

УДК 691.002

КРИТЕРІЇ ДЛЯ ПРИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ВИБОРУ СКЛАДУ ШТУКАТУРНИХ РОЗЧИНІВ ДЛЯ КЛАДКИ З АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ

ПАРУТА В.А.^{1*}, к.т.н., доц.
БРИНЗИН Є.В.² к.т.н.

^{1*} Кафедра Будівельні матеріали, Одеська державна академія будівництва і архітектури (ОДАБА), Україна, 65029 м. Одеса вул. Дидрихсона 4, тел. 0487238434, e-mail: docent2155@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0326-8021
² ТОВ ЮДК, Україна, 49051 м. Дніпропетровськ, вул. Комісара Крилова, 7Д, www.udkgazbeton.com, Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com

Анотація. *Мета.* Розробити критерії для призначення властивостей і підбору складу штукатурних розчинів для кладки, виконаної з автоклавного газобетону. Проектування складів і властивостей, штукатурних розчинів необхідно вести з урахуванням одного з основних критеріїв-напруги, що виникають штукатурному покритті із-за його усадки і різниці деформацій з кладкою при твердінні, а також деформацій стінної конструкції і самого покриття при експлуатації. Необхідно забезпечити такий рівень напруги в штукатурному покритті і контактній зоні до величин, менших, ніж руйнівні. *Методика.* Результати отримані шляхом розрахунку напруги в штукатурному покритті за допомогою формул, програм «Ансис», «Ліра» і двохфакторного планованого експерименту із застосуванням системи COMPEX 2000, на підставі експериментальних і літературних даних фізікомеханічних характеристик газобетонної кладки і штукатурних розчинів. *Результати.* Отримані дані підтверджують, що одним з основних критеріїв при призначенні властивостей і складів штукатурних розчинів, має бути напруга в штукатурному покритті. *Наукова новизна.* Розвинені уявлення про критерії відповідно до яких повинні призначатися властивості і проектуватися склади штукатурних розчинів для кладки з автоклавного газобетону. *Практична значущість.* Запропоновані критерії, виходячи з яких необхідно призначати властивості і проектувати склад штукатурних розчинів для кладки з автоклавного газобетону.

Ключові слова: Критерії для призначення властивостей штукатурних розчинів, кладка з автоклавного газобетону, штукатурне покриття для автоклавного газобетону.

КРИТЕРИИ ДЛЯ НАЗНАЧЕНИЯ СВОЙСТВ И ПОДБОРА СОСТАВА ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ КЛАДКИ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

ПАРУТА В.А.^{1*}, к.т.н., доц.
БРЫНЗИН Е.В.² к.т.н.

^{1*} Кафедра Строительные материалы, Одесская государственная академия строительства и архитектуры (ОГАСА), Украина, 65029 г. Одесса ул. Дидрихсона 4, тел. 0487238434, e-mail: docent2155@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0326-8021
² ООО ЮДК, Украина, 49051 г. Днепропетровск, ул. Комиссара Крылова, 7Д, www.udkgazbeton.com, Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com

Аннотация. *Цель.* Разработать критерии для назначения свойств и подбора состава штукатурных растворов применяемых для кладки, выполненной из автоклавного газобетона. Проектирование составов и свойств, штукатурных растворов необходимо вести с учетом одного из основных критериев-напряжений возникающих штукатурном покрытии из-за его усадки и разницы деформаций с кладкой при твердении, а также деформаций стеновой конструкции и самого покрытия при эксплуатации. Необходимо обеспечить такой уровень напряжений в штукатурном покрытии и контактной зоне до величин, меньших, чем разрушающие. *Методика.* Результаты получены путем расчета напряжений в штукатурном покрытии при помощи формул, программ «Ансис», «Лира» и двухфакторного планированного эксперимента с применением системы COMPEX 2000, на основании экспериментальных и литературных данных физико-механических характеристик газобетонной кладки и штукатурных растворов. *Результаты.* Полученные данные подтверждают, что одним из основных критериев при назначении свойств и составов штукатурных растворов, должны быть напряжения в штукатурном покрытии. *Научная новизна.* Развита представления о критериях в соответствии с которыми должны назначаться свойства и проектироваться составы штукатурных растворов для кладки из автоклавного газобетона. *Практическая значимость.* Предложены критерии исходя из которых необходимо назначать свойства и проектировать составы штукатурных растворов для кладки из автоклавного газобетона.

