

УДК 691.002

## Проектирование декоративно-защитных систем зданий из автоклавного газобетона с учетом параметров комфортности, экологичности, экономичности и долговечности

ПАРУТА В.А. <sup>1\*</sup>, к.т.н., доц.  
БРЫНЗИН Е.В. <sup>2\*</sup>, к.т.н.

<sup>1\*</sup>Кафедра ПАТСМ, Одесская государственная академия строительства и архитектуры (ОГАСА), Украина, 65029 г. Одесса ул. Дидрихсона 4, тел. 0487238434, e-mail: [docent2155@gmail.com](mailto:docent2155@gmail.com), orcid.org/0000-0003-0326-8021

<sup>2\*</sup>ООО ЮДК, Украина, 49051 г. Днепропетровск, ул. Комиссара Крылова, 7Д, [www.udkgazbeton.com](http://www.udkgazbeton.com), [Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com](mailto:Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com)

### Аннотация.

**Цель:** Наружные стены, из автоклавного газобетона, должны обеспечить требуемые параметры микроклимата помещений при сохранении и содержании в состоянии, пригодном для эксплуатации, стен зданий с наименьшими экономическими затратами на обслуживание и ремонт. Целью работы является выявление разрушающих факторов воздействующих на автоклавный газобетон, механизм их воздействия и обоснование необходимости проектирования и устройства декоративно-защитных систем для стен таких зданий.

**Методика:** экспертный анализ влияния разрушающих факторов на долговечность автоклавного газобетона с использованием физико-химии, химии, механики разрушения, строительной физики и др. Расчет теплотехнических параметров стеновой конструкции при помощи математического аппарата.

**Результаты:** на основе понимания процессов разрушения стеновой конструкции, обоснована необходимость применения декоративно-защитных систем для стен зданий выполненных из автоклавного газобетона с учетом параметров комфортности, экологичности, экономичности и долговечности.

**Научная новизна:** Рассмотрен механизм разрушения стеновой конструкции выполненной из автоклавного газобетона под воздействием разрушающих факторов (увлажнения и высушивания, замерзания и оттаивания влаги находящейся в материале, осмотических явлений, коррозионных процессов и др.).

**Практическая значимость:** На основании анализа работы стеновой конструкции выполненной из автоклавного газобетона, обоснованы рекомендации строителям и проектировщикам о необходимости устройства декоративно-защитных систем для стен таких зданий.

**Ключевые слова:** стены зданий, автоклавный газобетон, защитные системы зданий.

ПАРУТА В.А. <sup>1\*</sup>, к.т.н., доц.  
БРЫНЗИН Е.В. <sup>2\*</sup>, к.т.н.

<sup>1\*</sup>Кафедра Будівельні матеріали, Одеська державна академія будівництва і архітектури (ОДАБА), Україна, 65029 м. Одеса вул. Дидрихсона 4, тел. 0487238434, e-mail: [docent2155@gmail.com](mailto:docent2155@gmail.com), orcid.org/0000-0003-0326-8021

<sup>2\*</sup>ТОВ ЮДК, Україна, 49051 м. Дніпропетровськ, вул. Комісара Крилова, 7Д, [www.udkgazbeton.com](http://www.udkgazbeton.com), [Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com](mailto:Yevgen.Brynzin@udkgazbeton.com)

### Анотація.

**Мета:** Зовнішні стіни, з автоклавного газобетону, повинні забезпечити необхідні параметри мікроклімату приміщень при збереженні та утриманні в стані, придатному для експлуатації, стін будівель з найменшими економічними витратами на обслуговування і ремонт. Метою роботи є виявлення руйнуючих факторів які впливають на автоклавний газобетон, механізм їх впливу та обґрунтування необхідності проектування і пристрою декоративно-захисних систем для стін таких будівель.

**Методика:** експертний аналіз впливу руйнуючих факторів на довговічність автоклавного газобетону з використанням фізико-хімії, хімії, механіки руйнування, будівельної фізики та ін. Розрахунок теплотехнічних параметрів стінової конструкції за допомогою математичного апарату.

**Результати:** на основі розуміння процесів руйнування стінової конструкції, обґрунтовано необхідність застосування декоративно-захисних систем для стін будівель виконаних з автоклавного газобетону з урахуванням параметрів комфортності, екологічності, економічності і довговічності.

**Наукова новизна:** Розглянуто механізм руйнування стінової конструкції виконаної з автоклавного газобетону під впливом руйнівних чинників (зволоження і висушування, замерзання і відтаювання вологи яка знаходиться в матеріалі, осмотичних явищ, корозійних процесів та ін.).

**Практична значимість:** На підставі аналізу роботи стінової конструкції виконаної з автоклавного газобетону, обґрунтовані рекомендації будівельникам і проектувальникам про необхідність застосування декоративно-захисних систем для стін таких будівель.

Ключові слова: стіни будівель, автоклавний газобетон, захисні системи будівель.

PARUTA V.A., PhD 1\*  
BRYNZIN I.V., PhD 2\*

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](mailto:docent2155@gmail.com), orcid.org/0000-0003-0326-8021

## Annotation.

**Purpose:** The external walls, made of autoclaved aerated concrete, should provide the required parameters of the microclimate of the premises while maintaining and maintaining the walls of buildings with the lowest economic costs for maintenance and repair in a condition suitable for operation. The purpose of the work is to identify the destructive factors affecting autoclaved aerated concrete, the mechanism of their impact and the rationale for the design and installation of decorative protective systems for the walls of such buildings.

**Technique:** expert analysis of the influence of destructive factors on the durability of autoclaved aerated concrete with the use of physical chemistry, chemistry, fracture mechanics, building physics, etc. Calculation of thermo-technical parameters of the wall structure using a mathematical apparatus.

**Results:** on the basis of understanding the processes of destruction of the wall structure, the necessity of applying decorative protective systems for the walls of buildings made of autoclaved aerated concrete, taking into account the parameters of comfort, environmental friendliness, economy and durability is substantiated.

**Scientific novelty:** The mechanism of destruction of a wall structure made of autoclaved aerated concrete under the influence of destructive factors (humidification and drying, freezing and thawing of moisture in the material, osmotic phenomena, corrosion processes, etc.) is considered.

**Practical significance:** Based on the analysis of the wall structure made of autoclaved aerated concrete, recommendations to builders and designers on the need for the installation of decorative protective systems for the walls of such buildings are justified.

**Keywords:** walls of buildings, autoclaved aerated concrete, protective systems of buildings.

Наружные стены, из автоклавного газобетона, должны обеспечить требуемые параметры микроклимата помещений (температуру, воздухопроницаемость, влажность) в течение установленного срока службы, с наименьшими затратами на эксплуатацию и ремонт. В свою очередь, высокие долговечность стеновой конструкции и теплозащитные свойства предопределяет низкий уровень затрат при эксплуатации зданий и сооружений [1]. Поэтому здания и сооружения выполненные из автоклавного газобетона требуют решения задачи по их сохранению и содержанию в состоянии, пригодном для эксплуатации, с наименьшими экономическими затратами на обслуживание и ремонт.

Несмотря, на имеющийся опыт строительства зданий из автоклавных ячеистых бетонов, недостаточными остаются данные о долговечности наружных стен из этих материалов и методах их защиты от атмосферных воздействий. Наружные стены, выполненные из блоков ячеистого бетона, с расшивкой растворного или клеевого шва, допускается эксплуатировать без наружной отделки [2, 3]. Но это не совсем правильно, по нескольким причинам. Имеющийся отечественный и зарубежный опыт эксплуатации зданий с наружными стенами из ячеистых бетонов в большей степени относится к изделиям на цементном вяжущем и со средней плотностью 700 - 1000 кг/м<sup>3</sup> [4]. Опыт эксплуатации таких зданий, не превышает 50-60 лет, что не дает ясного ответа на вопросы о долговечности этого материала в составе наружных стен. Практически нет данных по длительной эксплуатации в наружных стенах ячеистых бетонов пониженных плотностей (300 - 500 кг/м<sup>3</sup>). Известно, что эксплуатация таких стен в

незащищенном варианте привела в ряде случаев к их разрушению [4,5].

Поэтому стены из автоклавного газобетона необходимо защищать от атмосферных воздействий [3, 6]. В процессе эксплуатации, стены находятся под воздействием разрушающих факторов внешней среды (температуры, влажности, замораживание и оттаивание, карбонизации, воздействие агрессивных газов и жидкостей). Эти факторы воздействуют комплексно: низкая температура и ветер, высокая температура и солнечная радиация, атмосферные осадки и ветер, влага и агрессивные газы, усиливая разрушающий эффект.

При дожде или адсорбционном увлажнении происходит увеличение влажности в поверхностных слоях и объеме стеновой конструкции (рис.1) [3].

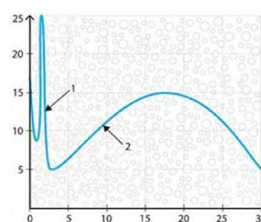


Рис.1. Влажность стеновой конструкции без декоративно-защитного покрытия

Повышенное содержание влаги в материале приводит к существенному ухудшению его физико-механических и теплофизических характеристик. Это приводит к увеличению его коэффициента теплопроводности ( $\lambda_2$ ) и теплопотерь, снижая теплоизоляционную эффективность стеновой конструкции (Рис.2):

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot e^{4(u_2 - u_1)}$$

где:  $\lambda_1, \lambda_2$  – теплопроводность при влажности 1 и 2, Вт/(м<sup>0</sup>С);  $u_1, u_2$  – относительная весовая влажность 1 и 2, %;  $f_u$  – эмпирический коэффициент, кг/кг.

Графическое изображение зависимости теплопроводности от весовой влажности для бетонов плотностью 350 и 400 кг/м<sup>3</sup> представлено на графике (рис.2).

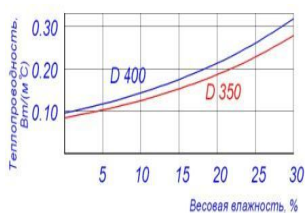


Рис. 2. Влияние влажности газобетона на его теплопроводность

В действительности, зависимость теплопроводности от влажности носит нелинейный характер, но общую тенденцию это график передает.

Еще одной из главных причин разрушения ячеистого бетона, в процессе эксплуатации, является действие капиллярной влаги. Она действует в качестве агрессивной среды, растворяя минералы материала или как поверхностно-активное вещество, способствующее процессу разрушения. Разрушения ячеистого бетона происходит также под действием капиллярной усадки. Изменяющаяся влажность воздуха вызывает многократное повторение влажностных деформаций в течение суток, обусловленные сорбцией-десорбцией влаги. Попадая в микротрещины влага, в силу дипольной ориентации молекул в адсорбированном слое, имея упругость, близкую к упругости материала, оказывает расклинивающее воздействие по мере сужения микротрещин, что приводит к разрушению материала. При увлажнении и высушивании в материале возникают неравномерные в объеме деформации набухания-усадки, что приводит к развитию внутренних напряжений. Эти напряжения вызывают необратимые изменения в структуре поверхностного слоя, приводя к появлению и развитию трещин и уменьшая прочность и долговечность газобетона.

Разрушения увеличиваются под воздействием агрессивных жидкостей, образовавшихся при взаимодействии атмосферной влаги с газами, (сероводород, диоксид углерода, аммиак и др.), т.е. происходит коррозионное разрушение материала. Так диоксид серы под воздействием кислорода окисляется в триоксид серы, образуя с водой серную кислоту, активно разрушающую незащищенный автоклавный газобетон.

К нему добавляется еще и осмотический тип разрушения. Находящаяся в материале вода образует растворы различной концентрации, а процессы, связанные с выравниванием концентрации, вызывают осмотические давления на стенки пор. Все это приводит со временем к необратимым структурным изменениям цементирующих веществ и, как следствие, к изменению эксплуатационных свойств газобетона.

Структура автоклавного газобетона, со средней плотностью 300-500 кг/м<sup>3</sup>, имеет большой объем «резервной» пористости, обуславливая достаточную морозостойкость материала. Однако при влагонакоплении выше сорбционного, в порах материала образуются водные мениски, и происходит частичное или полное заполнение пор водой. При минусовых температурах происходит превращение этой влаги в лед, с 9% увеличением объема, что приводит к давлению льда и еще не замерзшей воды. Этот механизм имеет многократное повторное воздействие и также приводит к снижению прочности материала.

Из факторов внешней среды, вызывающих изменение свойств силикатных автоклавных материалов, наиболее сильно действующим является карбонизация, степень влияния которой, на напряженно-деформированное состояние материала на порядок выше других. Карбонизация автоклавного газобетона атмосферной углекислотой, протекает во много раз быстрее, чем в плотных бетонах на цементной основе, из-за его высокой пористости и доступности структурообразующих фаз, в виде гидросиликатов кальция, для углекислого газа. Наибольшее влияние на скорость карбонизации газобетона оказывает его влажность, так как разложение гидросиликатов кальция и рост кристаллов карбонатов кальция, происходят только через водный раствор, тогда как материал в высушенном состоянии практически не подвержен карбонизации (рис.3) [7].

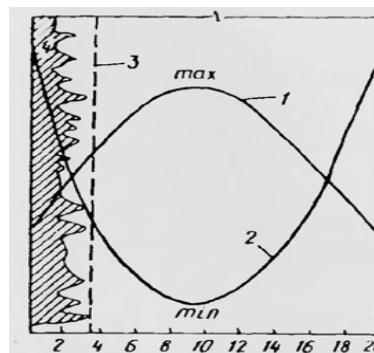


Рис. 3 Характер распределения влажности и степень карбонизации газобетона по сечению стены после 2-3 лет эксплуатации

Это приводит к значительной карбонизационной усадке материала, превышающей влажностные и температурные, вместе взятые. Основными причинами ее, является уменьшение объема геля кремнекислоты, выделившегося из гидросиликатов в результате их взаимодействия с углекислотой. Углекислый газ проникает в бетон и адсорбируется на стенках капилляров, покрытых пленкой воды, растворяется образуя угольную кислоту, которая диссоциирует с образованием карбонат- и бикарбонат- ионов. Под ее воздействием происходит связывание свободного гидроксида кальция в карбонаты, образование гидрокарбосиликатов и гидрокарбонатов, гидролиз новообразований с образованием более низкоосновных гидросиликатов. Дальнейший синтез

новообразований идет за счет связывания аморфного кремнезема с гидроксидом кальция, образование гидросиликатов с повышенным содержанием гидратно связанной воды. В результате происходит перекристаллизация низкоосновных гидросиликатов кальция в карбонаты кальция при выделении кремнекислоты с потерей объема носителя прочности - кристаллической фазы [8].

К снижению прочности стеновой конструкции ведет не только влажностная и карбонизационная усадка, но и их градиент по толщине стены, обуславливая прогиб конструкции и дополнительные напряжения растяжения. Это приводит к трещинообразованию в кладке, снижению ее несущей способности и долговечности.

Для предотвращения деструктивных процессов необходима защита стен от воздействия внешней среды при одновременном придании архитектурной выразительности зданию. Действующие рекомендации, по защите ячеистого бетона несколько противоречивы, поэтому необходим анализ применяемых декоративно-защитных покрытий.

#### **Материалы для наружного декоративно-защитного покрытия стен выполненных из автоклавного газобетона**

Наружные стены из автоклавного газобетона должны обладать высокими теплотехническими показателями и долговечностью. Эксплуатация таких стен без наружного декоративно-защитного покрытия не целесообразна, так как приводит к снижению тепловой эффективности и долговечности ограждающей конструкции. Эксплуатационную надежность и долговечность таких стен обеспечивает правильный выбор декоративно-защитного покрытия, организация его эксплуатации с учетом природно-климатических условий района и параметров микроклимата внутри здания.

В связи с высокой пористостью, паропроницаемостью и водопоглощением газобетона, при назначении декоративно-защитных покрытий следует учитывать их сопротивление паропроницанию, водонепроницаемость, морозостойкость, адгезию к основанию и другие параметры. Также необходимо учитывать, что срок эксплуатации таких зданий составляет не менее 125—150 лет. Поэтому особое внимание следует уделять условиям работы декоративно-защитного покрытия в стеновой конструкции.

