УДК 331.45

DOI: 10.25018/0236 1493 2024 2 0 129

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ ПЕРЕКЛАДКЕ ПОДЗЕМНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Е.А. Король¹, Е.Н. Дегаев¹, Д.С. Конюхов²

¹ НИУ МГСУ, Москва, Россия, e-mail: degaev@inbox.ru ² НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

Аннотация: Открытие новых мест добычи полезных ископаемых часто связано с перекладкой существующих подземных коммуникаций в неустойчивых грунтах, что является достаточно сложной технической задачей. Буросекущие сваи выполняют важную функцию по укреплению стенок котлованов для предотвращения обвалов грунта из-за напора грунтовых вод. Представлены результаты исследований методом сейсмоакустической дефектоскопии сплошности свай в устраиваемых при перекладке инженерных коммуникаций котлованах. Исследуемые сваи располагались в рабочих и приемных котлованах, устраиваемых для переноса инженерных коммуникаций сетевой инфраструктуры. Важность контроля качества свай обусловлена обеспечением безопасности производимых работ при перекладке инженерных коммуникаций. Приведены результаты исследований буросекущих свай. Выявлено, что звуковая волна отражается на границе раздела двух разных грунтов и создает ложные дефекты в виде пиков на графике сигнала. Это может ввести в заблуждение, так как эти пики могут быть приняты за реальные дефекты в стволе сваи. Таким образом, чистота сигнала зависит от однородности грунта вокруг сваи. Также дополнительным фактором искажения сигнала является струйная цементация для укрепления грунтов. Произведен расчет противофильтрационных завес для обеспечения безопасности работ. Представленные результаты имеют практическую ценность при обработке рефлектограмм, позволяя опытным путем распознать помехи и исключить дефекты.

Ключевые слова: перекладка подземных коммуникаций, обеспечение безопасности, сейсмоакустика, сплошность свай, укрепление стенок котлованов, противофильтрационные завесы, микротоннелирование.

Для цитирования: Король Е. А., Дегаев Е. Н., Конюхов Д. С. Обеспечение безопасных условий труда при перекладке подземных инженерных коммуникаций // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 2. – С. 129–139. DOI: 10.25018/0236 1493 2024 2 0 129.

Labor safety in laying of underground utilities

E.A. Korol¹, E.N. Degaev¹, D.S. Koniukhov²

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia, e-mail: degaev@inbox.ru
National University of Science and Technology «MISiS», Moscow, Russia **Abstract:** Discovery of new mineral occurrences often entails re-laying of the existing underground utilities in unstable ground, which is an engineering challenge. Secant piles perform an important function of wall reinforcement in working trenches and prevent ground falls induced by soil water head. The article presents the results of acoustic defectoscopy aimed to assess integrity of piles in working trenches in re-laying of underground utilities. The test piles were placed in the pilot and intaking trenches for the transference of network utilities. The critical nature of the pile quality control is governed by the labor safety in re-laying of underground utilities. The test results of the secant piles are presented. It is found that the acoustic wave is reflected from the interface of two different soil types and creates false defects in the form of peaks in the signal curve. This may disorient engineers as the peaks may be taken as the real defects in the piles. Thus, the purity of a signal depends on the uniformity of soil around a pile. Another factor of the signal distortion is the jet cementation in soil reinforcement. The ground water cutoffs are designed for the operation safety. The results have a practical value in interpretation of reflectograms, and enable empirical identification of noisy signals and elimination of defects.

Key words: re-laying of underground utilities, safety, seismoacoustics, pile integrity, trench wall reinforcement, ground water cutoff, micro-tunneling.

For citation: Korol E.A., Degaev E.N., Koniukhov D.S. Labor safety in laying of underground utilities. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2024;(2):129-139. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_2_0_129.

Введение

По данным Минприроды РФ в 2022 г. открыто свыше 130 месторождений твердых полезных ископаемых и месторождений углеводородов. Открытие новых мест добычи полезных ископаемых часто связано с перекладкой существующих подземных коммуникаций в неустойчивых грунтах, что является достаточно сложной технической задачей [1-3].

