

УДК 691.327.33: 666.973.6(082)

*Сердюк В.Р. доктор технических наук, профессор,  
Винницкий национальный технический  
университет, г. Винница*

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОКЛАВНЫХ ГАЗОБЕТОНОВ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ

**Введение.** Натуральным строительным материалам и по сегодня отводится очень важная роль в устройстве интерьера современного здания с точки зрения его оформления в определенном стиле. При оформлении дизайна интерьера может быть использовано много стилей, но условно можно выделить три основные группы: исторические, этнические и современные. Эти стили отражают философию прошлого и настоящего времени в его стремлении максимально облегчить быт и подчеркнуть индивидуальность определенной исторической эпохи, отдельно взятой нации или современных тенденций развития строительства. Поскольку основной девиз современных стилей - функциональность, простота и легкость в применении и использовании то, по-прежнему натуральные материалы остаются, востребованы.

На сегодняшний день рынок насыщен синтетическими полимерными материалами (рулонными или листовыми вспененными материалами на основе полиуретана, полиэтилена, меламин, синтетического каучука и т. п.) вследствие их низкой стоимости и широкого ассортимента. Помимо декоративных свойств отделочных материалов очень важная роль отводится прогнозированной оценке поведения материала при повышенных температурах при пожарах, через выделение различных вредных веществ, и в процессе их длительной эксплуатации.

Натуральный или искусственный камень, дерево, кирпич, различный природный камень находят широкое применение во внутренней отделке помещений независимо от стиля оформления их интерьера. В большинстве случаев плоские твердые поверхности фактически ведут себя как акустические зеркала; кирпичная, бетонная или облицованная гранитом стена отражает 95-99 % «ударяющегося» об нее звука. Отраженная звуковая волна не претерпевает заметного или хотя бы легко измеримого снижения уровня.

С акустической точки зрения звукопоглотители могут быть разделены на следующие группы: пористые (в т.ч. волокнистые); пористые с перфорированными экранами; резонансные; слоистые конструкции; штучные или объемные. Пористые звукопоглотители изготавливают в виде плит, которые крепятся к ограждающим поверхностям непосредственно или на отnose, из легких и пористых минеральных штучных материалов.

Коэффициент поглощения 1,0 означает, что поглощено 100% звука. Коэффициент поглощения 0,1 - поглощено 10% звука и 90% отражается обратно в комнату. Наиболее часто используемые материалы — тяжелый ковер на войлоке и сухая штукатурка - имеют следующие коэффициенты поглощения (табл. 1).

**Таблица 1** - Коэффициенты поглощения звука при разных частотах

	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц
Ковер	0,08	0,24	0,57	0,69	0,71	0,73
Штукатурка	0,29	0,1	0,05	0,04	0,07	0,09

Ковер почти не поглощает энергию низких частот, но поглощает при этом значительный процент высокочастотной энергии - почти 75% на частоте 4 кГц. Штукатурка, напротив, поглощает часть энергии басов (29% на частоте 125 Гц) и почти полностью отражает звук на средних и высоких частотах. Выбор декоративного звукопоглощающего материала должен обязательно учитывать частотный спектр звука.

**Полифункциональные свойства автоклавного газобетона.** Проблема звукоизоляции помещений с каждым годом становится все более актуальной, что связано, прежде всего, с ростом числа источников шума. На любом рабочем месте или в жилом доме источников шума может найтись большое количество - это и скрип дверей, работающие бытовые приборы, звуки, идущие с улицы, и шум, доносящийся из соседних зданий и помещений. Все это вместе образует бытовой шум, который состоит из целого звукового спектра в диапазоне частот от 16 до 20000 Гц, что воспринимается человеческим ухом.

На украинском рынке производства и использования строительных материалов сложилась такая ситуация, что звукоизоляционные строительные материалы практически отождествляются с теплоизоляционными. Элементарные логические рассуждения свидетельствуют о том, что звукоизоляционные материалы используются исключительно внутри помещений и они должны быть экологически чистыми, а теплоизоляция преимущественно устраивается на наружной поверхности стен. В [1] к основным операторам рынка тепло- и звукоизоляционных материалов и изделий отнесены иностранные импортеры: «Rockwool» (Польша), «Isover» (Финляндия, Польша, Чехия), «Paros» («Финляндия»), Pflaederer (ТМ Ursa; Польша, Россия), Knauf Insulation (Россия) и ряд украинских производителей.

