

Оценка влияния отделочных покрытий на изменение влажностного режима газобетонной ограждающей конструкции

В.И. Логанина, М.В. Фролов, Ю.П. Скачков

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС),
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28*

АННОТАЦИЯ

Введение. Приведены сведения о влажностном режиме ограждающей конструкции из газобетона при наличии отделочных покрытий. Рассмотрены штукатурные покрытия на основе сухих строительных смесей (ССС) Knauf Grunband, разработанных авторами известковых составов с применением полых стеклянных микросфер и зольных алюмосиликатных микросфер, цементно-песчаных составов.

Материалы и методы. В качестве основного материала стены принимали газобетонные блоки различных марок: D350, D400, D500, D600. В качестве внутреннего отделочного слоя для всех вариантов была принята цементно-шлаковая штукатурка. Наружная поверхность стены отделана СССР Knauf Grunband, а также разработанными известковыми составами с применением полых стеклянных микросфер и зольных алюмосиликатных микросфер. Определялась температура наружного воздуха, при которой начинается конденсация влаги в стене и на границе отделочный слой – газобетонная стена.

Результаты. При использовании в качестве отделки штукатурного состава Knauf Grunband температура начала конденсации понижается всего до $-9,0$ °С. При применении разрабатываемых СССР, полученных с использованием в качестве наполнителей полых стеклянных микросфер и зольных алюмосиликатных микросфер, температура начала конденсации понижается соответственно до $-11,4$ и $-11,9$ °С. В ограждающей конструкции из газобетона марки D350 со штукатурным покрытием плотностью 1800 кг/м³ конденсация на границе отделочное покрытие — газобетон начинается при температуре $-2,4$ °С, в ограждающей конструкции из газобетона марки D400 со штукатурным покрытием плотностью 1800 кг/м³ — при температуре $-3,8$ °С, а из газобетона марки D400 с плотностью штукатурки 1100 кг/м³ — при температуре $-5,5$ °С.

Выводы. Проведенные исследования доказывают, что за счет использования для отделки газобетонных блоков марок D300–D600 теплоизоляционных СССР, позволяющих получить покрытия с плотностью менее 800 кг/м³, снижается наружная температура воздуха, при которой начинается конденсация влаги в стене. Также за счет использования разрабатываемых покрытий значительно снижается наружная температура воздуха, при которой начинается конденсация на границе отделочное покрытие — газобетон. Это позволяет минимизировать количество конденсирующейся влаги в толще ограждающей конструкции и продлить срок службы как отделочного покрытия, так и всей стены в целом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: газобетонная ограждающая конструкция, отделочное покрытие, влажностный режим, конденсация влаги, зона контакта

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Логанина В.И., Фролов М.В., Скачков Ю.П. Оценка влияния отделочных покрытий на изменение влажностного режима газобетонной ограждающей конструкции // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 11. С. 1349–1356. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.11.1349-1356

Evaluation of the influence of finishing coatings on the change of the moisture regime of the gaz-concrete fencing construction

Valentina I. Loganina, Mikhail V. Frolov, Yuri P. Skachkov

*Penza State University of Architecture and Construction,
28 Germana Titova st., Penza, 440028, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. Provides information about the moisture regime of the building structure of aerated concrete in the presence of finishing coatings. Plaster coatings based on dry construction mixtures Knauf Grunband, developed by the authors of lime compositions using hollow glass microspheres and ash aluminosilicate microspheres, cement-sand compositions were considered.

Materials and methods. Aerated concrete blocks of various grades were used as the main material: D350, D400, D500, D600. Cement-slag plaster was adopted as an internal finishing layer for all variants. The outer surface of the wall is finished with Knauf Grunband dry construction mixtures, as well as developed lime compounds using hollow glass microspheres and ash aluminosilicate microspheres. The outside air temperature was determined, at which moisture condensation begins in the wall and on the border of the finishing layer — aerated concrete wall

Results. When using Knauf Grunband plaster composition as finishing, the temperature of the onset of condensation drops to -9.0 °C. When using the developed DBM, obtained using hollow glass microspheres and ash aluminosilicate microspheres as fillers, the temperature of the onset of condensation decreases to -11.4 and -11.9 °C, respectively. Condensation at the border of the finishing coating — aerated concrete begins at a temperature of -2.4 °C, in a fencing structure of a gas concrete of the mark D400 with a plaster coating of a density of 1800 kg/m^3 — at a temperature of -3.8 °C, and in aerated D400 grade with a plaster density of 1100 kg/m^3 — at a temperature of -5.5 °C.

