

УДК 624.078

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2\(33\)-74-82](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2(33)-74-82)

EDN: FHOTLS

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ШТИФТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ LEIMET ABB+ 400 ДЛЯ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ

А.В. БУЧКИН¹, канд. техн. наук

К.Л. КУДЯКОВ^{1,2,✉}, канд. техн. наук

С.Д. ЕПИХИН¹

С.К. ХЛЕБНИКОВ^{1,2}

¹Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» Минобрнауки России (НИУ МГСУ), Ярославское шоссе, д. 26, г. Москва, 129337, Российская Федерация

Аннотация

Введение. Технология устройства стыков секций сборных железобетонных свай при помощи штифтовых соединений перспективна: в ряде ранее выполненных исследований отмечается, что применение штифтового соединения Leimet ABB+ обеспечивает значительное сокращение материало- и трудоемкости, а также времени на их стыковку при достаточно высоких показателях прочности и долговечности. В настоящее время широкое применение данной технологии ограничено, в т.ч. по причине недостаточной изученности механических характеристик штифтового соединения. В настоящей статье приведены результаты исследования прочностных свойств штифтового соединения Leimet ABB+ 400 в конструкциях стыков секций сборных железобетонных свай.

Цель исследования – экспериментальная проверка показателей прочности штифтового соединения Leimet ABB+ 400 при сжатии, растяжении, поперечном сдвиге и изгибе.

Материалы и методы. Для проведения исследований были использованы серии образцов, представляющих собой два фрагмента секций составных железобетонных свай по типовой серии 1.011.1–10, соединенных при помощи четырехзамкового штифтового соединения Leimet ABB+ 400. Испытания нагружением образцов выполнены по ГОСТ 8829–2018.

Результаты. Получены количественные и качественные параметры разрушения опытных образцов. Разрушение всех испытанных образцов происходило по бетонному телу сваи без признаков разрушения металлического штифтового соединения и без образования выколов бетона в районе штифтового соединения.

Выводы. Сделан вывод о равнопрочности штифтового соединения Leimet ABB+ 400 бетонному телу сваи при рассматриваемых воздействиях. Полученные результаты, характеризующие прочность штифтового соединения свай, могут быть использованы при разработке проектных решений.

Ключевые слова: штифтовое соединение Leimet ABB+, стыки сборных железобетонных свай, механические испытания конструкций, прочность, равнопрочность соединения

Для цитирования: Бучкин А.В., Кудяков К.Л., Епихин С.Д., Хлебников С.К. Исследование прочности штифтового соединения Leimet ABB+ 400 для сборных железобетонных свай. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2022;33(2):74–82. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2\(33\)-74-82](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2(33)-74-82)

Вклад авторов

Бучкин А.В. – общее руководство работой.

Кудяков К.Л. – разработка и реализация программы испытаний, обработка и анализ результатов.

Епихин С.Д., Хлебников С.К. – реализация программы испытаний, обработка и анализ результатов.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках договорных работ АО «НИЦ «Строительство» и ООО «Коперник».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 19.04.2022

Поступила после рецензирования 17.05.2022

Принята к публикации 24.05.2022

STRENGTH STUDY OF LEIMET ABB+ 400 PILE JOINTS FOR PRECAST REINFORCED CONCRETE PILES

A.V. BUCHKIN¹, Cand. Sci. (Engineering)

K.L. KUDYAKOV^{1,2,✉}, Cand. Sci. (Engineering)

S.D. EPIKHIN¹

S.K. KHLEBNIKOV^{1,2}

¹Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 5, Moscow, 109428, Russian Federation

²National Research Moscow State University of Civil Engineering, Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation

Abstract

Introduction. The technology of connecting precast reinforced concrete piles using pile joints is a promising method in construction. According to some previous studies, the use of Leimet ABB+ pile joints provides for a significant reduction in material and labor intensity, as well as the time required for connecting the piles under sufficiently high strength and durability. Currently, the application of this technology is limited due to the insufficient knowledge of mechanical characteristics of pin connections. This article presents the results of strength tests of Leimet ABB+ pile joints for recast reinforced concrete piles.

Aim. Experimental testing of the strength parameters of Leimet ABB+ pile joints under compression, tensile, transverse shear, and bending.

