. 02057.
- [5] Omarov A., Zhussupbekov A., Kaliakin V., Chang D.-W., Dhanya J.S. Comparison of the results of different types of testing piles with static load to predict the load capacity of piles. *J. of Applied Science and Engineering (Taiwan)*, 2025, no. 28(1), pp. 163–174.
- [6] Omarov A.R., Zhussupbekov A.Zh., Sarsembayeva A.S., Issakulov A.B., Buranbayeva A.M. Numerical modelling micro piles and evaluation of the o-cell test results. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 2023, no. 5(461), pp. 190–201. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-170X.342>
- [7] Omarov A.R., Zhussupbekov A.Z., Mussakhano va S.T., Issakulov A.B. Analysis of interaction of precast concrete joint piles with problematic soil conditions Prorva. *Smart Geotechnics for Smart Societies*, 2023, pp. 1385–1394.
- [8] Omarov A., Sarsembayeva A., Zhussupbekov A., Nurgozhina M., Yeleussinova A., Isakulov B. Bearing Capacity of Precast Concrete Joint Micropile Foundations in Embedded Layers: Predictions from Dynamic and Static Load Tests according to ASTM Standards. *Infrastructures*, 2024, no. 9(7), p. 104.
- [9] Mussakhanova S., Zhussupbekov A., Omarov A., Abilmazhenov T., Issakulov A. Features of testing piles for high-rise buildings in difficult soil conditions in Astana. *International J. of Geomate*, 2023, no. 25(110), pp. 106–113.
- [10] Buranbayeva A., Zhussupbekov A., Sarsembayeva A., Omarov A. Evaluation of the Structural Health Monitoring Results of the Applied Fiber Optics in the Pile Raft Foundations of a High-Rise Building. *Applied Sciences (Switzerland)*, 2022, no. 12(22), p. 11728.
- [11] Zhussupbekov A., Mangushev R., Omarov A. Geotechnical Piling Construction and Testing on Problematical Soil Ground of Kazakhstan and Russia. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2021, no. 112, pp. 89–107.
- [12] Issakulov A., Omarov A., Zhussupbekov A., Mussakhanova S., Issakulov B. Investigation of the interaction of the bored micro pile by fdp technology with the soil ground. *International J. of Geomate*, 2023, no. 24(105), pp. 11–17.
- [13] Buranbayeva A.M., Zhussupbekov A., Omarov A.R. Numerical analysis and geomonitoring of behaviour of foundation of Abu-Dhabi Plaza in Nur-Sultan. *J. of Physics: Conference Series*, 2021, no. 1928(1), p. 012033.