Ключевые слова: Критерии для назначения свойств штукатурных растворов, кладка из автоклавного газобетона, штукатурное покрытие для автоклавного газобетона.

GIVEN THE INTENSITY IN PLASNERS UNDER THE INFLUENCE OF TEMPERATURE DEFORMATION OF THE SYSTEM "GAZOBETON MASONRY-PLASTERS" THE DESIGN OF THE PLASNER SOLUTIONS

PARUTA V.A. ^{1*}, *PhD*

BRYNZIN I.V. ², *PhD*

1* Department of Building Materials, Odessa State Academy of Construction and Architecture (OGAS), Ukraine, 65029, Odessa Street. Didrihsone 4, tel. 0487238434, e-mail: docent2155@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0326-8021

2* OOO UDK, Ukraine, 49051 Dnepropetrovsk, st. Commissioner Krylov, 7D, www.udkgazbeton.com, Yevgen.Brynzin @udkgazbeton.com

Annotation. Purpose. To develop criteria for setting of properties and selection of composition of clout solutions of primenyayemykh for laying, executed from an autoclave aerocrete. Planning of compositions and properties, clout solutions it is necessary to conduct taking into account one of basic criteria-tensions of arising up clout coverage from his usadki and difference of deformations with laying at hardening, and also deformations of a wall construction and coverage during exploitation. It is necessary to provide such level of tensions in clout coverage and contact area to the sizes, less, than destroying. **Method.** Results are got by the calculation of tensions in clout coverage through formulas, programs «Ansis», «Lira» and the twofactor planned experiment with the use of the system of COMPEX 2000, on the basis of experimental and literary information of fiziko-mechanical descriptions of the gazobetonnoy laying and clout solutions. **Results.** Findings confirm that one of basic criteria at setting of properties and compositions of clout solutions, there must be tensions in clout coverage. **Scientific novelty.** The development of ideas about the criteria under which properties should be appointed and designed compositions plaster masonry of autoclaved aerated concrete. **The practical significance.** The criteria on the basis of which you want to assign properties and design compositions plaster masonry of autoclaved aerated concrete.

Keywords: Criteria for assigning properties plaster, masonry of autoclaved aerated concrete, plaster coating for atoklavnoy aerated.

Введение

Высокая стоимость и дефицит энергоресурсов требует внедрения энергосберегающих технологий в строительное производство. Наиболее целесообразным решением стеновой конструкции является использование автоклавного газобетона. Оштукатуренные стены, с декоративной отделкой (декоративные штукатурки, фасадные краски), является оптимальным технико-экономическим решением декоративно-защитного покрытия. Поэтому разработка составов штукатурных растворов для автоклавного газобетона и технологии их применения, является актуальной задачей, которую решают многие специалисты [1-4]. Недостатком разработанных составов является то, что им всем, в той или иной мере, присуще трещинообразование [3,5], которое приводит к разрушению штукатурного покрытия, снижению долговечности ограждающей конструкции.

По нашему мнению, это происходит из-за того, что при проектировании состава штукатурного покрытия, не в полной мере учитывают его работу в составе стеновой конструкции и не обоснованы его основные физико-механические свойства. Нормативные требования, предъявляемые к штукатурным растворам для стен из автоклавного газобетона достаточно противоречивы. Так, например, прочность при сжатии должна варьироваться 1,5 до 7,5 МПа (Россия), 2,5МПа

(ДСТУ Б В.2.7126:2011, ДБН В.2.6-22-2001 Украина) и достигая 10 МПа в соответствии с требованием норм Германии (DIN18550-1). Прочность на изгиб должна составлять от 1-1,25МПа (ДСТУ Б В.2.7126:2011, ДБН В.2.6-22-2001 Украина) до 2 МПа (Россия). Величина адгезии к газобетонной кладке варьируется от 0,15 МПа (Россия), для Украины составляет 0,5МПа (ДБН В.2.6-22-2001), достигая 3 МПа (Россия). При этом необходимо учитывать, что средняя плотность автоклавного газобетона варьируется от 600 до 150 кг/м³, а следовательно изменяются и другие основные свойства. Это является причиной трещинообразования в штукатурном покрытии, контактной зоне его с газобетонной кладкой, или материалу кладки, что приводит к снижению долговечности стеновой конструкции. Нельзя один и тот же штукатурный раствор применять для газобетона средней плотностью 600 и 150 кг/м³.

