

Л.Ф. КАЗАНСКАЯ¹, О.М. СМИРНОВА²

¹ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»,
г. Санкт-Петербург, Россия

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

ДЕСТРУКЦИЯ БЕТОНА НА ОСНОВЕ СУЛЬФАТНО-ШЛАКОВЫХ ВЯЖУЩИХ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Аннотация. Железобетонные конструкции пола животноводческих комплексов в процессе эксплуатации подвергаются интенсивным воздействиям. В основном в конструкциях пола используются бетоны на портландцементе. Была проведена сравнительная оценка влияния органической среды на прочностные и деформационные свойства бетона на основе портландцемента, шлакопортландцемента и сульфатно-шлаковых вяжущих с различными активаторами твердения. Установлено, что составы на основе комплексно-активированных сульфатно-шлаковых вяжущих обладают наилучшей стойкостью в агрессивной органической среде животноводческих помещений по сравнению с образцами бетона на основе портландцемента и шлакопортландцемента.

Ключевые слова: сульфатно-шлаковые вяжущие, бесклинкерные вяжущие, деструкция бетона в органической среде, бетонная стяжка пола, животноводческий комплекс, агрессивная среда.

L.F. KAZANSKAYA¹, O.M. SMIRNOVA²

¹Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia

²Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

DESTRUCTION OF CONCRETE BASED ON SULFATE-SLAG BINDERS IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS OF LIVESTOCK COMPLEXES

Abstract. Reinforced concrete floor structures of livestock complexes are subjected to intense impacts during operation. Concretes based on Portland cement are mainly used in floor structures. A comparative assessment of the influence of the organic medium on the strength and deformation properties of concrete based on Portland cement, slag-Portland cement and sulfate-slag binders with various hardening activators was carried out. It has been stated that compositions based on complex-activated sulfate-slag binders have the best resistance in the aggressive organic environment of livestock premises compared with concrete samples based on Portland cement and slag-Portland cement.

Keywords: sulfate-slag binders, clinker-free binders, destruction of concrete in an organic environment, concrete floor screed, livestock complex, aggressive environment.

© Казанская Л.Ф., Смирнова О.М., 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Красильников И.В., Коновалова В.С., Караваев И.В. Определение ресурса безопасной эксплуатации конструкций из бетона, содержащего гидрофобизирующие добавки // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 6 (372). С. 268-276.
2. Федосов С.В., Нармания Б.Е. Кинетика коррозионного массопереноса в цементных бетонах в условиях воздействия грибковых микроорганизмов. В сборнике: Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт. Материалы IX-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика РААСН Чернышова Е.М.. 2022. С. 197-201.