Наиболее предпочтительным методом переноса инженерных коммуникаций без ущерба для существующей инфраструктуры является микротоннелирование.

Преимуществом микротоннелирования является возможность выполнения задач по прокладке коммуникаций в самых сложных условиях, там, где ранее невозможно было проводить работы без специальных методов закрепления грунтов. Технологии микротоннелирования

предусматривают разработку рабочих и приемных котлованов, в которых и будут производиться основные работы.

Добывающая промышленность является наиболее травмоопасной сферой труда и требует особенно ответственного отношения к технике безопасности и правилам охраны труда [4]. Для обеспечения безопасности строительных работ в рабочих и приемных котлованах необходимым условием является подтверждение сплошности и длины свай, которыми укрепляются стенки котлованов [5, 6].

Сейсмоакустическая дефектоскопия — это современный метод испытания свай на сплошность, основанный на теории распространения звуковых волн в твердых телах. Этот метод имеет ряд преимуществ перед другими методами, но в России он используется редко из-за отсутствия нормативной базы [7, 8]. Также исследований по этому методу

недостаточно, а представленные производителями рефлектограммы трудно интерпретировать [9-11].

Целью данной работы является представление и интерпретация результатов, полученных при оценке сплошности буросекущих свай, расположенных в рабочих и приемных котлованах, используемых при переносе инженерных коммуникаций. А также расчет противофильтрационных завес для обеспечения безопасности работ.

Материалы и методы

Сейсмоакустическая дефектоскопия основана на регистрации реакции сваи на внешние удары. Сигнал записывается датчиком акселерометра и обрабатывается специальным программным обеспечением, которое создает рефлектограмму. Эта рефлектограмма показывает длину сваи l, наличие повреждений и их расположение. Удар молотка по свае возбуждает акустическую волну, которая распространяется по свае со скоростью c и отражается от границ раздела сред (бетон — дефект или бетон — грунт). Датчик фиксирует время t между ударом и отражением волны [12-15]:

$$t = \frac{2l}{c} \,. \tag{1}$$

Длина сваи l определяется по временному интервалу между моментом удара по свае и моментом, когда звуковая волна возвращается обратно:

$$l = \frac{ct}{2} .$$
(2)

Скорость распространения звуковой волны c зависит от свойств материала сваи и окружающей среды:

$$c = \frac{E_d}{\rho} .$$
(3)

Дефекты в свае могут быть обнаружены по изменению скорости с распро-

странения звуковой волны, которая зависит от прочности ρ и сечения E сваи [12 — 15].

Результаты исследования

Для правильной интерпретации результатов сейсмоакустической дефектоскопии необходимым условием является проведение геологических изысканий [13, 15]. Геологические данные, включая характеристики грунтов, представлены

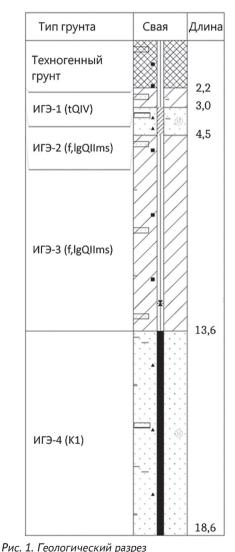


Fig. 1. Geological section

подрядчиком работ. В результате проведения геологических исследований были выявлены четыре инженерно-геологических элемента (ИГЭ): насыпной суглинок тугопластичный, суглинок тугопластичный, мелкий песок средней плотности и мелкий плотный песок, насыщенный водой. Каждый из этих типов грунта имеет свои особенности и свойства, которые необходимо учитывать при проведении сейсмоакустической дефектоскопии свай [12, 14] (см. рис. 1).

При проведении бурения до 25,5 м в рамках геологического исследования были обнаружены подземные воды надъюрского водоносного слоя. По пробуренным скважинам определили, что на исследуемом объекте этот слой находится на глубине от 5,1 до 14,2 м. Вода содержится в песках среднечетвертичного и нижнемелового периода, сверху ограниченных суглинками среднечетвертичного периода, которые являются основным водоупорным слоем.

