

УДК

<sup>1</sup>**В.А. Парута**, к.т.н., доцент кафедры, ORCID: 0000-0003-0326-8021;<sup>2</sup>**О.П. Гньп**, к.т.н., доцент кафедры, ORCID: 0000-0002-3797-7953;<sup>3</sup>**Л.И. Лавренюк**, к.т.н., доцент кафедры, ORCID: 0000-0001-8524-3105;<sup>4</sup>**И.И. Гринева**, к.т.н., старший преподаватель кафедры, ORCID: 0000-0001-7637-6029;

1,2,3,4 Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Одесса

## РАЗРУШЕНИЕ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНОГО ШТУКАТУРНОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ НА СТЕНОВУЮ КОНСТРУКЦИЮ

**Аннотация.** Недостатком известково-песчаных, известково-цементных и цементно-известковых штукатурных растворов является интенсивное трещинообразование при твердении штукатурного покрытия и эксплуатации стеновой конструкции, которое приводит к быстрому его разрушению, отслоению от кладки, что является причиной увеличения влажности кладки и потерь тепла через нее, уменьшению срока эксплуатации стеновой конструкции и межремонтных периодов, увеличению затрат на ремонтные работы. Рассмотрено разрушение полимерцементного штукатурного покрытия при эксплуатации стеновой конструкции. Отмечено, что применение редиспергируемого полимерного порошка, полимерной фибры, эфиров целлюлозы, мелкозаполнителя с низким модулем упругости и др., позволило снизить количество дефектов в покрытии и контактной зоне его с кладкой при твердении, замедлить их развитие при эксплуатации, увеличить срок эксплуатации стеновой конструкции.

**Ключевые слова:** стеновая конструкция, трещинообразование, полимерцементное штукатурное покрытие и его разрушение.

### Введение.

Недостатком известково-песчаных, известково-цементных и цементно-известковых штукатурных растворов является интенсивное трещинообразование при твердении штукатурного покрытия и эксплуатации стеновой конструкции, которое приводит к быстрому его разрушению, отслоению от кладки, что является причиной увеличения влажности кладки и потерь тепла через нее, уменьшению срока эксплуатации стеновой конструкции.

Основной причиной этого является выбор компонентов смеси и их количества без учета процессов, происходящих при твердении покрытия и его "работы" в составе стеновой конструкции при эксплуатации.

### Анализ последних исследований и публикаций.

В ранее опубликованных работах [1, 2] рассмотрены причины и механизм разрушения системы "кладка-штукатурное покрытие" с применением "бездобавочных" штукатурных растворов. Выявлено, что система разрушается по двум основным схемам: образование и развитие трещин в штукатурном покрытии и контактной зоне его с кладкой. Причиной этого являются напряжения, вызванные усадкой материала из-за потери влаги и твердения цемента, структурной неоднородностью, деформацией покрытия и кладки, их разности и др. Характер разрушения преобладающе хрупкий, со значительной скоростью развития трещин.

Значительный вклад в исследования по разработке теоретических аспектов и оптимизации составов штукатурных смесей внесли Н.В. Михайлов,

П.А. Ребиндер, Б.Г. Скрамтаев, А.П. Чехов, Ю.М. Баженов, Р.Ф. Рунова, П.В. Крывенко, О.В. Ушеров-Маршак, В.А. Вознесенский, Л.И. Дворкин, Е.К. Карапузов, В.Н. Выровой, В.Н. Деревянко и др. [3, 4].

Для стен из автоклавного газобетона применяют известковые, известково-цементные и полимерцементные штукатурные растворы. Известковые, известково-цементные штукатурные растворы обычно наносят в три слоя: обрызг, составом 1:2-1:3 (цемент-песок), грунт 1:1,5-1:3,0, накрывочный слой 1:1-1:1,5. Обрызг имеет осадку конуса 8-12 см, грунт 7-9 см, накрывочный слой 10-12 см [5, 6].

Их недостаток: медленный набор прочности штукатурного покрытия, низкая производительность труда и значительное трещинообразование в штукатурном покрытии и контактной зоне его с кладкой.

Применение полимерцементных смесей позволяет улучшить свойства растворной смеси и штукатурного покрытия, увеличить производительность труда в 1,5-5 раза, снизить материалоемкость по сравнению с традиционными технологиями в 3-10 раз, существенно сократить сроки строительства [7]. Различают тонкослойную и толстослойную системы устройства штукатурного покрытия. Тонкослойную систему (до 5 мм), назначают при незначительных неровностях кладки и обеспеченной нормативной воздухопроницаемости стеновой конструкции. Толстослойную систему применяют при больших неровностях кладки, т.е. необходимой толщине штукатурного слоя 10-25 мм [8].