Conclusions. The conducted studies prove that due to the use of heat-insulating DBM for finishing gas-concrete blocks of the D300–D600 grades, which allow to obtain coatings with a density of less than 800 kg/m^3 , the outdoor air temperature decreases, at which the moisture in the wall starts. Also, due to the use of the developed coatings, the external air temperature is significantly reduced, at which the finishing coating — aerated concrete begins at the border. This will minimize the amount of condensable moisture in the thickness of the enclosing structure and extend the service life of both the finishing coating and the wall as a whole.

KEYWORDS: aerated concrete fencing, finishing coating, humidity conditions, moisture condensation, contact zone

FOR CITATION: Loganina V.I., Frolov M.V., Skachkov Yu.P. Evaluation of the influence of finishing coatings on the change of the moisture regime of the gaz-concrete fencing construction. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2018; 13(11):1349-1356. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.11.1349-1356

ВВЕДЕНИЕ

В течение всего периода эксплуатации стен из газобетона часто можно наблюдать отслоение фрагментов наружного отделочного покрытия и фиксировать появление на поверхности покрытия сетки из мелких волосяных трещин. Конденсация влаги на границе штукатурка — газобетон является причиной частичного разрушения отделочного покрытия. В ходе эксплуатации стены материалы в составе ее конструкции увлажняются из-за диффузии водяного пара и влаги через ограждения, а также из-за сорбции водяных паров и влаги в капельно-жидком состоянии. Степень увлажнения материалов стеновой конструкции зависит от конструктивного исполнения ограждающей конструкции, от климатической зоны, в которой расположено здание, и от влажностного режима внутри помещения.

Для снижения вероятности появления влаги и минимизации количества конденсирующейся влаги в толще ограждающей конструкции каждый последующий слой в наружной стене в направлении от внутренней к наружной поверхности должен обладать большей паропроницаемостью и меньшей теплопроводностью по сравнению с предыдущим. Избытки влаги в стене из газобетона чаще всего возникают из-за использования для наружной отделки отделочных покрытий, имеющих высокие значения сопротивления паропроницанию и низкие значения сопротивления теплопередаче [1–5].

В труде [6] представлены результаты экспериментальных исследований по разработке высокоэффективных штукатурных материалов и оценено влияние штукатурных покрытий на влажностный режим стен. Экспериментальные результаты показывают, что путем соответствующего выбора состава смеси, добавления надлежашей гидрофобной

добавки и использования гидрофобных покрытий штукатурные покрытия могут значительно улучшить возможности управления влажностью деревянных стен зданий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе представлены результаты оценки влияния вида наружного отделочного покрытия на изменение влажностного режима газобетонной стены на примере г. Пенза.

Расчетные параметры наружного воздуха приняты в соответствии с требованиями СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99:

- средняя температура отопительного периода $t_{on} = -4,1$ °C;
- продолжительность отопительного периода $z_{om} = 200$ сут;
- средняя температура декабря $t_{дек} = -7,8$ °C;
- средняя температура января $t_{январь} = -9,8$ °C;
- средняя температура февраля $t_{фев} = -9,7$ °C;
- средняя влажность наиболее холодного месяца $\varphi_{х.м.} = 83$ %.

Расчетные параметры внутреннего воздуха приняты по СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 для жилых зданий:

- расчетная температура внутреннего воздуха $t_b = 20,0$ °C;
- относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi_b = 55$ %.

Расчетная схема конструкции исследуемой стены представлена на рис. 1.