Этап 1 и 2. Струцная цементация грунтов в основании котлована №9 по технологии "Jet" 3man 2. Противофильтрационная завеса на входе/выходе AVN из ГЦС d=1000 мм H=2,0 M C Wasom 700 MM (7 Wm.) 1200 4 * 700=2800 5200 1200 900 8*700=5600 900 700 3man 1 Противофильтрационная завеса в 7400 200 основании котлована из ГЦС d=1000 мм Н=2,0 м с шагом 700 мм (43 шт.) Противофильтрационная завеса на входе/выходе AVN из ГЦС d=1000 мм Н=2,0 м с шагом 700 мм (7 шт.) -12,20 YFB БСС d=800 мм с шагом 550 мм -13,50 YFB -14.202000 -16,20 800 5800 800 Противофильтрационная завеса в основании котлована из ГЦС d=1000 мм

H=2,0 м с шагом 700 мм (43 шт.)
Рис. 2. Струйная цементация грунтов в основании котлованов по технологии «Jet»
Fig. 2. Jet cementation of soils at the base of pits using Jet technology

Снизу находится водоупорный слой из верхнеюрских глин, который не был пройден в процессе бурения на глубину 23 м. Грунтовые воды подпитываются за счет атмосферных осадков, которые просачиваются сквозь почву. Коэффициент фильтрации песка был определен в лаборатории и составил 7,1 м/сут для ИГЭ-3 и 2,6 м/сут для ИГЭ-4.

По химическому составу подземные воды являются сульфатно-гидрокарбонатными, с высоким содержанием магния и кальция, очень пресными и умеренно жесткими (с карбонатной жесткостью). Их минерализация составляет от 0,3 до 0,4 г/л, а показатель рН находится в диапазоне от 6,9 до 7,3. В соответствии с СП 28.13330-2017 эти воды не представляют опасности для бетона любых марок. Исходя из инженерно-геологической информации, для прокладки инженерных коммуникаций рекомендуется использовать закрытые переходы с применением тоннелепроходочных комплексов AVN 800 с закреплением грунта в рабочих котлованах методом «Jet» (рис. 2) [16]. Все работы в котлованах должны проводиться с использованием искусственного защитного барьера.

Эти меры необходимы для обеспечения безопасности рабочих и действующих подземных сетей и сооружений. Для предотвращения обрушения грунта в котлованы в местах входа и выхода тоннелепроходческой машины, а также для предотвращения уплотнения верхних слоев грунта, используется шпунтовое ограждение котлована, которое не извлекается после завершения работ.

Безопасность работ в котлованах обеспечивается устройством противофильтрационных завес (ПФЗ). В соответствии с СП 291.1325800.2017 произведен расчет необходимой толщины ПФЗ:

$$h_{jet}=1,1rac{g_{_{w}}H_{_{w}}}{g_{jet}}$$
 ,

$$h_{jet} = 1, 1 \cdot \frac{10, 0 \cdot 3, 5}{20, 0} = 1,93.$$
 (4)

 $H_{\rm w}$ — расчетная мощность горизонтальной ПФ3, м; $g_{\rm w}$ = 10,0 — удельный вес воды, кН/м³; H = 2,0 + 1,5 = 3,5 — гидростатическое давление на основание горизонтального барьера в естественных условиях, м; $g_{\rm jet}$ = 20,0 — удельный вес ПФ3, кН/м³.

Укрепление грунта струйной цементацией проведено в соответствии с СП 63.13330.2018 и СП 291.1325800.2017, исходя из условия:

$$M \leq M_{\text{ult}}.$$
 (5)

M — изгибающий момент от внешней нагрузки, к $H \cdot M$; M_{ult} — предельный изгибающий момент, который может выдержать сечение $\Pi\Phi 3$, к $H \cdot M$.

