

Логанина В.И., д-р техн. наук, проф.,
Фролов М.В., аспирант,
Рябов М.А., студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ШТУКАТУРНЫХ ПОКРЫТИЯХ

loganin@mail.ru

Представлены сведения о процессах теплообмена в отделочных покрытиях стен зданий. Показано, что теплоизоляционное декоративное покрытие, полученное с использованием в качестве наполнителя зольных алюмосиликатных микросфер, обладает большей трещиностойкостью в процессе увлажнения.

Ключевые слова: *влажностное насыщение, теплообмен, отделочный состав, зольные алюмосиликатные микросферы, вспученный вермикулитовый песок.*

Введение. Продолжительность срока службы отделочных покрытий наружных стен зданий зависит от характера воздействия различных климатических факторов, которые способны вызывать температурно-влажностные деформации внутри слоя отделки. В процессе эксплуатации стен из газобетона часто наблюдается частичное разрушение отделочного покрытия из-за конденсации влаги на границе отделочное покрытие – газобетон. Также повышает опасность трещинообразования неравномерное распределение влаги по сечению слоя отделки. Предотвратить возникновение избытков влаги в стеновой газобетонной конструкции возможно при использовании для наружной отделки штукатурных покрытий, характеризующихся низкими значениями сопротивления паропроницанию и высокими значениями сопротивления теплопередаче [1, 2].

Основная часть. Предварительно проведенные исследования позволили рекомендовать для отделки стен из газобетона теплоизоляционную сухую строительную смесь (ССС) следующего состава: известь-пушонка, белый цемент, модифицирующая добавка на основе смеси гидросиликатов и алюмосиликатов кальция, молотые отходы производства газобетона, различные модифицирующие добавки, легкий высокопористый наполнитель [3, 4, 5, 6].

Эксплуатационные свойства пористых материалов, таких как теплоизоляционные ССС, в значительной степени определяются интенсивностью происходящих в них процессов теплообмена [7, 8, 9]. Значительного продлить срок службы теплоизоляционных отделочных покрытий можно за счет выбора оптимального легкого наполнителя [10]. Нами проведены исследования процессов теплообмена в отделочных покрытиях, полученных с использованием предложенной теплоизоляционной ССС,

наполненной вспученным вермикулитовым песком (состав 2) и зольными алюмосиликатными микросферами (состав 3). Для сравнения в работе исследованы процессы теплообмена в цементно-песчаной штукатурке (состав 1).

Для получения данных по распределению влаги по толщине покрытия были изготовлены образцы на основе каждого состава в виде дисков диаметром 100 мм и толщиной 5 мм. Образцы, полученные с использованием состава 1, твердели при температуре 18–20 °С в водных условиях, образцы, полученные с использованием отделочного состава 2 и 3, твердели в воздушно-сухих условиях при температуре 18–20 °С и относительной влажности 50–60 %. Все образцы набирали прочность в течение 28 суток. Затем их высушивали до постоянной массы при температуре 100–105 °С.

Исследуемый образец состоял из 4-х плоскопараллельных дисков указанных размеров. Боковые поверхности исследуемых образцов покрытий влагоизолировали парафином. Образцы размещали между двумя тепловыми камерами в соответствии с принципиальной схемой, представленной на рис. 1.

В камерах поддерживались следующие температурно-влажностные условия: в камере 1 – температура $t_1=60$ °С, относительная влажность $\phi=100$ %, в камере 2 – температура $t_2=20$ °С, относительная влажность $\phi=50$ %. Для предотвращения потерь тепла вся экспериментальная установка теплоизолировалась. В ходе эксперимента проводилось измерение текущего интегрального и дифференциального влагосодержания весовым методом. Результаты исследований приведены в табл. 1, 2 и рис. 2–4.