В ходе исследования в качестве внутреннего отделочного слоя (рис. 1, слой 1) для всех вариантов была принята цементно-шлаковая штукатурка. В ка-

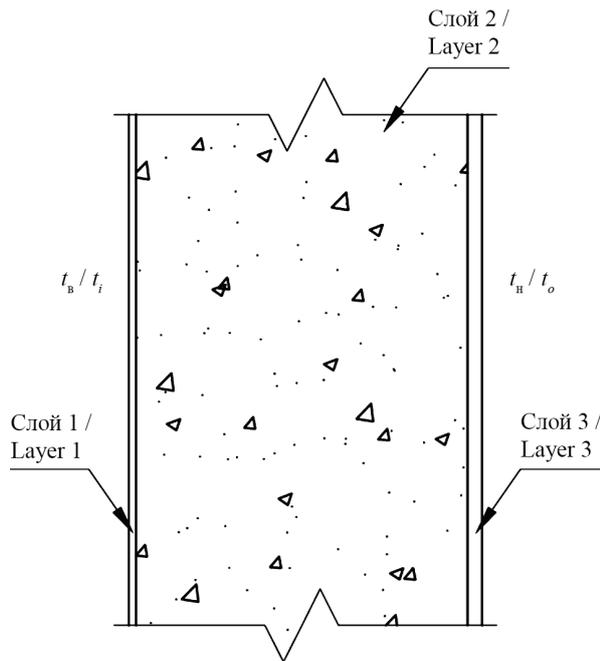


Рис. 1. Расчетная схема ограждающей конструкции стены
Fig. 1. The design scheme of the building envelope

честве основного материала стены (рис. 1, слой 2) принимали газобетонные блоки различных марок: D350, D400, D500, D600. При использовании газобетонных блоков данных марок возможно получить однослойные ограждающие конструкции, которые будут характеризоваться высокими теплозащитными качествами.

Для наружного отделочного слоя (рис. 1, слой 3) применяли сухие строительные смеси (ССС), позволяющие получить покрытия различной плотности. В работе оценивали влажностный режим в газобетонной стене, отделанной цементно-песчаной штукатуркой. Покрытия, получаемые при использовании данной штукатурки, характеризуются плотностью 1800 кг/м³, что согласно нормативной документации не позволяет рекомендовать данный материал для отделки газобетонных блоков^{1,2,3}.

Также оценивали влажностный режим в газобетонной стене, отделанной теплоизоляционной

ССС Knauf Grunband⁴. Покрытия, получаемые при использовании данной ССС, характеризуются плотностью 1100 кг/м³, что согласно нормативной документации позволяет рекомендовать данный материал для отделки газобетонных блоков. Этот выбор объясняется тем, что большинство применяемых на данный момент для отделки газобетона ССС позволяют получить покрытия, плотность которых варьируется в пределах 1000–1300 кг/м³. Таким образом, влажностный режим в газобетонной стене, отделанной ССС Knauf Grunband, будет близок к влажностному режиму в газобетонных стенах, отделанных другими ССС для отделки газобетона, представленными на рынке.

Аналогично оценивали влажностный режим в газобетонной стене, отделанной разрабатываемыми ССС, полученными с использованием в качестве наполнителя пористых стеклянных микросфер (ПСМ) и зольных микросфер алюмосиликатных (ЗМА) [7–9].

Конструктивное исполнение исследуемых ограждающих конструкций и расчетные значения коэффициентов теплопроводности и коэффициентов паропроницаемости рассматриваемых материалов представлены в табл. 1.

Для упрощения примем следующие условные обозначения различных вариантов исполнения ограждающих конструкций:

$$x/y, \quad (1)$$

где x — плотность газобетона; y — плотность наружного отделочного слоя.

Расчетные значения сопротивления теплопередаче наружных стен R_0^{Φ} , м²·°С/Вт для всех вариантов ограждающих конструкций удовлетворяют требованиям СП 50.13330.2012⁵ и представлены в табл. 2.

Для оценки влажностного режима рассматриваемых ограждающих конструкций предложено использовать $t_{н.к}$ — температуру наружного воздуха, при понижении до которой в стене начинается конденсация. Для определения данной температуры в стеновой конструкции строили профили давления насыщенного водяного пара E_i и парциального давления водяного пара e_i в исследуемом ограждении [10–13]. Давление насыщенного водяного пара E_i определяли по профилю температуры t в соответствии с зависимостями (2) и (3):

$$E_i = 610,5 \exp\left(\frac{17,269 \cdot t}{237,3 + t}\right), t \geq 0 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2)$$

¹ ГОСТ 11118-2009. Панели из автоклавных ячеистых бетонов для наружных стен зданий. Технические условия. М.: МНТКС, 2010. 49 с.