Внешняя нагрузка, действующая на ПФ3:

$$Q = q_w H_0 A$$
, $A = 5.8 \cdot 3.6 =$
= 20.9 м² (площадь ПФЗ), (6)
 $Q = 10.4 \cdot 4.0 \cdot 20.9 =$
= 836.0 кН (232 кН/м).

Изгибающий момент от внешней нагрузки:

$$M = \frac{Ql^2}{8}, \qquad (7)$$

$$M = \frac{232, 3 \cdot 3, 6^2}{8} = 376,4 \text{ kH·m.}$$

Предельный изгибающий момент:

$$M_{ult} = R_{bt}W, \qquad (8)$$

$$M_{ult} = 0,26 \cdot 10^3 \cdot 3,9 = 1014,0 \text{ kH·m.}$$

 $R_{\rm bt} = 0.26 - 0.31 - предел прочности на растяжение при изгибе, МПа; <math>W - мо-мент$ сопротивления сечения элемента, M^3 .

Проведенные расчеты показали, что прочность ПФЗ обеспечена, т.к. выполняется условие (5):

$$376,4(M) \leq 1014,0(M_{ult})$$
.

Для принятия решения о возможности продолжения работ по устройству котло-

Типовые рефлектограммы Typical reflectograms

Профиль сваи	Регистрируемый сигнал
	^^
	↑
	^
	^
	↑↑
	^ ~~~~ ^
	<u>^</u> ~~~^∧
	^
	^
	^^
	<u>^</u>
	^~~~~ <u>~</u>

вана были проведены сейсмоакустические исследования, целью которых было подтверждение проектных длин и целостности буросекущих свай (см. рис. 3).

В таблице приведены типовые рефлектограммы, установленные в ПНСТ 804-2022 «Сваи. Сейсмоакустический метод контроля длины и сплошности». В документе указано, что полученные результаты сейсмоакустического испытания должны быть приведены к виду, наиболее близко соответствующему типовой рефлектограмме, или нескольких сочетаний типовых сигналов для последующей интерпретации [17—19].

При сравнении полученных графиков и типовых рефлектограмм, видны различия в форме сигнала. Можно выделить

сразу несколько дефектов, выдать предписание подрядной организации и остановить дальнейшие работы. Решение верное, если бы на самом деле там имелись дефекты. В ПНСТ 804-2022 допускают неправильную интерпретацию полученных рефлектограмм и связывают это напрямую с квалификацией и опытом специалиста, обрабатывающего полученный сигнал, а также от наличия проектных данных, исполнительной документации и эталонной сваи [20 – 22]. Определяющими факторами, при которых исследуемая свая была отнесена к качественным и безопасным в использовании, послужили инженерно-геологические изыскания и полученные проектные данные [23].

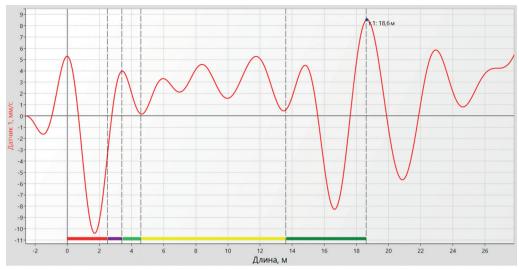


Рис. 3. Рефлектограмма испытания буросекущей сваи

Fig. 3. Reflectogram of the drill-cut piles test

На графике (рис. 3) цветом отмечены слои грунта, установленные в соответствии с инженерно-геологическими изысканиями. При смене типа грунта сигнал искажается, выдавая на рефлектограмме характерные пики. Дополнительными факторами, которые могут создавать помехи, являются соседние сваи и укрепленный струйной цементацией грунт [24, 25].

Для подтверждения того, что сваи не содержат дефектов, в процессе устройства котлованов проводился визуальный контроль стволов по всей рабочей глубине (рис. 4). Визуальный осмотр не выявил дефектов ни в какой из исследуемых свай.

Заключение

Перенос инженерных коммуникаций является сложным и ответственным процессом, требующим тщательной проработки проектной документации и проведения комплекса инженерных изысканий для обеспечения безопасности проводимых работ.