Критерии для назначения свойств и проектирования состава раствора

Штукатурное раствор, по нашему мнению, следует рассматривать как покрытие, связанное с кладкой через контактную зону. Необходимо выбирать компоненты смеси и их количество с учетом процессов протекающих при твердении штукатурного покрытия и разрушении системы «кладка-штукатурное покрытие». Проектирование составов и свойств, штукатурных растворов

необходимо вести с учетом напряжений возникающих в штукатурном покрытии из-за его усадки и разницы деформаций с кладкой при твердении, а также деформаций стеновой конструкции и самого покрытия при эксплуатации. Необходимо обеспечить уровень напряжений в штукатурном покрытии и контактной зоне до величин, меньших, чем разрушающие.

Разрушение штукатурного покрытия обусловлено образованием, накоплением и развитием дефектов в структуре материала (микро- и макротрещин) которые образуются при нанесении, твердении и эксплуатации [8,12]. Особенностью процесса твердения штукатурного раствора является то, что гидратация цемента протекает при недостаточном

количестве воды, из-за ее интенсивного испарения и поглощения пористым основанием. В этих условиях формируется дефектная структура цементного камня, образуются неравновесные, метастабильные поликристаллические новообразования. Твердение при пониженном В/Ц приводит к неполной реализации вяжущего потенциала цемента, падению прочности, повышенному трещинообразованию и снижению долговечности затвердевшего штукатурного покрытия [10,19].

Происходит гидравлическая (0,3...0,8 мм/м) и пластическая (2...5 мм/м) усадка штукатурного раствора [1] и (рис.1).

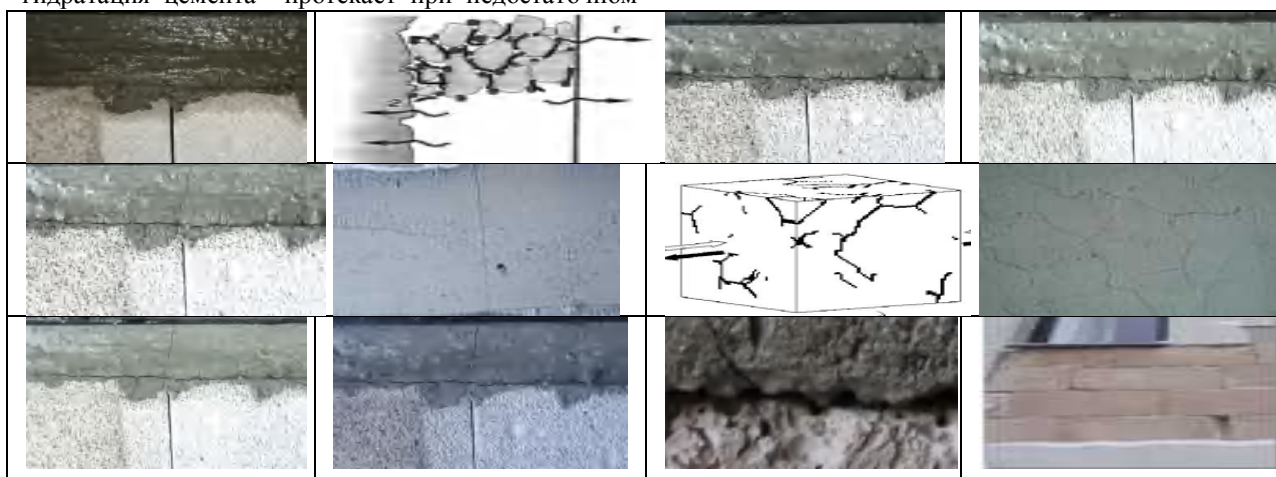


Рис. 1. Трещинообразование в системе «газобетонное основание –штукатурное покрытие»
Cracking in the aerated concrete base - plasters

Так как газобетонная кладка сдерживает эти деформации, то это приводит к возникновению напряжений в штукатурном покрытии (δ), которые превышают его предел прочности при растяжении:

$$\sigma = \Delta \epsilon \cdot \nu \cdot E / 1 - \mu$$

где: E и μ - модуль упругости и коэффициента Пуассона штукатурного покрытия; $\Delta \epsilon$ - разность деформаций штукатурки и газобетонного основания [5].