² Руководство по наружной отделке стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения. 1 редакция. Белгород: Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона, 2010. 9 с.

³ СТО 501-52-01-2007. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. Часть 1. Введ. 25.01.2007. М.: Ассоциация строителей России, 2007. 30 с.

⁴ Штукатурка цементная теплоизоляционная фасадная КНАУФ-Грюнбанд. URL: http://www.knauf.ru/catalog/find-products-and-systems/knauf-grjunband.html#showtabtab_1054_1

⁵ СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Минрегион России, 2012.

Табл. 1. Характеристики используемых в рассматриваемой ограждающей конструкции материалов

Table 1. Characteristics of materials used in the enclosing structure

Номер слоя / Number of layer	Материал / Material	Толщина слоя δ , м / Layer thickness δ , m	Средняя плотность материала, кг/м ³ / Average material density, kg/m ³	Коэффициент теплопроводности λ_A , Вт/(м·К) / Thermal conductivity λ_A , W/(m·K)	Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па) / Water vapor permeability coefficient μ , mg/(m·h·PA)
1	Цементно-шлаковая штукатурка / Cement-slag plaster	0,01	1200	0,470	0,140
2	Газобетон D350 / Aerated concrete D350	0,40	350	0,13	0,250
	Газобетон D400 / Aerated concrete D400	0,45	400	0,14	0,230
	Газобетон D500 / Aerated concrete D500	0,55	500	0,18	0,200
	Газобетон D600 / Aerated concrete D600	0,65	600	0,22	0,170
3	Цементно-песчаная штукатурка / Cement-sand plaster	0,02	1800	0,760	0,090
	Кнауф Grunband		1100	0,350	0,100
	Разрабатываемая ССС, наполнитель — ЗМА / Under development dry building mix, filler of ash microspheres of aluminosilicate		650	0,155	0,150
	Разрабатываемая ССС, наполнитель — ПСМ / Under development dry building mix, filler of honeycombed glass microspheres		570	0,135	0,157

Табл. 2. Расчетные значения сопротивления R_0^F , м²·°С/Вт для различных вариантов исполнения ограждающих конструкций

Table 2. The calculated values of the resistance R_0^F , m²·°C/W for various versions of the enclosing structures

350/1800	3,28	400/1800	3,42	500/1800	3,26	600/1800	3,16
350/1100	3,31	400/1100	3,45	500/1100	3,29	600/1100	3,19
350/650	3,39	400/650	3,52	500/650	3,36	600/650	3,26
350/570	3,41	400/570	3,54	500/570	3,38	600/570	3,28

$$E_i = 610,5 \exp\left(\frac{21,875 \cdot t}{265,5 + t}\right), t < 0 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3)$$

Температурой начала конденсации $t_{н.к}$ считали такую температуру, при понижении до которой в стене появлялась зона конденсации, т.е. в ограждающей конструкции появлялся фрагмент, на котором выполнялось условие конденсации влаги:

$$e_i > E_i. \quad (4)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты проведенных расчетов представлены на рис. 2.

В ограждающей конструкции 600/1800 конденсация начинается при температуре 8,0 °С (рис. 2, кривая 1). При использовании в качестве отделки штукатурного состава Кнауф Grunband температура начала конденсации $t_{н.к}$ понижается всего на 1 °С до -9,0 °С (рис. 2, кривая 2). При использовании разрабатываемых ССС, полученных с использованием в качестве наполнителей ЗМА и ПСМ, температура начала конденсации $t_{н.к}$ относительно температуры начала конденсации в ограждающей конструкции 600/1100 понижается соответственно на 2,4 и 2,9 °С — до -11,4 и -11,9 °С (рис. 2, кривая 3, 4).

При снижении плотности газобетонных блоков температура начала конденсации $t_{н.к}$ увеличивается.

