

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕСКОВ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ХЛОРИДОВ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

В.Ф. СТЕПАНОВА¹, д-р техн. наук

Н.А. СПИВАК¹, канд. техн. наук

Л.П. ХАРИТОНОВА¹

¹ Научно-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

Аннотация

Введение. Песок многих месторождений, особенно Дальнего Востока нашей страны, содержит большое количество хлоридов, что не позволяет использовать его в составе железобетона. Связано это с тем, что хлорид-ионы являются наиболее агрессивным коррозионным агентом по отношению к стальной арматуре. В лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева были проведены исследования процесса коррозии стальной арматуры в бетоне и цементно-песчаной смеси, в состав которых входил песок с высоким содержанием хлоридов.

Цель. Определение возможности использования песка месторождений Камчатского края в составе бетонов с точки зрения коррозионной агрессии к стальной арматуре.

Материалы и методы. Исследования проводились на модельной цементно-песчаной смеси (ЦПС) и бетоне с гладкой стержневой арматурой диаметром 6 мм. Песок содержал 0,08 % масс (в пересчете на ион хлора) водорастворимых хлоридов и 0,55 % масс (в пересчете на ион хлора) общее количество хлоридов в песке. Для исследований был применен электрохимический метод ускоренного определения коррозионного действия среды на стальную арматуру. Метод основан на получении зависимости плотности электрического тока от электрического потенциала стальной арматуры – потенциодинамический метод.

Результаты. Исследованный песок с высоким содержанием нерастворимых в воде хлоридов не вызывает коррозии стальной арматуры при нахождении образцов в неагрессивной (нейтральной) среде. В исходном состоянии и выдержке в режиме «увлажнение – высушивание» в течение 3, 6 месяцев ни в образцах цементно-песчаной смеси, ни в образцах бетона плотность тока при потенциале плюс 300 мВ, не превысила 10 мкА/см², а также потенциал через (60±5) с после отключения тока не снизился ниже + 5 мВ.

Выводы. Песок с повышенным содержанием нерастворимых в воде хлоридов можно рекомендовать для использования в железобетонных конструкциях, гарантированно не контактирующих с агрессивной средой даже в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: коррозия, песок, цементно-песчаная смесь, хлориды, железобетон, стальная арматура, потенциодинамический метод, композитная арматура

Для цитирования: Степанова В.Ф., Спивак Н.А., Харитонов Л.П. О возможности использования песков с высоким содержанием хлоридов в железобетонных конструкциях // Вестник НИЦ «Строительство». 2026. № 2(49). С. 97–104. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-2\(49\)-97-104](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-2(49)-97-104) EDN: EOLUMR

Вклад авторов

Степанова В.Ф. – подготовка программы испытаний, анализ результатов исследований.

Спивак Н.А. – подготовка программы испытаний, анализ результатов, проведение экспериментальных исследований.

Харитонов Л.П. – проведение экспериментальных исследований.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила в редакцию 16.04.2026

Поступила после рецензирования 04.06.2026

Принята к публикации 11.06.2026

ON THE POSSIBILITY OF USING SANDS WITH HIGH CHLORIDE CONTENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

V.F. STEPANOVA¹, DR. SCI. (ENGINEERING)

N.A. SPIVAK¹, CAND. SCI. (ENGINEERING)

L.P. KHARITONOVA¹

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

Abstract

Introduction. The sand of many deposits, especially in the far east of our country, contains a large amount of chlorides, which makes it unsuitable for use in reinforced concrete. This is because chloride ions are the most aggressive corrosive agent for steel reinforcement. The Laboratory of Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete Structures at the A.A. Gvozdev Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete Structures conducted research on the corrosion of steel reinforcement in concrete and cement-sand mixtures that contained sand with a high chloride content.

Aim. To determine the possibility of using sand from the Kamchatka Territory deposits in concrete mixtures in terms of corrosion aggression to steel reinforcement.

Materials and methods. The studies were conducted on a model cement-sand mixture (CPM) and concrete with smooth rod reinforcement of 6 mm in diameter. The sand contained 0.08 % by mass (based on chlorine ion) of water-soluble chlorides and 0.55 % by mass (based on chlorine ion) of total chlorides in the sand. An electrochemical method was used to accelerate the determination of the corrosion effect of the environment on steel reinforcement. The method is based on obtaining the dependence of the electric current density on the electric potential of the steel reinforcement, which is known as the potential-dynamic method.

