

УДК 693.611

*Парута В.А., кандидат технических наук, доцент,
Гавурский А.М., Марченко В.В., Фомина Т.И., студенты
Одесская государственная академия строительства и
архитектуры, Украина, г. Одесса*

*Брынзин Е.В., кандидат технических наук;
ООО UDK GAZBETON, Украина, г. Днепрпетровск*

ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОСТАВА ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

Разработка составов штукатурных растворов для автоклавного газобетона и технологии их применения, является актуальной задачей. Одним из таких решений является технология трехслойной штукатурки, в соответствии с которой на загрунтованную поверхность наносят первый слой толщиной 2-3 мм, затем второй, выравнивающий, толщиной 5-7 мм и защитно-отделочный слой [11,17]. Получаемая по такому способу система бетон-покрытие отличается достаточно высокой паропроницаемостью и низким водопоглощением при капиллярном подсосе [17]. Недостатком данной технологии является то, что нанесение нескольких слоев уменьшает производительность труда, а само многослойное штукатурное покрытие испытывает напряжения присущие многослойным композитам. Поэтому целесообразно применение однослойных штукатурных систем.

Недостатком однослойных штукатурок является трещинообразование, которое приводит к разрушению штукатурного слоя, ухудшению теплоизоляционных параметров ограждающей конструкции и уменьшению ее долговечности. Происходит это из-за того, что при проектировании состава и свойств штукатурки не в полной мере учитывают совместность ее работы с газобетонным основанием. Так в СТО 501-52-01-2007 [9] указаны допустимые значения таких свойств штукатурных покрытий как: сопротивление паропроницанию, водонепроницаемость через 24 часа, адгезия к ячеистому бетону, морозостойкость, устойчивость к разрыву по трещине в ячеистом бетоне, стойкость к переменному увлажнению и высушиванию. Европейский стандарт EN 998-1:2003 [10], дополнительно к вышеперечисленным свойствам требует декларирования: плотности раствора, класса по прочности на сжатие, теплопроводности и огнестойкости.

Этого недостаточно, для того чтобы обеспечить совместность работы газобетонной кладки и штукатурного покрытия, а следовательно и высокую долговечность ограждающей конструкции. Необходимо, учитывать не только соотношение их паропроницаемости, но и прочности при сжатии и растяжении, модуля упругости, деформаций (температурных, влажностных, карбонизационных). Нельзя назначать один и тот же состав раствора для газобетонных блоков со средней плотностью 300 и 700 кг/м³.

Влияние разности модулей упругости основания и штукатурного покрытия, на прочность сцепления между ними, указывали в своих работах Я.Паплавскис, А.Фрош, Э.Гранау [5,11], однако только синхронизации этого показателя тоже недостаточно. Стеновую конструкцию следует рассматривать как многослойную систему, в которой, в зависимости от свойств материала кладки, необходимо целенаправленно модифицировать штукатурку, создать условия для формирования качественной контактной зоны между ними.

В связи с этим, важным является рассмотрение процессов происходящих в системе при нанесении штукатурного раствора на кладку и его твердении. Изучение причин возникновения напряжений в системе, образования и развитие трещин является предварительным условием

в построении теории разрушения, что позволит описать ход разрушения, предсказать поведение системы «кладка-покрытие» во времени, и разработать рекомендации по предотвращению деструктивных процессов, повышению долговечности ограждающих конструкций.

При нанесении растворной смеси на кладку, из-за высокого капиллярного потенциала газобетона, происходит отсос влаги из твердеющего раствора, испарение ее под воздействием солнечных лучей и воздушных потоков. Это приводит к усадке раствора и образованию, в нем (рис.1) и в контактной зоне с газобетонным основанием (рис. 6), микротрещин.

Причиной образования трещин в штукатурном растворе являются напряжения (δ) возникающие из-за его усадки и разницы деформаций газобетонной кладки и штукатурного покрытия ($\Delta\varepsilon$):

$$\delta = \frac{\Delta\varepsilon * E}{1 - \mu} \quad (1)$$

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

При эксплуатации, происходит деформация стеновой конструкции (рис.2). Деформация кладки происходит под воздействием постоянных и временных нагрузок, усадки кладочного раствора, карбонизации газобетона, увлажнения парообразной влагой мигрирующей из помещения и конденсирующейся внутри конструкции, температуры.

