

УДК 691.554:66.018.8

СУХАЯ ШТУКАТУРНАЯ СМЕСЬ НА ОСНОВЕ ВОЗДУШНОЙ ИЗВЕСТИ

В. Е. РУМЯНЦЕВА^{1,2}, Д. А. ПАНЧЕНКО³, Ю. Ф. ПАНЧЕНКО³, Т. В. ФРОЛОВА¹, Д. А. СМЕРНОВ⁴

¹ Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

² ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет,
Российская Федерация, г. Иваново

³ ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет,
Российская Федерация, г. Тюмень

⁴ ООО «Инжпроджект»,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: varrym@gmail.com, panchenkoda@tyuiu.ru, panchenkojf@tyuiu.ru,
frolovatanja@mail.ru, smirnov.demon@mail.ru

Статья посвящена разработке состава сухой штукатурной смеси на основе воздушной извести с улучшенными эксплуатационными характеристиками, что достигается за счет увеличения дисперсности $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В работе предложено осуществлять совместное гашение воздушной извести в смеси с песком в закрытых емкостях, препятствующих свободному удалению пара, за счет чего достигается размер частиц $\text{Ca}(\text{OH})_2$ менее 8 мкм. Это способствует увеличению прочности затвердевшего штукатурного раствора в 2,5 раза по сравнению с раствором на основе извести-пушонки, имеющей размер частиц $\text{Ca}(\text{OH})_2$ от 2 до 100 мкм. Увеличение прочности объясняется формированием более равномерной мелкокристаллической структуры кальцита при карбонизации извести.

Ключевые слова: воздушная известь, штукатурный раствор, дисперсность, прочность при сжатии, структура.

DRY PLASTER MIX BASED ON AIR LIME

V. E. RUMYANTSEVA^{1,2}, D. A. PANCHENKO³, Yu. F. PANCHENKO³, T. V. FROLOVA¹, D. A. SMIRNOV⁴

¹ Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

² Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo State Polytechnic University»,
Russian Federation, Ivanovo

³ Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Industrial University of Tyumen»,
Russian Federation, Tyumen

⁴ LLC «Injprodjekt»,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: varrym@gmail.com, panchenkoda@tyuiu.ru, panchenkojf@tyuiu.ru,
frolovatanja@mail.ru, smirnov.demon@mail.ru

The article is dedicated to the development of the composition of a dry plaster mix based on air lime with improved performance characteristics, which is achieved by increasing the dispersion of $\text{Ca}(\text{OH})_2$. In the work, it is proposed to carry out joint hydration of air lime in a mixture with sand in closed silos that prevent the free removal of steam, thereby achieving a particle size of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ less than 8 microns. This contributes to an increase in the strength of the hardened plaster by 2.5 times compared with a hydrated lime-based composition having a particle size of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ from 2 to 100 microns. The increase in strength is explained by the formation of a more uniform fine-crystalline calcite structure during the carbonation of lime.

Keywords: air lime, plaster, dispersity, compressive strength, structure.

Введение

В современных условиях в качестве критериев при выборе строительных материалов для внутренней отделки помещений на первое место ставится влияние, которое они оказывают на человека [1, 2]. Однако, технологичность, долговечность и стоимость также имеют не маловажное значение, так как определяют комфорт как при производстве работ, так и в процессе эксплуатации. Ни у кого нет желания, выполнять ремонт отделочных покрытий каждые 2–3 года и устранять недостатки, возникающие в процессе эксплуатации.