Results show that sand with a high content of water-insoluble chlorides does not cause corrosion of steel reinforcement when the samples are in a non-aggressive (neutral) environment. In the initial state and exposure in the humidification – drying mode for 3, 6 months, neither in the cement-sand mixture samples nor in the concrete samples, the current density at a potential of plus 300 mV did not exceed 10 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, as well as the potential after (60 ± 5) s after the current was turned off did not drop below + 5mV.

Conclusions. Sand with a high content of water-insoluble chlorides can be recommended for use in reinforced concrete structures that are guaranteed to be free from aggressive environments even during operation.

Keywords: corrosion, sand, cement-sand mixture, chlorides, reinforced concrete, steel reinforcement, potentiodynamic method, composite reinforcement

For citation: Stepanova V.F., Spivak N.A., Kharitonova L.P. On the possibility of using sands with high chloride content in reinforced concrete structures. *Bulletin of Science and Research Center of Construction*, 2026, no. 2(49), pp. 97–104. (In Russian) [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-2\(49\)-97-104](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-2(49)-97-104) EDN: EOLUMR

Authors contribution statement

Stepanova V.F. – preparation of the test program, analysis of research results.

Spivak N.A. – preparation of the test program, analysis of the results of experimental studies.

Kharitonova L.P. – conducting experimental research.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 16.04.2026

Revised 04.06.2026

Accepted 11.06.2026

Введение

Песок различается по месту добычи: речной, морской, карьерный. Если карьерный и речной пески, как правило, содержат мало хлоридов, то морской песок имеет высокое или очень высокое содержание хлоридов. По ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ» [1] содержание водорастворимых хлоридов не должно быть более 0,15 % масс.

В российских и зарубежных стандартах содержание хлоридов в бетоне и железобетоне ограничено. Так, нормами допускается содержание хлоридов в бетоне не более 1,0 % масс. по отношению к массе цемента, в Российской Федерации в соответствии с СП 28.13330.2017 [2], в США с ACI 318-14 [3], в Европе с EN 206-1-2013 [4]. В железобетоне с ненапрягаемой арматурой не более 0,4 % масс. по отношению к массе цемента в РФ и Европе; не более 0,15 % масс. – в США. Связано это с тем, что хлорид-ионы являются наиболее агрессивным коррозионным агентом по отношению к стальной арматуре. Коррозия арматуры при повышенном содержании хлоридов в железобетоне может начинаться сразу после изготовления конструкций, что приводит к преждевременному разрушению конструкций.

Песок содержит два вида хлоридов: водорастворимые (большинство неорганических хлоридов) и нерастворимые в воде хлориды. Водорастворимые хлориды можно удалить из песка промывкой и снизить их содержание ниже требуемых 0,15 %. С нерастворимыми хлоридами несколько сложнее и получить требуемые не более 0,4 % в железобетоне практически невозможно уже при 0,4 % содержания хлоридов в песке.

В нашей стране есть много областей (и достаточно больших, например, Камчатский край), где есть только морской песок с высоким содержанием хлоридов, а так как использование железобетона в строительстве происходит и в этих приморских областях, песок приходится завозить издалека.

Материалы и методы

Сотрудниками НИИЖБ им. А.А. Гвоздева были проведены исследования по влиянию нерастворимых хлоридов в песке на процесс коррозии стальной арматуры. Исследования проводились на модельной цементно-песчаной смеси (ЦП) и бетоне с гладкой стержневой арматурой диаметром 6 мм. Песок содержал 0,08 % масс. (в пересчете на ион хлора) водорастворимых хлоридов и 0,55 % масс (в пересчете на ион хлора) общее количество хлоридов в песке. Для исследований были приготовлены: ЦП смесь с содержанием хлоридов 1,5 % масс в пересчете на ион хлора к массе це-

мента и бетон с содержанием хлоридов 1,5 % масс в пересчете на ион хлора к массе цемента. Изготовление и испытания образцов проводились по ГОСТ 31383-2008 [5]. Для исследований был применен электрохимический метод ускоренного определения коррозионного действия среды на стальную арматуру. Метод основан на получении зависимости плотности электрического тока от электрического потенциала стальной арматуры – потенциодинамический метод.

Сформованные образцы призмы ЦПС $4 \times 4 \times 16$ см и бетона $7 \times 7 \times 14$ см выдерживались 28 суток в камере нормального твердения. При измерениях в каждом опыте использовали три параллельных образца. Перед снятием поляризационных кривых образцы вакуумировались и насыщались водой. Подготовленный образец устанавливали в электрохимическую ячейку. По полученным результатам строили поляризационную кривую в координатах: плотность тока i , мкА/см²– потенциал рабочего электрода E , мВ.