Наружное декоративно-защитное покрытие назначается:

- для предотвращения увлажнения кладки атмосферными осадками и сохранения ее теплотехнических параметров;
- для придания поверхности кладки декоративных (цветовых, фактурных) свойств;
- для повышения сопротивления

воздухопроницанию кладки, выполненной без расшивки швов или без заполнения вертикальных швов при кладке стен из блоков с пазом и гребнем;

- для повышения долговечности кладки.

Для стен из автоклавного газобетона используют различные декоративно-защитные системы: облицовку кирпичом с вентилируемым зазором и без него, с дополнительным утеплением и без него. Облицовку керамической плиткой и плиткой из горных пород, навесной вентилируемый фасад, система «скрепленной теплоизоляции» и др. (рис. 4).

Каждый тип конструкций обладает своими достоинствами и недостатками с точки зрения технологии устройства, долговечности и теплозащиты. Необходимо отметить, что технология их устройства недостаточно отработана, а долговечность изучена мало. Это связано с применением новых материалов и конструктивных решений, условий проектирования и строительства, малыми объемами научных исследований таких систем, нарушением систем нормирования, сертификации и контроля качества работ.

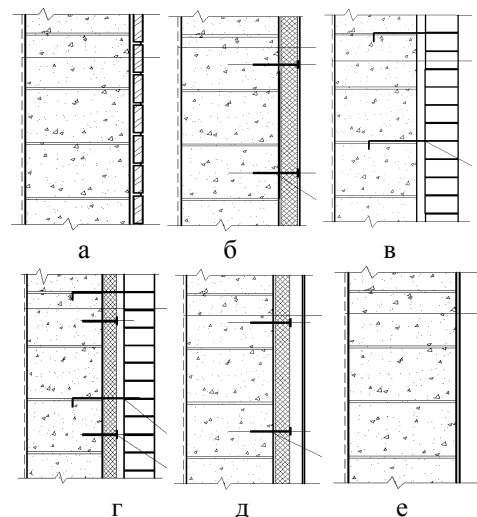


Рис.4 Материалы для декоративно-защитной отделки стен из автоклавного газобетона

- а) облицована плиткой керамической;
- б) система «скрепленной теплоизоляции»;
- в) облицована кирпичом с вентилируемым воздушным зазором;
- г) облицованная кирпичом с дополнительной теплоизоляцией;
- д) с «навесным вентилируемым фасадом»;
- е) однослойная стена отделанная штукатуркой;

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Паруга В.А., Брынзин Е.В., Шаповалова А.В., Пастушенко Ю.В. Оптимизация работы системы «кладка-покрытие» / В.А., Паруга, Е.В.Брынзин, А.В.Шаповалова, Ю.В. Пастушенко // Вістник ОАБА, №35. Одеса «Місто майстрів» – 2009 – С. 265-272.

2. Руководство по наружной отделке стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения/ А.С. Коломацкий, Г.И. Гринфельд, Л.Х. Загороднюк, С.А. Коломацкая и др. Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона России. – Белгород, 2010. –36 с.
3. Гринфельд Г. И. Инженерные решения обеспечения энергоэффективности зданий. Отделка кладки из автоклавного газобетона / Г.И. Гринфельд. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 130 с.
4. Силаенков Е.С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов / Силаенков Е.С. –М.: Стройиздат, 1986. – 176 с.
5. Кузнецов Д. В. Методы защиты наружных стен зданий на основе автоклавных газобетонных блоков: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 Строительные материалы и изделия / Кузнецов Дмитрий Валерьевич. – Уфа, 2006. –153 с.
6. Эвинг П.В. Экономическая эффективность применения и перспективы развития производства изделий из ячеистых бетонов/ П.В. Эвинг // Производство и применение силикатных бетонов: сб. научн. тр. НИПСиликатобетон – № 15, – Таллинн, 1976. –С.162-178.
- 7.Гранау Э. Предупреждение дефектов в строительных конструкциях / Э. Гранау – М.: Стройиздат, 1980. – 217 с.
8. Будников П.П. Воздухостойкость вяжущих материалов на основе извести и минеральных добавок / П.П. Будников, Н.В. Ивахно // Строительные материалы. – 1961. – № 5. – С. 10—12.