На рис. 2 представлена зависимость влагосодержания и покрытия на основе состава 1 от времени увлажнения t . Из-за разности величин

упругости водяного пара с разных сторон образца наблюдается диффузия водяного пара через покрытие в сторону пониженных температур. В данном случае направление градиента влагосодержания совпадает с направлением температурного градиента. Установлено, что слой 1 характеризуется наиболее высоким значением максимального влагосодержания u . После 18 часов влагопоглощения влагосодержание составляет $u=102 \cdot 10^{-3}$ кг/кг (рис. 2. кривая 1). Величина влагосодержания u 2-го, 3-го и 4-го слоев последовательно уменьшалась по мере их удаления от камеры 1.

На рис. 3 представлена зависимость скорости влагопоглощения покрытия на основе состава 1 от времени увлажнения τ . Установлено, что для всех 4-х слоев скорость влагопоглощения максимальна в 1 час увлажнения, в дальнейшем скорость влагопоглощения 1-го и 2-го слоев последовательно падала (рис. 3. кривая 1, 2).

Скорость влагопоглощения 3-го и 4-го слоев изменялась в зависимости от времени увлажнения. В период с 1 по 4 час увлажнения скорость уменьшалась, с 5 по 9 час эксперимента увеличивалась, а затем вновь снижалась (рис 3. кривая 3,4). Такой характер кривых объясняется тем, что

в ходе эксперимента влага сначала наиболее активно адсорбировалась в порах 1-го слоя, ближнего к камере 1. После того как большинство пор 1-го слоя заполнились водой, влага за счет диффузии последовательно заполняла поры каждого следующего слоя.

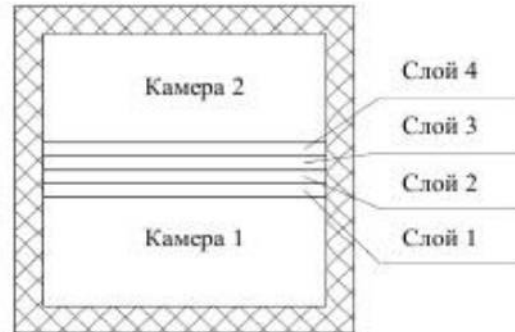


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки

Установлено, что кривые распределение влагосодержания по сечению образца покрытия на основе состава 1 имеют следующий характер (рис. 4).

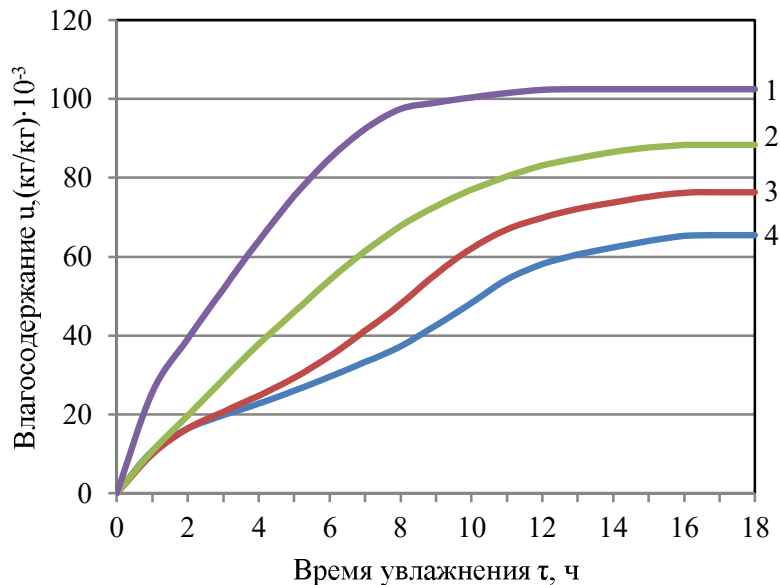


Рис. 2. Зависимость влагосодержания в отделочном покрытии (состав 1) от времени увлажнения: 1 – 1-ый слой; 2 – 2-ой слой; 3 – 3-ий слой; 4-ый – 4 слой

Данные на рис. 4 показывают то, что в процессе увлажнения отделочного покрытия влагосодержание по сечению материала распределено неравномерно. Наибольший перепад влагосодержания между крайними 1-ым и 4-ым слоями составил $60,2 \cdot 10^{-3}$ кг/кг, он наблюдался спустя 8 часов с момента начала увлажнения. Это создает опасность трещинообразования в слое отделки.