Коррозионное состояние стальной арматуры определяли по показателям, приведенным в ГОСТ 31383-2008 в сроки:

1. сразу после изъятия из камеры нормального твердения;
2. через 3 месяца выдержки в режиме водонасыщения–высушивания;
3. через 6 месяцев выдержки в режиме водонасыщения–высушивания. Результаты испытаний приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Результаты испытаний образцов цементно-песчаной смеси

Table 1

Test results of cement-sand mixture samples

Показатель	Образцы цементно-песчаной смеси		
	исходное состояние	через 3 месяца	через 6 месяцев
Плотность тока при потенциале плюс 300 мВ, мкА/см ²	5,8	1,9	0,9
Потенциал через (60±5) с после отключения тока, мВ	+300	+510	+540
Коррозионное состояние стального стержня	Пассивное состояние	Пассивное состояние	Пассивное состояние

Таблица 2

Результаты испытаний образцов бетона

Table 2

Test results of concrete samples

Показатель	Образцы бетона		
	исходное состояние	через 3 месяца	через 6 месяцев
Плотность тока при потенциале плюс 300 мВ, мкА/см ²	2,5	1,1	0,9
Потенциал через (60±5) с после отключения тока, мВ	+420	+510	+540
Коррозионное состояние стального стержня	Пассивное состояние	Пассивное состояние	Пассивное состояние

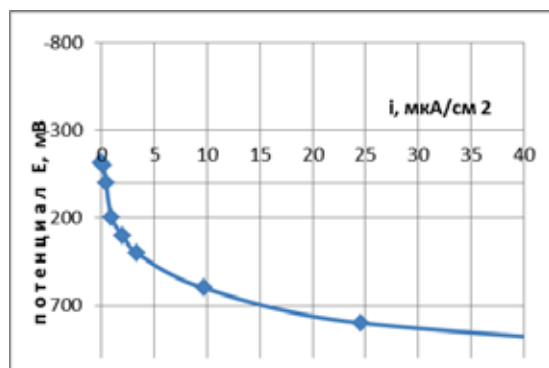


Рис. 1. Анодные поляризационные кривые стали в бетоне в исходном состоянии
Fig. 1. Anodic polarization curves of steel in concrete in the initial state

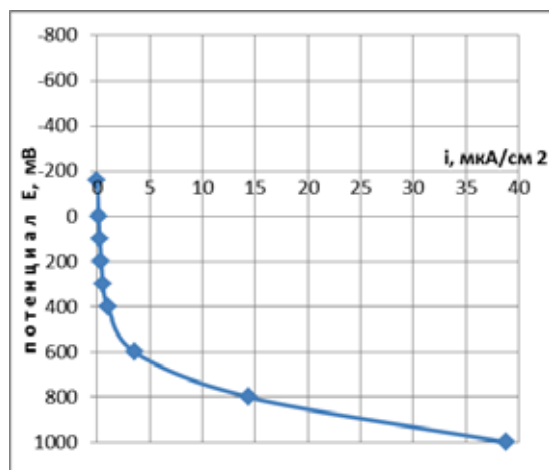


Рис. 3. Анодные поляризационные кривые стали в бетоне после 6 месяцев испытаний в режиме переменного увлажнения и высушивания
Fig. 3. Anodic polarization curves of steel in concrete after 6 months of testing under variable wetting and drying conditions

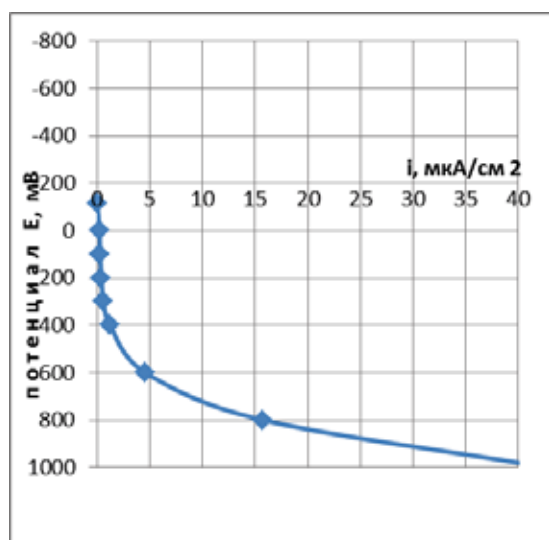


Рис. 2. Анодные поляризационные кривые стали в бетоне после 3 месяцев испытаний в режиме переменного увлажнения и высушивания
Fig. 2. Anodic polarization curves of steel in concrete after 3 months of testing under variable wetting and drying conditions