Для марки 25: При: $E = 4 \cdot 10^3$ МПа; $\Delta \epsilon = \epsilon_{шт} = 0,3 \dots 0,8$ мм/м или $30 \dots 80 \cdot 10^{-5}$; $\mu = 0,3$; $\nu = 0,5$; При минимальной усадке раствора:

$$\sigma = 30 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 10^3 / 1 - 0,3 = 0,85 \text{ МПа}$$

При максимальной усадке раствора:

$$\sigma = 80 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 10^3 / 1 - 0,3 = 2,28 \text{ МПа}$$

Для марки 50: При: $E = 6 \cdot 10^3$ МПа; $\Delta \epsilon = \epsilon_{шт} = 0,3 \dots 0,8$ мм/м или $30 \dots 80 \cdot 10^{-5}$; $\mu = 0,3$; $\nu = 0,5$;

При минимальной усадке раствора:

$$\sigma = 30 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot 10^3 / 1 - 0,3 = 1,28 \text{ МПа};$$

При максимальной усадке раствора:

$$\sigma = 80 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot 10^3 / 1 - 0,3 = 3,42 \text{ МПа}$$

Для марки 100: При $E = 14 \cdot 10^3$ МПа; $\Delta \epsilon = \epsilon_{шт} = 0,3 \dots 0,8$ мм/м или $30 \dots 80 \cdot 10^{-5}$; $\mu = 0,3$; $\nu = 0,5$;

При минимальной усадке раствора:

$$\sigma = 30 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5 \cdot 11 \cdot 10^3 / 1 - 0,3 = 3,0 \text{ МПа}$$

При максимальной усадке раствора:

$$\sigma = 80 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5 \cdot 11 \cdot 10^3 / 1 - 0,3 = 8,0 \text{ МПа}$$

Расчетное предельное сопротивление на растяжение для расчета по образованию трещин для раствора марки М25=0,3МПа, М50=0,35МПа, для М100=0,4 МПа, а разрушающие напряжения для раствора М25=0,4МПа М50=0,5 МПа, для М100=0,6 МПа. Как видим полученные значения, превышают предельные напряжения по образованию трещин и разрушающее напряжение.

Из-за этих напряжений и из-за того, что уменьшение степени гидратации цемента привело к снижению предельной растяжимости материала на 20...50% [3,5,6], происходит трещинообразование в штукатурном покрытии, на поверхности и в объеме материала, а также в контактной зоне с газобетонным основанием (рис.1).

При эксплуатации стеновая конструкция испытывает тепло-влажностные деформации под воздействием внешней среды. При помощи программы «Ансис» были рассчитаны температурные деформация стеновой конструкции при положительных и отрицательных температурах (Рис.2).

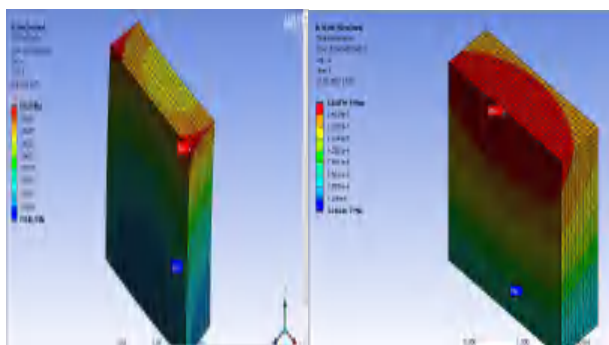


Рис. 2. Изополя деформаций ограждающей конструкции при отрицательных (а) и положительных температурах (б)

Strain contour plots protecting design negative (a) and positive temperatures (b)