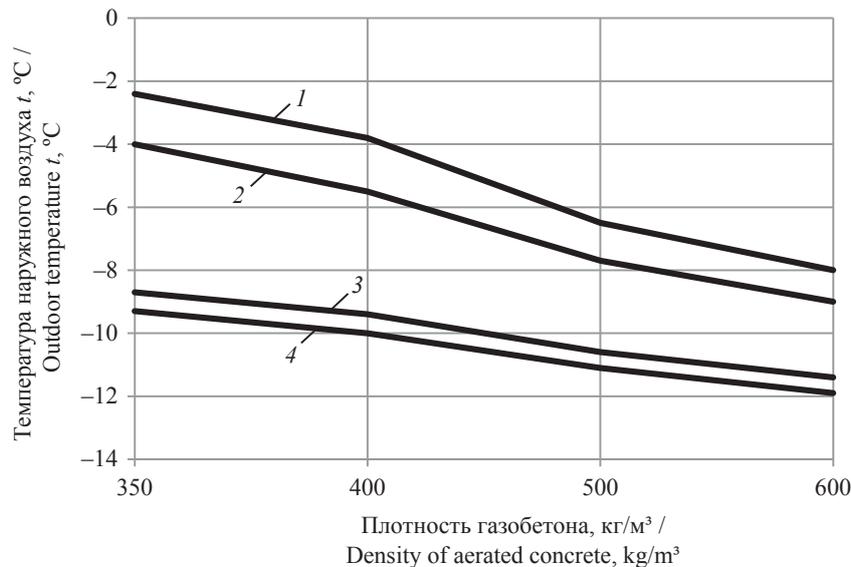


Рис. 2. Зависимость температуры начала конденсации $t_{н.к}$ от плотности газобетона: 1 — цементно-песчаная штукатурка; 2 — Knauf Grunband; 3 — разрабатываемая ССС, наполнитель — ЗМА; 4 — разрабатываемая ССС, наполнитель — ПСМ
Fig. 2. Dependence of the temperature of the beginning of condensation on the density of aerated concrete: 1 — cement-sand plaster; 2 — Knauf Grunband; 3 — developed DBM, filler — ААМ; 4 — developed DBM, filler — НГМ

При этом также наблюдается значительное увеличение разницы между температурами начала конденсации $t_{н.к}$ в стенах, отделанных цементно-песчаной штукатуркой и ССС Knauf Grunband, и в стенах, отделанных разрабатываемыми ССС.

Температура начала конденсации $t_{н.к}$ в ограждающей конструкции 350/650 и в ограждающей конструкции 350/570 ниже на 5,3 и 4,7 °С, чем температура начала конденсации $t_{н.к}$ в ограждающей конструкции 350/1100.

Установлено, что в ограждениях, отделанных цементно-песчаной штукатуркой и теплоизоляционной ССС Knauf Grunband, будут создаваться условия для образования конденсата при среднемесячных температурах декабря, января и февраля в стенах из газобетонных блоков марок D350, D400, D500; января и февраля в стенах из газобетонных блоков марки D600. В ограждениях, отделанных разрабатываемой ССС, наполненной ЗМА, будут создаваться условия для образования конденсата при среднемесячных температурах января и февраля только в стенах из газобетонных блоков марок D350, D400. В ограждениях, отделанных разрабатываемой ССС, наполненной ПСМ, будут создаваться условия для образования конденсата при среднемесячных температурах января и февраля только в стенах из газобетонных блоков марок D350.

Наибольшую опасность для стеновой газобетонной конструкции создают избытки влаги в месте сцепления отделочного покрытия с газобетоном [14–16]. Поэтому дополнительно определяли температуру $t_{н.к.г}$ начала конденсации на границе

отделочное покрытие — газобетон. Результаты проведенных расчетов представлены на рис. 3.

Установлено, что в ограждающей конструкции 350/1800 конденсация на границе отделочное покрытие — газобетон начинается при температуре $-2,4$ °С, в ограждающей конструкции 400/1800 — при температуре $-3,8$ °С (рис. 3, кривая 1), в ограждающей конструкции 350/1100 — при температуре $-4,0$ °С, в ограждающей конструкции 400/1100 — при температуре $-5,5$ °С (рис. 3, кривая 2).

У данных ограждений температура начала конденсации $t_{н.к}$ равна температуре начала конденсации $t_{н.к.г}$ на границе отделочное покрытие — газобетон, т.е. конденсация в ограждение начинается сразу на границе отделочное покрытие — газобетон. В ограждающих конструкциях 500/1800, 600/1800, 500/1100, 600/1100 разница между $t_{н.к.г}$ и $t_{н.к}$ варьируется в пределах 0,3...3,1 °С.