Для правильной интерпретации результатов сейсмоакустического контро-



Рис. 4. Визуальный контроль исследуемых свай Fig. 4. Visual inspection of the studied piles

ля необходимо иметь следующую информацию:

- проектную и исполнительную документацию;
 - геологический разрез участка;
- предварительные инструментальные измерения скорости ультразвуковых волн для каждой сваи.

Полученные данные подтверждают, что однородность грунта влияет на качество сигнала. Чем более неоднороден грунт, тем больше ложных пиков может появиться на рефлектограммах [26, 27]. Кроме того, на качество сигнала может влиять струйная цементация, используемая для укрепления грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Куликова Е. Ю., Баловцев С. В., Скопинцева О. В. Комплексная оценка геотехнических рисков в шахтном и подземном строительстве // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15. № 1. С. 7 16. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-7-16.
- 2. Bedov A. I., Gabitov A. I., Domarova E. V., Kolesnikov A. S. Investigation of the stress-strain state of domical masonry vaults // Construction Materials and Products. 2023, vol. 6, no. 6. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-6-6.
- 3. Abramyan S. G., Klyuev S. V., Emelyanova O. E., Oganesyan O. V., Chereshnev L. I., Akopyan G. O., Petrosian R. O. Improving reinforced concrete column strengthening techniques for reconstruction projects using composite jacketing formworks // Construction Materials and Products. 2023, vol. 6, no. 5. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-5-1.
- 4. Kaverzneva T., Rodionov V., Skripnik I., Zhikharev S., Polyukhovich M. Determination of the miners' individual injury risk as a result of the dynamic manifestation of rock pressure // E3S Web of Conferences. 2023, vol. 458, article 08011. DOI: 10.1051/e3sconf/202345808011.
- 5. *Куликова Е. Ю.*, *Конюхов Д. С.* Об определении технологических деформаций зданий при геотехническом строительстве // Устойчивое развитие горных территорий. 2022. Т. 14. № 2. С. 187 197. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-187-197.
- 6. Agapov V. P., Markovich A. S. Failure criterion for concrete under volumetric stress state conditions // Construction Materials and Products. 2023, vol. 6, no. 6. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-6-7.
- 7. Мухин А. А. О техническом регулировании неразрушающего контроля сплошности свай // Геотехника. 2019. Т. 11. № 2. С. 80-89. DOI: 10.25296/2221-5514-2019-11-2-80-89.
- 8. Невейков А. Н., Дедок В. Н. Необходимость технического нормирования методов контроля сплошности свай в республике Беларусь // Вестник Брестского государственного технического университета. 2023. № 1(130). С. 50-55. DOI: 10.36773/1818-1112-2023-130-1-50-55.
- 9. Лозовский И. Н. Контроль сплошности буронабивных свай методом межскважинной ультразвуковой томографии // Транспортное строительство. 2018. № 7. С. 6 9.
- 10. Шабалин В. А. Определение глубины заложения и плотности бетона буронабивных столбов на объектах строительства мостов методом сейсмоакустики (на примере строительства моста через бухту Золотой Рог в г. Владивостоке) // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2012. Т. 1. С. 207—210.
- 11. Кулачкин Б. И., Митькин А. А. Инновации в геотехнике, связанные с новыми подходами к оценке качества буровых свай // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7. № 2. С. 106 115.
- 12. Дегаев Е. Н. Проектные решения обеспечения безопасности производственных процессов при переустройстве инженерных коммуникаций // БСТ: Бюллетень строительной техники. -2022. -№ 3(1051). -C.50-53.
- 13. Дегаев Е. Н. Особенности оценки сплошности свай методом сейсмоакустической дефектоскопии // Строительство: наука и образование. -2022. Т. 12. № 1. С. 49-60. DOI: 10.22227/2305-5502.2022.1.4.
- 14. Дровникова Е. М. Сейсмоакустическая дефектоскопия сплошности свайных фундаментов // Дни студенческой науки. Материалы научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ. М.: Изд-во МГСУ-МИСИ, 2020. С. 207 209.