В зависимости от температуры окружающей среды, деформации и напряжения стеновой конструкции имеют различный характер. При отрицательных температурах наблюдается деформация стеновой конструкции с выгибом в сторону помещения. При этом фасадная поверхность стенового материала и наружное штукатурное покрытие испытывают деформации сжатия. У кладки выполненной при плюс 30°C, коэффициенте температурного расширения газобетонной кладки $8 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹ и изменении температуры от +30 до -20°C, $\Delta t=50^\circ\text{C}$, полная температурная деформация сжатия составит:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta t = 8 \cdot 0,000008 \cdot 50 = 0,0032 \text{ м} = 3,2 \text{ мм};$$

Полная деформация сжатия штукатурного покрытия стеновой конструкции длиной 8 м, составит:

$$\Delta \ell = \ell_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta \theta = 8 \cdot 0,0000104 \cdot 50 = 0,0044 \text{ м} = 4,4 \text{ мм};$$

$$\Delta \theta = 50^\circ\text{C};$$

где: $\Delta \ell$ - деформации штукатурного покрытия в м, вследствие влияния изменения температуры; ℓ_0 - первоначальная длина стеновой конструкции в м; α_t - коэффициент температурного расширения в мм/м°C (1/°C); $\Delta \theta$ - разность температур, °C; t_1 - температура окружающей среды в момент возведения нанесения штукатурного покрытия; t_2 - максимальная и минимальная температура, воздействию которой подвергается штукатурное покрытие в летний и зимний периоды;

В летний период, при нагреве поверхности стеновой конструкции до 60-80°C, она выгибается в сторону фасада. При этом и кладка и штукатурное покрытие испытывают деформации растяжения.

При нагреве до 80°C, полная температурная деформация расширения газобетонной кладки составит:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta t = 8 \cdot 0,000008 \cdot 50 = 0,0032 \text{ м} = 3,2 \text{ мм};$$

Полная деформация расширения штукатурного покрытия стеновой конструкции, при этой температуре, составит:

$$\Delta \ell = \ell_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta \theta = 8 \cdot 0,0000104 \cdot 50 = 0,0044 \text{ м} = 4,4 \text{ мм};$$

Эти деформации предопределяют напряжения в штукатурном покрытии и контактной зоне его с газобетонной кладкой, что приводит к переходу микротрещин образовавшиеся на стадии твердения, в макротрещины и росту магистральных трещин в штукатурном покрытии и контактной зоне.

Стеновая конструкция и штукатурное покрытие имеют градиент деформаций и напряжений, вызывающие зарождение новых микротрещин и развитие макротрещин в штукатурном покрытии и контактной зоне, которые были определены при помощи программы Лира (рис.3).

Величины напряжений в штукатурном покрытии также зависит от свойств материала кладки и штукатурного покрытия. Нами был произведен расчет, при помощи программы «Лира», величины напряжений в штукатурном покрытии при широкой комбинации вариантов этих показателей (табл.1.).

В качестве варьируемых факторов использовались средняя плотность, коэффициент температурного расширения, модуль упругости полученных штукатурных растворов и газобетонного основания.

Полученные данные представлены в таблице 1 и на рисунке 4.

Таблица 1

Напряжения штукатурном покрытии, т/м²
Stress plasters, t / m²

№ п п	Средняя плотность, кг/м ³		Напряже- ния Nx min, (т/м ²)	Напряже- ния Nx max, (т/м ²)
	газобетон а	штукатурк и		
1	400	600	-1,01	0,24
2	400	800	-1,54	0,35
3	400	1000	-1,62	0,42
4	400	1200	-1,72	0,48
5	400	1800	-1,83	0,54
6	500	600	-1,22	0,458
7	500	800	-1,47	0,52
8	500	1000	-2,03	0,58
9	500	1200	-3,43	0,64
10	500	1800	-4,48	0,72
11	600	600	-1,48	0,55
12	600	800	-1,83	0,64
13	600	1000	-2,87	0,72
14	600	1200	-3,74	0,78
15	600	1800	-5,33	0,87

Полученные данные и их графические интерпретации свидетельствуют о влиянии характеристик газобетонной кладки и штукатурного покрытия на напряженное состояние последнего.