При использовании разрабатываемых ССС, полученных с использованием в качестве наполнителей ЗМА и ПСМ, температуры начала конденсации $t_{н.к.г}$ на границе отделочное покрытие — газобетон значительно ниже, чем температура начала конденсации $t_{н.к}$. Разница между $t_{н.к.г}$ и $t_{н.к}$ варьируется от 0,9 и 1,3 °С, соответственно в ограждающих конструкциях 350/650 и 350/570, до 7,9 и 8,6 °С, соответственно в ограждающих конструкциях 600/650 и 600/570 (рис. 3, кривая 3, 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования доказывают, что за счет использования для отделки газобетонных бло-

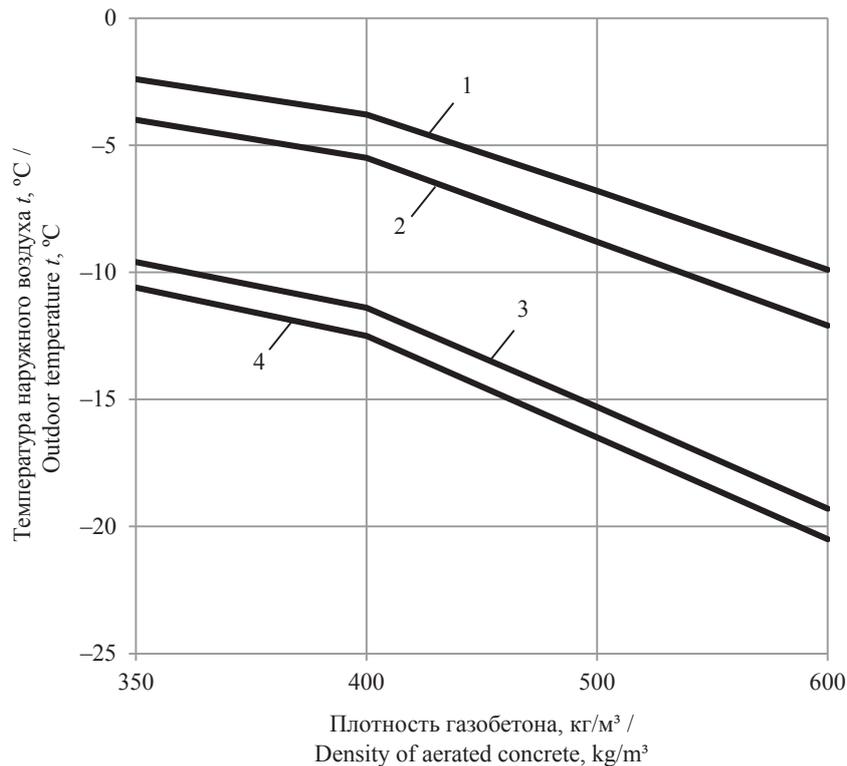


Рис. 3. Зависимость температуры начала конденсации $t_{н.к.г}$ на границе отделочное покрытие — газобетон от плотности газобетона: 1 — цементно-песчаная штукатурка; 2 — Knauf Grunband; 3 — разрабатываемая ССС, наполнитель — ЗМА; 4 — разрабатываемая ССС, наполнитель — ПСМ

Fig. 3. Temperature dependence of the beginning of condensation at the border, finishing coat — aerated concrete from the density of aerated concrete: 1 — cement-sand plaster; 2 — Knauf Grunband; 3 — developed DBM, filler — AAM; 4 — developed DBM, filler — HGM

ков марок D300–D600 теплоизоляционных ССС, позволяющих получить покрытия с плотностью менее 800 кг/м³, снижается наружная температура воздуха, при которой начинается конденсация влаги в стене. Также за счет использования разрабатываемых покрытий значительно снижается наружная температура

воздуха, при которой начинается конденсация на границе отделочное покрытие – газобетон. Это позволяет минимизировать количество конденсирующейся влаги в толще ограждающей конструкции и продлить срок службы как отделочного покрытия, так и всей стены в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ватин Н.И., Глумов А.В., Горшков А.С. 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 (33). С. 19–33.
3. Zaborova D., Musorina T., Selezneva A., Butyrin A. Thermal resistance and accumulation of heat by