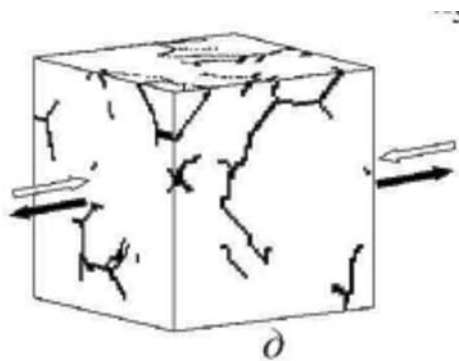


Рисунок 1 - Трещино-образование в штукатурном растворе

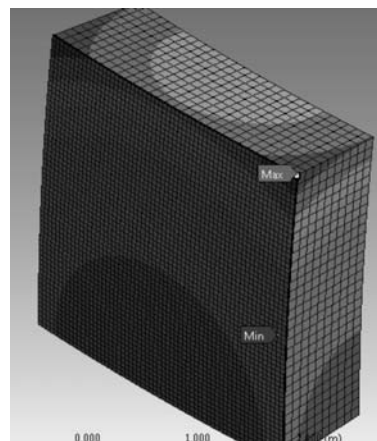


Рисунок 2 - Температурные деформации стеновой конструкции

Деформации штукатурного покрытия происходят из-за увлажнения атмосферной влагой, воздействия плюсовых и минусовых температур, деформации кладки (Рис.3).

$$\Delta L_p = \alpha \Delta T^p L; \Delta L_c = \alpha \Delta T^c L; \quad (2)$$

$$\Delta L_{ms} = (\alpha \Delta T L F_m) + (\Delta L_q L) \quad (3)$$

где: $\Delta L_p, \Delta L_c$ – деформации растяжения и сжатия; α – коэффициент температурного удлинения материала; ΔT – разность температур; L – длина стенового элемента; $\Delta L_{ТВ}$ - тепло-влажностные деформации; F_m – показатель материальных дефектов; ΔL_q – влажностные деформации.

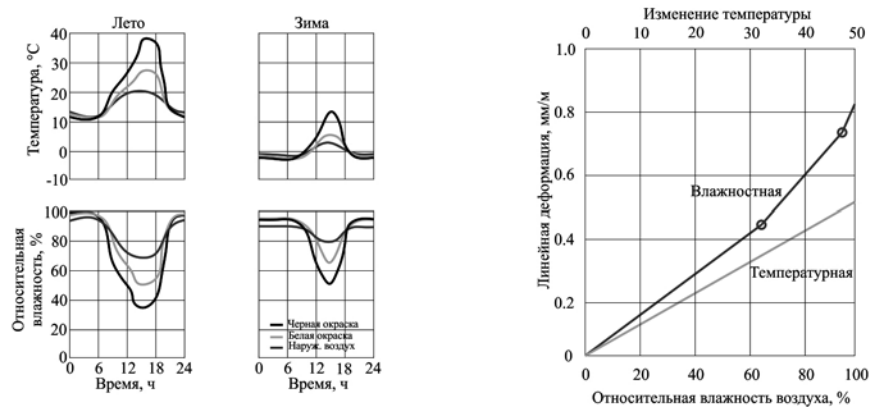


Рисунок 3 - Графики изменения температур и влажности штукатурного покрытия [2]

Из-за разности коэффициентов температурного расширения, модулей упругости газобетона и штукатурного покрытия, в контактной зоне между ними, возникают напряжения сдвига (рис.4):

$$\tau = [\Delta T_1 \alpha_1 - \Delta T_2 \alpha_2] / \left[\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right] \quad (4)$$

где: τ - напряжение сдвига от температурных деформаций, кгс/см²;
 $\Delta T_1, \Delta T_2$ - разность температуры штукатурного покрытия и кладки, °С;
 α_1, α_2 - коэффициент термического расширения кладки и штукатурного покрытия;
 E_1, E_2 - модули упругости кладки и штукатурного покрытия, кгс/см²;

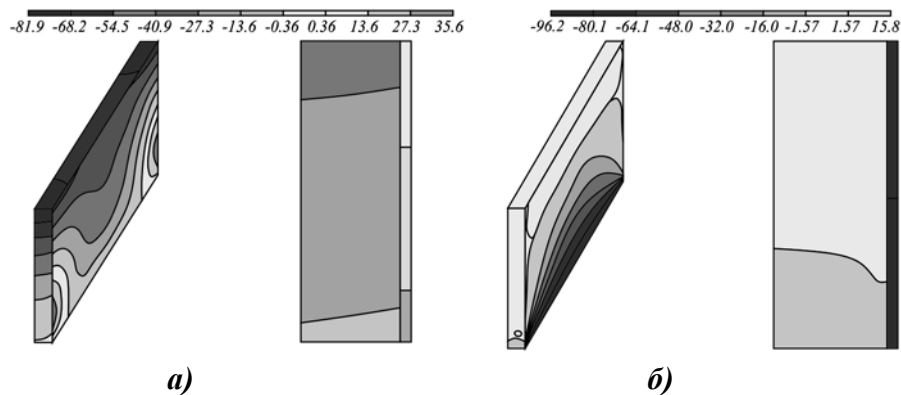


Рисунок 4 - Температурные деформации (а) и напряжения (б) в контактной зоне «газобетонная кладка-штукатурное покрытие»

