

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-2-24-30

*Логанина В.И., Пылаев В.С.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*E-mail: loganin@mail.ru

СТОЙКОСТЬ К ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЮ ИЗВЕСТКОВЫХ ПОКРЫТИЙ С ДОБАВКАМИ ПОЛИСАХАРИДОВ

Аннотация. Для отделки и реставрации зданий и сооружений исторической застройки широкое применение находят известковые составы. Для повышения стойкости известковых покрытий в рецептуру вводят различные модифицирующие добавки. Раскопки древних сооружений свидетельствуют о наличии в известковых растворах органических добавок (липкий рис, яичный белок, растительные экстракты или кровь животных). Целью данной работы является исследование влияния синтетических полисахаридов на стойкость к трещинообразованию известковых покрытий. Для оценки трещинообразования известковых покрытий применяли методику, основанную на соотношении между длиной трещины, отпечатком индентора Виккерса и вязкостью разрушения. Установлено, что введение в рецептуру известковых составов синтетических полисахаридов способствует ускорению набора пластической прочности составов, повышению морозостойкости отделочного слоя. Вследствие водоудерживающего действия добавки создаются более благоприятные условия для карбонизации известки. Установлено, что для покрытий на основе состава с добавкой синтетического полисахарида *Atren Set LV* характерно более высокое значение критического коэффициента интенсивности напряжений, составляющее $K_{Ic} = 0,074 \text{ МПа м}$, что свидетельствует об их более высокой трещиностойкости. Средняя длина образовавшихся трещин в покрытии с добавкой полисахаридов *Atren Set LV* меньше по сравнению с контрольными составами. Это свидетельствует о более высокой трещиностойкости известковых покрытий с добавками полисахаридов.

Ключевые слова: известковое покрытие, полисахариды, трещиностойкость, коэффициент интенсивности напряжений

Введение. Как один из старейших строительных материалов в мире, известковый раствор используется широко в современных строительных технологиях при отделке и реставрации во многих самых знаковых зданиях. Египтяне умело использовали известковую штукатурку для строительства одного из известняковых чудес света – пирамиды Хеопса (более 100 м высотой) примерно в 4000 г. до н. э. – около 3000 г. до н. э. [1–3]. Можно найти много классических римских сооружений и памятников, которые сохранились до наших дней, таких как римский Колизей, Мезон Карре, бани Диоклетиана, римский театр Мериды, римский Пантеон и т. д. [4]. Китайцы использовали известковый раствор для скрепления камней, чтобы построить Великую китайскую стену протяженностью 2500 км, которая простояла сотни лет и до сих пор хорошо сохранилась [5].

В отличие от зарубежных стран, китайский известковый раствор имел еще одну характеристику, которая заключалась в небольшом количестве органических добавок (липкий рис (SR), яичный белок, растительные экстракты или кровь животных) в известковом растворе. Органически-известковый раствор имел более высокую прочность, более высокую водостойкость и долговечность, и широко использовался в качестве связующего материала в древних китайских сооружениях. Исследователи обнаружили, что

сохранение Великой китайской стены в основном обусловлено добавлением SR в ее известковый раствор [6].

В настоящее время традиционный известковый раствор привлекает новое внимание архитекторов и ученых для восстановления древних зданий.

Для повышения стойкости известковых растворов в рецептуру вводят высокоактивные пуццолановые материалы, например, метакаолинит, при весовом соотношении метакаолинит: известь – 1:1. Известково-метакаолиновые смеси предложены к использованию в работе [7] для восстановления исторических кладок. Указанные растворы применяли для производства некоторых белых штукатурок города Генуя, Италия. Было выявлено, что при увеличении соотношения метакаолин / известь в смесях повышается количество химически связанной воды, снижется размер пор, возрастает прочность при сжатии растворов до 9 МПа.

С целью интенсификации процесса твердения известки в работе [8] предлагается включение в рецептуру известковых составов добавки на основе природных цеолитов. Добавки: фторид натрия, алюминат натрия, хлорид кальция, карбонат калия, вводимые в рецептуру известковых составов, способствуют повышению скорости твердения и увеличению прочности известковых композитов [9].