- [14] Zhussupbekov A., Kaliakin V., Chang D.-W., Omarov A. Investigation of Interaction of Piles at New Cargo Sea Transportation Route and LRT Projects with Problematic Soils of Kazakhstan. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2022, no. 164, pp. 945–957.
- [15] Omarov A.R., Kuderin M., Zhussupbekov A., Kaliakin V.N., Iskakov S. Vibration measurements at a new monument in Nursultan city. *International J. of Geomate*, 2021, no. 21(85), pp. 24–31.
- [16] Zhussupbekov A., Morev I., Omarov A., Borgekova K., Zhukenova G. Geotechnical considerations of piling testing in problematical soils of West Kazakhstan. *International J. of Geomate*, 2018, no. 15(47), pp. 111–117.
- [17] Zhussupbekov A., Omarov A., Tanyrbergenova G. Design of anchored diaphragm wall for deep excavation. *International J. of Geomate*, 2019, no. 16(58), pp. 139–144.
- [18] Zhussupbekov A., Chang D.-W., Uteпов Y., Borgekova K., Omarov A. Estimating the Driven Pile Capacities for COF Project in West Kazakhstan. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 2019, no. 56(2), pp. 121–127.
- [19] Zhussupbekov A., Omarov A., Morev I., Ashkey E., Borgekova K., Popov V. Analysis results of static and dynamic loads tests of pile foundations in construction site of Expo-2017 // ICSMGE 2017 — 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Seoul, 17–22 September 2017, pp. 3079–3082.
- [20] Ang J. B., Fredriksson P. G. Trade, global policy and the environment. *J. of Comparative Economics*, 2018, no. 46, pp. 616–633.
- [21] Baraffe H.D., Cosson M., Bect J. A novel non-intrusive approximation method to obtain fast and accurate multi-period load-flows for distribution network planning. *Electric Power Systems Research*, 2018, v. 154, pp. 444–451.
- [22] Garmanov G., Urazaeva N. The paper presents design and calculation of cost effectiveness of various types of foundations on the example of the city of Vologda. *Procedia Engineering*, 2015, no. 117, pp. 465–475.
- [23] Aguiar dos Santos R., Rogério Esquivel E. Saturated anisotropic hydraulic conductivity of a compacted lateritic soil. *J. of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2018, no. 10, pp. 986–991.
- [24] Lu Z., Xian S., Yao H., Fang R., She J. Influence of freeze thaw cycles in the presence of a supplementary water supply on mechanical properties of compacted soil. *Cold Regions Science and Technology*, 2019, no. 157, pp. 4252.
- [25] Sakai T., Nakano M. Interpretation of the mechanical behavior of embankments having various compaction properties based on the soil skeleton structure. *Soils and Foundations*, 2015, no. 55, pp. 1069–1085.
- [26] Kumor L.A., Kumor M.K. Changes in mechanical parameters of soil, considering the effect of additional compaction of embankment. *Transportation Research Procedia*, 2016, no. 14, pp. 787–796.
- [27] Hong Z. Executive labor market segmentation: How local market density affects incentives and performance. *J. of Corporate Finance*, 2018, v. 50, pp. 1–21.
- [28] Baril G.L., Wright J.C. Different types of moral cognition: Moral stages versus moral foundations. *Personality and Individual Differences*, 2012, v. 53, iss. 4, pp. 468–473.
- [29] Kong G., Cao T., Hao Y., Zhou Y., Ren L. Thermomechanical properties of an energy micro pile — raft foundation in silty clay. *Underground Space*, 2019, no. 6 (3), pp. 1–9.
- [30] Li J., Wang X., Guo Y., Yu X. Vertical bearing capacity of the pile foundation with restriction plate via centrifuge modelling. *Ocean Engineering*, 2019, v. 181, pp. 109–120.
- [31] Santos R., Esquivel E. Saturated anisotropic hydraulic conductivity of a compacted lateritic soil. *J. of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2018, v. 10, iss. 5, pp. 986–991.
- [32] Zhao R., Hui R., Liu L., Xie M., An L. Effects of snowfall depth on soil physical–chemical properties and soil microbial biomass in moss – dominated crusts in the Gurbantunggut Desert, Northern China. *Catena*, 2018, v. 169, pp. 175–182.
- [33] Zhang Q., Shao M., Jia X., Wei X. Changes in soil physical and chemical properties after short drought stress in semi humid forests. *Geoderma*, 2019, v. 338, pp. 170–177.
- [34] Kante N., Kryshchuk M., Lavendels J. Charged Particle Location Modeling Based Experiment Plan Acquisition Method. *Procedia Computer Science*, 2017, v. 104, pp. 592–597.
- [35] Hong Y., Wang Y., Wu J., Jiao L., Chang X. Developing a mathematical modeling method for determining the potential rates of microbial ammonia oxidation and nitrite oxidation in environmental samples. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2018, v. 133, pp. 116–123.
- [36] Jayanudin J., Fahrurrozi M., Wirawan S.K., Rochmadi R. Mathematical modeling of the red ginger oleoresin release from chitosan-based microcapsules using emulsion crosslinking method. *Engineering Science and Technology*, 2019, v. 22, iss. 2, pp. 458–467.
- [37] Stephenson C.L., Harris C.A. An assessment of dietary exposure to glyphosate using refined deterministic and probabilistic methods. *Food and Chemical Toxicology*, 2016, v. 95, pp. 28–41.

Authors' information

Zaprudnov Vyacheslav Il'ich — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), zaprudnov@bmstu.ru

Seregin Nikolay Grigor'evich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Moscow State Building University, SereginNG@mgsu.ru

Received 05.05.2025.

Approved after review 15.05.2025.

Accepted for publication 19.03.2026.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest