

УДК 691.554

DOI 10.47367/0021-3497_2024_1_158

**ЗАЩИТА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ОТ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ
МАТЕРИАЛАМИ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИДА КАЛЬЦИЯ**

**PROTECTION OF TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES
ENCLOSURE STRUCTURES FROM
MICROBIOLOGICAL CORROSION BY MATERIALS
BASED ON CALCIUM HYDROXIDE**

В.Е. РУМЯНЦЕВА^{1,2}, Д.А. ПАНЧЕНКО³, Ю.Ф. ПАНЧЕНКО³, Б.Е. НАРМАНИЯ⁴

V.E. RUMYANTSEVA^{1,2}, D.A. PANCHENKO³, YU.F. PANCHENKO³, B.E. NARMANIA⁴

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

²Ивановский государственный политехнический университет,

³Тюменский индустриальный университет,

⁴Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)

(¹Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,

²Ivanovo State Polytechnic University,

³Industrial University of Tyumen,

⁴Moscow State University of Civil Engineering)

E-mail: varrym@gmail.com, panchenkoda@tyuiu.ru, panchenkojf@tyuiu.ru, borisfablee@gmail.com

Воздушная среда в цехах предприятий текстильной промышленности отличается повышенной температурой и влажностью, что негативно сказывается не только на влажностном состоянии наружных ограждающих конструкций, но и на самочувствии и здоровье людей. Кроме того, повышенная влажность ограждающих конструкций в сочетании с их низким термическим сопротивлением и высокой температурой воздуха способствует развитию плесневых грибов на отдельных участках наружных стен. Поэтому выбор штукатурного покрытия для помещений предприятий текстильной промышленности должен осуществляться с учетом их температурно-влажностного режима. Микробиологической стойкостью обладают штукатурные растворы на основе гидроксида кальция, что обусловлено высоким рН среды. Однако необходимо предусмотреть мероприятия по снижению его капиллярного водопоглощения для предотвращения увлажнения как самого штукатурного слоя, так и наружной ограждающей конструкции.

В работе представлены результаты оценки грибоустойкости штукатурного раствора на основе гидроксида кальция в сравнении с гипсовой штукатуркой. Образцы штукатурных покрытий обрабатывались суспензией спор грибов Paecilomyces elegans VKM F-1329, Aspergillus niger RCAM 02334, Cladosporium herbarum VKM F-235, Verticillium nigrescens VKM F-2693, Penicillium chrysogenum RCAM 00888, а затем выдерживались во влажной среде в термостате в течение 6 месяцев. Результаты исследований показывают, что даже длительное нахождение раствора на основе гидроксида кальция в среде, зараженной спорами грибов, не приводит к его заражению в отличие от гипсового штукатурного покрытия. Вопрос снижения водопоглощения при капиллярном подсосе решается путем введения в состав раствора гидрофобизатора – стеарата кальция. Оптимальное содержание гидрофобизатора в составе сухой штукатурной смеси – 0,22%.

The parameters of the air environment in the workshops of textile industry enterprises are characterized by high temperature and humidity, that negatively affect not only the humidity state of the building envelope, but also the well-being and health of people. In addition, the increased humidity of the enclosure structures in combination with their low thermal resistance and high air temperature contribute to the development of mold fungi in certain areas of the exterior walls. Therefore, the choice of plaster coating for the premises of textile industry enterprises should be carried out taking into account their temperature and humidity regime. Plaster solutions based on calcium hydroxide have microbiological resistance, which is due to the high pH of the medium. However, it is necessary to provide measures to reduce its capillary water absorption, in order to prevent moistening of both the plaster layer itself and the outer enclosing structure.

The paper presents the results of assessing the fungus resistance of plaster solution based on calcium hydroxide in comparison with gypsum plaster. The plaster coating samples were treated with a suspension of fungal spores Paecilomyces elegans VKM F-1329, Aspergillus niger RCAM 02334, Cladosporium herbarum VKM F-235, Verticillium nigrescens VKM F-2693, Penicillium chrysogenum RCAM 00888, and then kept in a humid environment in a thermostat for 6 months. The research results show that even a prolonged presence of a calcium hydroxide based plaster in an environment infected with fungal spores does not cause to its infection, unlike gypsum plaster coating. The issue of reducing water absorption during capillary action is solved by introducing a calcium stearate hydrophobizer into the composition. The optimal content of the hydrophobizer in the dry plaster mixture is 0,22%.