Заслуживают внимание результаты работ [10–13], в которых приводятся данные о влиянии синтезируемых гидросиликатов кальция на процесс твердения и свойства известковых растворов. Установлено, что введение синтезируемых гидросиликатов, гидроалюмосиликатов кальция в рецептуру известкового раствора способствует уменьшению пористости и увеличению объема закрытых пор, вследствие чего уменьшается водопоглощение известкового камня, повышается прочность при сжатии в 1,5–2 раза.

В работах [14, 15] вносится предложение об использовании в проектах реставрации известковых составов, в рецептуре которых содержатся органические компоненты (полисахариды, белки и жирные кислоты). Авторами установлено, что при введении в рецептуру животного клея наблюдается повышение механической прочности раствора и фронта карбонизации в 2 раза, а также уменьшение пористости и размера пор. Полисахариды, природные или производные, обычно используются в качестве добавок в современных растворах заводского изготовления. Они способны улучшить водоудерживающую способность растворов на цементной основе. Благодаря своим загущающим свойствам полисахариды также улучшают реологические свойства строительных растворов.

Представляет интерес исследование возможности применения синтетических полисахаридов при изготовлении известковых составов для реставрации объектов культурного наследия.

Материалы и методы. В работе применяли гашеную известь (пушонка) истинной плотностью 2230 кг/м³, насыпной плотностью 280 кг/м³, активностью 83 %, с удельной поверхностью $S_{уд}$ 559 м²/кг.

В качестве органических добавок применяли водорастворимый модифицированный полисахарид Atren Cem LV (ТУ 2458-062-63121839-2014), крахмал, микроцеллюлозу МКЦ. Добавка Atren Cem LV представляет собой простой эфир целлюлозы (гидроксиэтилцеллюлоза (ГЭЦ)), получаемый реакцией щелочной целлюлозы с этиленоксидом (ЭО). Насыпная плотность добавки Atren Cem LV составляет 0,5–0,8 г/см³, показатель активности водородных ионов (рН) водного раствора с массовой долей 1 % – 5–8 единиц. Добавки вводились вместе с водой затворения.

Время высыхания покрытия определяли согласно ГОСТ 19007–73* и оценивали по семибальной шкале. Реологические свойства оценивали по показателю пластической прочности, которую определяли с помощью конического пластометра КП-3.

Определение предела прочности при растяжении образцов на основе разрабатываемого отделочного состава проводили на разрывной машине ИР 5057-50 по ГОСТ 18299-72* на образцах размерами 0,010×0,01×0,05 м. Испытания проводили при температуре воздуха 20°С и относительной влажности воздуха 60 %. Расчет предела прочности при растяжении R_{kog} , МПа, проводили по формуле:

$$R_{kog} = \frac{F_{Pi}}{S_{Oi}}, \quad (1)$$

где F_{Pi} – растягивающая нагрузка в момент разрыва, кгс;

S_{Oi} – начальная площадь поперечного сечения образца, см².

Модуль упругости вычисляли по диаграмме «напряжение – деформация» по тангенсу угла наклона к оси абсцисс касательной (Z), проведенной к начальному прямолинейному участку диаграммы. Для каждого образца вычисляли модуль упругости $E_{упр}$ (Па) по формуле:

$$E_{упр} = \frac{R'_{kogi}}{\epsilon'_i} \cdot 100, \quad (2)$$

где R'_{kogi} – предел прочности при растяжении в момент отрыва касательной от диаграммы напряжение – деформация», Па;

ϵ'_i – относительное удлинение при разрыве, м/м.

Для оценки трещинообразования известковых покрытий применяли методику, основанную на соотношении между длиной трещины, отпечатком индентора Виккерса и вязкостью разрушения (рис. 1).

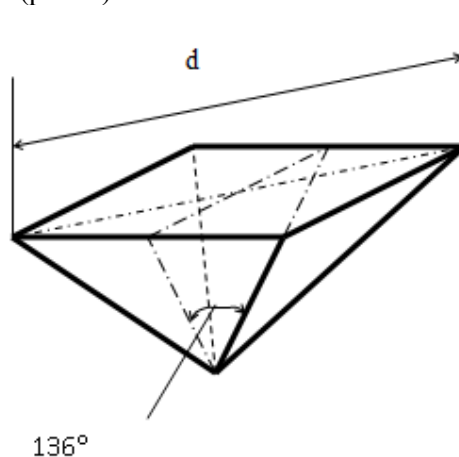


Рис. 1. Четырехгранная алмазная пирамида для определения коэффициента интенсивности напряжений методом Виккерса

Критический коэффициент интенсивности напряжений определяли по формуле

$$K_{1c} = 0,028HV a^{0,5} (E/HV)^{0,5} (C/a)^{-1,5}, \quad (3)$$

где HV – твердость по Виккерсу;

C – полудлина радиальных трещин;

a – полудлина диагонали отпечатка.