Современная мировая тенденция в области производства материалов для внутренней отделки помещений, таких как штукатурки, шпатлевки и краски направлена на все более широкое применение материалов на основе воздушной извести, которая представляет собой оксид кальция [3, 4]. В составе сухих строительных смесей (ССС) воздушная известь присутствует в гашеном состоянии в виде гидроксида кальция (гидратной извести). В Германии и Австрии выпускается широкая линейка отделочных материалов на основе воздушной извести, которые позиционируются как материалы для борьбы с аллергией [5]. Это обусловлено их высокой паропроницаемостью [6], т.е. способностью регулировать микроклимат в помещении, что оказывает непосредственное влияние на состояние слизистых оболочек и дыхательных путей человека. Также самыми сильными аллергенами являются споры грибов. Материалы на основе гидроксида кальция обладают высоким водородным показателем, что делает их весьма стойкими к развитию всевозможных грибков и других микроорганизмов [7–10]. В России также есть ряд производителей СССР в номенклатуре которых есть продукты на основе гидроксида кальция, но они в основном предлагаются для восстановления и ремонта памятников архитектуры [11, 12] и производятся только «под заказ». Как материалы зарубежного производства, так и российского, обладают достаточно высокой стоимостью за счет того, что производятся с применением дорогостоящих химических добавок для СССР, поэтому обладают ограниченной доступностью для частных потребителей. Разработка СССР на основе гидроксида кальция с высокими эксплуатационными характеристиками и невысокой стоимостью может быть достигнута путем увеличения степени дисперсности вяжущего, что приведет к увеличению прочности затвердевшего раствора при одновременном снижении расхода вяжущего. Как известно, увеличение дисперсности вяжущего сопровождается улучшением технологических характеристик растворных и бетонных смесей и увеличением прочности затвердевших бетонов и растворов [13].

Основной гипотезой данного исследования является то, что высокая дисперсность частиц гидратной извести способствует формированию более равномерной мелкокристаллической структуры кальцита при твердении раствора за счет карбонизации, что способствует увеличению прочности при сжатии.

Современный способ производства гидратной извести заключается в обработке дробленой до размера частиц не более 3 мм комовой воздушной извести паром в специальных многоступенчатых реакторах – гидраторах. Процесс достаточно энергозатратный, а частицы гидроксида кальция при этом получают достаточно крупные. Известно, что при гашении извести с большим количеством воды, например, в «молоко» или в «тесто», частицы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ получаются более мелкие [14, 15]. Однако, для обезвоживания известкового теста потребуется еще большее количество энергии, возникают проблемы с контролем процесса, для того чтобы исключить обратный процесс дегидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$, кроме того, необходим будет последующий помол высушенной массы. Другой способ повышения дисперсности частиц гидратной извести – это гашение в стесненных условиях, например, в смеси с песком в специальных емкостях – силосах. В данном случае потребуется последующая сушка полученной смеси в сушильном барабане.

Целью данной работы являлось исследование влияния способа гашения воздушной извести на размер частиц гидроксида кальция, на прочность при сжатии и структуру затвердевших штукатурных растворов.

Материалы и методы исследований

Для определения прочности при сжатии затвердевших растворов, из штукатурных смесей изготавливались образцы-кубы с размером ребра 7,07 мм в формах без дна. Было приготовлено два состава растворных смесей: на основе песка и гидратной извести, полученной в гидраторе и на основе тонкомолотой извести, гашеной совместно с песком в силосе. Активность смесей по CaO составляла 9,5%. Твердение образцов осуществлялось в воздушно-сухих условиях в течение 28 суток.

Для оценки размера частиц гидроксида кальция в зависимости от способа гашения и исследования структуры затвердевших растворов, применялась растровая электронная микроскопия. Микрофотографии получены с помощью сканирующего микроскопа высокого разрешения TESCAN MIRA3.

Результаты исследований

На рис. 1 представлены микрофотографии гидроксида кальция, полученного путем

гашения в гидраторе, частицы которого преимущественно имеют размер от 4 до 10 мкм, хотя присутствует также большое количество крупных частиц размером 20–100 мкм. Гидроксид кальция, полученный при гашении в силосе,

равномерным слоем покрывает зерна песка (рис. 2). Основная доля гидратной извести представлена частицами размером 1–2 мкм и менее, с отдельными зернами до 8 мкм.