Ключевые слова: предприятия текстильной промышленности, влажность, штукатурное покрытие, гидроксид кальция, гипс, микробиологическая стойкость, плесневые грибы, гидрофобизатор, водопоглощение.

Keywords: textile industry enterprises, humidity, plaster, calcium hydroxide, gypsum, microbiological resistance, mold fungi, hydrophobizer, water absorption.

Введение

Особенностью текстильных предприятий является наличие больших цехов (ткац-

ких, прядильных и др.) с однотипными рабочими местами, микроклимат в которых идентифицируется как вредный и (или)

опасный фактор, так как рабочие места расположены в закрытых производственных помещениях, на которых имеется производственное оборудование, являющееся искусственным источником тепла [1].

Действие вредных факторов ткацкого производства обуславливает высокую степень риска профзаболеваемости персонала. В работе [2] проанализированы основные причины профзаболеваемости работников на текстильном предприятии, из которых 39% приходится на физические факторы, которые, кроме шума, вибрации и плохого освещения, включают параметры микроклимата, а около 9% приходится на действие биологических факторов и аллергические реакции.

Особенность микроклимата цехов предприятий текстильной промышленности заключается в наличии повышенной температуры воздуха в сочетании с его высокой влажностью, что обусловлено спецификой технологии [3]. Однако в ряде цехов повышенная температура может приводить к низкой влажности воздуха. Для повышения влажности в цехах предлагается устанавливать системы туманообразования [2]. Влажность воздуха оказывает непосредственное влияние на состояние слизистых оболочек человека, которые выполняют защитную функцию организма, поэтому она строго регламентируется требованиями нормативных документов. В процессе регулирования влажности в помещении не последнюю роль играет штукатурное покрытие стен, а именно его паропроницаемость [4]. Гипсовые штукатурные покрытия «сушат» воздух, тогда как цементно-песчаные, наоборот, обладают низкой паропроницаемостью. Следовательно, целесообразно рассмотреть возможность применения для оштукатуривания стен помещений предприятий текстильной промышленности штукатурных составов на основе гашеной извести, представляющей собой гидроксид кальция, которые обладают высокой паропроницаемостью.

Анализ температурных режимов некоторых предприятий текстильной промышленности, представленный в работе [3],

свидетельствует о том, что примерно на половине из обследованных объектов, а это 6 предприятий, температура в летний период приближается к максимально допустимой, а в зимний – к минимально допустимой, что связано с несоответствием ограждающих конструкций современным требованиям к тепловой защите зданий, так как большинство предприятий были построены в период 1960-1980 гг. Основное воздействие, которое испытывают штукатурные покрытия внутри здания, – газовые среды с высокой влажностью, обуславливающие выпадение конденсата [5, 6], особенно при несоответствии термического сопротивления наружных ограждающих конструкций современным требованиям. Сочетание высокой температуры воздуха и влажного состояния внутренней поверхности стены создает благоприятные условия для развития биокоррозии [7]. Микробиологическая коррозия штукатурных покрытий обусловлена воздействием плесневых грибов, чаще всего рода *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, реже – *Alternaria*, *Fusarium* [8...10].

Известно, что pH среды оказывает значительное влияние на стойкость материала к плесневым грибам [11...13]. Следовательно, применение штукатурных составов на основе гидроксида кальция для отделки цехов предприятий текстильной промышленности является весьма целесообразным. Однако известковые штукатурные растворы обладают высоким водопоглощением при капиллярном подсосе, что будет способствовать проникновению конденсирующейся на их поверхности влаги вглубь покрытия и приводить к повышению влажности стеновой конструкции. Следовательно, необходимо предусмотреть мероприятия по снижению капиллярного водопоглощения известково-песчаного штукатурного раствора.

Цель работы: оценка микробиологической стойкости штукатурного раствора на основе гидроксида кальция и разработка мероприятий по снижению его водопоглощения при капиллярном подсосе.