3. Строкин К.Б., Новиков Д.Г., Коновалова В.С., Логинова С.А., Нармания Б.Е. Определение ресурса безопасной эксплуатации конструкций из железобетона в условиях микробиологической коррозии // *Современные проблемы гражданской защиты*. 2020. № 4 (37). С. 62-69.
4. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Морозов Е.А. Микроорганизмы разрушители материалов и изделий // *Изв. вузов. Строительство*. 2001. № 8. С. 4 – 12.
5. Строганов В.Ф., Куколева Д.А., Бараева Л.Р. Метод испытания минеральных строительных материалов на биостойкость в модельных агрессивных средах // *Вестник Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2011. № 3. С. 153 – 161.
6. Чеснокова Т.В., Румянцева В.Е., Логинова С.А. Изучение грибковой коррозии бетона с помощью модельной среды // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2019. № 3 (59). С. 85-89.
7. Ерофеев В.Т., Федорцов А.П., Богатов А.Д., Федорцов В.А. Биокоррозия цементных бетонов, особенности ее развития, оценки и прогнозирования // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 12. Ч. 4. С. 708–716.
8. Румянцева В.Е., Гоглев И.Н., Логинова С.А. Применение полевых и лабораторных методов определения карбонизации, хлоридной и сульфатной коррозии при обследовании строительных конструкций зданий и сооружений // *Строительство и техногенная безопасность*. 2019. № 15 (67). С. 51–58.
9. Селяев В.П., Неверов В.А., Селяев П.В., Сорокин Е.В., Юдина О.А. Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций с учетом сульфатной коррозии бетона // *Инженерно-строительный журнал*. 2014. № 1. С. 41–52.
10. Семенов С.А., Гумаргалиева К.З., Калинина И.Г., Заиков Г.Е. Биоразрушения материалов и изделий техники // *Вестник МИТХТ*. 2007. Т. 2. № 6. С. 3–26.
11. Степанова В. Ф. Долговечность бетона. Москва: Ассоциация строительных вузов, 2014. 126 с.
12. Румянцева В.Е., Логинова С.А., Карцева Н.Е. Математическое моделирование коррозии бетонных конструкций в биологически агрессивных средах // *Вестник Череповецкого государственного университета*. 2021. № 3 (102). С. 56-67.
13. Ерофеев В.Т., Аль Д.С.Д.С., Федорцов А.П., Богатов А.Д., Федорцов В.А. Биологическая коррозия бетонов // *Строительные материалы*. 2020. № 11. С. 13-23.
14. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Логинова С.А., Гоглев И.Н. Исследование стойкости цементного камня к биокоррозии. В сборнике: *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2019 году. Сборник научных трудов РААСН. Российская академия архитектуры и строительных наук*. Москва, 2020. С. 472-476.
15. Строкин К.Б., Новиков Д.Г., Коновалова В.С., Касьяненко Н.С. Влияние микроорганизмов на физико-механические свойства бетона // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2021. № 10. С. 90-98.
16. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М. Обоснование выбора типа вяжущего для агрессивных сред органического происхождения на основе теории гетерогенных физико-химических процессов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2016. Т. 1. № 9. С. 159-163.
17. Рахимбаев Ш.М., Тольпина Н.М. Повышение коррозионной стойкости бетонов путем рационального выбора вяжущего и заполнителей // *Монография. Белгород, Изд-во БГТУ, 2015. 321 с.*
18. Рахимбаев Ш.М., Карпачева Е.Н, Тольпина Н.М.О выборе типа цемента на основе теории кольматации при сложном составе агрессивной среды // *Бетон и железобетон*. 2012. № 5. С. 25–26.
19. Брыков А.С. Сульфатная коррозия портландцементных бетонов // *Цемент и его применение*. 2014. № 6. С. 96–103.
20. Rakhimova N. R., Rakhimov R. Z. Toward clean cement technologies: A review on alkali-activated fly-ash cements incorporated with supplementary materials // *Journal of Non-Crystalline Solids*. 2019. 509, 31-41.
21. Петрова Т.М. Взаимосвязь структуры и долговечности шлакощелочных бетонов на основе доменных и сталеплавильных шлаков // *Вестник гражданских инженеров*. 2012. № 4 (33). С. 167-173.
22. Amran M., Fediuk R., Abdelgader H.S., Murali G., Ozbakkaloglu T., Lee Y.H., Lee Y.Y. Fiber-reinforced alkali-activated concrete: a review // *Journal of Building Engineering*. 2022. Т. 45. С. 103638.
23. Yakovlev G., Polyanskikh I., Gordina A., Pudov I., Černý V., Gumenyuk A., Smirnova O. Influence of sulphate attack on properties of modified cement composites // *Applied Sciences*. 2021. 11(18), 8509.
24. Ерошкина Н.А., Чамурлиев М.Ю., Коровкин М.О. Серноокислотная коррозия геополлимерных бетонов с минеральными добавками на основе отходов // *Транспортные сооружения*. 2019. Т. 6. № 3. С. 25.
25. Гришина А.Н., Королев Е.В., Михеев А.В., Гладких В.А. Влажностные деформации бетона, подверженного щелочной коррозии. Экспериментальные результаты // *Вестник гражданских инженеров*. 2020. № 6 (83). С. 140-148.

26. Рахимова Н.Р., Рахимов Р.З. Влияние содержания добавок термоактивированной глины на свойства и состав продуктов твердения композиционного шлакощелочного вяжущего с низким содержанием щелочного активатора // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. № 2 (56). С. 50-59.
27. Федюк Р.С. Свойства композиционных вяжущих на основе техногенных отходов Дальнего Востока // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 2 (55). С. 132-136.
28. Kazanskaya L.F., Smirnova O.M. Supersulphated Cements with Technogenic Raw Materials // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. 9(11). Pp. 3006–3012.
29. Смирнова О.М., Казанская Л.Ф. Гибридные цементы на основе гранулированных доменных шлаков: основные направления исследований // Эксперт: теория и практика. 2022. № 3 (18). С. 59-65.
30. Mehdizadeh H., Kani E.N., Sanchez A.P., Fernandez-Jimenez, A. (2018). Rheology of activated phosphorus slag with lime and alkaline salts // Cement and Concrete Research, 113, 121-129.
31. Полак А.Ф., Бабков В.В., Андреева Е.П. Твердение минеральных вяжущих веществ. Уфа: Башк. кн. изд-во, 1990. 216 с.
32. Казанская Л.Ф., Макаров Ю.И., Григорьев Д.С. Прочность и стойкость многокомпонентных минеральных вяжущих на основе техногенного сырья // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2014. № 1 (38). С. 75-81.
33. Казанская Л.Ф., Смирнова О.М. Вяжущие щелочной активации: стремление к альтернативе портландцементу // Цемент и его применение. 2015. № 2. С. 137-140