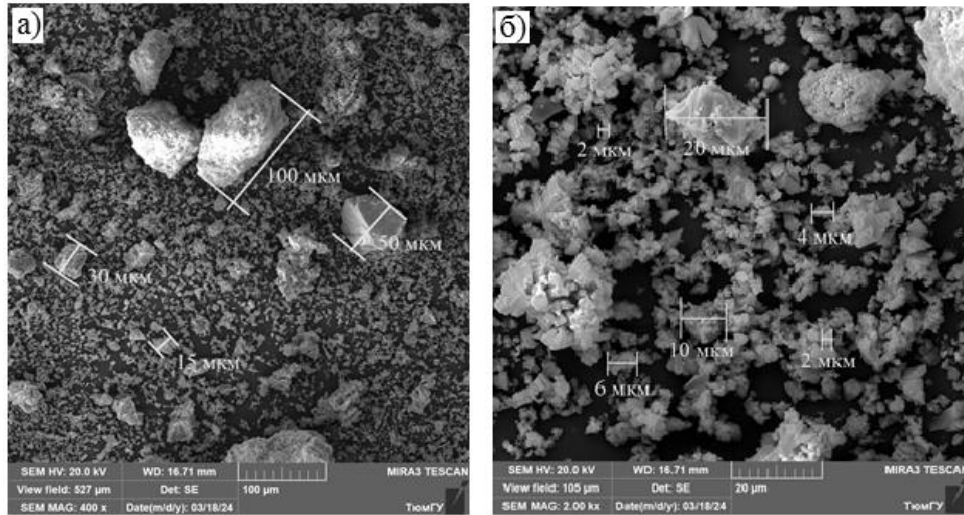


Рис. 1. Микрофотография частиц извести гашеной в гидраторе
а) увеличение в 400 раз; б) увеличение в 2000 раз

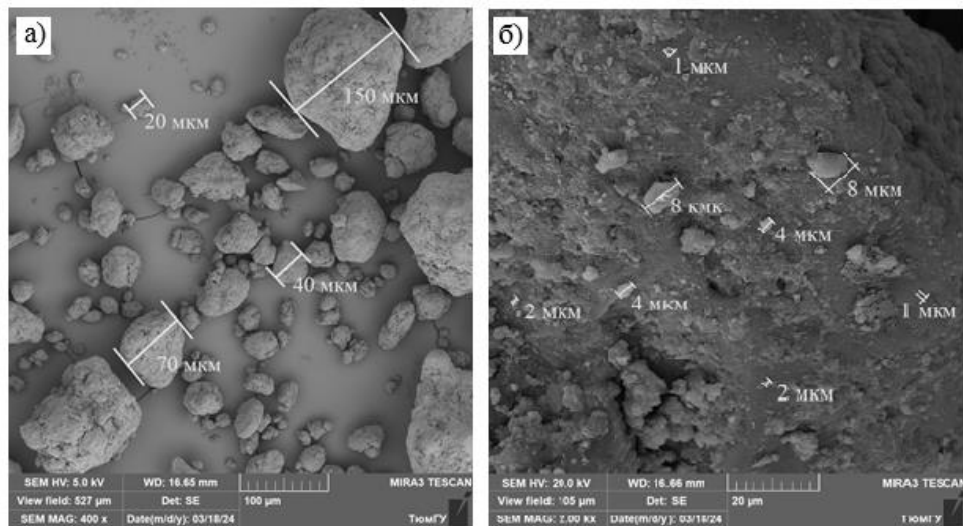


Рис. 2. Зерна песка, покрытые частицами гидроксида кальция, полученные при гашении извести в силосе
а) увеличение в 400 раз; б) увеличение в 2000 раз

Прочность затвердевшего штукатурного раствора на основе гидроксида кальция, полученного путем гашения в гидраторе, составляла 0,33 МПа, а прочность раствора на основе извести гашеной в силосе с песком – 0,86 МПа [16]. Это, во-первых, объясняется более равномерным распределением частиц гидроксида кальция, полученного путем гашения в силосе в

объеме раствора и получением менее дефектной структуры (рис. 3а и 3б). В растворе на основе гидроксида кальция, полученного путем гашения в гидраторе, присутствует большое количество крупных пор (рис. 3г, и 3д), что негативно сказывается на его прочности.