Материалы и методы

Штукатурный раствор на основе гидроксида кальция представляет собой известково-песчаную смесь с активностью по CaO и MgO – 9,5%. В качестве образца сравнения использовалась готовая штукатурная смесь на основе гипса.

Для оценки грибостойкости из штукатурных составов изготавливались образцы размером 4x4x2 см, которые обрабатывались суспензией спор грибов путем 5-секундного окунания. В исследованиях применялись суспензии спор грибов *Raecilomyces elegans* VKM F-1329, *Aspergillus niger* RCAM 02334, *Cladosporium herbarum* VKM F-235, *Verticillium nigrescens* VKM F-2693, *Penicillium chrysogenum* RCAM 00888.

После 28-суточного и 6-месячного выдерживания зараженных образцов в термостате при температуре среды 30 °C и влажности более 90% осуществлялось исследование соскобов путем посева на питательную среду и 7-дневного культивирования, а

также микроскопические исследования структуры материала на предмет наличия мицелия.

В качестве гидрофобизатора в исследованиях применялся стеарат кальция. Водопоглощение при капиллярном подсосе оценивалось на образцах-балочках размером 4x4x16 см по ГОСТ 31356-2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний».

Результаты

Результаты исследований, приведенные в табл. 1, показали, что уже через 28 суток все споры грибов на поверхности штукатурного раствора на основе гидроксида кальция погибли (рис. 1) в отличие от гипсовой штукатурки (рис. 2). Не произошло заражения образцов штукатурного раствора на основе гидроксида кальция от гипсовых образцов за 6 месяцев хранения их в одном термостате. Это подтверждает высокую микробиологическую стойкость штукатурного раствора на основе гидроксида кальция.

Таблица 1

| № образца | Численность плесневых грибов на образце штукатурного раствора, спор/г | | | |
|-----------|---|-----------------|---------------------|---------------------|
| | на основе гидроксида кальция | | на основе гипса | |
| | через 28 суток | через 6 месяцев | через 28 суток | через 6 месяцев |
| 1 | 0 | 0 | 5,3x10 ³ | 2,1x10 ⁴ |
| 2 | 0 | 0 | 6,9x10 ² | 6,7x10 ³ |
| 3 | 0 | 0 | 3,6x10 ³ | 3,8x10 ³ |
| 4 | 0 | 0 | 2,2x10 ⁴ | 1,1x10 ⁵ |
| 5 | 0 | 0 | 3,8x10 ³ | 1,5x10 ⁴ |