REFERENCES

1. Fedosov S.V., Rumyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Konovalova V.S., Karavaev I.V. Determination of the resource of safe operation of concrete structures containing hydrophobic additives // Izvestiya vuzov. Technology of the textile industry. 2017. No. 6 (372). Pp. 268-276.
2. Fedosov S.V., Narmania B.E. Kinetics of corrosive mass transfer in cement concretes under the influence of fungal microorganisms. In the collection: Sustainable development of the region: architecture, construction and transport. Materials of the ixth International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences Chernyshov E.M. 2022. Pp. 197-201.
3. Strokin K.B., Novikov D.G., Konovalova V.S., Loginova S.A., Narmania B.E. Determination of the resource of safe operation of reinforced concrete structures in conditions of microbiological corrosion // Modern problems of civil protection. 2020. No. 4 (37). Pp. 62-69.
4. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Morozov E.A. Microorganisms destroyers of materials and products // Izv. vuzov. Construction. 2001. No. 8. Pp. 4-12.
5. Stroganov V.F., Kukoleva D.A., Baraeva L.R. Method of testing mineral building materials for biostability in model aggressive environments // Bulletin of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2011. No. 3. Pp. 153 – 161.
6. Chesnokova T.V., Rumyantseva V.E., Loginova S.A. The study of fungal corrosion of concrete with the help of a model medium // Modern science-intensive technologies. Regional application. 2019. No. 3 (59). Pp. 85-89.
7. Erofeev V.T., Fedortsov A.P., Bogatov A.D., Fedortsov V.A. Biocorrosion of cement concrete, features of its development, evaluation and forecasting // Fundamental research. 2014. No. 12. Ch. 4. Pp. 708-716.
8. Rumyantseva V.E., Goglev I.N., Loginova S.A. Application of field and laboratory methods for determining carbonation, chloride and sulfate corrosion in the examination of building structures of buildings and structures // Construction and technogenic safety. 2019. No. 15 (67). Pp. 51-58.
9. Selyaev V.P., Neverov V.A., Selyaev P.V., Sorokin E.V., Yudina O.A. Forecasting the durability of reinforced concrete structures taking into account sulfate corrosion of concrete // Civil Engineering magazine. 2014. No. 1. Pp. 41-52.
10. Semenov S.A., Gumargalieva K.Z., Kalinina I.G., Zaikov G.E. Biodegradation of materials and engineering products // Vestnik MITKHT. 2007. Vol. 2. No. 6. Pp. 3-26.
11. Stepanova V.F. Durability of concrete. Moscow: Association of Construction Universities, 2014. 126 p.
12. Rumyantseva V.E., Loginova S.A., Kartseva N.E. Mathematical modeling of corrosion of concrete structures in biologically aggressive environments // Bulletin of Cherepovets State University. 2021. No. 3 (102). Pp. 56-67.
13. Erofeev V.T., Al D.S.D.S., Fedortsov A.P., Bogatov A.D., Fedortsov V.A. Biological corrosion of concrete // Building Materials. 2020. No. 11. Pp. 13-23.
14. Fedosov S.V., Rumyantseva V.E., Loginova S.A., Goglev I.N. Investigation of the resistance of cement stone to biocorrosion. In the collection: Fundamental, exploratory and applied research of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences on scientific support for the development of architecture, urban planning and the

construction industry of the Russian Federation in 2019. Collection of scientific works of the RAASN. Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. Moscow, 2020. Pp. 472-476.

15. Strokin K.B., Novikov D.G., Konovalova V.S., Kasyanenko N.S. The effect of microorganisms on the physical and mechanical properties of concrete // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2021. No. 10. Pp. 90-98.

16. Rakhimbayev Sh.M., Tolypina N.M. Substantiation of the choice of the type of binder for aggressive media of organic origin based on the theory of heterogeneous physico-chemical processes // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2016. Vol. 1. No. 9. Pp. 159-163.