Твердость по Виккерсу рассчитывалась по формуле

$$HV = \frac{2P \sin \alpha / 2}{d^2}, \quad (4)$$

где P – нагрузка на индентор, Н;

α – угол между противоположными гранями индентора Виккерса;

d – диагональ отпечатка индентора Виккерса, мм.

Площадь поверхности отпечатка определялась по диагонали d отпечатка, которая измерялась под микроскопом.

Основная часть. Анализ проведенных результатов исследований свидетельствует, что введение добавки Atren Cem LV приводит к ускорению набора пластической прочности. Спустя 6 часов после затворения пластическая прочность контрольного состава составляла $\tau=143$ кПа, а с добавкой Atren Cem LV в количестве 1 % от массы извести – $\tau=320$ кПа. С уменьшением концентрации добавки Atren Cem LV рост пластической прочности в первые 4 часа замедляется, а спустя 6 часов становится равным с составами, содержащими 1 % добавки.

Составы с добавкой полисахаридов характеризуются несколько большей водоудерживаю-

щей способностью, составляющей 98 %. Результаты исследований свидетельствуют, что известковые составы с добавкой полисахарида в количестве 1 % от массы извести характеризуются замедленными сроками высыхания. Так, например, время высыхания до степени 3 на бетонной подложке составляет 15–20 мин, в то время как у контрольного состава (без добавки) – 7 мин.

Установлено повышение марки по морозостойкости с F25 (контрольный) до F35 (с добавкой полисахарида).

Был проведен рентгенофазовый анализ известковых образцов на порошковом дифрактометре D8Advans (Германия). Выявлено, что химического взаимодействия между известью и полисахаридом не наблюдается. Однако количественное содержание минералов различное. Установлено, что в образцах с применением добавки полисахарида увеличивается содержание кальцита. Очевидно, вследствие водоудерживающего действия добавки создаются более благоприятные условия для карбонизации извести. Количество кальцита в контрольных образцах составляет 87,4 %, а в образцах, приготовленных с добавкой – 88,87 %. На дифрактограммах наблюдается некоторое увеличение ширины пиков CaCO_3 , что свидетельствует о возможном внедрении органических молекул добавки Atren Cem LV в состав кальцита (табл. 1).

Таблица 1

Параметры кристаллической решетки

Параметры кристаллической решетки	Параметры кристаллической решетки		
	CaCO_3	Ca(OH)_2	SiO_2
контрольный			
a	4.98700	3.58440	4.90000
c	17.05800	4.89620	5.40000
Гашеная в присутствии добавки			
a	4.99100	3.58620	4.91580
c	17.06200	4.88010	5.40910
С добавкой			
a	4.98700	3.58620	4.91000
c	17.05800	4.88010	5.40000

При введении в рецептуру известкового компонента добавки полисахарида Atren Cem LV образуется структура с меж- и внутрикристаллическими органическими веществами за счет адсорбции полисахаридов на частицах извести.

Включение (адсорбция) добавок в/на кальцит подтверждается также и анализом TG/DSC (рис. 2) известковых образцов.

При проведении дифференциально-термического анализа установлено, что в контрольных образцах эндотермический эффект при температуре 849,5–999,7 °C (рис. 2, кривая 1) несколько

больше по сравнению с образцами, содержащими полисахариды. Это обусловлено наложением экзотермического эффекта, связанного с разложением органической добавки Atren Cem LV. Увеличение числовых значений эндотермического эффекта, связанного с разложением портландита, в образцах с добавкой полисахарида Atren Cem LV связано с наложением эндотермического эффекта при температуре от 400 до 550 °C вследствие дегидратации и реакции декарбонирования Atren Cem LV, в результате которой обра-

зуются газообразные продукты сгорания с последующей окислительной деструкцией продуктов

разложения. Потеря массы контрольных образцов составляет 61,1 %, с добавкой органического полисахарида Atren Cem LV – 41,29 %.