Они являются причиной страгивания трещины, а вместе с температурно-влажностными деформациями, и основной причиной развития магистральной трещины в контактной зоне между штукатуркой и кладкой со скоростью (dl/dN) (Рис.6):

$$dl/dN = A(\Delta K)^n \quad (5)$$

где: A и n - эмпирические коэффициенты, $n = 2 - 7$, с увеличением хрупкости материала n увеличивается; $\Delta K = K_{\max} - K_{\min}$ - перепад коэффициента интенсивности напряжений за один цикл, N — число циклов.

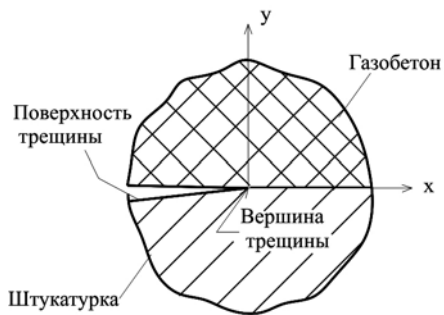


Рисунок 5 - Характер трещинообразования в контактной зоне «газобетонная кладка - штукатурное покрытие»

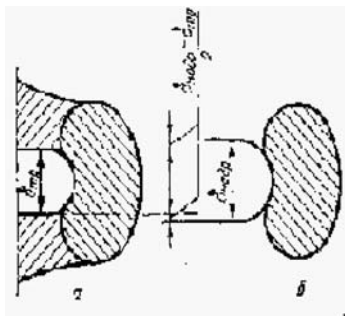


Рисунок 6 - Конфигурация зоны вершины магистральной трещины в штукатурном растворе (а) и контактной зоне «кладка-штукатурное покрытие» (б)

Разрушения ограждающей конструкции происходит в результате прорастания магистральной трещины в контактной зоне между штукатуркой и кладкой и семейства трещин в штукатурном покрытии. Для такой системы характерно усталостное разрушение, при относительно низком уровне напряжений и частой их цикличности. Особенностью является то, что магистральная трещина в контактной зоне развивается на границе двух разнородных материалов с отличительными свойствами - газобетонной кладке и штукатурке (рис.6). Трещины, в штукатурном растворе, развиваются в цементной матрице, в заполнителе и в контактной зоне между ними, а также в контактной зоне «кладка-штукатурное покрытие».

Рост магистральной трещины в штукатурном растворе и контактной зоне, определяется состоянием и процессами - у ее вершины. Основной причиной ее развития является изменение деформации и напряжения в вершине трещины, возникающие при увлажнении и высушивании, нагревании и охлаждении стеновой конструкции. При нагревании или увлажнении, или при их совместном воздействии, происходит рост деформаций «газобетонная «кладка-штукатурное покрытие», что приводит к увеличению радиуса кривизны вершины трещины. Пока уровень меньше предельного значения адгезионной или когезионной прочности, трещина не растет. Если в ходе дальнейшего роста внешней нагрузки деформации и напряжения в устье трещины превзойдут предельный уровень, произойдет ее подрастание.

На обратном ходе цикла нагружения (снижении температуры или влажности), происходит частичное восстановление геометрии вершины трещины и размера пластической зоны, однако в дальнейшем трещина увеличивает свою длину. Это приводит к разрушению в штукатурке и контактной зоне, отслоению штукатурного покрытия от кладки по преимущественно адгезионному типу. Необходимым и достаточным условием полного разрушения контактной зоны и отслоения штукатурки от кладки, является образование одной или нескольких магистральных трещин.

Процесс разрушения интенсифицируется из-за наличия трещин в штукатурном растворе, через которые в контактную зону проникает влага, агрессивные жидкости. Дополнительное разрушение несет попеременное замораживание и оттаивание. Следовательно, для повышения долговечности ограждающей конструкции необходимо предотвратить протекание вышеуказанных деструктивных процессов, обеспечить совместность работы газобетонной кладки и штукатурного покрытия, повысить трещиностойкость штукатурного покрытия.

Повысить трещиностойкость штукатурного покрытия можно, исходя из формулы 1, путем подбора состава штукатурного покрытия со свойствами как можно более близкими к свойствам газобетонной кладки. Этого можно добиться, целенаправленно модифицируя растворную смесь, создав условия для формирования бездефектной контактной зоны и штукатурного покрытия.

Нами исследовалась трещиностойкость контрольных (состав 1, 2) и модифицированных штукатурных смесей (состав 3). Состав №1: перлитовая штукатурка на цементно-известковом вяжущем. Состав №2: известково-цементно-песчаный раствор (так называемый «сложный раствор») и Состав №3 (таблица 1): модифицированную штукатурку на керамзито-газобетонном заполнителе с расходом материалов, с прочностью 30-130 кг/см² (рис.8).

Таблица 1 - Расход материалов для получения модифицированного штукатурного раствора

Расход материалов на 1 м ³ раствора					
Уровень варьирования	вяжущего, кг/м ³	заполнителя и наполнителя, м ³ /м ³	фибры, кг/м ³	РПП, Winnapas 5043 Н, %	Tylose MBZ 15009, %
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	500	1,05/1	1,2	5	0,5
0	400	1,05/1	0,9	3	0,3
-1	300	1,05/1	0,6	1	0,1

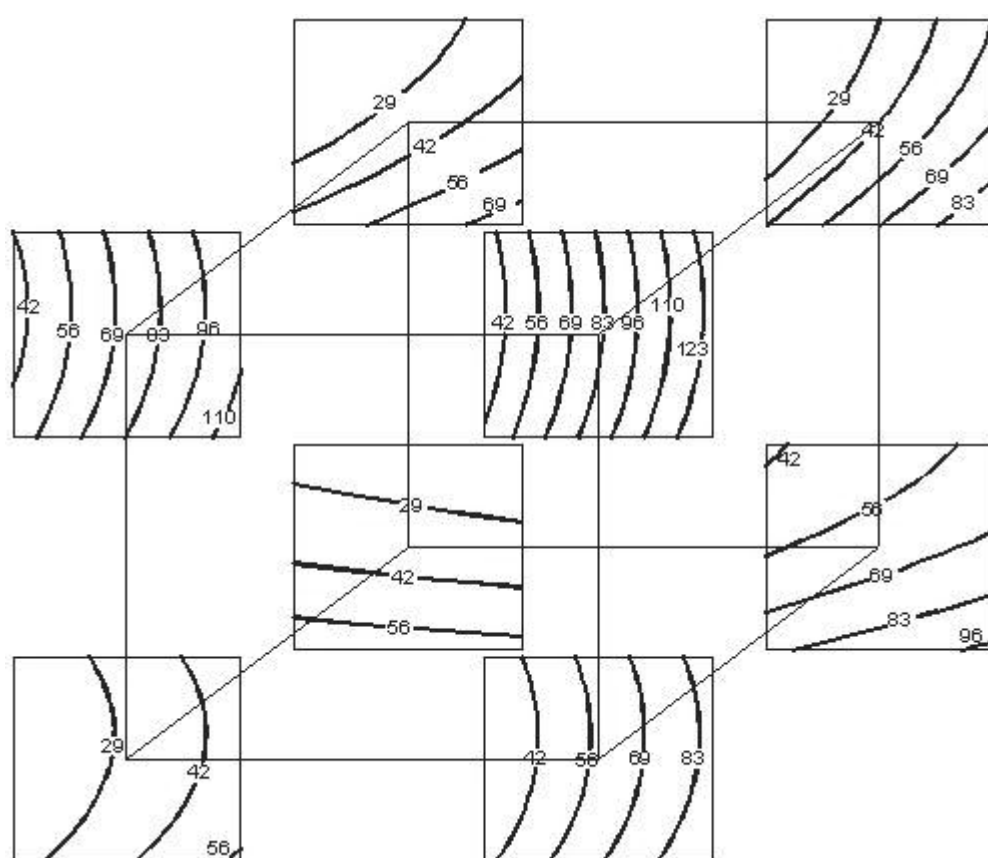


Рисунок 7 - Прочность при сжатии штукатурного раствора

Для определения трещиностойкости раствора, моделировали растягивающие напряжения, характерные при работе раствора в ограждающей конструкции. Для этого изготавливали кольца с внутренним диаметром 76 мм, наружным диаметром 123 мм и высотой 57 мм. Растягивающие усилия создавали при помощи конусов, деформации фиксировали индикатором часового типа (рис.8). Фиксировали величину деформации штукатурного раствора при которых образовалась трещина в нем.