17. Rakhimbayev Sh.M., Tolypina N.M. Improving the corrosion resistance of concrete by rational choice of binder and fillers // Monograph. Belgorod, Publishing House of BSTU, 2015. 321 p.

18. Rakhimbayev Sh.M., Karpacheva E.N., Tolypina N.M. On the choice of the type of cement based on the theory of colmatation with a complex composition of an aggressive medium // Concrete and reinforced concrete. 2012. No. 5. Pp. 25-26.

19. Brykov A.S. Sulfate corrosion of Portland cement concretes // Cement and its application. 2014. No. 6. Pp. 96-103.

20. Rakhimova N.R., Rakhimov R.Z. Toward clean cement technologies: A review on alkali-activated fly-ash cements incorporated with supplementary materials // Journal of Non-Crystalline Solids. 2019. 509, 31-41.

21. Petrova T.M. Interrelation of structure and durability of slag-alkaline concretes based on blast furnace and steelmaking slags // Bulletin of Civil Engineers. 2012. No. 4 (33). Pp. 167-173.

22. Amran M., Fediuk R., Abdelgader H.S., Murali G., Ozbakkaloglu T., Lee Y.H., Lee Y.Y. Fiber-reinforced alkali-activated concrete: a review // Journal of Building Engineering. 2022. Vol. 45. Pp. 103638.

23. Yakovlev G., Polyanskikh, I., Gordina A., Pudov I., Černý V., Gumenyuk A., Smirnova O. Influence of sulfate attack on properties of modified cement composites // Applied Sciences. 2021. 11(18), 8509.

24. Eroshkina N.A., Chamurliov M.Yu., Korovkin M.O. Sulfuric acid corrosion of geopolymer concrete with mineral additives based on waste // Transport structures. 2019. Vol. 6. No. 3. P. 25

25. Grishina A.N., Korolev E.V., Mikheev A.V., Gladkikh V.A. Moisture deformations of concrete subject to alkaline corrosion. Experimental results // Bulletin of Civil Engineers. 2020. No. 6 (83). Pp. 140-148.

26. Rakhimova N.R., Rakhimov R.Z. The effect of the content of additives of thermally activated clay on the properties and composition of the hardening products of a composite slag-alkaline binder with a low content of an alkaline activator // Izvestiya Kazan State Architectural and Construction University. 2021. No. 2 (56). Pp. 50-59.

27. Fedjuk R.S. Properties of composite binders based on technogenic waste of the Far East // Bulletin of Civil Engineers. 2016. No. 2 (55). Pp. 132-136.

28. Kazanskaya L.F., Smirnova O.M. Supersulphated Cements with Technogenic Raw Materials // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. 9(11). Pp. 3006-3012.

29. Smirnova O.M., Kazanskaya L.F. Hybrid cements based on granular blast furnace slags: main research directions // Expert: theory and practice. 2022. No. 3 (18). Pp. 59-65.

30. Mehdizadeh H., Kani E.N., Sanchez A.P., Fernandez-Jimenez A. (2018). Rheology of activated phosphorus slag with lime and alkaline salts // Cement and Concrete Research, 113, 121-129.

31. Polak A.F., Babkov V.V., Andreeva E.P. Hardening of mineral binders. Ufa: Bashkir Publishing House, 1990. 216 p.

32. Kazanskaya L.F., Makarov Yu.I., Grigoriev D.S. Strength and durability of multicomponent mineral binders based on technogenic raw materials // News of the St. Petersburg University of Railway Transport. 2014. No. 1 (38). Pp. 75-81.

33. Kazanskaya L.F., Smirnova O.M. Alkaline activation binders: striving for an alternative to Portland cement // Cement and its application. 2015. No. 2. Pp. 137-140.

Информация об авторах:

Казанская Лилия Фаатовна

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург, Россия,

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные материалы и технологии».

E-mail: yalifa@inbox.ru

Смирнова Ольга Михайловна

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург, Россия,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Строительство горных предприятий и подземных сооружений».

E-mail: smirnovaolgam@rambler.ru

Information about authors:

Kazanskaya Liliya F.

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia,
doctor in technical sciences, docent, professor of the department of «Building Materials and Technologies».
E-mail: yalifa@inbox.ru

Smirnova Olga M.

Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia,
candidate in technical sciences, docent, associate professor of the department Constructing Mining Enterprises and
Underground Structures.
E-mail: smirnovaolgam@rambler.ru