Нормативная база, строительные нормы и правила устанавливают требования к ограждающим конструкциям в части использования теплоизоляционных материалов для тепловой защиты зданий, потребления энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период, обеспечения санитарно-гигиенических и оптимальных параметров микроклимата помещений, долговечности ограждающих конструкций зданий. Требования к тепловой защите зданий и сооружений, а также по потреблению энергии на отопление и вентиляцию, являются важным объектом государственного регулирования, как в Украине, так и в большинстве стран мира.

Звукоизоляционные материалы и соответствующая нормативная база направлены на решение совершенно иных проблем, хотя исходные используемые материалы во многом совпадают.

Звукопоглощающие материалы изготавливают на основе либо натурального волокна (базальтовая вата, каменная вата, вспученный перлит, вспененное стекло, шамот), либо синтетической субстанции (пенополиэстр, пенополиуретан, пенополиэтилен, пенополипропилен и др.). Наиболее долговечна минеральная вата из горных пород (чаще всего базальтовая). Среди ее дополнительных преимуществ выделяют гидрофобность, огнестойкость, паропроницаемость и экологическую безопасность.

В ДСТУ Б В.2.7-183:2009 [2] в пункте 6.2.10 отмечено, что плотность звукопоглощающих изделий из ячеистых бетонов со сквозной пористостью, вспученного перлита, вермикулита, звукопоглощающих штукатурок и т.п. не должна превышать 450 кг/м<sup>3</sup>.

Несколько неоспоримых преимуществ автоклавного газобетона, не только как эффективного конструкционно-теплоизоляционного стенового материала, но и как материала характеризующегося высокой термостойкостью, отсутствием вредных испарений при нагревании и в процессе эксплуатации, высокими акустическими свойствами, низкой плотностью, теплопроводностью, теплоемкостью, тепло- и температуропроводностью подтверждают полифункциональность его свойств и большие перспективы использования и при внутренней отделке зданий различного назначения.

**Газобетон как звукопоглощающий материал.** Еще во времена существования СССР 15 предприятий страны производили плитку Силакпор (силикат акустический пористый). При

облицовке поверхности она выполняла двойную функцию: декоративную и звукопоглощающую. Ее изготовляли из легковесного газосиликата или газобетона средней плотностью 300...350 кг/м<sup>3</sup>. Формовались блоки высотой 500 мм, а после автоклавной обработки они поступали на конвейерную линию изготовления плит, где распиливались на плиты-заготовки и калибровались. Плиты имели размеры (мм): 450x450x45; 400x400x50; 380x380x45; 390x390x40; 400x400x40; 400x400x35. Оборудование для производства этих плит было разработано на «ВНИИтеплоизоляция» Минстройматериалов СССР г. Вильнюс.

Звукопоглощающие плиты «Силакпор» (ОСТ 21—22—76) были предназначены для внутреннего акустического и декоративного оформления потолков и стен общественных и промышленных зданий с относительной влажностью воздуха не выше 70 %. Плиты относились к группе негорючих материалов. Их выпускали неокрашенными и окрашенными. Фактура поверхности плит имела нескольких типов — «струна», «волна», «пирамида», «лунная поверхность», «Арктика», «амфитеатр» и т. д.

Коэффициент звукопоглощения Силакпора, измеренный в диффузном поле (в реверберационной камере при непосредственном размещении материала на жестком основании) в частотных полосах: 125...500; 500...2000 и 2000...8000 Гц составлял соответственно не ниже 0,2; 0,4 и 0,6. Под реверберацией понимают наличие постепенно затухающего в закрытом помещении звука вследствие повторных отражений после прекращения звучания.

Поскольку сама газобетонная плита могла стать источником пыли производилось импрегнирование — процедура нанесения покрытия на изделие, как натурального, так и искусственного происхождения, для придания ему жиро- и водоотталкивающих свойств. В этом случае на поверхность плит напылялся водный раствор жидкого стекла для закрепления и упрочнения поверхностного слоя газобетона. Импрегнирование (от латинского «impraegno» - насыщать, наполнять) — процесс широко распространен и сводится к пропитке тканей, древесины или бетона специальными растворами, эмульсиями для того, чтобы придать им специальные свойства, такие например как непромокаемость, износостойчивость, огнестойкость, противогнилостные свойства и т.д. Газобетон, который производился в СССР (табл. 2) имел очень низкий коэффициент конструктивного качества (ККК) [3].