Для иллюстрации полученных зависимостей, на основании полученных данных был рассчитан двухфакторный план. Исследовалось влияния основных характеристик материала кладки и штукатурного покрытия, на напряжения в

штукатурном покрытии, возникающем при температурном воздействии.

Таблица 3

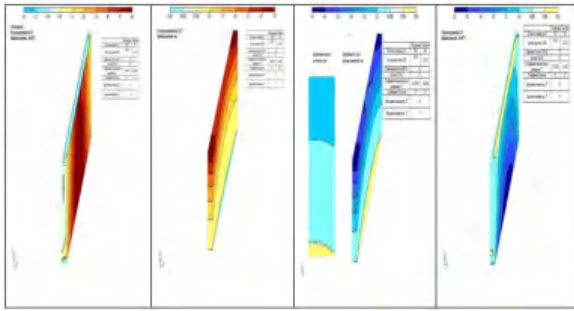


Рис. 3 Деформация стеновой конструкции под влиянием температурных воздействий зимой (а) и летом (б)
Deformation of the wall structure under the influence of temperature-tion effects in winter (a) and summer (b)

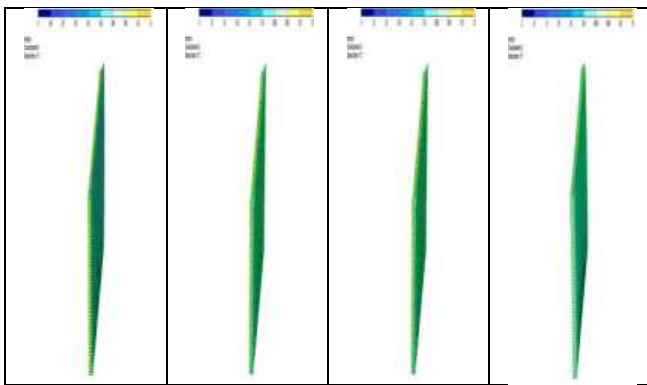


Рис. 4. Напряжения в штукатурном покрытии
Tensions are in clout coverage

Варьируемыми параметрами явились средняя плотность, коэффициент температурного расширения материала, модуль упругости и коэффициент Пуассона материала кладки и штукатурного покрытия. Уровни варьирования факторов приведены в таблице 2, матрица планированного эксперимента, в таблице 3.

Таблица 2

Уровни варьирования факторов для расчета напряжений в штукатурном покрытии

Levels of varying of factors for the calculation of nа-pryazheniy in clout coverage

Усл. обоз.	Наименование показателя	Уровень варьирования факторов		
		-1	0	1
X1	Средняя плотность газобетона (кг/м ³)	400	500	600
X2	Средняя плотность штукатурного раствора (кг/м ³)	600	1200	1800

Матрица планированного эксперимента и результаты расчета напряжений в штукатурном растворе

The matrix of the planned experiment and the results of the calculation, the stresses in the plaster

№ пп	X1	X2	Напряжения Nx min, т/м ²	Напряжения Nx max, т/м ²
1	-1	-1	-1,01	0,24
2	-1	0	-1,72	0,48
3	-1	1	-1,83	0,54
4	0	-1	-1,22	0,46
5	0	0	-3,43	0,64
6	0	1	-4,48	0,72
7	1	-1	-1,48	0,55
8	1	0	-3,74	0,78
9	1	1	-5,33	0,87

Полученные графические зависимости свидетельствуют о том, что при отрицательных температурах наибольшее влияние на напряженное состояние штукатурного покрытия оказывает его собственные свойства. При уменьшении средней плотности, прочности и модуля упругости, напряжения сжатия в штукатурном покрытии уменьшаются (Рис.5а).

При плюсовых температурах, на напряженное состояние штукатурного покрытия оказывает влияние, как свойства штукатурного покрытия, так и газобетонной кладки. При уменьшении средней плотности, прочности при сжатии и модуля упругости материала кладки и штукатурного раствора, напряжения в штукатурном покрытии увеличиваются (рис.5.б).