Methods and materials. Experiments were performed using test samples represented by two fragments of recast reinforced concrete piles of the 1.011.1-10 standard, which were joined by a 4-lock Leimet ABB+ 400 pile joint. Loading tests of the samples were carried out in accordance with the GOST 8829-2018.

Results. The qualitative and quantitative destruction parameters of the test samples were obtained. The destruction of all the test samples occurred along the concrete body of piles with no signs of destruction of the metal pin connection. In addition, no signs of concrete indents in the area of the pin connection were observed.

Conclusions. Leimet ABB+ 400 pile joints were concluded to be of the uniform strength to the concrete pile body under the considered conditions. The test results of the pile joint strength are applicable when developing design projects.

Keywords: Leimet ABB+ pile joint, recast reinforced concrete piles, mechanical tests, strength, uniform strength of a joint

For citation: Buchkin A.V., Kudyakov K.L., Epikhin S.D., Khlebnikov S.K. Strength study of Leimet ABB+ 400 pile joints for precast reinforced concrete piles. *Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2022;33(2):74–82. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2\(33\)-74-82](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2(33)-74-82)

Author contribution statements

Buchkin A.V. – general supervision

Kudyakov K.L. – development and implementation of the test program, processing and analysis of the results

Epikhin S.D., Khlebnikov S.K. – implementation of the test program, processing and analysis of the results

Funding

The study was carried out within the framework of contractual works of JSC Research Center of Construction and LLC Kopernik.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 19.04.2022

Revised 17.05.2022

Accepted 24.05.2022

Введение

Штифтовое соединение Leimet ABB+ представляет собой металлический оголовок, состоящий из пластины и обечайки по ее контуру и имеющий встроенные анкерные выпуски с замковыми элементами (фиксирующими штырями и гнездами) для заведения заклинивающих забивных штифтов при стыковании двух секций сборных железобетонных свай на строительной площадке [1]. Технология устройства стыков секций сборных железобетонных свай при помощи штифтовых соединений является перспективной и обеспечивает значительное сокращение материал- и трудоемкости, а также времени на их стыковку при достаточно высоких показателях прочности и долговечности [1–7]. Применение данной технологии сдерживается в т. ч. недостаточной изученностью механических характеристик штифтового соединения. В настоящей работе выполнены исследования прочностных свойств штифтового соединения Leimet ABB+ 400.

Цель

Целью исследования являлась экспериментальная проверка показателей прочности штифтового соединения Leimet ABB+ 400 при сжатии, растяжении, поперечном сдвиге и изгибе.

