

DOI: 10.12737/article\_5a001aae2035d9.25914342

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,  
Коломацкий А.С., д-р техн. наук, проф.,  
Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.,  
Марушко М.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕЙСТЫХ БЕТОНОВ

[ludmilasuleimanova@yandex.ru](mailto:ludmilasuleimanova@yandex.ru)

Новые экономические условия в стране предопределяют новый подход к выбору эффективных материалов для индивидуального строительства. Одним из таких строительных материалов является ячеистый бетон, имеющий потенциально большой рынок сбыта и как показывает динамика, развитие его будет происходить за счет вытеснения более дорогих и с низкой теплоэффективностью кирпичных и бетонных построек.

Для повышения эффективности производства и применения ячеистых бетонов разработаны основные направления – создание специальных вяжущих, использование комплексных порообразователей, модификаторов структуры и особые технологические приемы, реализация которых позволила получить ячеистые бетоны неавтоклавного твердения D300...D500 с высокими эксплуатационными свойствами, сопоставимыми со свойствами автоклавных ячеистых бетонов.

**Ключевые слова:** ячеистые бетоны, эффективность производства и применения, свойства, строительные материалы, строительство.

Традиционными строительными материалами для возведения несущих и самонесущих стен и перегородок жилых и общественных зданий стали кирпич, бетон и дерево, которые обладают своими исключительными характеристиками и свойствами. Но всегда существовала потребность соединить в одном материале все положительные свойства существующих вариантов. Таким вариантом стал ячеистый бетон, который на сегодняшний день является самым популярным производимым композитом для возведения стен жилых зданий и теплоизоляции, в частности, при индивидуальном жилищном строительстве.

Большое внимание, уделяемое ячеистым бетонам, обуславливается высокой технико-экономической эффективностью их производства и применения в разных видах строительства, особенно жилищном, призванном обеспечить граждан России доступным и комфортным жильем. По степени обеспеченности жильем Россия в 1,5...2 и более раз отстает от средневропейского уровня (35...40 м<sup>2</sup>/чел), не говоря о лидерах по этому показателю: Норвегия (74 м<sup>2</sup>/чел), США (65 м<sup>2</sup>/чел), Германия, Великобритания (44...45 м<sup>2</sup>/чел). Чтобы выйти на европейский уровень, имеющийся жилой фонд (3,6 млрд. м<sup>2</sup>) необходимо увеличить в 1,6...2 раза. Ежегодный ввод жилья при этом должен составлять не менее 1 м<sup>2</sup> на душу населения, при котором европейский уровень обеспеченности жильем может

быть достигнут в Российской Федерации к 2025 г. [1, 2].

Ячеистый бетон – это искусственный высокотехнологичный пористый строительный материал на основе минеральных вяжущих и кремнеземистого заполнителя, являющийся одной из разновидностей легкого бетона. В соответствии с ГОСТ 25845-89 [3] ячеистые бетоны классифицируют по назначению, по условиям твердения, по способу порообразования и по видам вяжущих и кремнеземистых компонентов.

По назначению ячеистые бетоны подразделяют на [4]: конструкционные (класс по прочности на сжатие не ниже B3,5; марка по средней плотности – D700 и выше, объем пор 40...55%), конструкционно-теплоизоляционные (класс по прочности на сжатие не ниже B1,5; марка по средней плотности не выше D700), теплоизоляционные (класс по прочности на сжатие не ниже B0,35; марка по средней плотности не выше D400, общая пористость 75...85%).

Несущая способность ячеистых бетонов при характерной для них низкой плотности достаточна для изготовления ограждающих конструкций стен и покрытий элементов, перекрытий и несущих элементов малоэтажного строительства.

По условиям твердения ячеистые бетоны подразделяют на: автоклавные (синтезного твердения) – твердеющие в среде насыщенного пара при давлении выше атмосферного; неавтоклавные (гидратационного твердения) – твердеющие

в естественных условиях, при электропрогреве или в среде насыщенного пара при атмосферном давлении. По способу порообразования бетоны подразделяют на: газобетоны, пенобетоны и газопенобетоны.