Применяют также растворы с поризующими добавками, синтетическими цеолитами, органи-

минеральными добавками и гидросиликатами кальция, жидкого стекла, гидроокиси кальция и сульфата алюминия и др. [9, 10]. Их недостатком также является то, что зачастую в штукатурном покрытии и зоне контакта его с кладкой, возникают трещины, пустоты и полости, что приводит к отслоению его от кладки и разрушению [11-13].

Причинами образования трещин и разрушения покрытия являются технологические, эксплуатационные, конструктивные и рецептурные факторы [13-15]. Технологические, вызваны не соблюдением технологии производства работ (большей или меньшей, чем необходимо, подвижности растворной смеси, продолжительности ее перемешивания, нанесение слишком толстого слоя смеси за один проход, нанесение последующего слоя на еще не схватившийся предыдущий, высокая влажность основания и др.) [13-15]. Причинами разрушения также являются не соблюдение условий проведения работ при нанесении, отсутствие необходимого ухода за ним в процессе производства работ в летнее время (отсутствие защитных сеток, не соблюдение температурного режима и др.), производство штукатурных работ, смесями, без противоморозных добавок, при температуре наружного воздуха ниже +5 °С и др. [16, 17].

К эксплуатационным факторам относят: деформации здания из-за осадки грунта, динамических и вибрационных воздействий движущегося транспорта, воздействие агрессивных газов и жидкостей, ветра и атмосферной влаги, высоких и низких температур. Конструктивные факторы: не учитывается паропроницаемость кладки и штукатурки, несовместимость по их прочности и др. [18]. Рецептурные факторы: неправильный выбор сырьевых материалов или их соотношения, применение не качественных материалов и др.

С.В. Алехин классифицирует трещины по статической работе:

1. "Статические" (неразвивающиеся): образуются в результате неблагоприятного соотношения нагрузок и напряжений, вызванные ими, с прочностными характеристиками штукатурного покрытия.

2. "Условно статические": динамически развивающиеся, причиной которых являются знакопеременные температурные и влажностные деформации.

3. "Динамические": возникшие в результате осадки и деформации сооружения, вибрации из-за интенсивного уличного движения и др. [19].

Еще одной из основных причин разрушения штукатурного покрытия, по нашему мнению, является подбор состава раствора, без учета его "работы" в

составе стеновой конструкции. Так как решить проблему в рамках существующих представлений невозможно, то необходима разработка научных основ проектирования составов штукатурных растворов, одной из составляющих которых является рассмотрение механизма разрушения системы "кладка-штукатурное покрытие".

**Цель и задание.**

Для решения проблемы стеновую конструкцию следует рассматривать как систему, включающую штукатурное покрытие, связанное с кладкой через контактную зону. Подбор состава растворной смеси необходимо вести с учетом процессов, протекающих при его нанесении, твердении и эксплуатации стеновой конструкции, возникающих в нем напряжений. Необходимо подбирать компоненты смеси и их количество так, чтобы было обеспечено снижение напряжений в штукатурном покрытии и контактной зоне его с кладкой, до величин, меньше разрушающих. Это обеспечит увеличение срока эксплуатации покрытия и стеновой конструкции.

**Материалы и методы исследований.**

Так как свойства полимерцементного штукатурного покрытия определяются его составом и структурой, то для достижения поставленных целей была проанализирована возможность управления ними путем целенаправленного подбора компонентов растворной смеси. Для этого использовали диспергируемый полимерный порошок (РПП), полимерную фибру, эфиры целлюлозы и мелкий наполнитель с низким модулем упругости. Методы исследований: изучение структуры производили при помощи оптикомикроскопической и электронной микроскопии, рентгенофазового анализа.

**Результаты исследований.**

Исследования показали, что при введении выше-названных компонентов, уменьшается трещинообразование в покрытии, замедляется их развитие. Для понимания произошедшего и управления процессом, был рассмотрен механизм разрушения штукатурного покрытия с этими компонентами.

Макроструктура материала представляет собой полимерцементную матрицу, которая соединяет зерна мелкого наполнителя и полимерную фибру, микроструктура включает кристаллические новообразования, гидросиликатный гель, не полностью гидратированные зерна цемента, поры и трещины.

Кристаллические новообразования представляют собой достаточно жесткий каркас, а полимерные мембраны, образовавшиеся при полимеризации водной дисперсии диспергируемого полимерного

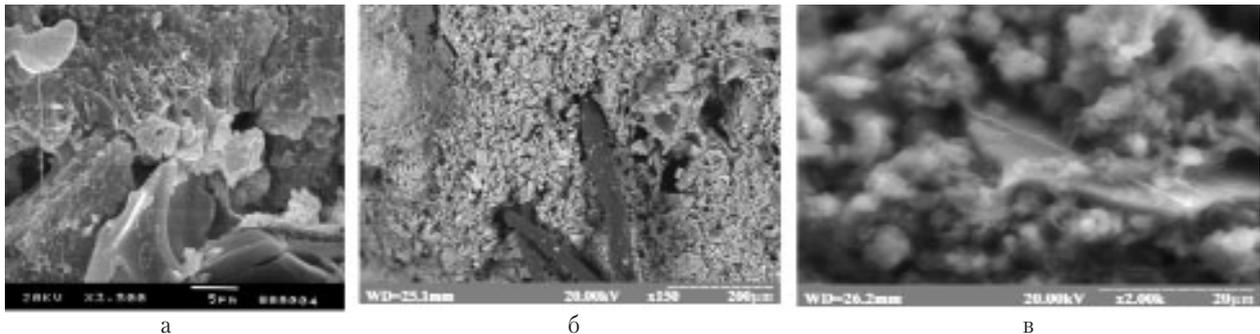


Рис. 1. Структура полимерцементного штукатурного раствора: а – кристаллические новообразования; б – полимерная фибра; в – полимерные мембраны

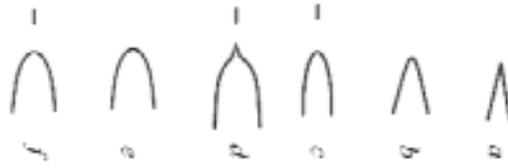


Рис. 2. Изменение конфигурации концентратора из-за деформации цементного геля

порошка, находятся между кристаллами новообразованных, в порах и трещинах (рис 1).

Введение в растворную смесь РПП, мелкого заполнителя с низким модулем упругости, эфиров целлюлозы, полимерной фибры, позволило снизить модуль упругости штукатурного покрытия ( $E_c$ ), повысить его коэффициент пластичности ( $\mu$ ) и деформативность ( $D_M$ ) [20]:

$$E_c = \Phi_j \cdot E_j \cdot V_f + E_m \cdot V_m \quad (1)$$

где  $V_f, V_m$  – объемное содержание полимерной фибры и полимерцементной матрицы;

$\Phi_j$  – коэффициент армирования композита;

$E_j, E_m$  – модуль упругости полимерных волокон и полимерцементной матрицы.

$$D_M = \frac{q_k \cdot E_k}{(q_k \cdot E_k + q_{nz} \cdot E_{nz}) \cdot q_v \cdot E_v} \quad (2)$$

где  $q_k, q_{nz}$  – объем кристаллической и полимергелевой частей в единице объема полимерцементной матрицы;

$E_k, E_{nz}$  – модуль упругости кристаллической и гелевой части полимерцементной матрицы;

$q_k \cdot E_k, q_{nz} \cdot E_{nz}$  – жесткость кристаллической и полимергелевой части матрицы.

$$\mu = \frac{\varepsilon_{tot}}{\varepsilon_{el}} \quad (3)$$

где  $\varepsilon_{tot}$  – величина упругих деформаций;

$\varepsilon_{el}$  – величина полных деформаций образца на стадии, предшествующей разрушению.

Это привело к уменьшению величины напряжений в материале, повышению энергии разрушения, изменению характера разрушения, с хрупкого на упруговязкий [21]. В тот момент когда напряжения в покрытии превысят критические значения, происходит упругопластическое деформирование зоны предразрушения, находящейся перед вершиной трещины, которая образовалась на стадии твердения покрытия, при этом включается в механизм стабилизации, за счет деформации цементного геля. В результате, вершина трещины приобретает более округлую форму (рис. 2 е, ф), а сама трещина замедляет или даже останавливает свой рост.

При дальнейшем увеличении деформаций и вызванных ими напряжений рост трещины возобновляется и "включается" новый механизм торможения: за счет "ловушек", расположенных в ее вершинной области (полимерная мембрана или заполнитель с низким модулем упругости), рис. 3.

Скорость роста трещины ( $dl/dN$ ), тем меньше, чем больше пластичность и диссипативные свойства материала:

$$\frac{dl}{dN} = A(\Delta K)^n \quad (4)$$

где:  $A$  – эмпирический коэффициент;

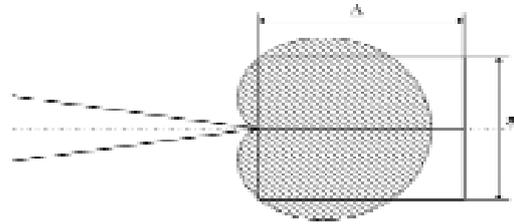


Рис. 3. Стабилизация и остановка роста трещины из-за наличия в вершине трещины "ловушек"

$\Delta K = K_{max} - K_{min}$  – перепад между максимальным и минимальным коэффициентом интенсивности напряжений за один цикл нагружения;

$N$  – число циклов;

$n = 2-7$ , показатель пластичности, при увеличении которого скорость роста трещины замедляется.

Поэтому рост макротрещины тормозится вплоть до полной ее остановки. При дальнейшем увеличении деформаций и напряжений, происходит разрушение "ловушки" и трещина продолжает свой рост некоторое время, до встречи с новой "ловушкой".

Первоначально, в процессе торможения трещины принимает участие полимерцементная матрица и мелкий заполнитель. Затем, при увеличении деформаций, полимерцементная матрица не выключается полностью из работы, однако ее участие по мере возрастания напряжений несколько уменьшается, а возрастает роль полимерной фибры, которая сдерживает развитие трещин и замедляет разрушение покрытия.

От величины адгезии волокна к матрице ( $\phi$ ) в значительной степени зависит, по какому механизму происходит разрушение материала. При малой величине адгезии происходит "выдергивание" волокна из матрицы и в этом случае использование микродисперсного армирования не эффективно. При высокой величине адгезии, которую обеспечивает введение в смесь РПП, полимерная фибра участвует в процессе демпфирования, при этом важными показателями также являются ее эластичность и прочность при растяжении.

При оптимальном количестве, диаметре ( $d$ ) и длине ( $l$ ) фибры, коэффициенте объемного армирования ( $\mu$ ), прочности раствора без фибры ( $R_p$ ) и прочности полимерцементной матрицы в зоне контакта с фиброй ( $R_{кз}$ ), увеличении адгезии волокон к полимерцементной матрице ( $\tau$ ) прочность материала при изгибе ( $R_{изг}$ ), а также его трещиностойкость, также увеличивается [22].

$$R_{изг} = \frac{\phi \cdot \tau \cdot l}{d \cdot \mu + 3,5 \cdot R_{кз} \cdot \mu + (1 - 4,5 \cdot \mu) \cdot R_p} \quad (5)$$

$$\mu_{\min} = V_{\text{кз}} \cdot R_{\text{кз}} \cdot \left[ \frac{\varphi \tau \cdot 2 \cdot l}{d} - \left( \frac{2 \cdot E_{\text{ф}}}{E_{\text{м}} + 3,5} \right) \cdot R_{\text{кз}} + 4,5 \cdot R_{\text{кз}} \right] \quad (6)$$

$$\mu_{\max} = 0,783 \cdot V_{\text{кз}} \cdot \left( 1 - \frac{\varepsilon_{\text{мат}}}{\varepsilon_{\text{ф}}} \right)^2 \quad (7)$$

где  $E_{\text{ф}}$ ,  $E_{\text{м}}$  и  $E_{\text{кз}}$  – модули упругости фибры, полимерцементной матрицы и контактной зоны между ними;

$R_{\text{м}}$  – прочность полимерцементной матрицы;

$V_{\text{кз}}$  – количество полимерцементного раствора, которое может быть израсходовано на образование контактных зон;

$\varepsilon_{\text{м}}$  и  $\varepsilon_{\text{ф}}$  – предельные относительные деформации полимерцементной матрицы и фибры.

При увеличении деформаций штукатурного покрытия, трещина, достигнув волокна, "перерезает" его, это приводит к диссипации напряжений в устье трещины и замедлению скорости её роста. После этого волокна нагрузка через матрицу перераспределяется между отставшими целыми волокнами.

При дальнейшем увеличении деформаций, напряжения в отдельных волокнах, достигают предельных значений, в результате чего они разрываются, однако значительная часть волокон остаются целыми (рис. 4).

В штукатурном покрытии полимерная фибра распределена в различных направлениях. При их параллельном расположении к растягивающим усилиям, покрытие наилучшим образом сопротивляется воздействующей нагрузке. Волокна расположенные перпендикулярно действующей нагрузке, препятствуют смещению кластеров, усиливают связность материала и снижают возникающие вторичные напряжения [23].

Модуль упругости (модуль Юнга) штукатурного покрытия, в направлении волокон ( $E_x$ ), и в поперечном направлении ( $E_y$ ), зависит от модулей упругости волокна и полимерцементной матрицы, умень-

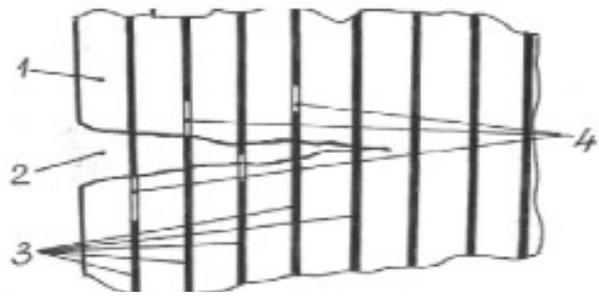


Рис. 4. Торможение развития трещины при помощи полимерной фибры: 1 – матрица; 2 – трещина; 3 – волокна; 4 – зона разрушения волокна

шаясь по мере их снижения, что способствует уменьшению напряжений и трещинообразованию в штукатурном покрытии:

$$E_x = E_f \cdot V_f + E_m \cdot (1 - V_f) \quad (8)$$

$$E_y = \frac{E_f \cdot E_m}{[E_m \cdot V_f + E_f \cdot (1 - V_f)]} \quad (9)$$

где  $E_f$  и  $E_m$  – модули упругости волокна и матрицы соответственно.

Поэтому штукатурное покрытие сохраняет сплошность, даже при значительных деформациях и образовании трещин, тогда как контрольные образцы (без добавок) разрушаются при значительно меньших деформациях (рис. 5).

**Выводы и перспективы** дальнейших исследований.

Применение целенаправленно подобранных компонентов смеси (РПП, полимерная фибра, эфиры целлюлозы, мелкий наполнитель с низким модулем упругости и др.) позволило изменить характер разрушения, уменьшить количество трещин образующихся при твердении штукатурного покрытия, замедлить их развитие и увеличить срок эксплуатации его и стеновой конструкции.