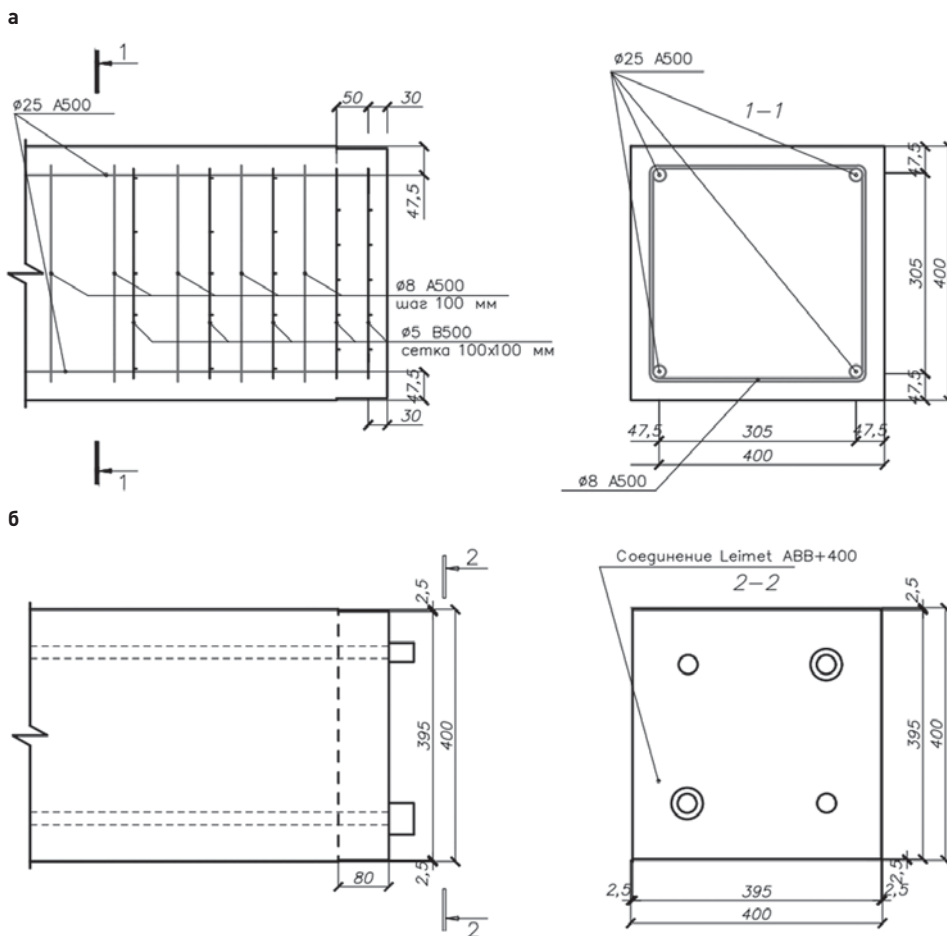
Материалы и методы

Для экспериментальной оценки несущей способности штифтовых соединений типа Leimet ABB+ 400 были проведены исследования в испытательном центре АО «НИЦ «Строительство». В рамках разработанной программы испытаний проводились исследования прочности соединения Leimet ABB+ 400 при следующих вариантах нагружения (по 3 образца на каждый вид нагрузки):

- сжимающая нагрузка – серия СШС-4.4-1 (образцы СШС-4.4-1-1, СШС-4.4-1-2, СШС-4.4-1-3);

- растягивающая нагрузка – серия СШС-4.4-2 (образцы СШС-4.4-2-1, СШС-4.4-2-2, СШС-4.4-2-3);
- на поперечный сдвиг – серия СШС-4.4-3 (образцы СШС-4.4-3-1, СШС-4.4-3-2, СШС-3-3);
- на изгиб – серия СШС-4.4-4 (образцы СШС-4.4-4-1, СШС-4.4-4-2, СШС-4.4-4-3).

Каждый опытный образец стыка свай представлял собой два фрагмента составных железобетонных свай, изготовленных по аналогии с серией 1.011.1-10 [8]: нижнего и верхнего фрагмента, соединенных при помощи штифтового соединения Leimet ABB+ 400 по ТУ 25.11.23-001-92894761-2018 «Соединение штифтовое для свай. Технические условия» [9]. Внутри одной серии образцов верхний и нижний фрагменты свай имели идентичные параметры. Образцы были выполнены из бетона класса В35 по прочности на сжатие; продольной арматуры класса А500 диаметром 25 мм; поперечной арматуры в виде хомутов из арматуры класса А500 диаметром 8 мм; защитный слой продольной арматуры 35 мм.



*размеры указаны в мм

Рис. 1. Принципиальная конструкция опытных образцов: а – схема армирования; б – схема установки штифтового соединения Leimet ABB+ 400