- 15. Иванов А. Ю. Применение сейсмоакустической дефектоскопии при обследовании строительных конструкций / Дни студенческой науки. Материалы научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ. — М.: Изд-во МГСУ-МИСИ, 2021. — С. 425 — 427.
- 16. Черняков А. В. Применение струйной цементации грунтов в условиях исторической застройки // Жилищное строительство. 2011. № 9. С. 24-26.
- 17. Галушкин И. В. Межскважинное сейсмическое просвечивание важный инструмент инженерно-геологических изысканий на площадках строительства объектов повышенной ответственности // Инженерные изыскания. 2021. Т. 15. № 1-2. С. 62-75.
- 18. *Лозовский И. Н.* Фильтрация данных сейсмоакустического контроля сплошности свай с использованием непрерывного вейвлет-преобразования // Контроль. Диагностика. 2022. Т. 25. № 9(291). С. 36—45. DOI: 10.14489/td.2022.09.pp.036-045.
- 19. Qureshi H. A., Safdar M. Seismic performance of helical piles A state of the art literature review // Arabian Journal of Geosciences. 2023, vol. 16, no. 423. DOI: 10.1007/s12517-023-11526-7.
- 20. Fayez A. F., Naggar M. H., Cerato A. B., Elgamal A. Seismic response of helical pile groups from shake table experiments // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2022, vol. 152. DOI: 10.1016/j.soildyn.2021.107008.
- 21. Zhuoxin W., Miao C., Jiaxi L., Yao C. Performance-based seismic design method for pile-supported wharves with seismic isolation system // Disaster Prevention and Resilience. 2023, no. 2. DOI: 10.20517/dpr.2023.24.
- 22. Zheng C., Kouretzis G., Ding X. Seismic response of end-bearing piles in saturated soil to P-waves // Acta Geotechnica. 2023, no. 18, pp. 5519 5533. DOI: 10.1007/s11440-023-01942-0.
- 23. Hossain M., Hamim O. F. Evaluation of cast-in-situ pile condition using pile integrity test // International Journal of Geotechnical and Geological Engineering. 2020, vol. 14, no. 7, pp. 150 155. DOI: 10.5281/zenodo.3931279.
- 24. Zhang S., Zhang J., Ma Y., Pak R. Y. Vertical dynamic interactions of poroelastic soils and embedded piles considering the effects of pile-soil radial deformations // Soils and Foundations. 2021, no. 61, pp. 16 34. DOI: 10.1016/j.sandf.2020.10.003.
- 25. Wu Z., Rao P., Cui J. Lateral response evaluation of existing pile by adjacent pile driving in claye slope // Geotechnical and Geological Engineering. 2023. DOI: 10.1007/s10706-023-02620-4.
- 26. Navale A., Solanki C. H., Sawant V. A., Jala Y. Nonlinear lateral response of pile group in clay using the modified cam clay soil model // Journal of Civil Engineering. Science and Technology. 2023, vol. 14, no. 1, pp. 35 51. DOI: 10.33736/jcest.4909.2023.
- 27. Xin L., Lixing W., Naggar M. Wenbing W., Hao L. Dynamic analysis of layered soil-pile interaction based on the nearly continuous model // Ocean Engineering. 2023, vol. 279, no. 1, article 114457. DOI: 10.1016/j.oceanenq.2023.114457.