Во-вторых, при твердении растворов за счет карбонизации гидроксида кальция, рост

кристаллов кальцита происходит с поверхности частиц гидратной извести. Следовательно, чем выше дисперсность частиц гидроксида кальция, тем большее количество кристаллов портландита одновременно будет расти и размер этих кристаллов будет меньше, что реализуется в растворе на основе извести гашеной в силосе

(рис. 3в). Формирование крупнокристаллической структуры кальцита в растворе на основе извести гашеной в гидраторе (рис. 3е) приводит к возникновению более напряженного и дефектного состояния структуры затвердевшего раствора, что выражается в снижении прочности в 2,5 раза.

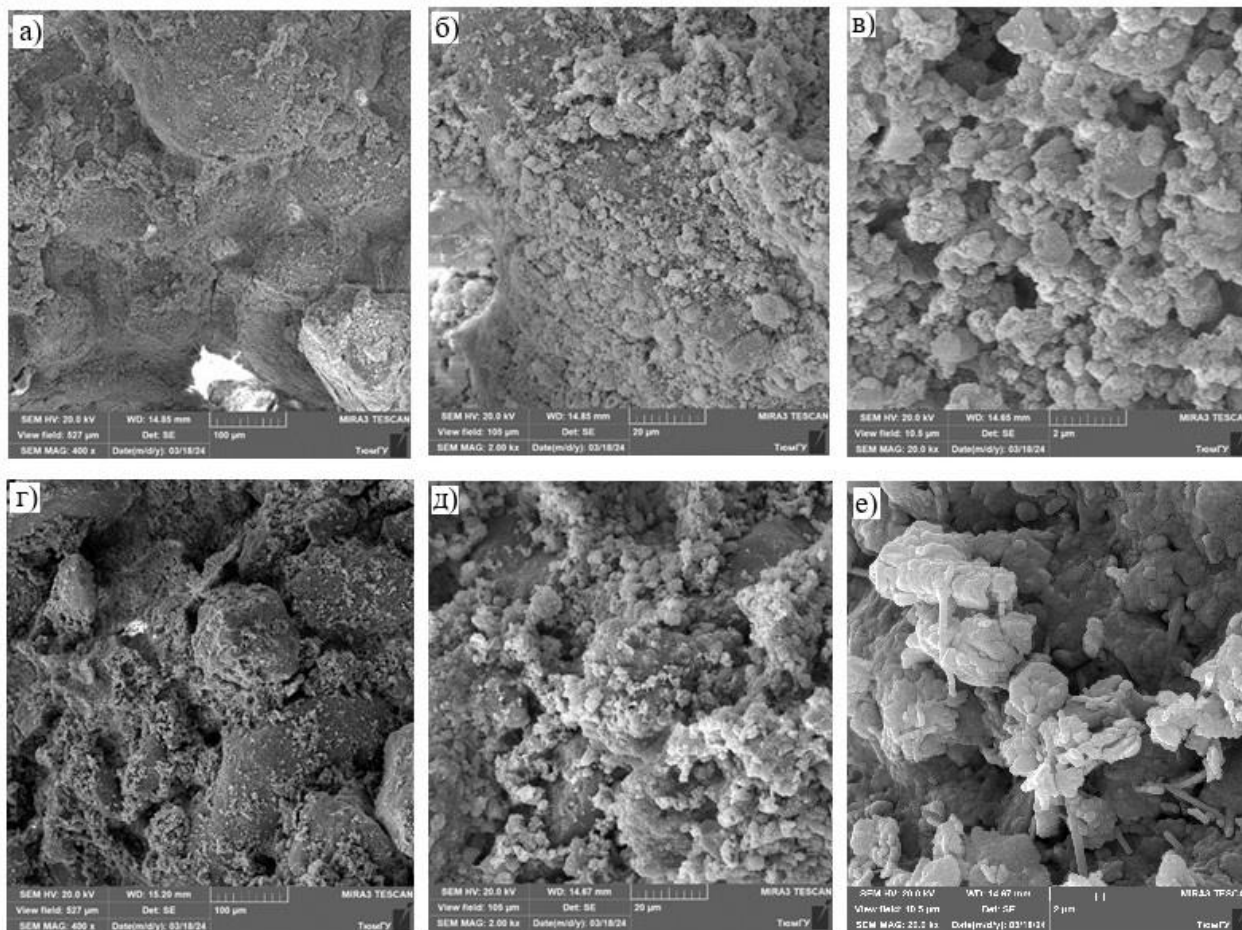


Рис. 3. Структура затвердевших штукатурных растворов
а), б) и в) – на основе гидроксида кальция, полученного в силосе, при увеличении в 400, 2000 и 20000 раз соответственно; г), д) и е) – на основе гидроксида кальция, полученного в гидраторе, при увеличении в 400, 2000 и 20000 раз соответственно;

Закключение

Получение сухой штукатурной смеси на основе воздушной извести с повышенной прочностью при сжатии и невысоким расходом вяжущего достигается путем увеличения

дисперсности гидроксида кальция за счет совместного гашения извести с песком в силосе, что способствует образованию более равномерной мелкокристаллической структуры кальцита при твердении.

Список литературы

1. Зима А. Г. Экологичность отделочных строительных материалов, критерии выбора (с точки зрения воздействия на организм человека) // Заметки ученого. 2020. № 10. С. 253–271.
2. Ручнова В. Р. Влияние современных строительных материалов на экологию жилья // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых – 2022: сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции. Курск: ЮЗГУ. 2022. С. 520–522.
3. Франке Р. Пригласите природу в ваш дом. Известковая штукатурка для машинного нанесения – МКЕ // Сухие строительные смеси. 2011. № 1. С. 10–11.
4. The influence of inner hydrophobisation on water transport properties of modified lime plasters / M. Pavlíková, Z. Pavlík, R. Pernicová, [et al.]. AIP Conference Proceedings 1738, 280005 (2016); <https://doi.org/10.1063/1.4952065> Published Online: 23 June 2016.