* dimensions are presented in mm

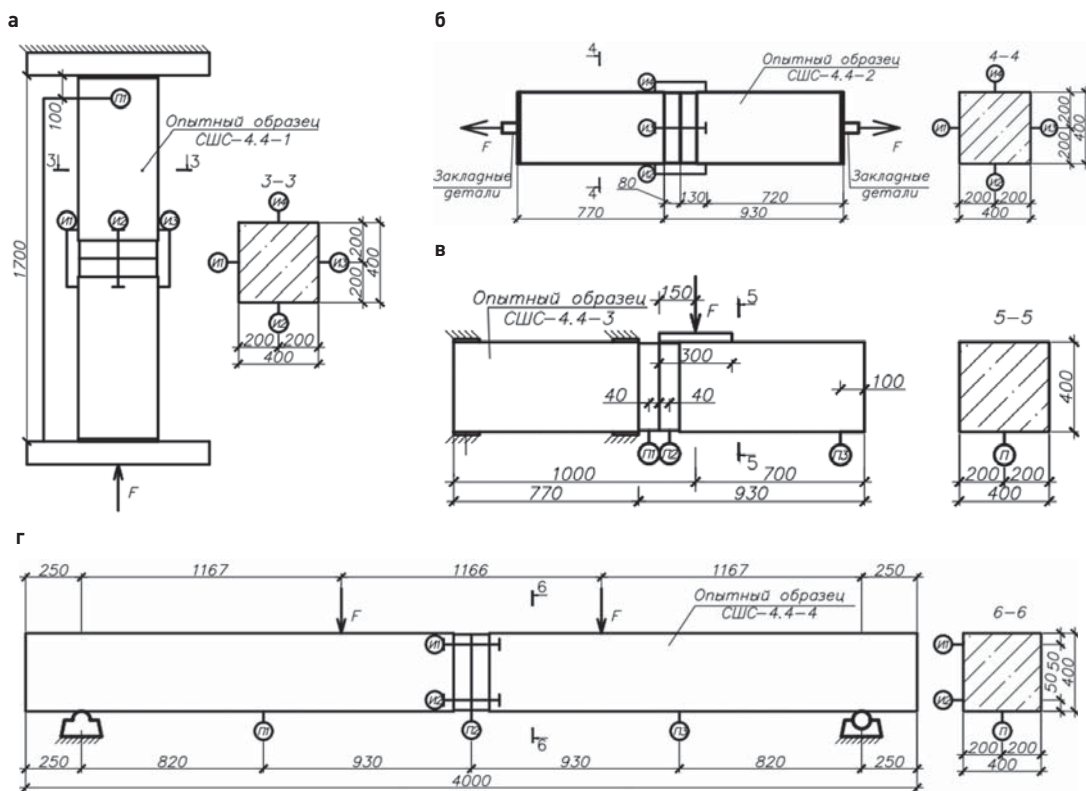
Fig. 1. Conceptual design of tested samples: а – reinforcement scheme; б – Leimet ABB+ 400 pile joint installation scheme

Все серии образцов имели поперечное сечение 400×400 мм. Анкерные выпуски штифтового соединения Leimet ABB+ 400 не имели связи с арматурными каркасами образцов. Опытные образцы серий СШС-4.4-1, СШС-4.4-2, СШС-4.4-3 имели длину (в собранном виде) 1700 мм, а образцы серии СШС-4.4-4 – 4000 мм.

Испытания проводились по ГОСТ 8829-2018 [10] с применением специализированного оборудования. При испытаниях оценивались нагрузка, при которой происходило разрушение опытных образцов, и характер их разрушения. Принципиальные схемы испытаний серий образцов представлены на рис. 2.

Результаты

В результате испытаний все образцы доведены до разрушения, при этом оно происходило по бетонному телу сваи. Для всех образцов визуальных признаков повреждения металлических элементов штифтового соединения Leimet ABB+ 400 не установлено. Характерные схемы разрушения образцов приведены на рис. 3–6. Основные результаты испытаний приведены в табл. 1.



* размеры указаны в мм

Рис. 2. Принципиальные схемы испытаний образцов сваи со штифтовым соединением Leimet ABB+ 400 при определении прочности: а – на сжатие; б – на растяжение; в – на поперечный сдвиг; г – на изгиб

* dimensions are presented in mm

Fig. 2. Conceptual schemes for strength testing of pile samples with Leimet ABB+ 400 pile joints: а – under compression, б – under tensile, в – under transverse shear, г – under bending.



Рис. 3. Характерная схема разрушения опытных образцов серии СШС-4.4-1 при сжатии
Fig. 3. Characteristic destruction scheme of series 4.4-1 samples under the compression



Рис. 4. Общие виды испытаний образцов серии СШС-4.4-2 при растяжении
Fig. 4. General views of samples under the tensile