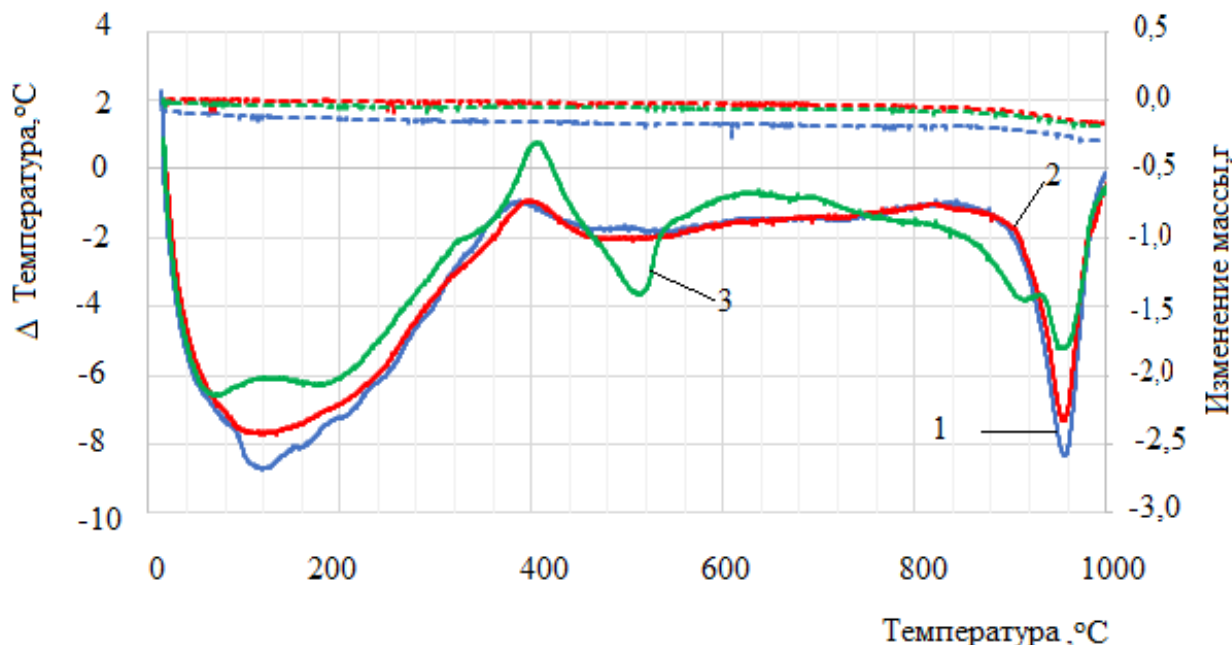


Рис. 2. Кривые дифференциально-термического анализа образцов: 1 - контрольный; 2 – с добавкой полисахарида Atren Cem LV; 3- гашеная в присутствии полисахарида

Дополнительно были получены ИК-спектры пропускания исследуемых образцов на ИК-Фурье-спектрометре ФСМ 1201 (ООО «Инфраспек», Россия). Установлена большая интенсивность пика в области 876 см^{-1} , что свидетельствует о большем содержании кальцита в образце с добавкой Atren Cem LV [16].

В совокупности эти результаты подтверждают присутствие как меж-, так и внутрикристаллических органических соединений, которые

модифицируют (нано)структуру новообразованных кристаллов кальцита и вызывают эффект упрочнения, способствуя пластической деформации и, следовательно, повышению трещиностойкости известковых покрытий.

Более высокое содержание кальцита в образцах с добавкой полисахарида способствует повышению когезионной прочности известковых покрытий. В табл. 2 приведены результаты оценки когезионной прочности покрытий.

Таблица 2

Прочность при растяжении известковых образцов в возрасте 3 месяцев

Состав	Прочность при растяжении, МПа
Контрольный (известь+вода)	0,264
Состав с добавкой Atren Cem LV в количестве 1 % от массы извести	0,47
Состав с добавкой Atren Cem LV в количестве 0,5 % от массы извести	0,379

Полученные результаты свидетельствуют, что известковые составы с добавкой полисахаридов Atren Cem LV характеризуются более высокой когезионной прочностью. По мере увеличения возраста твердения рост когезионной прочности образцов с добавкой синтетического полисахарида Atren Cem LV проявляется в большей степени. Так, в возрасте 28 суток твердения когезионная прочность образцов на основе контрольного состава составляет 0,22 МПа, а с добавкой

полисахарида – 0,24 МПа. В возрасте 3 месяцев твердения различия в значениях когезионной прочности проявляется в большей степени. Когезионная прочность контрольных образцов составляет 0,264 МПа, а образцов с добавкой Atren Cem LV в количестве 1 % от массы извести – 0,47 МПа, с добавкой Atren Cem LV в количестве 0,5 % от массы извести – 0,379 МПа.