Рис. 5. Характер разрушения полимерцементного штукатурного покрытия

## Литература

1. Kos Z., Paruta V., Gnyr O., Lavrenyuk L., Grynyova I. Designing plaster mortar for a high-rise building // *Tehnicki Glasnik*. — Vol.13. — No.4. — 2019. — P.331-336 <https://doi.org/10.31803/tg-20181206210501>.
2. Paruta V., Saevskij A., Brynzin E., Gusak D., Kraeva A. Theoretical bases designing of plaster solutions for wall protection of buildings and structures made of aerated concrete // *Tehni?ki glasnik. Technical jornal Godi?te*. — Vol. 8. — No.4. — 2014. — P. 346-349.
3. Деревянко В.Н. Композиционные материалы армированные органическими волокнами // *Сб. науч. тр. Строительство, материаловедение, машиностроение: Приднепр. гос. акад. строительства и архитектуры*. — Вып. 7. — Днепропетровск. — 1988. — С. 203-204.
4. Чехов А.Г., Баженов Ю.М., Сулименко Л.М. *Справочник по бетонам и растворам*. — Киев: Будівельник, 1972. — 235 с.
5. Халилов Р.К. Исследование совместной работы строительных материалов в составе современных многослойных теплоэффективных наружных стен зданий: дис. канд. техн. наук: 05.23.05 Строительные материалы и изделия. Уфа. — 2007. — 221 с.
6. Тишкин Д.Д., Барболин К.И. К вопросу о повышении долговечности штукатурных фасадов зданий // *Вестник гражданских инженеров*. — Вып. 6. — No. 65. — 2017. — С.135-139.
7. Макаревич М.С. Сухие строительные смеси для штукатурных работ с тонкодисперсными минеральными добавками: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.23.05 Строительные материалы и изделия. — Томск. — 2005. — 22 с.
8. Парута В.А., Брынзин Е.В., Гайденок Ю.А., Демешко Е.И. Теоретические предпосылки повышения долговечности наружных стен из автоклавного газобетона // *Строительные материалы, изделия и санитарная техника: сб. науч. тр. Київ. НДІБМВ*. — Вып.40. — 2011. — С. 136-140.
9. Логанина В.И., Кислицына С.Н., Макарова Л.В., Садовникова М.А. Реологические свойства композиционного известкового вяжущего с применением синтетических цеолитов // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. — Вып. 4. — No. 652. 2013. — С. 37-42.
10. Логанина В.И., Фролов М.В., Рябов М.А. Теплоизоляционные известковые сухие строительные смеси для отделки стен из газобетона // *Вестник МГСУ*. 2005. — Вып. 5. — 2016. — С.82-92.
11. Али Салах М.Н. Модифицированные сухие строительные смеси для наружной отделки, армированные полипропиленовыми волокнами: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.23.05 Строительные материалы и изделия / Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры. — Днепропетровск. — 2008. — 22 с.
12. Паушкин А.Г. К вопросу об образовании температурных трещин в кирпичных стенах // *Вестник МСГУ*. 2005. — Вып. 4 — 2010. — С.173-176.
13. Медяник Ю.В. Классификация и анализ дефектов и повреждений штукатурных покрытий фасадов зданий // *Известия КГАСУ*. — Вып.№ 2(44). — 2018. — С.231-238.
14. Василюк П.Г., Голубев И.В. Штукатурка для ликвидации трещин в фасадах зданий // *Сухие строительные смеси*. — Вып.№ 5. — 2014. — С.28-31.
15. Медяник Ю.В. О влиянии технологических факторов на долговечность фасадной штукатурки. *Наука и образование в жизни современного общества: сб. науч. тр. по матер. междунар. науч.-практ. конф. Тамбов: ТРОО "Бизнес-Наука Общество"7 — 2012.Ч.9. — С.75-77.*
16. Тишкин Д.Д., Барболин К.И. К вопросу о повышении долговечности штукатурных фасадов зданий // *Вестник гражданских инженеров*. Вып.№ 6 (65). — (2017). — С.135-139.
17. Hewlett P. Lea's Chemistry of Cement and Concrete. / Oxford, United Kingdom. -2004.- 1066 p.
18. Силенков С.А. Опыт проектирования и стр-ва многоэтажных жилых домов с применением сборного железобетонного каркаса по серии 1.020 и наружными ограждающими конструкциями из мелкоячеистобетонных блоков. Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: материалы 6-й Международной научно-практической конференции. Минск. Мн: Стринко, 2010. — С.114-117.
19. Алехин С.В. Внимание: трещины на фасаде // *Стройпрофиль*. Вып. № 5(35). — 2004. — С.40-41.
20. Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуен Д. *Наука о бетоне. Физико-химическое бетоноведение*. М: Стройиздат. — 1986. — 278 с.
21. Бикерман Я.О. Новые представления об адгезионной прочности полимеров // *Успехи химии*. 1932. — Вып.№ 8. — 1972. — С.1431-1464.
21. Кравчук А.С., Майборода В.Г., Уржумцев Ю.С. *Механика полимерных и композиционных материалов: Экспериментальные и численные методы*. М: Наука. — 1985. — 304 с.
23. Войлоков И.А., Ковалева А.Ю. Подбор состава сталефибробетона // *Экспозиция. Бетон и сухие смеси*. 2006. — Вып. № 2/Б (85). — 2009. — С.8-10.

## References

- 1 Kos, Z., Paruta, V., Gnyr, O., Lavrenyuk, L., & Grynyova, I. (2019). Designing plaster mortar for a high-rise building. *Tehni?ki glasnik*, 13(4), 331-336. <https://doi.org/10.31803/tg-20181206210501>
- 2 Paruta, V., Saevskij, A., Brynzin, E., Gusak, D., & Kraeva, A. (2014). Theoretical bases designing of plaster solutions for wall protection of buildings and structures made of aerated concrete, *Tehni?ki glasnik*, 8, (4), 346-349. <https://hrcak.srce.hr/131560>.
- 3 Derevianko, V. (1988). *Kompozitsionnyye materialy armirovannyye organicheskimi voloknami, Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye*: Pridnepr. gos. akad. str-va i arkhitektury, 7, 203-204.
- 4 Chekhov, A. G., Bazhenov, Yu. M., Sulimenko, L. M. (1972). *Spravochnik po betonam i rastvoram*. Kiev: Bud?vel'nik.
- 5 Khalilov, R. K. (2007). *Issledovaniye sovmestnoy raboty stroitel'nykh materialov v sostave sovremennykh mnogosloynnykh teploeffektivnykh naruzhnykh sten zdaniy*. [Avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya d-ra tekhn. nauk: 05.23.05. Ufa].