- the wall construction // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. Vol. 692. Pp. 473–481. DOI: 10.1007/978-3-319-70987-1_50
4. Vasilyev G.P., Tabunshchikov Iu.A., Brodach M.M., Leskov V.A., Mitrofanova N.V., Timofeev N.A. et al. Modeling moisture condensation in humid air flow in the course of cooling and heat recovery // Energy and Buildings. 2016. Vol. 112. Pp. 93–100. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.12.002
5. Vasilyev G.P., Kolesova M.V., Gornov V.F., Yurchenko I.A. Study of the dependence effectiveness of low-potential heat of the ground and atmospheric air for

heating buildings from climatic parameters // MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 40. P. 05006. DOI: 10.1051/mateconf/20164005006

6. Mukhopadhyaya P., Kumaran K., Plescia S., Lackey J., Normandin N., van Reenen D. High performance stucco to optimize moisture management in wood-frame stucco walls // Journal of Testing and Evaluation. 2008. Vol. 36. Issue 6. Pp. 506–515. DOI: 10.1520/jte101447

7. Логанина В.И., Фролов М.В. Эффективность применения теплоизоляционной штукатурки с применением микросфер для отделки газобетонной ограждающей конструкции // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2016. № 5 (689). С. 55–62.

8. Loganina V.I., Frolov M.V., Skachkov Yu.P. Lime composition for the walls of buildings made of aerated concrete // Proceedings of the International Symposium on Mechanical Engineering and Material Science. 2016. Vol. 93. Pp. 165–169. DOI: 10.2991/ismems-16.2016.29

9. Loganina V.I., Kislytsyna S.N., Frolov M.V. Addition on the basis of mix of the synthesized hydro-silicates of calcium and aluminosilicates for dry building mixtures // Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. Pp. 1627–1630. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.141

10. Nizovtsev M.I., Sterlyagov A.N., Terekhov V.I. Effect of material humidity on heat and moisture-transfer processes in gas-concrete // Concrete Materials:

Properties, Performance and Applications. Nova Science Publishers, New York, USA, 2009. Pp. 397–429.

11. Rosario F., Antonio T., Nuno S. Influence of a period of wet weather on the heat transfer across a wall covered with uncoated medium density expanded cork // Energy and Buildings. 2018. Vol. 165. Pp. 118–131. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.01.020

12. Timea B., Amandine P., Arnaud J., Laetitia B. Study of two hemp concrete walls in real weather conditions // Energy Procedia. 2015. Vol. 78. Pp. 1605–1610. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.221

13. Гринфельд Г.И. Инженерные решения обеспечения энергоэффективности зданий. Отделка кладки из автоклавного газобетона. СПб.: Изд-во Политехнического университета. 2011. 130 с.

14. Ronzino A., Corrado V. Measuring the hygroscopic properties of porous media in transient regime. From the material level to the whole building ham simulation of a coated room // Energy Procedia. 2015. Vol. 78. Pp. 1501–1506. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.177

15. Craig S., Grinham J. Breathing walls: The design of porous materials for heat exchange and decentralized ventilation // Energy and Buildings. 2017. Vol. 149. Pp. 246–259. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.05.036

16. Cheng C.Y., Cheung Ken K.S., Chu L.M. Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls // Building and Environment. 2010. Vol. 45. Issue 8. Pp. 1779–1787. DOI: 10.1016/j.buildenv.2010.02.005

Поступила в редакцию 2 сентября 2018 г.

Принята в доработанном виде 1 октября 2018 г.

Одобрена для публикации 31 октября 2018 г.

О Б АВТОРАХ: Логанина Валентина Ивановна — доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой управления качеством и технологии строительного производства, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС), 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28, loganin@mail.ru;

Фролов Михаил Владимирович — аспирант кафедры управления качеством и технологии строительного производства, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС), 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28, mihaail-frolov@yandex.ru;

Скачков Юрий Петрович — доктор технических наук, профессор, ректор, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС), 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28, rector@pguas.ru.

REFERENCES

1. Vatin N.I., Glumov A.V., Gorshkov A.S. Influence of the physico-technical and geometric characteristics of plaster coatings on the moisture regime of homogeneous walls of aerated concrete blocks. *Magazine of civil engineering*. 2011; 1:28-33. (rus.).

2. Korniyenko S.V., Vatin N.I., Petrichenko M.R., Gorshkov A.S. Evaluation of hygrothermal performance of multilayered wall design in annual cycle. *Construction of unique buildings and structures*. 2015; 6(33):19-33. (rus.).