**Таблица 2 - Производство изделий из автоклавных ячеистых бетонов**

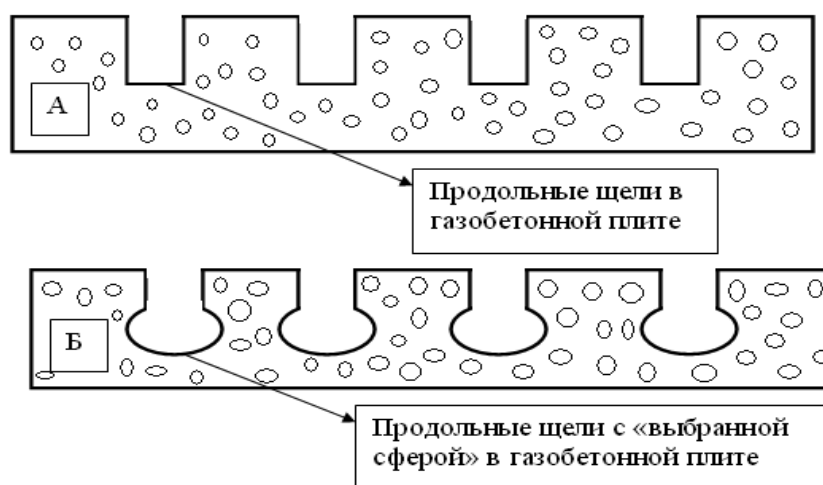
Министерство	Теплоизоляция		Стеновые камни и блоки		Армированные изделия	
	тыс. м <sup>3</sup>	Показатели	тыс. м <sup>3</sup>	Показатели	тыс. м <sup>3</sup>	Показатели
МПСМ СССР	962	391*/11	1691	656/52	710	655/53
Минстрой СССР	240	426/12	112	602/44	253	695/51
Минпромстрой СССР	76	421/11	5	1025/125	208	708/54
Минтяжстрой СССР	427	364/13	1	-/-	239	671/55
Минэнерго СССР	112	356/10	3	630/44	146	799/70
В целом по отрасли	1817	400/11	1812	668/51	1556	710/56

\* над чертой плотность, кг/м<sup>3</sup>; под чертой прочность кгс/см<sup>2</sup>

Как видно из табл. 2 плотность теплоизоляционного ячеистого бетона колебалась от 356 до 426 кг/м<sup>3</sup> при средней плотности по отрасли 400 кг/м<sup>3</sup> и прочности при сжатии — 11 кгс/см<sup>2</sup>, что приводило к большому количеству брака при производстве, транспортировке и в процессе использования изделий при их фиксации.

Силакпор, как продукция Минпромстройматериалов СССР, была отмечена даже Государственным знаком качества — своеобразное признание мирового уровня качества продукции. Технология его производства была запатентована сразу в нескольких развитых странах, но после нескольких лет поддержания патентов они были сняты, поскольку лицензии так и не были

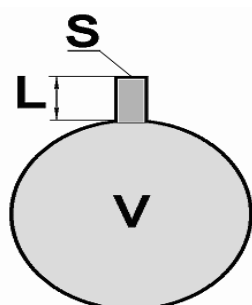
проданы. Через низкую прочность газобетона для снижения брака было предложено повысить плотность газобетона с 300 до 400 кг/м<sup>3</sup> (соответственно повысить прочность при сжатии и изгибе), а для компенсации потерь звукопоглощения через повышенную плотность предусматривалось устройство в конструкции плитки аналога резонатору Гельмгольца (рис. 1Б). Резонатор Гельмгольца это акустический прибор, представляющий собой сосуд сферической формы с открытой узкой горловиной. Изобретен Гельмгольцем для анализа акустических сигналов, была разработана специальная теория Г. Гельмгольцем и Дж. Рэлеем.



**Рисунок 1 - Принципиальная схема устройства плитки Силакпор в газобетоне с повышенным ККК:**

А – сечение традиционной плитки с рисунком «струна»;  
Б - сечение плитки с «выбранной сферой» в газобетонной плите.