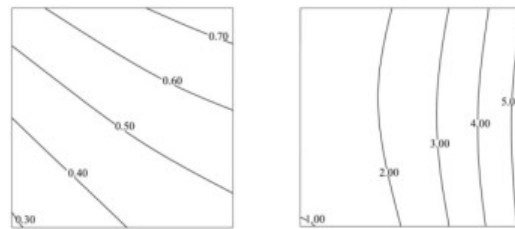


Рис. 5 Напряжения в штукатурном покрытии из-за температурных деформаций при минусовых и плюсовых температурах, т/м²
Stresses in plasters due to temperature and strain in sub-zero temperatures plus t / m²

Выводы

Нормативные требования, предъявляемые к штукатурным растворам для стен из автоклавного газобетона противоречивы и, по нашему мнению, не обоснованы. Необходимы объективные критерии для назначения свойств материала (прочность при сжатии и при изгибе, адгезия и др.). Ими должны

быть напряжения, возникающие в штукатурном покрытии при твердении и эксплуатации.

Штукатурное покрытие, следует рассматривать как покрытие, связанное с кладкой через контактную зону. Необходимо выбирать компоненты смеси и их количество с учетом процессов протекающих при твердении штукатурного покрытия и разрушении системы «кладка-штукатурное покрытие». Их

применение должно обеспечить снижение напряжений в штукатурном покрытии и контактной зоне до величин, меньших, чем разрушающие напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Парута В.А. Особенности технологии возведения и эксплуатации наружных стен из автоклавного газобетона / Парута В.А., Семин Ю.А., Столяр Е.А., Устенко А.В., Брынзин Е.В., // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века, №12, Москва, 2012, С. 35-39.

Paruta VA Features of technology of construction and exploitation is the outer walls of the AAC / Paruta VA Semin Yuri, Joiner EA Ustenko AV Brynzin EV // Building materials, equipment, 21st century technology, №12, Moscow, 2012, С. 35-39.

2. Грану Э. Предупреждение дефектов в строительных конструкциях. Москва. Стройиздат. 1980.- с.217.

Granau E. Warning defects in build-enforcement structures. Moscow. Stroyizdat. Moscow 1980 p.217.

3. Сажнева Н.Н., Сажнев Н.П., Урецкая Е.А. Защитные системы для отделки ячеистого бетона пониженной плотности // Строительные материалы. 2009. №1. С. 17-19.

Sazhneva NN, NP Sazhnev, Uretskaya EA Protection-WIDE system for finishing cellular concrete in reduced density // Building materials. 2009. №1. S. 17-19.

4. Халимов Р.К. Исследование совместной работы строительных материалов в составе современных многослойных теплоэффективных наружных стен зданий, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Специальность: 05.23.05 - Строительные материалы и изделия; Уфа, 2007. 178с.

Halimov RK Research collaboration build-ing materials as part of today's multi-layer thermal efficiency of external walls of buildings, thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty: 05.23.05 - Construction materials and from Delia; Ufa, 2007. 178p.

5. Я. Паплавскис, А.Фрош, Требования к штукатурным составам для наружной отделки стен из ячеистых бетонов. СПб.: Изд-во. Политехнического ун-та, 2010, С.10-15.

J. Paplavskis, A.Frosh, requirements plaster compositions for exterior decoration of walls from cellular concrete. SPb.: Publishing House. Polytechnic University, 2010 S.10-15.

6. Struble L. Microstructure and Fracture at the Cement Paste-Aggregate Interface. //Bond. Cementitious Compos.: Symp., Boston, Mass., Dec.2-4, 1987. -Pittsburgh (Pa), -1988. - pp.11-20.

7. Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Соколовский Л.В., Сажнева Н.Н. «Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика», "Стринко", Минск, 2006., 448с.

Galkin SL, Sazhnev NP Sokolovsky LV Sazhneva NN; The use of cellular concrete products. Theory and Practice &, Minsk, 2006, 448s.

8. Powers T.S. A Hypothesis on carbonation shrinkage. Journal of Portland Cement Association. -Research Development Laboratory. 1962, v.4, No.2. pp.26-31.

9. Vasicek J. Trvanlivost a odolnost autoklavovanych porovitych betonu pri posobeni susnych vnejsich jevu. - Stavivo, 1965. № 6., pp.24-28.

10. M. Homann. Richtig Bauen mit Porenbeton. Stuttgart, 2003., 268p.

Статья поступила в редколлегию 11.08.2015