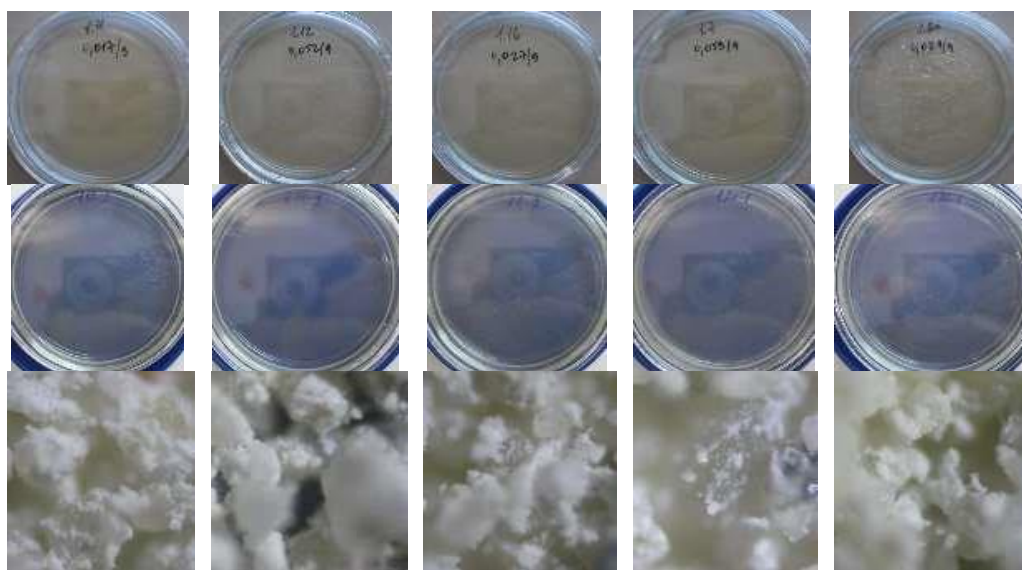


Рис. 1

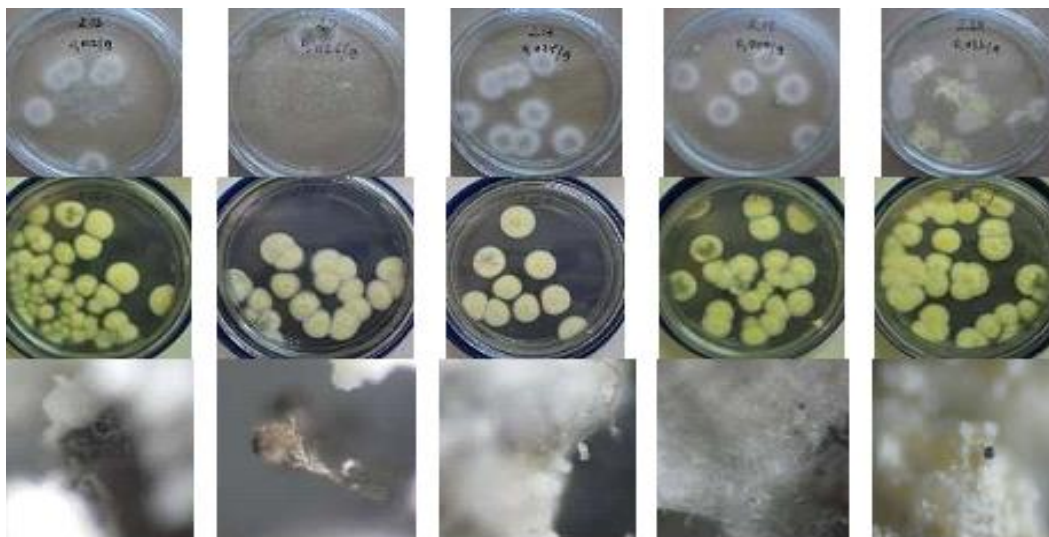


Рис. 2

Недостатком штукатурного раствора на основе гидроксида кальция является его высокое водопоглощение при капиллярном подсосе. Классическим способом снижения водопоглощения является применение гидрофобизаторов [14...16]. Результаты эксперимента, представленные на рис. 3, показывают, что путем применения гидрофобизатора – стеарата кальция – в составе сухой штукатурной смеси на основе гидроксида кальция можно снизить водопоглощение при капиллярном подсосе до $0,17 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}^{0,5})$. Однако согласно требованиям ГОСТ 31357-2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия» водопоглощение при капиллярном подсосе в течение 24 часов не должно превышать $0,4 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}^{0,5})$, следовательно, оптимальная дозировка стеарата кальция, при которой удовлетворяется это требование, составляет 0,22%.