- 6 Tishkin, D. D., Barbolin, K. I. (2017). K voprosu o povyshenii dolgovechnosti shtukaturnykh fasadov zdaniy, Vestnik grazhdanskikh inzhenerov, 6, 135-139.
- 7 Makarevich, M. S. (2005). Sukhiye stroitel'nyye smesi dlya shtukaturnykh rabot s tonkodispersnyimi mineral'nymi dobavkami. [Avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya d-ra tekhn. nauk: 05.23.05, Stroitel'nyye materialy i izdeliya. Tomsk].
- 8 Paruta, V. A., Brynzin, Ye. V., Gaydenko, Yu. A., Demeshko, Ye. I. (2011). Teoreticheskiye predposylki povysheniye dolgovechnosti naruzhnykh sten iz avtoklavnogo gazobetona. Stroitel'nyye materialy, izdeliya i sanitarnaya tekhnika, 40, 136-140. [9] Loganina, V. I., Kislitsyna, S. N., Makarova, L. V., Sadovnikova, M. A. (2013). Reologicheskiye svoystva kompozitsionnogo izvestkovogo vyazhushchego s primeneniye sinteticheskikh tseolitov. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo, 4(652), 37-42.
- 10 Loganina, V. I., Frolov, M. V., Ryabov, M. A. (2005). Teploizolyatsionnyye izvestkovyye sukhiye stroitel'nyye smesi dlya otdelki sten iz gazobetona. Vestnik MGSU, 5 (2016), 82-92.
- 11 Ali Salakh, M. N. (2008). Modifitsirovannyye sukhiye stroitel'nyye smesi dlya naruzhnoy otdelki, armirovannyye polipropilenovymi voloknami, [Avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya d-ra tekhn. nauk: 05.23.05, Stroitel'nyye materialy i izdeliya, Pridneprovskaya gosudarstvennaya akademiya stroitel'stva i arkhitektury. Dnepropetrovsk].
- 12 Paushkin, A. G. (2005). K voprosu ob obrazovanii temperaturnykh treshchin v kirpichnykh stenakh, Vestnik MSGU, 4(2010), 173-176.
- 13 Yu. V. Medyanik, "Classification and analysis of defects and damage to plaster coatings of building facades", Izvestiya KGASU, vol. 2, no. 44, pp.231-238, 2018.
- 14 Vasilik, P. G., Golubev, I. V. (2014). Shtukaturka dlya likvidatsii treshchin v fasadakh zdaniy. Sukhiye stroitel'nyye smesi, 5, 28-31.
- 15 Medyanik, Yu. V. (2012) O vliyanii tekhnologicheskikh faktorov na dolgovechnost' fasadnoy shtukaturki. Nauka i obrazovaniye v zhizni sovremennogo obshchestva (p. 75-77).
- 16 Tishkin, D. D., Barbolin, K. I. (2017). K voprosu o povyshenii dolgovechnosti shtukaturnykh fasadov zdaniy. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 6 (65), 135-139.
- 17 P. Lea's Hewlett, Chemistry of Cement and Concrete. Oxford, United Kingdom, 2004.
- 18 Silenkov, S. A. (2010). Opyt proyektirovaniya i str-va mnogoetazhnykh zhilykh domov s primeneniye sbornogo zhelezobetonnoy karkasa po serii 1.020 i naruzhnymi ograzhdayushchimi konstr-mi iz melkorazmernykh yacheistobetonnykh blokov, Mat-ly 6-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Minsk. Mn: Strinko, (pp. 114-117).
- 19 Alekhin, S. V., (2004). Vniamaniye: treshchiny na fasade, Stroyprofil', 5 (35), 40-41.
- 20 Ramachandran, V., Feldman, R., Boduian, D. (1986). Nauka o betone. Fiziko-khimicheskoye betonovedeniye. Moskva: Stroizdat.
- 21 Bikerman, Ya. O. (1932). Novyye predstavleniya ob adgezionnoy prochnosti polimerov, Uspekhi khimii, 8, 1431-1464.
- 22 Kravchuk, A. S., Maiboroda, V. G., Urzhumtsev, Yu. S. (1985). Mekhanika polimernykh i kompozitsionnykh materialov: Eksperimental'nyye i chislennyye metody. Moskva: Nayka.
- 23 Voilokov, I. A., Kovaleva, A. Yu. (2006). Podbor sostava stalefibrobetona. Ekspozitsiya. Beton i sukhiye smesi, no. 2/B (85), 8-10.