Зависимость дифференциального влагосодержания u исследуемых покрытий на основе состава 2 и 3 от времени увлажнения τ представлена в табл. 1. Зависимость скорости влагопоглощения покрытия на основе состава 2 и 3 от времени увлажнения τ представлена в табл. 2.

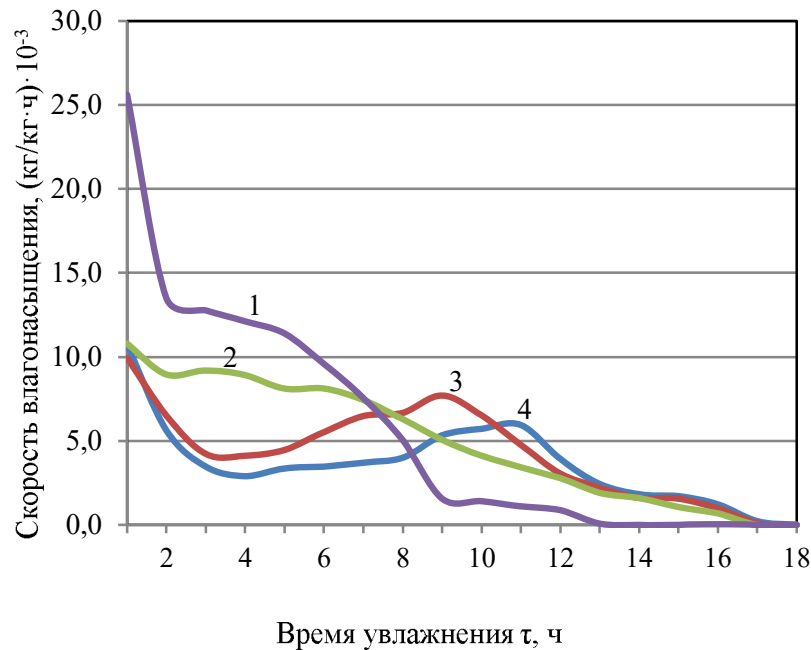


Рис. 3. Зависимость скорости влагопоглощения отделочного покрытия (состав 1) от времени увлажнения: 1 – 1-й слой; 2 – 2-й слой; 3 – 3-й слой; 4 – 4-й слой

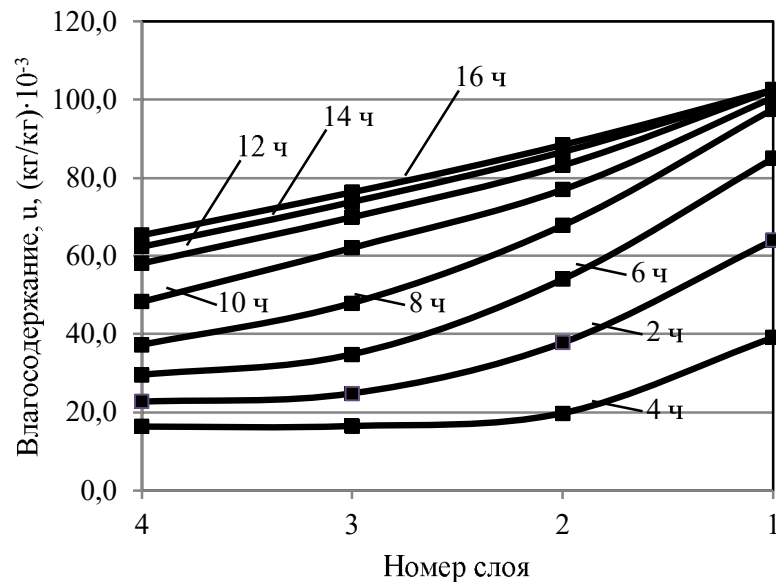


Рис. 4. Зависимость распределение влагосодержания в отделочном покрытие (состав 1) от времени увлажнения