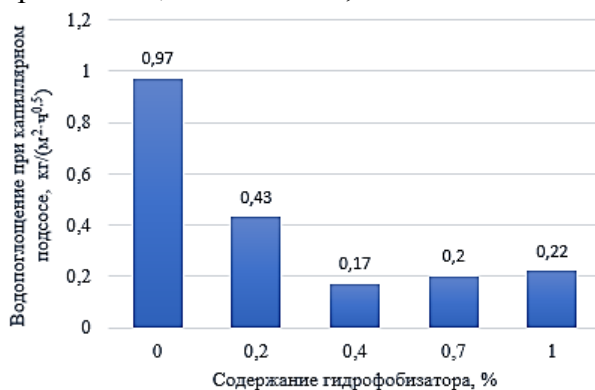


Рис. 3

ВЫВОДЫ

Путем введения в состав сухой штукатурной смеси на основе гидроксида кальция гидрофобизирующей добавки – стеарата кальция – можно получить штукатурный раствор с низким капиллярным водопоглощением и высокой микробиологической стойкостью, что является оптимальным решением для оштукатуривания стен предприятий текстильной промышленности с учетом их специфических температурно-влажностных условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крайнова А.Е. Особенности проведения специальной оценки условий труда на предприятиях текстильной промышленности // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации – 2015): сб-к матер. междунар. науч.-техн. конф. М.: МГУДТ, 2015. Т. 3. С. 124...128.
2. Крайнова А.Е., Пасько П.В. Разработка мероприятий по улучшению условий в ткацком цехе // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2021): сб. матер. Нац. молодеж. науч.-техн. конф. Иваново: ИВГПУ, 2021. С. 367...369.
3. Король Е.А., Дегаев Е.Н., Нармания Б.Е. Верификация температуры воздуха рабочих зон на предприятиях текстильной промышленности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6 (402). С. 189...194.
4. Строкова В.В., Сивальнева М.Н., Неровная С.В., Второв Б.Б. Штукатурные покрытия как регулятор параметров микроклимата в помещении: обзор теоретических и экспериментальных исследований // Строительные материалы. 2021. № 7. С. 32...72.

5. Король Е.А., Кустикова Ю.О., Шенберева А.В. Эксплуатационная безопасность кирпичных стен предприятий текстильной промышленности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 3 (405). С. 201...208.

6. Румянцева В.Е., Красильников И.В., Красильникова И.А., Новикова У.А., Строкін К.Б. Изменение несущей способности строительных конструкций предприятий текстильной и легкой промышленности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 2 (404). С. 218...227.

7. Карцева Н.Е., Румянцева В.Е., Логинова С.А. Проблема биокоррозионного разрушения строительных материалов // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2021): сб. матер. Нац. молодеж. науч.-техн. конф. Иваново: ИВГПУ, 2021. С. 312...314.

8. Афоничева А.Б. Проведение микробиологического мониторинга жилых помещений различной степени загрязненности // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сб-к матер. V Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов. Екатеринбург: РГПУ, 2022. С. 32...36.

9. Смирнов В.Ф., Светлов Д.А., Зоткина М.М., Светлов Д.Д., Бажанова М.Е., Вильдяева М.В., Захарова Е.А. Экологические аспекты биокоррозии и повышение биостойкости строительных материалов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2021. № 4. С. 14...26.

10. Фомичев В.Т., Камкова С.В., Куликова И.А., Чичерина Г.В. Защита строительных материалов и конструкций от повреждений микромицетами // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. № 4 (85). С. 183...191.

11. Семенов С.А. Биоповреждения материалов и изделий техники // Вестник МИТХТ. 2007. Т.2, №6. С. 3...26.

12. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Логинова С.А. Исследование процессов массопереноса при биокоррозии бетона // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2020 году: сб-к науч. тр. РААСН. В 2 т. Т. 2. М.: АСВ, 2021. С. 299...303.

13. Кряжев Д.В. Экологические основы диагностики процессов биодеструкции природных и синтетических полимерных материалов в условиях ряда абиотических факторов внешней среды: дис. ... д-ра биол. наук. Н. Новгород: НГУ им. Н.И. Лобачевского, 2014. 325 с.

14. Кузьмина В.П. Особенности применения сухих строительных смесей при проведении отделочных работ в различных климатических условиях. Ч. 1. // Сухие строительные смеси. 2017. № 6. С. 34...38.

15. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Красильников И.В. Исследования жидкостной коррозии второго вида цементных бетонов, модифицированных

гидрофобизирующими добавками // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2020 году: сб-к науч. тр. РААСН. В 2 т. Т. 2. М.: АСВ, 2021. С. 289...298.

16. Pavlíková M, Pavlík Z, Pernicová R, Černý R The influence of inner hydrophobisation on water transport properties of modified lime plasters // AIP Conference Proceedings 1738, 280005 (2016); <https://doi.org/10.1063/1.4952065> Published Online: 23 June 2016.

17. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Красильников И.В., Коновалова В.С., Евсяков А.С. Кольматация пор цементных бетонов при гидрофобизации // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2018 году: сб-к науч. тр. РААСН. В 2 т. Т. 2. М.: АСВ 2019. С. 563...572. – DOI: 10.22337/9785432303134-563-572.

REFERENCES

1. Krajnova A.E. Features of conducting a special assessment of working conditions at textile industry enterprises // Proceedings of materials of the International scientific and technical conference. M.: MGUDT 2015. P. 124...128.