Наличие меж- и внутрикристаллических органических молекул придают известковому покрытию более высокие деформативные свойства. Об этом свидетельствуют данные модуля упругости и твердости покрытий. Установлено, что модуль упругости образца известкового покрытия с добавкой Atren Cem LV в количестве 1 % от массы извести составляет 0,925 МПа, а контрольного – 0,987 МПа.

При оценке коэффициента интенсивности напряжений установлено, что в контрольном известковом покрытии трещины появляются при нагрузке 3 кгс (табл. 3). Критический коэффициент интенсивности напряжений составляет $K_{Ic} = 0,019$ МПа м.

Для сравнения в работе также применяли составы с другими полисахаридами – крахмалом и микроцеллюлозой. Анализ полученных результатов свидетельствуют, что при введении в рецептуру добавок полисахаридов (крахмала, целлюлозы) значение критического коэффициента интенсивности напряжений выше по сравнению с контрольным составом. Однако, для покрытий на основе состава с добавкой полисахарида Atren Cem LV характерно более высокое значение критического коэффициента интенсивности напряжений, составляющее $K_{Ic} = 0,074$ МПа м, что свидетельствует об их более высокой трещиностойкости.

Таблица 3

Значение критического коэффициента интенсивности напряжений

Нагрузка, кгс	Коэффициент интенсивности напряжений K_{Ic} , МПа м	Средняя длина диагонали отпечатка, мм	Средняя длина трещины, м
Контрольный образец			
3,0	0,019	0,0009	0,0003
Образец на основе состава с полисахаридом Atren Cem LV			
3,5	0,074	0,00075	0,0001
Образец на основе состава с крахмалом			
3,5	0,053	0,0009	0,00019
Образец на основе состава с микроцеллюлозой			
3,5	0,0502	0,00085	0,00015

Средняя длина образовавшихся трещин при нагрузке 3,5 кгс на покрытии с добавкой полисахаридов Atren Cem LV меньше и составляет 0,0001 м, в то время как в покрытии на основе контрольного состава 0,0003 м, а в покрытии с добавками крахмала и целлюлозы – 0,00015 м.

Выводы. Установлено, что на дифрактограммах известковых образцов с добавкой полисахарида Atren Cem LV наблюдается некоторое увеличение ширины пиков $CaCO_3$, что свидетельствует о возможном внедрении органических молекул в состав кальцита и о формировании структуры композита с меж- и внутрикристаллическими органическими макромолекулами, которые модифицируют (нано)структуру новообразованных кристаллов кальцита и вызывают эффект упрочнения. Установлено повышение когезионной прочности, трещиностойкости известковых покрытий с добавками полисахаридов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Alvarez L.W., Anderson J.A., Bedwei F.E., et al. Search for hidden chambers in the pyramids: the structure of the Second Pyramid of Giza is determined by cosmic-ray absorption // *Science*. 1970. Vol. 167. Pp. 812–839.

2. Spence K. Ancient Egyptian chronology and the astronomical orientation of pyramids // *Nature*. 2000. Vol. 408. Pp. 320–324.

3. Demortier G. PIXE, PIGE and NMR study of the masonry of the pyramid of Cheops at Giza // *Nucl Instrum Methods Phys Res B*. 2004. Vol. 226. Pp. 98–109.

4. Delaine J. Structural experimentation: the lintel arch, corbel and tie in western Roman architecture // *World Archaeol*. 1990. Vol. 21. Pp. 407–424.

5. Chu G.C., Ju Y. The Great Wall in ruins: communication and cultural change in China. Albany, NY, USA: State University of New York Press; 1993.

6. Liu H., Peng C., Dai M., Gu Q., Song S. Influence of sticky rice and anionic polyacrylamide on the crystallization of calcium carbonate in chinese organic sanhetu // *Surf Rev Lett*. 2015. Vol. 22. 1550073.