5. Франке Р. Пригласите природу в ваш дом: известковая штукатурка МКЕ 11 // Сухие строительные смеси. 2012. № 3. С. 11–13.
6. Штукатурные покрытия как регулятор параметров микроклимата в помещении: обзор теоретических и экспериментальных исследований / В. В. Строкова, М. Н. Сивальнева, С. В. Неровная [и др.] // Строительные материалы. 2021. № 7. С. 32–72. DOI: 10.31659/0585-430X-2021-793-7-32-72.
7. Влияние стеарата кальция на микробиологическую коррозию цементного камня бетона / К. Б. Строкин, А. А. Гальцев, В. С. Коновалова [и др.] // Строительные материалы. 2024. № 8. С. 25–29.
8. Чеснокова Т. В., Румянцева В. Е., Логинова С. А. Моделирование процесса био-разрушения бетона на предприятиях текстильной промышленности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2020. № 1 (385). С. 206–212.
9. 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: сборник научных трудов РААСН. В 2 томах. М.: Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН). 2021. С. 299–303.
10. Хуторской С. В., Ерофеев В. Т., Смирнов В. Ф. Биокоррозия и биостойкость известковых композитов // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2011. № 14. С. 132–135.

11. Логанина В. И. Сухие строительные смеси для реставрации зданий исторической застройки // Региональная архитектура и строительство. 2015. № 3 (24). С. 34–42.
12. Реставрация исторических объектов с применением современных сухих строительных смесей / Ю. В. Пухаренко, А. М. Харитонов, Н. Н. Шангина [и др.] // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 1 (26). С. 98–103.
13. Хавкин Л. М. Технология силикатного кирпича. Репринтное воспроизведение издания 1982 г. М.: ЭКОЛИТ, 2011. 384 с.
14. Хинт Й. А. Основы производства силикатных изделий. М.–Л.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. 642 с.
15. Волженский А. В., Буров Ю. С., Колокольников В. С. Минеральные вяжущие вещества: (технология и свойства). Учебник для вузов 3-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1979. 473 с.
16. Румянцева В. Е., Панченко Д. А., Панченко Ю. Ф. Разработка состава сухой штукатурной смеси на основе извести // Архитектура, строительство, транспорт. 2022. № 2. С. 39–46.