3. Zaborova D., Musorina T., Selezneva A., Butyrin A. Thermal resistance and accumulation of heat by the wall construction. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2017; 692:473-481. DOI: 10.1007/978-3-319-70987-1_50

4. Vasilyev G.P., Tabunshchikov Iu.A., Brodach M.M., Leskov V.A., Mitrofanova N.V., Timofeev N.A. et al. Modeling moisture condensation in humid air flow in the course of cooling and heat recovery. *Energy and Buildings*. 2016; 112:93-100. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.12.002

5. Vasilyev G.P., Kolesova M.V., Gornov V.F., Yurchenko I.A. Study of the dependence effectiveness of low-potential heat of the ground and atmospheric air for heating buildings from climatic parameters. *MATEC Web of Conferences*. 2016; 40:05006. DOI: 10.1051/mateconf/20164005006

6. Mukhopadhvaya P., Kumaran K., Plescia S., Lackey J., Normandin N., van Reenen D. High performance stucco to optimize moisture management in wood-frame stucco walls. *Journal of Testing and Evaluation*. 2008; 36(6):506-515. DOI: 10.1520/jtel101447

7. Loganina V.I., Frolov M.V. Effectiveness of thermal insulation plaster with the use of microspheres for finishing aerated concrete walling. *News of higher educational institutions. Building*. 2016; 5(689):55-62. (rus.)

8. Loganina V.I., Frolov M.V., Skachkov Yu.P. Lime composition for the walls of buildings made of aerated concrete. *Proceedings of the International Symposium on Mechanical Engineering and Material Science*. 2016; 93:165-169. DOI: 10.2991/is-mems-16.2016.29

9. Loganina V.I., Kislitsyna S.N., Frolov M.V. Addition on the basis of mix of the synthesized hydrosilicates of calcium and aluminosilikates for dry building mixtures. *Procedia Engineering*. 2016; 150:1627-1630. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.141

10. Nizovtsev M.I., Sterlyagov A.N., Terekhov V.I. Effect of material humidity on heat and moisture-

transfer processes in gas-concrete. *Concrete Materials: Properties, Performance and Applications*. Nova Science Publishers. New York, 2009; 397-429.

11. Rosario F., Antonio T., Nuno S. Influence of a period of wet weather on the heat transfer across a wall covered with uncoated medium density expanded cork. *Energy and Buildings*. 2018; 165:118-131. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.01.020

12. Timea B., Amandine P., Arnaud J., Laetitia B. Study of two hemp concrete walls in real weather conditions. *Energy Procedia*. 2015; 78:1605-1610. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.221

13. Greenfeld G.I. Engineering solutions to ensure energy efficiency of buildings. *Finishing masonry of autoclaved aerated concrete: studies*. Saint-Petersburg, Polytechnic University Publ., 2011; 130. (rus.)

14. Ronzino A., Corrado V. Measuring the hygroscopic properties of porous media in transient regime. From the material level to the whole building ham simulation of a coated room. *Energy Procedia*. 2015; 78:1501-1506. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.177

15. Craig Salmaan, Grinham Jonathan. Breathing walls: The design of porous materials for heat exchange and decentralized ventilation. *Energy and Buildings*. 2017; 149:246-259. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.05.036

16. Cheng C.Y., Cheung Ken K.S., Chu L.M. Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls. *Building and Environment*. 2010; 45(8):1779-1787. DOI: 10.1016/j.buildenv.2010.02.005

Received September 2, 2018

Adopted in a modified form October 1, 2018

Approved for publication October 31, 2018

ABOUT THE AUTHORS: **Valentina I. Loganina** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of the Quality Management and Technology of Construction Production, **Penza State University of Architecture and Construction**, 28 German Titova st., Penza, 440028, Russian Federation, loganin@mail.ru;

Mikhail V. Frolov — graduate student of the Department of the Quality Management and Technology of Construction Production, **Penza State University of Architecture and Construction**, 28 German Titova st., Penza, 440028, Russian Federation, mihail-frolov@yandex.ru;

Yuri P. Skachkov — Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector, **Penza State University of Architecture and Construction**, 28 German Titova st., Penza, 440028, Russian Federation, rector@pguas.ru.