7. Bakolas A., Aggelakopoulou E., Anagnostopoulou S., Moropoulou A. Evaluation of pozzolanic activity and physico-mechanical characteristics in metakaolin–lime pastes // *J. Therm. Anal. Calorim*. 2006. Vol. 84 (1). Pp. 157–163.

8. Пухаренко Ю.В., Харитонов А.М., Шангина Н.Н., Сафонова Т.Ю. Реставрация исторических объектов с применением современных сухих строительных смесей // *Вестник гражданских инженеров*. 2011. № 1. С. 98–103.

9. Баталин Б.С. Исследования эффективности добавок, применяемых для производства сухих строительных смесей // Успехи современного естествознания. 2007. № 7. С. 60–62.

10. Логанина В.И., Фролов М.В. Тонкодисперсный наполнитель на основе силикатов кальция для известковых смесей // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5(52). С. 144–147.

11. Логанина В.И., Давыдова О.А. Известковые отделочные составы на основе золь-гель технологии // Строительные материалы. 2009. № 3. С. 50–51.

12. Логанина В.И., Макарова Л.В., Тарасов Р.В., Давыдова О.А. Оптимизация состава композитов общестроительного назначения, модифицированных наноразмерными добавками // Региональная архитектура и строительство. 2010. № 2. С. 53–57.

Информация об авторах

Логанина Валентина Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры «Управление качеством». E-mail: loganin@mail.ru. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Россия, 440028, Пенза, ул. Г. Титова, д. 28.

Пылаев Вадим Сергеевич, аспирант кафедры «Управление качеством». E-mail: whenpay@gmail.com. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Россия, 440028, Пенза, ул. Г. Титова, д. 28.

Поступила 22.11.2024 г.

© Логанина В.И., Пылаев В.С., 2025

***Loganina V.I., Pylaev V.S.**

Penza State University of Architecture and Construction

**E-mail: loganin@mail.ru*

CRACKING RESISTANCE OF LIME COATINGS WITH POLYSACCHARIDE

Abstract. Lime compositions are widely used for finishing and restoration of buildings and structures of historical development. To increase the durability of lime coatings, various modifying additives are introduced into the formulation. Excavations of ancient structures indicate the presence of organic additives (sticky rice, egg white, plant extracts or animal blood) in lime solutions. The purpose of this work is to study the effect of synthetic polysaccharides on the resistance of lime coatings to cracking. To assess the cracking of lime coatings, a technique was used based on the relationship between the crack length, the Vickers indenter imprint and the fracture toughness. It was found that the introduction of synthetic polysaccharides into the formulation of lime compositions helps to accelerate the gain in plastic strength of the compositions and increase the frost resistance of the finishing layer. Due to the water-retaining effect of the additive, more favorable conditions are created for lime carbonation. It was found that coatings based on the composition with the addition of the synthetic polysaccharide Atren Cem LV are characterized by a higher value of the critical stress intensity factor, amounting to $K_{Ic} = 0.074 \text{ MPa m}$, which indicates their higher crack resistance. The average length of cracks formed in the coating with the addition of polysaccharides Atren Cem LV is less compared to the control compositions. This indicates a higher crack resistance of lime coatings with polysaccharide additives.

Keywords: lime, coatings, polysaccharides, crack resistance

REFERENCES

1. Alvarez L.W., Anderson J.A., Bedwei F.E., et al. Search for hidden chambers in the pyramids: the structure of the Second Pyramid of Giza is determined by cosmic-ray absorption. *Science*. 1970. Vol. 167. Pp. 812–839.

13. Логанина В.И., Макарова Л.В., Сергеева К.А. Структура и свойства тонкодисперсных наполнителей на основе силикатов кальция для сухих строительных смесей // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 2 (31). С. 167–169.

14. Allen W.I., Allen I., McDonald L.A. Lime as a building material // *The structural engineer*. 2003. № 17. Pp. 317.

15. Sickels L.B. Organics vs. synthetics: their use as additives in mortars, Symposium on mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings. 3-6.11. Rome, 1981. Pp. 25–54.

16. Loganina V., Pylaev V. Physical and Mechanical Properties of Lime Coatings with the Additive of Polysaccharides // *E3S Web of Conferences* 2024. Vol. 533. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202453301002

2. Spence K. Ancient Egyptian chronology and the astronomical orientation of pyramids. *Nature*. 2000. Vol. 408. Pp. 320–324.