Установлено, что для покрытий на основе составов 2 и 3 характерны те же закономерности кинетики увлажнения. Слой 1 характеризуется наиболее высоким значением максимального влагосодержания u . После 18 часов увлажнения кривые влагосодержания всех слоев покрытия на основе состава 3 вышли на асимптоту, при этом влагосодержание 1-го слоя составило $u=168,2 \cdot 10^{-3}$ кг/кг. Покрытие на основе состава 2 активно поглощало влагу на 4 часа дольше и спустя 22 часа увлажнения влагосодержание 1-го слоя составило $u=286,5 \cdot 10^{-3}$ кг/кг. Более высокое максимальное влагосодержание образцов покры-

тий на основе состава 2 объясняется преобладанием в поровой структуре данных композитов открытой пористости. Их общая пористость составляет 75,2 %, в том числе открытая пористость – 49,1 %, закрытая пористость 26,1 %. Общая пористость композитов, полученных с использованием состава 3, составляет 66,4 %, в том числе открытая пористость – 31,8%, закрытая пористость 34,6 %.

Влагосодержание в покрытие на основе состава 2 распределено крайне неравномерно по сечению материала. При этом наибольший перепад влагосодержания между крайними 1-м и 4-м слоями спустя 10 часов увлажнения составил

201,0·10⁻³ кг/кг. Влагосодержание в покрытие на основе состава 3 распределено более равномерно по сечению материала. Спустя 9 часов с начала эксперимента перепад влагосодержания между крайними 1-м и 4-м слоями был максимальный и

составил 108,9·10⁻³ кг/кг. В данном покрытии ниже вероятность возникновения трещин из-за неравномерного распределения влаги по толщине слоя отделки.

Таблица 1

Зависимость влагосодержания u (кг/кг)·10⁻³ в отделочном покрытии от времени τ

№ состава	Номер слоя	Время увлажнения τ , ч										
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
2	1	30,7	41,5	50,3	59,1	70,2	86,5	106,1	132,8	151,9	160,7	161,8
	2	31,0	48,0	62,2	77,1	99,6	128,3	159,8	183,9	196,9	199,4	199,4
	3	47,3	79,9	109,6	142,2	173,7	197,1	217,5	234,1	239,7	239,7	239,7
	4	93,7	156,5	203,8	242,7	271,2	283,4	286,2	286,4	286,5	286,5	286,5
3	1	13,1	24,0	30,0	37,0	46,1	59,1	77,2	89,1	94,2	94,2	94,2
	2	11,8	27,0	39,1	52,1	68,8	91,2	105,3	113,3	114,1	114,1	114,1
	3	16,2	43,0	63,9	86,9	110,3	127,2	135,2	138,0	137,8	137,8	137,8
	4	28,2	72,9	107,0	134,8	155,0	163,2	166,9	168,0	168,2	168,2	168,2

Таблица 2

Зависимость скорости влагопоглощения (кг/кг·ч)·10⁻³ отделочного покрытия от времени τ