REFERENCES

- 1. Kulikova E. Yu., Balovtsev S. V., Skopintseva O. V. Complex estimation of geotechnical risks in mine and underground construction. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2023, vol. 15, no. 1, pp. 7 16. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-7-16.
- 2. Bedov A. I., Gabitov A. I., Domarova E. V., Kolesnikov A. S. Investigation of the stress-strain state of domical masonry vaults. *Construction Materials and Products.* 2023, vol. 6, no. 6. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-6-6.
- 3. Abramyan S. G., Klyuev S. V., Emelyanova O. E., Oganesyan O. V., Chereshnev L. I., Akopyan G. O., Petrosian R. O. Improving reinforced concrete column strengthening techniques for reconstruction projects using composite jacketing formworks. *Construction Materials and Products.* 2023, vol. 6, no. 5. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-5-1.
- 4. Kaverzneva T., Rodionov V., Skripnik I., Zhikharev S., Polyukhovich M. Determination of the miners' individual injury risk as a result of the dynamic manifestation of rock pressure. *E3S Web of Conferences*. 2023, vol. 458, article 08011. DOI: 10.1051/e3sconf/202345808011.
- 5. Kulikova E. Yu., Konyukhov D. S. On the determination of buildings technological deformations in geotechnical construction. *Sustainable Development of Mountain Territories.* 2022, vol. 14, no. 2, pp. 187 197. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-187-197.
- 6. Agapov V. P., Markovich A. S. Failure criterion for concrete under volumetric stress state conditions. *Construction Materials and Products*. 2023, vol. 6, no. 6. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-6-7.

- 7. Mukhin A. A. On technical regulation of non-destructive control of pile continuity. *Geotechnics*. 2019, vol. 11, no. 2, pp. 80 89. [In Russ]. DOI: 10.25296/2221-5514-2019-11-2-80-89.
- 8. Neveykov A. N., Dedok V. N. The need for technical standardization of methods for controlling the continuity of piles in the Republic of Belarus. *Bulletin of the Brest State Technical University*. 2023, no. 1(130), pp. 50 55. [In Russ]. DOI: 10.36773/1818-1112-2023-130-1-50-55.
- 9. Lozovsky I. N. Control of the continuity of bored piles by the method of downhole ultrasound tomography. *Transport construction*. 2018, no. 7, pp. 6-9. [In Russ].
- 10. Shabalin V. A. Determination of the depth of laying and density of concrete bored pillars at bridge construction sites by the method of seismoacoustics (on an example of the construction of a bridge across the Golden Horn Bay in Vladivostok). *Scientific, technical and economic cooperation of the APR countries in the XXI century.* 2012, vol. 1, pp. 207 210. [In Russ].
- 11. Kulachkin B. I., Mitkin A. A. Innovations in geotechnics related to new approaches to assessing the quality of drilling piles. *Bulletin of the Perm national research polytechnic university. Construction and architecture.* 2016, vol. 7, no. 2, pp. 106 115. [In Russ].
- 12. Degaev E. N. Design solutions for ensuring the safety of production processes during the reconstruction of engineering communications. *Bulletin of the Construction Technology*. 2022, no. 3(1051), pp. 50 53. [In Russ].
- 13. Degaev E. N. Features of assessing the continuity of piles by the method of seismoacoustic flaw detection. *Construction: Science and Education*. 2022, vol. 12, no. 1, pp. 49-60. [In Russ]. DOI: 10.22227/2305-5502.2022.1.4.
- 14. Drovnikova E. M. Seismoacoustic flaw detection of the continuity of pile foundations. *Dni studencheskoy nauki. Materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot studentov instituta inzhenerno-ekologicheskogo stroitel'stva i mekhanizatsii NIU MGSU* [Days of Student Science. Materials of the scientific and technical conference based on the results of research works by students of the Institute of Environmental Engineering and Mechanization of the MGSU], Moscow, Izd-vo MGSU-MISI, 2020, pp. 207 209. [In Russ].
- 15. Ivanov A. Yu. The use of seismoacoustic flaw detection in the examination of building structures. *Dni studencheskoy nauki. Materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot studentov instituta inzhenerno-ekologicheskogo stroitel'stva i mekhanizatsii NIU MGSU* [Days of Student Science. Materials of the scientific and technical conference based on the results of research works by students of the Institute of Environmental Engineering and Mechanization of the MGSU], Moscow, Izd-vo MGSU-MISI, 2021, pp. 425 427. [In Russ].
- 16. Chernyakov A. V. Application of jet cementation of soils in conditions of historical development. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo*. 2011, no. 9, pp. 24 26. [In Russ].
- 17. Galushkin I. V. Downhole seismic transmission an important tool of engineering and geological surveys at the sites of construction of objects of increased responsibility. *Engineering survey*. 2021, vol. 15, no. 1-2, pp. 62 75. [In Russ].
- 18. Lozovsky I. N. Filtration of data of seismoacoustic control of pile continuity using continuous wavelet transform. *Control. Diagnostics.* 2022, vol. 25, no. 9(291), pp. 36–45. [In Russ]. DOI: 10.14489/td.2022.09.pp.036-045.
- 19. Qureshi H. A., Safdar M. Seismic performance of helical piles A state of the art literature review. *Arabian Journal of Geosciences*. 2023, vol. 16, no. 423. DOI: 10.1007/s12517-023-11526-7.
- 20. Fayez A. F., Naggar M. H., Cerato A. B., Elgamal A. Seismic response of helical pile groups from shake table experiments. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2022, vol. 152. DOI: 10.1016/j.soildyn.2021.107008.
- 21. Zhuoxin W., Miao C., Jiaxi L., Yao C. Performance-based seismic design method for pile-supported wharves with seismic isolation system. *Disaster Prevention and Resilience*. 2023, no. 2. DOI: 10.20517/dpr.2023.24.
- 22. Zheng C., Kouretzis G., Ding X. Seismic response of end-bearing piles in saturated soil to P-waves. *Acta Geotechnica*. 2023, no. 18, pp. 5519 5533. DOI: 10.1007/s11440-023-01942-0.
- 23. Hossain M., Hamim O. F. Evaluation of cast-in-situ pile condition using pile integrity test. *International Journal of Geotechnical and Geological Engineering*. 2020, vol. 14, no. 7, pp. 150 155. DOI: 10.5281/zenodo.3931279.
- 24. Zhang S., Zhang J., Ma Y., Pak R. Y. Vertical dynamic interactions of poroelastic soils and embedded piles considering the effects of pile-soil radial deformations. *Soils and Foundations*. 2021, no. 61, pp. 16 34. DOI: 10.1016/j.sandf.2020.10.003.