На рис. 1А приведен сечение плитки Силакпор с текстурой «струна», когда на лицевой поверхности имеются нарезанные щели для лучшего поглощения звука и придания плитке архитектурной выразительности. Отверстия и выбранные полости в теле плитки играют роль горлышек резонаторов Гельмгольца, а пространство между плиткой и стенкой выполняет роль дополнительной полости, где происходит поглощение звука. Резонатор Гельмгольца является колебательной системой с одной степенью свободы, поэтому он обладает способностью отзываться на одну определенную частоту, соответствующую его собственной частоте. Характерной особенностью резонатора Гельмгольца является его способность совершать низкочастотные собственные колебания, длина волны которых значительно больше размеров самого резонатора. Это свойство резонатора Гельмгольца используется в архитектурной акустике при создании так называемых щелевых резонансных звукопоглотителей. Вид резонатора Гельмгольца и расчетная формула его частоты приведена на рис.2.



$$F = \frac{C_0}{2\pi} * \sqrt{\frac{S}{V * L}}$$

- F - частота, Гц;
- C<sub>0</sub> - скорость звука в воздухе (340 м/с);
- S - сечение отверстия, м<sup>2</sup>;
- L - длина отверстия, м;
- V - объем резонатора, м<sup>3</sup>

**Рисунок 2 - Модель резонатора Гельмгольца и расчетная формула частоты**

Поскольку амплитуда колебательной скорости в горле резонатора на частоте  $F$  велика, при наличии трения в нём возникает сильное поглощение звука этой частоты. Современная строительная практика подсказала необходимость укрепления плит Силакпор на некотором расстоянии от стены или потолка помещения.

**Перспектива расширения области использования газобетона.** После преодоления системного кризиса промышленность производства автоклавного газобетона стремительно наращивает объемы его производства. В связи с повышением ККК ячеистого бетона, который производится на современных заводах, работающих на импортном оборудовании [4-5] возникает возможность по-новому рассмотреть вопрос использования автоклавного газобетона для внутренней отделки зданий. ККК автоклавного газобетона определяется как отношение его прочности при сжатии к квадрату его плотности, что, по сути, есть коэффициентом материалоемкости материала, который отражает приведенную прочность при сжатии к его плотности. У газобетона автоклавного твердения плотностью  $300 \text{ кг/м}^3$  повышен класс с В 0,75 до В 2,0 (с 1,1 до 2,2 МПа) и газобетона плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$  с В 1,5 до В 2,5 (с 2,2 до 3,2 МПа).

Резонансная частота поглощения зависит от ширины и глубины вырезанных полос в плитке, глубины каркаса и эффективности звукопоглощения изоляционного материала.

Резонатор усиливает звук, это совершенно ясно, но идея увеличить поглощение в акустическом резонаторе с целью ослабления звука вблизи резонатора родила новое направление в теории и технике звукопоглощения - резонансное звукопоглощение. Ячеистый бетон автоклавного твердения хорошо пилится, строгаются, сверлится и имеет большие перспективы для разработки новых конструктивных решений изделий с полифункциональными свойствами.

Как известно, резонатор Гельмгольца работает в гитаре, скрипке. В церковной акустике известно с давних времен применение «голосников» - керамических кувшинов, вмурованных в стены для придания масштабности звучания хорам.

Резонаторы Гельмгольца с успехом применяют также в специальных глушителях, предназначенных для случаев, когда шум преимущественно сосредоточен на одной определенной частоте - для гашения мощных резонансов гудящих реактивных двигателей самолетов, шума в салоне самолета и автомобиля. Следует заметить, что человеческий череп, как и любая замкнутая полость с отверстием, в определенной мере является аналогом резонатора Гельмгольца. По некоторым данным, резонансной областью для черепа являются частоты 20-25 Гц. Как известно, облучение человека звуковыми колебаниями частотой 25 Гц в течение 30 минут при определенной интенсивности источника вызывает эпилептический припадок.

Таким образом, автоклавный газобетон с повышенным ККК необходимо рассматривать как перспективный строительный материал из которого могут быть изготовлены декоративные изделия с заранее прогнозируемыми звукопоглощающими свойствами.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Довідник по ринку матеріалів для внутрішнього облаштування та оздоблення приміщень. (за даними 2009 р.) За заг. ред. П.В. Захарченка. КНУБА. –К.: СПД Павленко, 2010. -204с.
2. ДСТУ Б В.2.7-183: 2009 Строительные материалы. Материалы и изделия строительные звукопоглощающие и звукоизоляционные. Классификация и общие технические требования.
3. Кузнецов Ю. Б. Производство изделий из автоклавных ячеистых бетонов. Бетон и железобетон. 1978. - №11 - 4с.
4. Сажнев Н. П. Производство ячеистобетонных изделий в Беларуси на современном этапе./ Сажнев Н. П., Беланович С. Б., Бухта Д.П. и др.// Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Наук-техн. збірн. – Вип. 40. - 2011. - С.147-160.
5. Рудченко Д.Г. О повышении коэффициента конструктивного качества газобетона автоклавного твердения./Д.Г. Рудченко // Строительные материалы и изделия. -2011.-№ 4.-С.11-14.