Наименее трещиностойким является состав №2 (известково-цементно-песчаный раствор), трещинообразование произошло деформации 0,16-0,18мм. У состава №1 (перлитовая штукатурка на цементно-известковом вяжущем) трещинообразование произошло при деформации 0,2-0,22 мм. Модифицированный штукатурный раствор показал высокую трещиностойкость, трещинообразование произошло при деформации 0,52-0,62 мм.



Рисунок 8 - Определение трещиностойкости штукатурного раствора

Для повышения эластичности штукатурного раствора в состав №3, взамен части заполнителя и наполнителя, вводили полимерные гранулы в количестве 5-15% от объема заполнителя. Получена штукатурная смесь со средней плотностью 770-840 кг/м³, прочностью при сжатии 10-16 кг/см², прочностью при изгибе 8-11кг/см². Раствор обладает высокой трещиностойкостью (отношение прочности при изгибе, к прочности при сжатии) - 0,7-0,8. Такой раствор целесообразно использовать для оштукатуривания газобетона со средней плотностью 300-400 кг/м³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянов А.А. Повреждения наружных панелей жилых полносборных зданий при температурных деформациях по данным натурных исследований. // Анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций/. Выпуск 2, Под ред. А.А.Шишкина. Издательство литературы по строительству, -М.: 1964. – С.153-177
2. Силаенков Е.С., Зарин Р.А., Рудин П.В. Опыт эксплуатации газобетонных конструкций //Анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций/, Выпуск 2, Под ред. А.А.Шишкина. Издательство литературы по строительству, - М.: 1964. -С.137-153
3. В. Г. Гагарин Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем. // «АВОК» №6, 2007.-С.34-36
4. А.С. Коломацкий, Г.И. Гринфельд, Л.Х. Загороднюк, С.А. Коломацкая), А.С. Гошков, (А.А. Вишневский Руководство по наружной отделке стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона России, Белгород, 2010. 47с.
5. Я. Паплавскис, А.Фрош, Требования к штукатурным составам для наружной отделки стен из ячеистых бетонов. Проблемы эксплуатационной надежности наружных стен на основе автоклавных газобетонных блоков и возможности их защиты от увлажнения. Штукатурные составы для наружной отделки стен из газобетона: материалы семинара; под редакцией Н.И.Ватина, - СПб.: Изд-во. Политехнического ун-та, 2010, С.10-15
6. Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. М., 1992 г. 84с.
7. Грановский А.В., К вопросу о повышении надежности наружных стен высотных зданий из ячеистобетонных блоков, «Технологии строительства» №7(62), 2008, С. 18-22

8. Теоретические предпосылки повышения долговечности наружных стен из автоклавного газобетона / Парута В.А., Брынзин Е.В., Гайденко Ю.А., Демешко Е.И. // «Строительные материалы, изделия и санитарная техника». – 2011. – №40. – С. 136-140
9. СТО 501-52-01-2007 ч.1 «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации», Москва 2009г. 68с.
10. EN 998-1:2003 “Specification for mortar for masonry. Part 1: Rendering and plastering mortar”. 32с.
11. Гранау Э. Предупреждение дефектов в строительных конструкциях. Москва. Стройиздат. 1980. - с.234
12. Г.В. Марчюкайтис, И.Я. Гнип Влияние состава штукатурного раствора на его деформативные свойства // Строительные материалы, 2003, № 9. С.29-23
13. Технические решения стен многоэтажных зданий из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения. Альбом-пособие для проектирования и производства работ, НИИСП, Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины», Парута В.А. и др., Украины. Киев, 2011, 189с.
14. Пособие по проектированию малоэтажных зданий из автоклавного бетона с альбомом техничных решений, «УкрНДИПротивильсильбуд», Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины», Парута В.А. и др., Украина, Киев, 2011, 163с.
15. M. Homann. Richtig Bauen mit Porenbeton. Stuttgart, 2003. 268с.
16. Helmut Künzel „Außenputz. Untersuchungen, Erfahrungen, Überlegungen-„, Fraunhofer IRB Verlag, 2003; С.23-27
17. Сажнева Н.Н., Сажнев Н.П., Урецкая Е.А. Защитные системы для отделки ячеистого бетона пониженной плотности // Строительные материалы. 2009. №1. С. 17-19.