Для ячеистых бетонов неавтоклавного твердения установлены следующие классы по прочности на сжатие: *B0,5; B0,75; B1; B1,5; B2; B2,5; B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5*. По показателям средней плотности назначают следующие марки бетонов в сухом состоянии: *D300; D350; D400;*

*D500; D600; D700; D800; D900; D1000; D1100; D1200*. Для бетонов конструкций, подвергающихся попеременному замораживанию и оттаиванию, назначают и контролируют следующие марки бетона по морозостойкости: *F15; F25; F35; F50; F75; F100*. Усадка при высыхании бетонов не должна превышать 3 мм/м для неавтоклавных бетонов марок *D600...D1200* [3].

Зависимость коэффициента теплопроводности от плотности ячеистого бетона представлена на рис. 1.

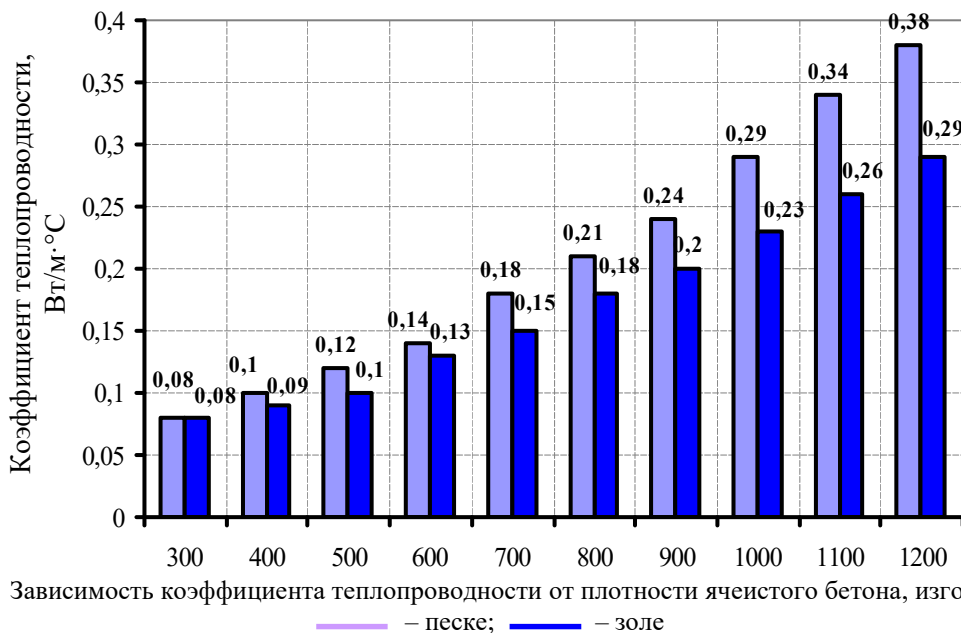


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности от плотности ячеистого бетона, изготовленного на: — песке; — золе

Высокие теплозащитные характеристики и огнестойкость обуславливают уникальное сочетание в одном материале всех тех положительных качеств, которые в отдельности присущи традиционным строительным материалам.

При этом низкая средняя плотность способствует снижению нагрузки на фундамент и обеспечивает высокую сейсмоустойчивость зданий и

сооружений, возведенных с применением ячеистых бетонов.

Для создания высокопористой структуры ячеистых бетонов применяются следующие способы: газообразования, пенообразования, аэрации и сухой минерализации пены, вибровакuumный, способ насыщения формовочной массы воздухом под давлением, комбинированные способы (рис. 2).