№ состава	Номер слоя	Время увлажнения τ , ч										
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
2	1	13,4	4,9	4,2	4,2	6,2	8,2	10,1	13,6	7,5	3,8	0,0
	2	15,2	7,8	7,0	8,1	12,5	15,1	15,1	11,4	4,3	0,5	0,0
	3	22,0	15,3	15,0	17,0	15,0	11,0	9,8	7,4	0,2	0,0	0,0
	4	45,8	25,7	22,8	18,2	11,1	4,8	0,8	0,1	0,1	0,0	0,0
3	1	6,3	3,1	3,1	4,3	6,1	9,0	6,9	3,1	0,0	0,0	0,0
	2	8,2	6,2	5,9	8,1	11,4	8,1	4,7	0,8	0,0	0,0	0,0
	3	14,1	10,4	11,3	12,1	9,6	4,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	24,0	17,4	14,3	12,6	4,9	2,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что теплоизоляционное покрытие, полученное с использованием в качестве наполнителя зольных алюмосиликатных микросфер, способно лучше, противодействовать температурно-влажностным деформациям, возникающим в слое отделки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ватин В.И., Горшков А.С., Глумов А.В. Влияние физико-технических и геометрических характеристик штукатурных покрытий на влажностный режим однородных стен из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2011. №1. С. 28–33.
2. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Петриченко М.Р., Горшков А.С., Оценка влажностного режима многослойной стеновой конструкции в годовом цикле // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №6. С.19–33.
3. Логанина В.И., Кислицына С.Н., Фролов М.В. Известковое композиционное вя-

жущее с применением добавки на основе алюмосиликатного наполнителя // Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С.70–73.

4. Логанина В.И., Фролов М.В. Оценка трещиностойкости покрытий на основе теплоизоляционного состава для отделки газобетона // Региональная архитектура и строительство. 2017. №1. С. 30–35.

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

6. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagordnyuk L.K., Volodchenko A.A., Yurievich P.D. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9. № 12. Pp. 1100–1105.

7. Лыков А.В. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. М.: Гостехиздат, 1954. 364 с.

8. Павлюкевич Н.В. Введение в теорию тепло- и массопереноса в пористых средах.

Минск: Ин-т тепло- и массообмена НАНБ, 2002. 140 с.

9. Низовцев М.И., Стерлягов А.Н., Терехов В.И. Влияние градиента температуры на влагоперенос в пористых материалах // Ползуновский вестник. 2012. №3/1. С.17–21.

10. Семенов В.С., Розовская Т.А. Повышение энергоэффективности ограждающих конструкций с применением облегченных кладочных растворов // Строительные материалы. 2015. № 6. С. 16–19.

Информация об авторах

Логанина Валентина Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры «Управление качеством и технология строительного производства».

E-mail: loganin@mail.ru

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.
Россия, 440028, Пенза, ул. Германа Титова, д. 28.

Фролов Михаил Владимирович, аспирант.

E-mail: mihail-frolovv@yandex.ru

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.
Россия, 440028, Пенза, ул. Германа Титова, д. 28.

Рябов Максим Александрович, студент.

E-mail: mryabov58@gmail.com

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.
Россия, 440028, Пенза, ул. Германа Титова, д. 28.

Поступила в ноябре 2017 г.

© Логанина В.И., Фролов М.В., Рябов М.А., 2018

V.I. Loganina, M.V. Frolov, M.A. Ryabov

INVESTIGATION OF THE HEAT-SUPPORTING PROCESS IN PLASTER COATINGS

Information on the processes of heat and mass transfer in the finishings coating of the walls of buildings is presented. It is shown that the heat-insulating decorative coating obtained using ash silica-alumina microspheres as a filler has a greater crack resistance in the process of moistening.

Keywords: *moisture saturation, heat and mass transfer, finishing composition, ash microspheres aluminosilicate, expanded vermiculite sand.*

Information about the authors

Valentina I. Loganina, PhD, Professor.

E-mail: loganin@mail.ru

Penza State University of Architecture and Construction.
Russia, 440028, Penza, st. Herman Titov, 28.

Mikhail V. Frolov, Postgraduate student.

E-mail: mihail-frolovv@yandex.ru

Penza State University of Architecture and Construction.
Russia, 440028, Penza, st. Herman Titov, 28.

Maksim A. Ryabov, Bachelor student.

E-mail: mryabov58@gmail.com

Penza State University of Architecture and Construction.
Russia, 440028, Penza, st. Herman Titov, 28.

Received in November 2017