2. Krajnova A.E., Pasko P.V. Development of events to improve conditions in the weaving shop // Young scientists - development of the National Technological Initiative (POISK). Ivanovo: IVGPU, 2021. pp. 367...369.

3. Korol E.A., Degaev E.N., Narmanija B.E. The air temperature verification of working areas in the textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. № 6 (402). P. 189...194. – DOI 10.47367/0021-3497_2022_6_189.

4. Strokova V.V., Sivalneva M.N., Nerovnaya S.V., Vtorov B.B. Plaster coatings as a regulator of microclimate parameters in the room: a review of theoretical and experimental studies // Stroitel'nye Materialy. 2021, 7. P. 32...72. – DOI: 10.31659/0585-430X-2021-793-7-32-72.

5. Korol E.A., Kustikova Y.O., Shenbereva A.V. Operational safety of brick exterior walls of textile industry enterprises // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. № 3 (405). P. 201...208. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_201.

6. Rumyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Krasilnikova I.A., Novikova U.A., Strokina K.B. Changing the bearing capacity of building structures of textile and light industry enterprises // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. № 2 (404). P. 218...227. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_2_218.

7. Kartseva N.E., Rumyantseva V.E., Loginova S.A. The problem of corrosion destruction of building materials // Young scientists – development of the National Technological Initiative (POISK). Ivanovo: IVGPU, 2021. P. 312...314.

8. Afonicheva A.B. Conducting microbiological monitoring of residential premises of various degrees of

contamination // Proceedings of materials of the Fifth International Scientific and Practical Conference of teachers, young scientists and students. Yekaterinburg, 2022. P. 32...36.

9. *Smirnov V.F., Svetlov D.A., Zotkina M.M., Svetlov D.D., Bazhanova M.E., Vildiaeva M.V., Zakharova E.A.* Environmental aspects of biocorrosion and improvement of biostability in building materials // Vestnik of Volga State University of Technology. Seriya: Materials. Constructions. Technologies. 2021. № 4. P. 14...26. – DOI: 10.25686/2542-114X.2021.4.14.

10. *Fomichev V.T., Kamkova S.V., Kulikova I.A., Chicherina G.V.* Protection of building materials and structures from damage by micromycetes // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. 2021, № 4 (85). P. 183...191.

11. *Semenov S.A.* Biodestruction of materials and engineering products // Vestnik MITHT. 2007. V.2, №6. P. 3...26.

12. *Fedosov S.V., Romyantseva V.E., Loginova S.A.* Research of mass transfer processes in concrete biocorrosion // Proceedings of scientific papers of the RAASN: in 2 volumes. Volume 2. Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAASN). Moscow, 2021. P. 299...303.

13. *Krjazhev D.V.* Ecological bases of diagnostics of biodegradation processes of natural and synthetic polymer materials under conditions of a number of abiotic environmental factors: dissertation for the degree of

Doctor of Biological Sciences. Nizhny Novgorod: Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 2014. 325 p.

14. *Kuzmina V.P.* Features of the use of dry building mixes during finishing works in various climatic conditions. Part 1 // Suhie stroitelnye smesi. 2017. № 6. P. 34...38.

15. *Fedosov S.V., Romyantseva V.E., Krasilnikov I.V.* Research of Liquid Corrosion of the Second Kind of Cement Concrete Modified with Hydrophobizing Additives // Proceedings of scientific papers of the RAASN: in 2 volumes. Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAASN). Moscow, 2021. P. 289...298.

16. *Pavliková M, Pavlík Z, Pernicová R, Černý R* The influence of inner hydrophobisation on water transport properties of modified lime plasters // AIP Conference Proceedings 1738, 280005 (2016); <https://doi.org/10.1063/1.4952065>.

17. *Fedosov S.V., Romyantseva V.E., Krasilnikov I.V., Konvalova V.S., Evsyakov A.S.* Colmatation of Pores of Cement Concretes at Hydrophobization // Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. Volume 2. Moscow, 2019. P. 563...572. – DOI: 10.22337/9785432303134-563-572.

Рекомендована кафедрой естественных наук и техносферной безопасности ИВГПУ. Поступила 26.10.23.