Рис. 2. Способы формирования пористой структуры ячеистых бетонов

Сущность способа газообразования заключается в том, что газы, выделяющиеся при взаимодействии газообразователей, вводимых в формовочную массу, между собой, с минералами цементного клея или при их разложении в щелочной среде, равномерно поризуют формовочную смесь, обладающую определенными вязкостью и

Сущность способа газообразования заключается в том, что газы, выделяющиеся при взаимодействии газообразователей, вводимых в формовочную массу, между собой, с минералами цементного клея или при их разложении в щелочной среде, равномерно поризуют формовочную смесь, обладающую определенными вязкостью и

сроками схватывания. При этом основными условиями получения качественной пористой структуры бетонов являются наличие у формовочной массы высокой газодерживающей способности и совмещение процессов окончания вспучивания смеси и начала ее схватывания с целью фиксации полученной структуры материала.

При способе пенообразования, аэрации или сухой минерализации пены [5–8] пористая структура ячеистого бетона (пористость до 90 %) получается в результате смешивания формовочной массы с заранее приготовленной технической пеной или сухой минерализации пены, или при интенсивном перемешивании смеси «формовочная масса + раствор пенообразователя». Полученная структура материала фиксируется за счет схватывания и затвердевания вяжущих веществ.

Способ сухой минерализации пены наиболее эффективен, но требует установления оптимального соотношения между водопотребностью вяжущего и наполнителя, кратностью, устойчивостью пены, В/Т и оптимального режима приготовления формовочной смеси.

Авторами работ [9–11] установлено, что природа пенообразователя меняет механизм процесса гидратации клинкерных минералов и оказывает значительное влияние на скорость, состав и морфологию образующихся кристаллогидратов.

Положительные стороны способа пенообразования:

- в пенобетоне больше замкнутых пор, меньше водопоглощение, более однородная структура;

- пенообразователи не опасны в обращении, дешевле алюминиевой пудры;

- пенная технология не требует специального режима введения порообразователя в смесь, тепловой энергии для подогрева смеси, форм и создания дополнительной щелочности среды.

В то же время метод пенообразования в чистом виде сложнее по сравнению с газовым, что связано с проблемой устойчивости пен и оседания пенобетонной массы, большим негативным и дифференцированным влиянием различных пенообразователей на процессы формирования пенобетонной массы, схватывания и твердения вяжущих веществ, прочность и долговечность пенобетона. Необходим тщательный подбор вяжущего и пенообразователя, обеспечивающий получение материала с оптимальными характеристиками. Для получения однородной пеномассы требуется повышенное количество воды, что отрицательно сказывается на прочности и других свойствах пенобетона.

Вибровакуумный способ [12–14] предложен для создания пористой структуры материала,

сущность которого заключается в следующем (без введения традиционных порообразователей): в формовочную массу вводятся измельченные пористые частицы, в порах которых находится защемленный воздух, давление которого равно атмосферному. Для вспучивания смеси в этом случае необходимо создать над ней давление ниже атмосферного и снижать его до тех пор, пока не будет преодолено сопротивление смеси вспучиванию (вакуум до 0,099 МПа). Одновременно, с целью снижения вязкости, дефектности и повышения однородности структуры материала смесь во время вспучивания вибрируют. В процессе такого воздействия воздух извлекается из пор зерен и равномерно поризует формовочную массу. В этом участвует также воздух, адсорбированный на поверхности твердой фазы, вовлеченный в смесь при ее перемешивании и растворенный в воде.

В качестве пористых зерен могут использоваться перлитовая пудра, зола-унос, трепел, диатомит и другие наполнители. В смесь могут вводиться воздухововлекающие, пено-, газообразующие добавки. Изменяя состав смеси и режим виброввакуумирования, можно получать ячеистые бетоны с заданными характеристиками. При этом каждому составу формовочной массы соответствует свой, оптимальный режим обработки.