- 25. Wu Z., Rao P., Cui J. Lateral response evaluation of existing pile by adjacent pile driving in claye slope. Geotechnical and Geological Engineering, 2023. DOI: 10.1007/s10706-023-02620-4.
- 26. Navale A., Solanki C. H., Sawant V. A., Jala Y. Nonlinear lateral response of pile group in clay using the modified cam clay soil model. Journal of Civil Engineering, Science and Technology, 2023, vol. 14, no. 1, pp. 35 – 51. DOI: 10.33736/jcest.4909.2023.
- 27. Xin L., Lixing W., Naggar M. Wenbing W., Hao L. Dynamic analysis of layered soil-pile interaction based on the nearly continuous model. Ocean Engineering, 2023, vol. 279, no. 1, article 114457. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2023.114457.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Король Елена Анатольевна 1 — д-р. техн. наук, профессор, e-mail: korolea@mgsu.ru, Δ егаев Евгений Николаевич 1 — канд. техн. наук. доцент, e-mail: degaev@inbox.ru, Конюхов Дмитрий Сергеевич — д-р техн. наук, доцент. НИТУ «МИСиС». e-mail: aidrotehnik@inbox.ru. ¹ НИУ МГСУ.

Для контактов: Дегаев E.H., e-mail: degaev@inbox.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

E.A. Korol¹, Doctor Sci. (Eng.), Professor, e-mail: korolea@mgsu.ru E.N. Degaev¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: degaev@inbox.ru D.S. Koniukhov, Doctor Sci. (Eng.), Assistant Professor, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia, e-mail: gidrotehnik@inbox.ru, ¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), 129337, Moscow, Russia. Corresponding author: E.N. Degaev, e-mail: degaev@inbox.ru.

Получена редакцией 18.10.2023; получена после рецензии 19.11.2023; принята к печати 10.01.2024. Received by the editors 18.10.2023; received after the review 19.11.2023; accepted for printing 10.01.2024.