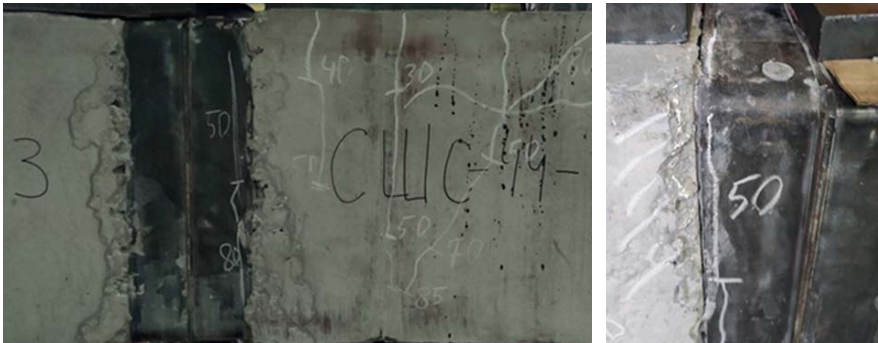


Рис. 5. Характерная схема разрушения опытных образцов серии СШС-4.4-3 при поперечном сдвиге
Fig. 5. Characteristic destruction scheme of series 4.4-3 samples under the transverse shear



Рис. 6. Характерная схема разрушения опытных образцов серии СШС-4.4-4 при изгибе
Fig. 6. Characteristic destruction scheme of series 4.4-4 samples under the bending

Таблица 1

Основные результаты испытаний

Table 1

Main test results

Шифр образца	Тип нагрузки	Максимальная нагрузка, зафиксированная при испытаниях	Характер разрушения образца	Повреждение штифтового соединения
СШС-4.4-1-1	Сжатие	764 т (7494,8 кН)	Разрушение по телу фрагмента секции сваи	Не установлено
СШС-4.4-1-2		775 т (7602,8 кН)		
СШС-4.4-1-3		741 т (7269,2 кН)		
СШС-4.4-2-1	Растяжение	98 т (961,4 кН)		Не установлено
СШС-4.4-2-2		90 т (882,9 кН)		
СШС-4.4-2-3		94,5 т (927 кН)		
СШС-4.4-3-1	Поперечный сдвиг	102,5 т (1005,5 кН)		Не установлено
СШС-4.4-3-2		102,5 т (1005,5 кН)		
СШС-4.4-3-3		107,5 т (1054,6 кН)		
СШС-4.4-4-1	Изгиб	20,4 т×м (200,1 кН×м)		Не установлено
СШС-4.4-4-2		19,3 т×м (183,3 кН×м)		
СШС-4.4-4-3		21,0 т×м (206,0 кН×м)		

Выводы

При испытаниях на сжатие, растяжение, поперечный сдвиг и изгиб установлено, что разрушение опытных образцов происходило по бетонному телу сваи без признаков разрушения металлического штифтового соединения и без образования выколов бетона в районе штифтового соединения Leimet ABB+ 400 на четырех замках, что свидетельствует о его равнопрочности телу фрагмента секции железобетонной составной сваи при указанных воздействиях.

Благодарности

Авторы выражают благодарность АО «НИЦ «Строительство» и ООО «Коперник» за предоставленные материалы.

Acknowledgement

The authors are grateful to JSC Research Center of Construction and LLC Kopernik for the materials provided.

Список литературы

1. Leimet Piling Quality [Интернет]. Режим доступа: <https://leimet.ru/> (дата доступа 20.11.2021).
2. Майер В., Ахатулы А., Альжанова Р., Птухина И.С. Оптимальный вид соединения свай с учетом основных характеристик. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015;(3):143–151.
3. Степанова М.А., Гайдо А.Н. Опытное обоснование применения штифтового стыка свай. В: Технология и организация строительства. Материалы I Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 80-летию основания кафедры «Строительное производство». Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет; 2020. с. 379–388.
4. Гайдо А.Н. Исследование конструктивно-технологических решений стыков заводских свай [Интернет]. Режим доступа: http://trest28.ru/f/statya_gaydo_a.n._styki_svay.pdf (дата доступа 10.08.2021).
5. Рытов С.А., Бутин А.А. Опыт динамических испытаний штифтового стыка Leimet 350 ABB PLUS составных сборных железобетонных свай. Вестник НИЦ «Строительство». 2019;23(4):117–120.
6. Бучкин А.В., Кудяков К.Л., Епихин С.Д. Исследование прочности штифтового соединения Leimet ABB+ 350 для сборных железобетонных свай. Вестник НИЦ «Строительство». 2022;32(1):21–29. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1\(32\)-21-29](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-21-29)
7. Степанова В.Ф., Бучкин А.В., Кудяков К.Л., Моисеева Н.А. Оценка влияния агрессивной среды на долговечность штифтового соединения Leimet ABB+ 400 для составных железобетонных свай. Вестник НИЦ «Строительство». 2022;32(1):65–81. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1\(32\)-65-81](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-65-81)
8. Серия 1.011.1-10. Сваи забивные железобетонные. Выпуск 8. Сваи составные сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой. Рабочие чертежи. Москва: ЦИТП Госстроя СССР; 1989.
9. ТУ 25.11.23-001-92894761-2018 Соединение штифтовое для свай. Технические условия. Екатеринбург: ООО «ГК «Коперник»; 2018.
10. ГОСТ 8829-2018 Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний на нагружением. Москва: Стандартинформ; 2019.