При способе насыщения формовочной смеси воздухом под давлением количество растворенного в воде воздуха прямо пропорционально его давлению. Поэтому, если в герметичном смесителе с формовочной массой создать давление воздуха и в таких условиях интенсивно перемешивать смесь, то она будет насыщаться воздухом, а после выдачи в форму – будет вспучиваться. Эффективность этого способа повышается, если в растворную смесь вводятся воздухововлекающие добавки. Давление воздуха в смесителе рекомендуется принимать равным 0,7 МПа. При соответствующем технико-экономическом обосновании оно может быть и другим.

При комбинированном способе формирования пористой структуры ячеистых бетонов в формовочную массу вводят пено- и газообразователи на разных этапах технологического процесса. Например, для получения ячеистого бетона со средней плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> на этапе мокрого помола песка в состав массы вводят ПАВ в количестве 0,015...0,03 % от массы песка, что обеспечивает насыщение шлама мельчайшими пузырьками воздуха. ПАВ используется также при приготовлении алюминиевой суспензии, которая вводится в формовочную массу при ее перемешивании. В целом это позволяет получать ячеистый бетон с очень высокой пористостью.

К комбинированному относится и способ насыщения пеномассы воздухом при ее интенсивном перемешивании под давлением 0,7 МПа и более, потому что количество растворенного в воде воздуха прямо пропорционально его давлению. В итоге, варьируя видом и концентрацией пенообразователя, видом и удельной поверхностью минерального компонента, В/Т, давлением воздуха в смесителе, конструкцией рабочего органа смесителя и режимом перемешивания смеси, можно гарантированно получать пеноматериалы с содержанием воздуха до 92 % и сравнительно высокими характеристиками.

Поризация формовочной массы при получении изделий ячеистой структуры может осуществляться следующими способами: химическим, механическим, механохимическим и физическим [15].

Химический способ поризации заключается в организации газовыделения в формовочной массе за счет химического взаимодействия исходных компонентов.

Механический способ поризации включает в себя процесс автономного приготовления кремнеземвяжущерастворной смеси и технической пены с их последующим совместным перемешиванием. Приготовление пеномассы возможно в пеногенераторах при избыточном давлении с помощью воздуха и при атмосферном давлении в скоростных смесителях.

Механохимический можно отнести к ряду новых. Формовочная смесь поризуется за счет введения в ее структуру пены, а затем в поризованной массе создаются более крупные ячеистые поры за счет газообразователей или другими методами, обеспечивающими получение ячеистой пористости [16, 17].

Физический способ основан на принципе разрежения в системе «раствор – газ», за счет чего мелкие газовые пузырьки объединяются в более крупные, расширяются и поризуют (вспучивают) смесь [12–14, 18].

Обоснована возможность управления процессом порообразования путем воздействия давлением на поризуемую структуру для получения качественной пористой структуры.

Разработка более совершенных способов поризации формовочных масс, а также путей совершенствования технологии неавтоклавных ячеистых бетонов и улучшения их физико-механических и эксплуатационных свойств обуславливает необходимость разработки принципов формирования пористой структуры материалов для улучшения качества неавтоклавных ячеистых бетонов и устранения имеющихся недостатков традиционных технологий.

В строительстве рекомендованы следующие виды и элементы из автоклавных газо- и пенобетонов для жилых и общественных зданий: блоки мелкие для наружных и внутренних стен (ГОСТ 21520–89); блоки крупные для наружных и внутренних стен (ГОСТ 19010–82); изделия стеновые неармированные (ГОСТ 31360–2007); панели для внутренних несущих стен, перегородок и перекрытий жилых и общественных зданий (ГОСТ 19570–74, ГОСТ 12504–80\*); панели для наружных стен зданий (ГОСТ 11118–2009); блоки и плиты теплоизоляционные (ГОСТ 5742–76); панели покрытий жилых и общественных зданий [19].