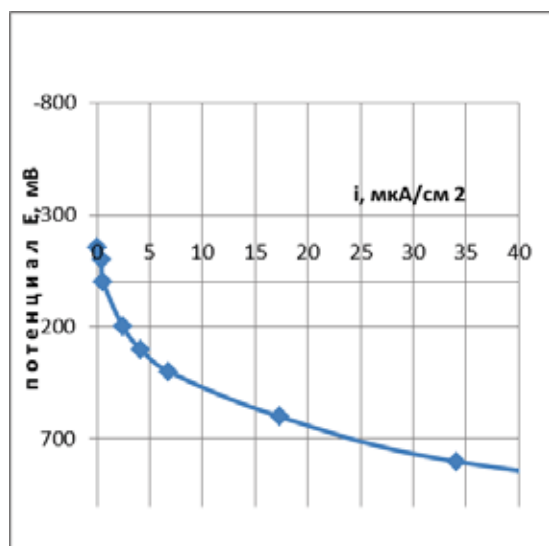


Рис. 4. Анодные поляризационные кривые стали в растворных образцах в исходном состоянии
Fig. 4. Anodic polarization curves of steel in solution samples in the initial state

На рис. 7 показано состояние стальной арматуры после выдержки в песчаном грунте, содержащем 0,25 % водорастворимого хлорида в течение 3 месяцев: видимая коррозия. На рис. 8 показано состояние стальной арматуры в образцах ЦПС и бетона с высоким содержанием не растворимых в воде хлоридов после выдержки в течение 6 месяцев в режиме водонасыщения высушивания: коррозия отсутствует.

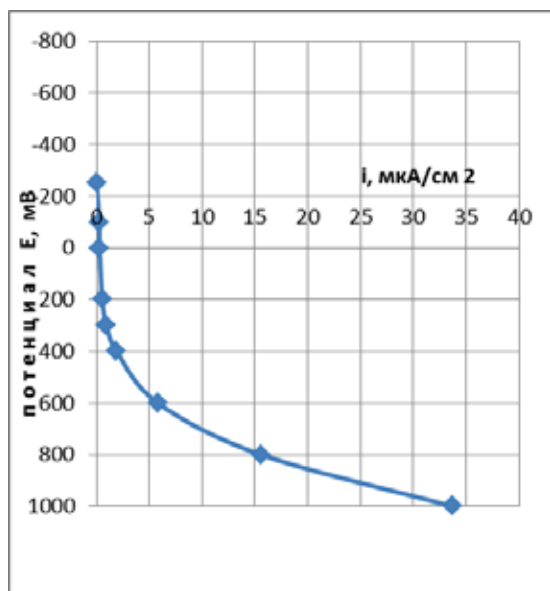


Рис. 5. Анодные поляризационные кривые стали в растворных образцах после 3 месяцев испытаний в режиме переменного увлажнения и высушивания

Fig. 5. Anodic polarization curves of steel in solution samples after 3 months of testing in a mode of alternating humidification and drying

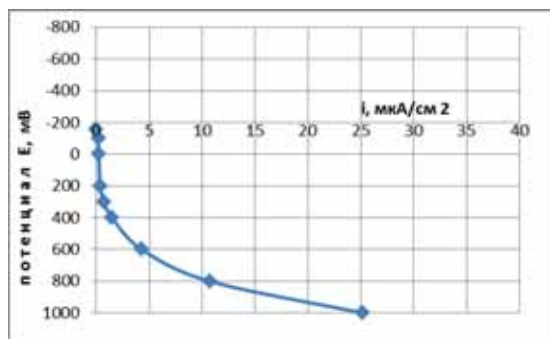


Рис. 6. Анодные поляризационные кривые стали в растворных образцах после 6 месяцев испытаний в режиме переменного увлажнения и высушивания

Fig. 6. Anodic polarization curves of steel in solution samples after 6 months of testing in a mode of alternating humidification and drying



Рис. 7. Состояние стального стержня после 3 месяцев выдержки в среде неполного водонасыщения в грунте – засоленный песок с содержанием 0,25 % хлористого натрия

Fig. 7. The condition of the steel rod after 3 months of exposure to an environment of incomplete water saturation in the soil is saline sand with a 0.25% sodium chloride content



Рис. 8. Состояние стержней из образцов цементно-песчаной смеси через 6 месяцев в режиме увлажнения – высушивания

Fig. 8. The condition of the rods from the cement-sand mixture samples after 6 months of wetting and drying