References

1. Zima A. G. Ekologichnost' otdelochnykh stroitel'nykh materialov, kriterii vybora (s tochki zreniya vozdejstviya na organizm cheloveka) [Environmental friendliness of finishing construction materials. Selection criteria (from the point of view of impact on human health)]. *Zametki uchenogo*, 2020, issue 10, pp. 253–257.
2. Ruchnova V. R. Vliyanie sovremennykh stroitel'nykh materialov na ekologiyu zhil'ya [The influence of modern building materials on the ecology of housing]. *Pokolenie budushchego: Vzglyad molodykh uchenykh – 2022: sbornik nauchnykh statej 11-j Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii*. Kursk: YUZGU. 2022, pp. 520–522.
3. Franke R. Priglasite prirodu v vash dom. Izvestkovaya shtukaturka dlya mashinnogo naneseniya – MKE [Invite nature into your home. lime plaster for machine application – MKE]. *Suhie stroitel'nye smesi*, 2011, issue 1, pp. 10–11.
4. The influence of inner hydrophobisation on water transport properties of modified lime plasters / M. Pavlíková, Z. Pavlík, R. Pernicová, [et al.]. AIP Conference Proceedings 1738, 280005 (2016); <https://doi.org/10.1063/1.4952065> Published Online: 23 June 2016.
5. Franke R. Priglasite prirodu v vash dom: izvestkovaya shtukaturka MKE 11 [Invite Nature in Your Home: Lime Plaster MKE]. *Suhie stroitel'nye smesi*, 2012, issue 3, pp. 11–13.

6. Shtukaturnyye pokrytiya kak regulyator parametrov mikroklimata v pomeshchenii: obzor teoreticheskikh i eksperimental'nykh is-sledovaniy [Plaster coatings as a regulator of microclimate parameters in the room: a review of theoretical and experimental studies]. V. V. Strokova, M. N. Sivalneva, S. V. Nerovnaya [et al.]. *Stroitel'nye Materialy*, 2021, issue 7, pp. 32–72. DOI: 10.31659/0585-430X-2021-793-7-32-72.

7. Vliyaniye stearata kal'tsiya na mikrobiologicheskuyu korroziyu tsementnogo kamnya betona [The Effect of Calcium Stearate on the Microbiological Corrosion of Cement Stone Concrete] / K. B. Stokin, A. A. Galtsev, V. S. Konovalova [et al.]. *Stroitel'nye Materialy*, 2024, issue 8, pp. 25-29.

8. Chesnokova T. V., Rumyantseva V. E., Loginova S. A. Modelirovaniye protsessa biorazrusheniya betona na predpriyatiyakh tekstil'noy promyshlennosti [Modeling of the process of biodestruction of concrete at the enterprises of the textile industry]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*, 2020, vol. 1 (385), pp. 206–212.

9. Fedosov S. V., Rumyantseva V. E., Loginova S. A. Issledovaniye protsessov massopereenosy pri biokorroziy betona [Study of mass transfer processes in biocorrosion of concrete]. *Fundamental'nye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noy otrasli Rossijskoj Federacii v 2020 godu: sbornik nauchnykh trudov RAASN. V 2 tomah*. Moscow: Rossijskaya akademiya arhitektury i stroitel'nykh nauk (RAASN), 2021, pp. 299–303.

10. Khutorskoy S. V., Erofeev V. T., Smirnov V. F. Biokorroziya i biostoykost' izvestkovykh kompozitov [Biocorrosion and bio-resistance of lime composites]. *Vestnik Volzhskogo regional'nogo otdeleniya Rossijskoj akademii*

arhitektury i stroitel'nykh nauk, 2011, issue 14, pp. 132–135.