Из неавтоклавных газо- и пенобетонов изготавливают блоки мелкие для наружных и внутренних стен (ГОСТ 21520–89), изделия теплоизоляционные (ГОСТ 5742–76), а также используют для монолитной теплоизоляции подвальных и чердачных перекрытий, покрытий, мансард; монолитных внутренних и наружных стен жилых и общественных зданий [20–23]; утепления и усиления стен реконструируемых зданий; в качестве декоративного жаростойкого материала.

Многочисленными испытаниями установлено, что конструкции из ячеистого бетона не содержат горючих компонентов, не горят и не поддерживают горение, при нагревании не выделяют токсичных веществ, обладают высокими теплоизолирующими качествами, в том числе в условиях пожара, сохраняя в течение длительного времени целостность и несущую способность. Имеется опыт успешного использования ячеистого бетона и в конструкциях противопожарных преград и стен (брандмауэров) [24].

Ведущее место в номенклатуре продукции из ячеистого бетона принадлежит производству неармированных изделий – мелких и крупных блоков.

Стеновые мелкие ячеистобетонные блоки изготавливаются из конструкционно-теплоизоляционных и конструктивных ячеистых бетонов автоклавного и неавтоклавного твердения, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 25485–89 и ГОСТ 31359–2007, в соответствии с СН 277–80 и находят в значительных объемах применение в малоэтажном жилищно-гражданском и производственном строительстве в странах СНГ, государствах Европы, Азии и Америки.

С точки зрения укладки, стеновые ячеистобетонные блоки являются очень эффективным стеновым материалом [25–27]. Укладка стенового блока размером 200×250×600 мм, средней плотностью 600 кг/м<sup>3</sup>, имеющего массу 21 кг, соответствует одновременной укладке 14 шт. стандартных кирпичей (1 м<sup>3</sup> ячеистобетонных блоков

приравнивается к 1 тыс. шт. полнотелого кирпича, хотя объем последних составляет фактически 2 м<sup>3</sup>).

Монолитная технология с применением эффективных газобетонов позволяет проектировать и возводить здания, привлекательные по своему объемно-планировочному решению и внешнему виду и одновременно обеспечивающие теплотехнические и прочностные требования [28–30].

Технологичность производства газобетона для монолитного строительства и возможность его применения обусловлены простотой производства и высокими показателями качества ячеистобетонных конструкций и изделий, нет необходимости вибрировать смесь, что значительно ускоряет процесс бетонирования и снижает затраты, при этом литая смесь легко заполняет полости любой конфигурации. Монолитное строительство позволяет снизить материалоемкость и повысить надежность современных зданий. Применение ячеистого бетона – это самый экономичный и наиболее простой путь повышения энер-

гоэффективности здания за счет повышения эффективности внешней оболочки здания (его стен).

Как было сказано выше, из ячеистого бетона производят такие изделия, как стеновые блоки (мелкие и крупноразмерные) и панели, из которых возводят несущие и самонесущие стены зданий; перегородки; перемычки; монолитные пояса жесткости; теплоизоляционная засыпка; мелкие теплоизоляционные изделия и другие. При этом, согласно [31], ячеистый бетон – единственный стеновой материал, который может применяться в строительстве без использования дополнительного утепления (минимальная толщина стены – 37,8 см). Благодаря теплоаккумулирующим свойствам, экономия энергозатрат при эксплуатации зданий составляет до 30 % по сравнению со зданиями, возведенными из других стеновых материалов.

По официальным данным [32, 33], производство мелких стеновых блоков в России ежегодно растет (см. табл. 1).

Таблица 1

**Производство в России блоков стеновых мелких из ячеистого бетона для использования в строительстве, млн. условных кирпичей**

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Российская Федерация	2359	2913	3839	4267	3047	5164	5910	7419	8054	9217	9108

Во время экономического кризиса, сегмент ячеистых бетонов пострадал наименьшим образом: в 2009 г., по сравнению с 2008 г., производство ячеистых блоков снизилось лишь на 29 %. Производство в посткризисный период восстанавливалось быстро в соответствии с динамикой спроса на этот материал: в 2009 г. выпущено 3,05 млрд. штук, а в 2010 г. – 5,16 млрд. условных кирпичей, таким образом, рост составил почти 41 %. В период с 2010 по 2015 гг. производство ячеистых блоков выросло более чем на 75 %, что доказывает огромный спрос на них на рынке строительных материалов.