Закключение

По результатам проведенных исследований песок с высоким содержанием нерастворимых в воде хлоридов не вызывает коррозии стальной арматуры при нахождении

образцов в неагрессивной (нейтральной) среде. В исходном состоянии и выдержке в режиме увлажнения – высушивания в течение 3, 6 месяцев ни в образцах цементно-песчаной смеси, ни в образцах бетона плотность тока при потенциале плюс 300 мВ, не превысила 10 мкА/см², а также потенциал через (60±5) с после отключения тока не снизился ниже + 5мВ. Это говорит о том, что такие смеси и бетон не вызывают коррозии арматурных стержней. Тем не менее, неагрессивная среда – это достаточно редкий случай, особенно если рассматривать весь жизненный цикл строительной конструкции. С течением времени нейтральная среда может превратиться в агрессивную, которая переведет нерастворимые в воде хлориды в водорастворимые и запустит процесс коррозии стальной арматуры. Таким образом, песок с повышенным содержанием нерастворимых в воде хлоридов можно рекомендовать для использования в железобетонных конструкциях, гарантированно не контактирующих с агрессивной средой даже в процессе эксплуатации. В агрессивных средах и потенциально агрессивных можно рекомендовать такой песок для использования в бетоне, армированном композитной арматурой, что вероятно окажется намного экономически выгоднее использования привозного песка в сочетании с металлической арматурой.

Одним из путей решения вопроса о применении засолённых песков в железобетонных конструкциях является замена стальной арматуры на арматуру композитную полимерную ГОСТ 31938-2022 [6], что, в свою очередь, позволит сократить затраты на транспортировку чистого песка, облегчит вес конструкций и обеспечит длительную безремонтную эксплуатацию. Для расчета и проектирования конструкций, армированных композитной полимерной арматурой, следует руководствоваться СП 295.1325800.2017 [7].

Список литературы

1. ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ». Москва: Стандартинформ. 2015.
2. СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии». Москва: Росстандарт. 2017.
3. ACI 318-14 «Building Code Requirements for Structural Concrete». American Concrete Institute. 2015
4. EN 206-1-2013 Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, IDT.
5. ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний». Москва: Стандартинформ. 2010.
6. ГОСТ 31938-2022 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций». Москва: Российский институт стандартизации. 2022.
7. СП 295.1325800.2017 «Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования». Москва: Росстандарт. 2018.

References

1. State Standard 8736-2014. Sand for construction works. Specifications. Moscow: Standartinform. 2015. (In Russian)
2. SP 28.13330.2017 Protection against corrosion of construction. Moscow: Rosstandart. 2017. (In Russian)
3. ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete. American Concrete Institute. 2015.
4. EN 206-1-2013 Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, IDT
5. State Standard 31383-2008 Protection against corrosion of concrete and reinforced concrete constructions. Test methods. Moscow: Standartinform. 2010. (In Russian)
6. State Standard 31938-2022 Fiber-reinforced polymer bars for reinforcing concrete structures. General specifications. Moscow: Russian Institute of Standardization. 2022. (In Russian)
7. SP 295.1325800.2017 Concrete structures reinforced with fibre-reinforced polymer bars. Design rules. Moscow: Rosstandart. 2018. (In Russian)

Информация об авторах / Information about the authors

Валентина Федоровна Степанова, научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», доктор технических наук, профессор, научный руководитель лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

e-mail: vfstepanova@mail.ru

Valentina F. Stepanova, Dr. Sci. (Engineering), professor, scientific director of laboratory, corrosion and durability of concrete and reinforced concrete structures, RIRC A.A. Gvozdev, JSC RCC Construction. Moscow, Russian Federation

e-mail: vfstepanova@mail.ru

Николай Александрович Спивак*, научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», кандидат технических наук, заведующий сектором технологии ремонтно-строительных работ с применением полимеров лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

e-mail: nisan.52@mail.ru

Nikolay A. Spivak, Cand. Sci. (Engineering), head of the polymer technology sector at laboratory corrosion and durability of concrete and reinforced concrete structures, RIRC A.A. Gvozdev, JSC RCC Construction. Moscow, Russian Federation

e-mail: nisan.52@mail.ru

Людмила Петровна Харитоновна, научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», младший научный сотрудник лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»

e-mail: cezi2008@yandex.ru

Lyudmila P. Kharitonova, junior researcher at laboratory corrosion and durability of concrete and reinforced concrete structures, RIRC A.A. Gvozdev, JSC RCC Construction. Moscow, Russian Federation

e-mail: cezi2008@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author