**В.А. Парута**, к.т.н., доцент, Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса

**О.П. Гніп**, к.т.н., доцент, ОДАБА, Одеса

**Л.І. Лавренюк**, к.т.н., доцент, ОДАБА, Одеса

**І.І. Гриньова**, к.т.н., асистент, ОДАБА, Одеса

## РУЙНУВАННЯ ПОЛІМЕРЦЕМЕНТНОГО ШТУКАТУРНОГО ПОКРИТТЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВПЛИВАХ НА СТІНОВУ КОНСТРУКЦІЮ

**Анотація.** Недоліком вапняно-піщаних, вапняно-цементних і цементно-вапняних штукатурних розчинів є інтенсивне утворення тріщин при їх твердінні і експлуатації, яке призводить до швидкого руйнування штукатурного покриття, відшарування його від кладки, що є причиною збільшення вологості кладки і втрат тепла через неї, зменшення терміну експлуатації стінової конструкції.

Основною причиною цього є вибір компонентів суміші та їх кількості, без урахування процесів, що відбуваються при твердінні покриття і його "роботи" в складі стінової конструкції при експлуатації.

Для вирішення проблеми стінову конструкцію слід розглядати як систему, що включає штукатурне покриття, пов'язане з кладкою через контактну зону. Склад розчинної суміші необхідно призначати з урахуванням процесів, що відбуваються при її твердінні та експлуатації стінової конструкції, напруг які виникають в ній. Необхідно вибирати компоненти суміші та їх кількість, так, щоб було забезпечено зниження напружень в штукатурному покритті і контактній зоні його з кладкою, до величин, менших чим руйнівні. Це забезпечить збільшення терміну експлуатації покриття та стінової конструкції.

Так як властивості полімерцементного штукатурного покриття визначаються його складом і структурою, то для досягнення поставлених цілей була проаналізована можливість управління ними шляхом цілеспрямованого вибору компонентів розчинної суміші. Для цього використовували редиспергуємі полімерні порошки, полімерну фібру, ефіри целюлози та дрібний заповнювач з низьким модулем пружності та тощо.

Дослідження показали, що їх застосування дозволило змінити характер руйнування, зменшити

*кількість тріщин, які утворюються при твердінні штукатурного покриття, уповільнити їх розвиток і збільшити термін експлуатації його та стінової конструкції.*

**Ключові слова:** *стінова конструкція, тріщиноутворення, дефекти, контактна зона, полімер-цементне штукатурне покриття та його руйнування.*

<sup>1</sup>**Paruta Valentyn**, PhD, Associate Professor, Department of Processes and Apparatuses in Building Materials Technology, ORCID: 0000-0003-0326-8021;

<sup>2</sup>**Gnyр Olga**, PhD, Associate Professor, Department of Processes and Apparatuses in Building Materials Technology, ORCID: 0000-0002-3797-7953;

<sup>3</sup>**Lavrenyuk Leonid**, PhD, Associate Professor, Department of Processes and Apparatuses in Building Materials Technology, ORCID: 0000-0001-8524-3105;

<sup>4</sup>**Grynyova Iryna**, PhD, Senior Lecturer, Department of Architecture Structure, ORCID: 0000-0001-7637-6029;

<sup>1,2,3,4</sup> Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

## DESTRUCTION OF POLYMER-CEMENT PLASTER COATING DURING OPERATION OF WALL STRUCTURE

**Abstract.** *The disadvantage of lime-sand, lime-cement and cement-lime plaster mortars is the intensive formation of cracks during hardening and operation, which leads to rapid destruction of the plaster coating, its detachment from the masonry, which causes increased humidity and loss of heat through it, as well as reducing the service life of the wall structure.*

*The main reason for this is choosing the components of the mixture and their quantity without taking into account the processes occurring during curing of the coating and its "work" as part of the wall structure during operation.*

*To solve the problem, the wall structure should be considered as a system that includes a plaster coating associated with the masonry through the contact area. The composition of the soluble mixture must be prescribed taking into account the processes occurring during its hardening and operation of the wall structure, the stresses that occur in it. It is necessary to choose the components of the mixture and their quantity, so as to ensure the reduction of stresses in the plaster coating and its contact zone with the masonry, to values, less than destructive. This will increase the service life of the coating and wall construction.*

*Since the properties of polymer-cement plaster mortar are determined by its composition and structure, to achieve these goals, the possibility of managing them by purposeful selection of components of the soluble mixture was analyzed. For this purpose, redispersible polymer powders (RPP), polymer fiber, cellulose esters, and a fine filler with a low modulus of elasticity were used.*

*Studies have shown that their use has changed the nature of the destruction, reduced the number of cracks formed during the hardening of the plaster mortar, slowed down their development and increased the service life of plaster mortar and the wall structure.*

**Keywords:** *wall construction, crack formation, defects, contact zone, polymer-cement plaster mortar and its destruction.*