Возрастающая потребность на стеновые блоки из ячеистого бетона выражена в их уникальных физико-механических характеристиках и явных преимуществах, по сравнению с другими изделиями.

Изделия, используемые в качестве строительных материалов, по нескольким важным показателям уступают позиции пено- и газобетону. Например, если сравнивать газобетонный блок и кирпич, из которых возводят стены малоэтажных зданий, то теплопроводность первого составляет 0,12 Вт/м·°С, а второго – 0,65 Вт/м·°С, и при меньшей толщине стены, чем из кирпича, соответственно 0,4 м против 0,51 (0,64) м, что говорит о наличии важных преимуществах материала.

Ограждающие конструкции из газобетона в среднем на 40 % ниже веса конструкций из тяжелого бетона и кирпича, что сокращает нагрузки на фундамент, а, следовательно, и его стоимость. Трудозатраты при его использовании сокращаются в 5...6 раз, а стоимость 1 м<sup>3</sup> кладки снижается в 2...3 раза по сравнению с другими кладочными материалами.

Экономичность этого материала также связана с уменьшением толщины отделочного слоя с 10 мм до 6...7 мм за счет минимальной толщины швов и его ровной поверхности.

Большие размеры и малый вес блоков позволяют увеличить скорость строительства в 10 раз по сравнению с другими строительными материалами. Ширина стены из газобетонных блоков меньше в 2...3 раза по сравнению с керамическим кирпичом из-за их лучшей теплоизоляции, что позволяет увеличить полезную площадь здания и сократить расход строительного материала.

На сегодняшний день, исходя из условий стратегического энергосбережения при возведении и дальнейшей эксплуатации зданий, особенно капитальных, со сроком службы 100 лет и более, оптимально предпочтение долговечных легких эффективных бетонов (газобетон, пенобетон, перлитобетон, полистиролбетон и т. д.

Применение газобетона при строительстве коттеджа обеспечивает оптимальный по температуре и влажности режим помещений, поскольку он «дышит» сквозь поры. Микроклимат таких домов близок к микроклимату деревянных: летом в них прохладно, а зимой тепло и уютно. Газобетон относится к классу НГ (негорючий материал) и может быть применен в конструкциях и сооружениях всех классов противопожарной безопасности, а также применяться для теплоизоляции при температуре изолируемой поверхности +400 °С. Он не разрушается под воздействием высокой температуры и эффективно препятствует распространению огня. Например, перегородка из газобетона толщиной 0,75 м выдерживает прямой напор огня более двух часов без разрушения структуры. Этот материал не подвержен гниению и воздействию микроорганизмов и грызунов, не стареет и не выделяет токсичных веществ.

Благодаря своей ячеистой структуре, он не только хорошо сохраняет тепло, но и обеспечи-

вает шумоизоляцию, соответствующую требованиям действующих норм. Газобетон хорошо поддается механической обработке (режется, строгается, сверлится и шпательится). Простота обработки позволяет изготавливать конструкции различной конфигурации, в том числе и арочные, прорезать каналы и сверлить отверстия под электропроводку, розетки и трубопроводы со значительно меньшими затратами труда и времени, чем в других материалах. На газобетон хорошо клеятся керамическая плитка, обои и другие отделочные материалы, и совмещаются цементно-песчаные штукатурки, набрызгбетоны, вододисперсионные и акриловые краски.

Блоки и панели из пенобетона применяют для возведения внутренних ненесущих стен зданий, заполнения каркасных зданий и теплоизоляции.

Преимущества и недостатки пено- и газобетонных блоков приведены в табл. 2.