3. Demortier G. PIXE, PIGE and NMR study of the masonry of the pyramid of Cheops at Giza. *Nucl Instrum Methods Phys Res B*. 2004. Vol. 226. Pp. 98–109.

4. Delaine J. Structural experimentation: the lintel arch, corbel and tie in western Roman architecture. *World Archaeol.* 1990. Vol. 21. Pp. 407–424.
5. Chu G.C., Ju Y. The Great Wall in ruins: communication and cultural change in China. Albany, NY, USA: State University of New York Press. 1993.
6. Liu H., Peng C., Dai M., Gu Q., Song S. Influence of sticky rice and anionic polyacrylamide on the crystallization of calcium carbonate in chinese organic sanhetu. *Surf Rev Lett.* 2015. Vol. 22. 1550073.
7. Bakolas A., Aggelakopoulou E., Anagnostopoulou S., Moropoulou A. Evaluation of pozzolanic activity and physico-mechanical characteristics in metakaolin–lime pastes. *J. Therm. Anal. Calorim.* 2006. 84 (1). Pp. 157–163.
8. Pukharenko Yu.V., Kharitonov A.M., Shangina N.N., Safonova T.Yu. Restoration of historical objects using modern dry building mixes [Restavraciya istoricheskikh ob'ektov s primeneniem sovremennyh suhikh stroitel'nyh smesej]. *Bulletin of civil engineers.* 2011. No. 1. Pp. 98–103. (rus)
9. Batalin B.S. Research of the efficiency of additives used for the production of dry building mixes [Issledovaniya effektivnosti dobavok, primenyemyh dlya proizvodstva suhikh stroitel'nyh smesej]. *Advances in modern natural science.* 2007. No. 7. Pp. 60–62. (rus)
10. Loganina V.I., Frolov M.V. Finely dispersed filler based on calcium silicates for lime mixtures [Tonkodispersnyj napolnitel' na osnove silikatov kal'ciya dlya izvestkovykh smesej]. *Bulletin of civil engineers.* 2015. No. 5 (52). Pp. 144–147. (rus)
11. Loganina V.I., Davydova O.A. Lime finishing compositions based on sol-gel technology [Izvestkovye otdelochnye sostavy na osnove zol'-gel' tekhnologii]. *Construction materials.* 2009. No. 3. Pp. 50–51. (rus)
12. Loganina V.I., Makarova L.V., Tarasov R.V., Davydova O.A. Optimization of the composition of general-purpose composites modified with nanosized additives [Optimizaciya sostava kompozitov obshchestroitel'nogo naznacheniya, modifitsirovannykh nanorazmernymi dobavkami]. *Regional architecture and construction.* 2010. No. 2. Pp. 53–57. (rus)
13. Loganina V.I., Makarova L.V., Sergeeva K.A. Structure and properties of finely dispersed fillers based on calcium silicates for dry building mixes [Struktura i svoystva tonkodispersnykh napolnitelej na osnove silikatov kal'ciya dlya suhikh stroitel'nykh smesej]. *Bulletin of Civil Engineers.* 2012. No. 2 (31). Pp. 167–169. (rus)
14. Allen W.I., Allen I., McDonald L.A. Lime as a building material. *The structural engineer.* 2003. No. 17. 317.
15. Sickels L.B. Organics vs. synthetics: their use as additives in mortars, Symposium on mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings. 3-6.11.1981 Rome. Pp. 25–54.
16. Loganina V., Pylaev V. Physical and Mechanical Properties of Lime Coatings with the Additive of Polysaccharides. *E3S Web of Conferences* 2024. Vol. 533. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202453301002

Information about the authors

Loganina, Valentina I. Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Quality Management. E-mail: loganin@mail.ru. Penza State University of Architecture and Construction. Russia, 440028, Penza, G. Titova str., 28.

Pylaev, Vadim S. Postgraduate student of the Department of Quality Management. E-mail: whenpay@gmail.com. Penza State University of Architecture and Construction. Russia, 440028, Penza, G. Titova str., 28.

Received 22.11.2024

Для цитирования:

Логанина В.И., Пылаев В.С. Стойкость к трещинообразованию известковых покрытий с добавками полисахаридов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 2. С. 24–30. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-2-24-30

For citation:

Loganina V.I., Pylaev V.S. Cracking resistance of lime coatings with polysaccharide. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov.* 2025. No. 2. Pp. 24–30. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-2-24-30