11. Loganina V. I. Sukhiye stroitel'nyye smesi dlya restavratsii zdaniy istoricheskoy zastroyki [Dry building mixtures for the restoration of buildings of historical buildings]. *Regional'naya arhitektura i stroitel'stvo*, 2015, vol. 3 (24), pp. 34–42.

12. Restavratsiya istoricheskikh ob'yektov s primeneniym sovremennykh sukhikh stroitel'nykh smesey [Restoration of historical objects with the use of modern dry building mixtures] / Yu. V. Pukharenskiy, A. M. Kharitonov, N. N. Shangina [et al.]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov*, 2011, vol. 1 (26), pp. 98–103.

13. Khavkin L. M. *Tekhnologiya silikatnogo kirpicha. Reprintnoe vosproizvedenie izdaniya* [Silicate brick technology. Reprintnoe vosproizvedenie izdaniya] 1982 g. M.: EKOLIT. 2011. 384 p. (In Russian).

14. Hint Y. A. Osnovy proizvodstva silikatnykh izdelij. [Basics of production of silicate products]. M.-L.: State publishing house of literature on construction, architecture and building materials. 1962. 642 p.

15. Volzhenskij A. V., Burov Ju. S., Kolokol'nikov V. S. Mineral'nye vjazhushhie veshchestva: (tehnologiya i svoystva). Uchebnik dlja vuzov 3-e izd., pererab. i dop. [Mineral binders: Technology and Properties. Textbook for universities 3rd ed., reprint. and add.]. Moscow: Strojizdat, 1979, 473 p.

16. Rumyantseva V. E., Panchenko D. A., Panchenko Iu. F. Razrabotka sostava suhoj shtukaturnoj smesi na osnove izvesti [Development of a dry plaster mix based on lime]. *Arhitektura, stroitel'stvo, transport*, 2022, issue 2, pp. 39–46. DOI: 10.31660/2782-232X-2022-2-39-46.

Румянцева Варвара Евгеньевна

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

профессор кафедры естественнонаучных дисциплин

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет,

Российская Федерация, г. Иваново

директор Института информационных технологий, естественных и гуманитарных наук,

зав. кафедрой естественных наук и техносферной безопасности

E-mail: varrym@gmail.com

Rumyantseva Varvara Evgenievna

doctor of technical sciences, professor, corresponding member of the RAACS

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy

of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies

and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

professor of the department of natural sciences

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo State Polytechnic

University»,

Russian Federation, Ivanovo
director of the Institute of information technology, natural sciences and humanities,
head of the department of natural sciences and technosphere safety
E-mail: varrym@gmail.com

Панченко Дмитрий Алексеевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

Российская Федерация, г. Тюмень

кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов

E-mail: panchenkoda@tyuiu.ru.

Panchenko Dmitrii Alekseevich

Tyumen Industrial University

Russian Federation, Tyumen

candidate of technical sciences, docent of the Construction Materials Department

E-mail: panchenkoda@tyuiu.ru.

Панченко Юлия Федоровна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,

Российская Федерация, г. Тюмень

кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов

E-mail: panchenkojf@tyuiu.ru

Panchenko Iuliia Fyodorovna

Tyumen Industrial University

Russian Federation, Tyumen

candidate of technical sciences, docent of the Construction Materials Department

E-mail: panchenkojf@tyuiu.ru

Фролова Татьяна Владиславовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук

E-mail: frolovatanja@mail.ru

Frolova Tatiana Vladislavovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy

of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies

and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of chemical science

E-mail: frolovatanja@mail.ru

Смирнов Дмитрий Александрович

ООО «Инжпроджект»

Российская Федерация, г. Иваново

Главный инженер проекта

E-mail: smirnov.demon@mail.ru

Smirnov Dmitrii Aleksandrovich

LLC «InjProdjekt»

Russian Federation, Ivanovo

Chief Project Engineer

E-mail: smirnov.demon@mail.ru