Таблица 2

Достоинства и недостатки газо- и пенобетонных блоков

Материал	Достоинства	Недостатки
Газобетонные блоки	<ul style="list-style-type: none"> <li>– низкая теплопроводность;</li> <li>– правильная геометрическая форма блоков;</li> <li>– возможность армирования кладки;</li> <li>– не подвержен усадке;</li> <li>– высокая морозостойкость;</li> <li>– долговечность (50–70 лет).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокая стоимость;</li> <li>– высокая гигроскопичность;</li> <li>– хуже звукоизоляция.</li> </ul>
Пенобетонные блоки	<ul style="list-style-type: none"> <li>– низкая стоимость;</li> <li>– меньше водопоглощение;</li> <li>– лучше шумоизоляция.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– хуже геометрия блоков;</li> <li>– высокая теплопроводность;</li> <li>– невозможность армирования кладки;</li> <li>– долговечность (около 30 лет);</li> <li>– низкая морозостойкость</li> <li>– возможна усадка.</li> </ul>

В течении последних 15 лет в России введены новые современные автоматизированные линии производства, основанные на применении технологии таких фирм как HEBEL, Wehrhahn, YTONG, HESS AAC Systems B.V., «Masa-Henke Maschinenfabric GmbH» и других. Произведенные на этих линиях газобетонные блоки имеют отличительное качество и высокоточные геометрические размеры ( $\pm 1$  мм), что позволяет вести кладку стен со швами минимальной величины (1...3 мм).

Сегодня правильность применения в строительстве зданий материалов и изделий из ячеистого бетона не вызывает сомнений. Они обладают отличными от стандартных материалов свойствами и эксплуатационными характеристиками, а также, ввиду больших размеров изделий (блоков) и правильной геометрической формы (газоблоки), позволяют уменьшить время на возведение стен зданий и снизить теплопроводность.

Новые экономические условия в стране определяют новый подход к выбору эффективных материалов для индивидуального строительства.

Оптимальное направление развития индустрии стеновых материалов сегодня – это создание разветвленной сети малых предприятий по производству стеновых блоков, перегородочных плит из поробетона для малоэтажного строительства, а также монолитного домостроения из такого бетона с помощью передвижных установок для заливки стен, перекрытий и теплоизоляции.

Ячеистый бетон – строительный материал, имеющий потенциально большой рынок сбыта и как показывает динамика, развитие его будет происходить за счет вытеснения более дорогих и с низкой теплоэффективностью кирпичных и бетонных построек.

Фактором, сужающим область применения ячеистого бетона, является недостаточно высокий уровень показателей физико-механических и

теплотехнических свойств серийно выпускаемых ныне материалов. Их повышение, при обеспечении достаточной экономичности, позволит укрепить позиции ячеистого бетона как современного эффективного стенового материала, освоить новые рациональные схемы его применения, увеличить объемы использования его в строительстве.

Нами разработаны основные направления повышения эффективности поробетонов – разработка специальных вяжущих (ТМЦ, ВНВ, композиционных вяжущих), использование комплексных порообразователей, модификаторов структуры и особые технологические приемы.

Общие принципы получения газобетонов с требуемыми качествами и управления этим процессом можно сформулировать следующим образом: структура материалов с их свойствами есть функция вида и качества исходного сырья, состава материалов и технологических параметров производства. Представляя эту зависимость в виде математической модели и варьируя вид и качество сырья, состав материалов и технологические параметры, можно получать композиции с необходимыми показателями качества, управлять этим процессом и устанавливать требования к исходному сырью и технологическим режимам, которые позволят создавать газобетоны с улучшенными характеристиками.