References

1. Leimet Piling Quality [Internet]. Available at: <https://leimet.ru/> (accessed 20 November 2021) (in Russian).
2. Mayer V., Akhatuly A., Alzhanova R., Ptukhina I.S. Optimal type of pile connection taking into account the main characteristics. Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii = Construction of unique buildings and structures. 2015;(3):143–151 (in Russian).
3. Stepanova M.A., Gaido A.N. Experimental substantiation of the use of a pin joint of piles. In: Technology and organization of construction. Materials of the I All-Russian interuniversity scientific and practical conference of young scientists dedicated to the 80th anniversary of the founding of the Department of "Construction Production". St. Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; 2020. p. 379–388 (in Russian).
4. Gaido A.N. Research of structural and technological solutions of joints of factory piles [Internet]. Available at: http://trest28.ru/f/statya_gaydo_a.n._styki_svay.pdf (accessed 10 August 2021) (in Russian).
5. Rytov S.A., Butin A.A. Experience of dynamic testing of the pin joint Leimet 350 ABB PLUS composite precast concrete piles. Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction. 2019;23(4):117–120 (in Russian).
6. Buchkin A.V., Kudyakov K.L., Epikhin S.D. Investigation of the strength of the Leimet ABB+ 350 pin joint for precast reinforced concrete piles. Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction. 2022;32(1):21–29 (in Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1\(32\)-21-29](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-21-29)
7. Stepanova V.F., Buchkin A.V., Kudyakov K.L., Moiseeva N.A. Assessment of the influence of an aggressive environment on the durability of the Leimet ABB+ 400 pin joint for composite reinforced concrete piles. Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction. 2022;32(1):65–81 (in Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1\(32\)-65-81](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-65-81)
8. Series 1.011.1-10. The piles are driven reinforced concrete. Issue 8. Composite piles of solid square cross-section with non-stressed reinforcement. Working drawings. Moscow: TSITP Gosstroy of the USSR; 1989 (in Russian).

9. TU 25.11.23-001-92894761-2018 Pin connection for piles. Technical conditions. Yekaterinburg: LLC "GC "Copernicus"; 2018 (in Russian).

10. State Standard 8829-2018 Reinforced concrete and factory-made concrete construction products. Methods of loading tests. Moscow: Standartinform Publ.; 2019 (in Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Андрей Викторович Бучкин, канд. техн. наук, зам. зав. лабораторией коррозии и долговечности бетонных и ж/б конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Andrey V. Buchkin, Cand. Sci. (Engineering), Deputy Head of the Laboratory of Corrosion and Durability of Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete Structures (NIIZHБ) named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

Константин Львович Кудряков[✉], канд. техн. наук, зав. сектором лаборатории коррозии и долговечности бетонных и ж/б конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций НИУ МГСУ, Москва

e-mail: konst_k@mail.ru

Konstantin L. Kudryakov[✉], Cand. Sci. (Engineering), Head of the Sector of the Laboratory of Corrosion and Durability of Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete Structures (NIIZHБ) named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, associate professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

e-mail: konst_k@mail.ru

Сергей Дмитриевич Епихин, инженер лаборатории коррозии и долговечности бетонных и ж/б конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Sergey D. Epikhin, engineer at the Laboratory of Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete Structures, NIIZHБ named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

Сергей Константинович Хлебников, инженер лаборатории коррозии и долговечности бетонных и ж/б конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», студент НИУ МГСУ, Москва

Sergey K. Khlebnikov, engineer at the Laboratory of Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete Structures, NIIZHБ named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow, student of National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

[✉] Автор, ответственный за переписку / Corresponding author