Развиты представления о динамике процесса формирования ячеистой структуры газобетонов неавтоклавного твердения, что позволило за счет использования разработанных композиционных вяжущих и технологических приемов производства улучшить свойства неавтоклавных газобетонов. Получены теплоизоляционный газобетон неавтоклавного твердения  $D300$ ,  $B1$ ,  $\lambda = 0,07$  Вт/(м·°C),  $F35$ ; конструктивно-теплоизоляционный газобетон  $D400$ ,  $B1,5$ ,  $\lambda = 0,08$  Вт/(м·°C),  $F50$ ;  $D500$ ,  $B2,5$ ,  $\lambda = 0,10$  Вт/(м·°C),  $F50$ , которые превышают по характеристикам свойства традиционных ячеистых бетонов неавтоклавного твердения и сопоставимы со свойствами ячеистых бетонов автоклавного твердения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Сахаров Г.П. Развитие производства и повышение конструктивных свойств автоклавного ячеистого бетона и изделий на его основе // *Материалы 7-й Междунар. науч.-практ. конф.*, 22-24 мая 2012. Мн.: Стринко, 2012. С. 32–36.
- Ухова Т.А. Настоящее и будущее ячеистых бетонов в России // *Строительный журнал Весь Бетон*. 10. 03.2011.
- ГОСТ 25485-89. Бетоны ячеистые. Технические условия. Взамен ГОСТ 25485-83; введ. 1990-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1989. – 21 с.
- ГОСТ 31359-2007. Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия. Взамен ГОСТ 25485-89; введ. 01.06.2008. М.: НИИЖБ, 2009. 13 с.
- Тарасов А.С., Лесовик В.С., Коломацкий А.С. Индустриальное производство пенобетонных изделий // *Поробетон: сб. докладов*. Белгород, 2005. С. 128–143.
- Меркин А.П., Зудяев Е.А., Селезнев И.Г. Мобильная установка для приготовления и подачи пенобетонов «сухой минерализации» для монолитного домостроения // *Строительные и дорожные машины*. 1994. № 12. С. 18–20.
- Удачкин И.Б., Троцко Т.Т., Васильев В.В., Назаров Т.Н., Ковальчук Ю.Г. Баротехнология производства изделий из ячеистого бетона. Информ. Л. НИИСМИ, «Реклама», 1983. 18 с.
- Сватовская Л.Б., Шершнева М.В., Пузанова Ю.Е. Применение пенобетонов для защиты окружающей среды // *Технологии бетонов*. 2008. №12 (29). С. 12–13.
- Сватовская Л.Б. Фундаментальные основы в свойствах пенобетона // *Пенобетон – 2007: мат. Междунар. науч.-практ. конф.* СПб, 2007. С. 17.
- Шахова Л.Д., Балясников В.В. Пенообразователи для ячеистых бетонов. Белгород, 2002. 147 с.
- Хитров А.В., Сватовская Л.Б., Соловьева В.Я. Современные строительные пены // *Инженерно-химические проблемы пенематериалов третьего тысячелетия: Сб. науч. тр.* СПб, 1999. С. 62–72.
- Гладков Д.И., Ерохина Л.А., Загороднюк Л.Х. Вибровакуумная технология ячеистых бетонов // *Бетон и железобетон*. 1991. № 9. С. 13.
- Сулейманова Л.А. Вибровакуумированный ячеистый бетон // Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1997. 130 с.
- Гридчин А.М., Лесовик В.С., Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Новые технологии высокопоризованных бетонов // *Поробетон – 2005: материалы Междунар. науч.-практ. конф.* Белгород, 2005. С. 6–16.
- Завадский В.Ф. Технология изоляционных строительных материалов и изделий. Ч. 1. Стеновые материалы и изделия. М: Академия, 2012. 192 с.
- Завадский В.Ф., Дерябин П.П., Косач А.Ф. Технология получения пеногазобетона // *Строительные материалы*. 2003. № 6. С. 2–3.
- Погорелова И.А. Сухие строительные смеси для неавтоклавных ячеистых бетонов: дис. ... канд. техн. наук 05.23.05: защищена 3.07.09 / Погорелова Инна Александровна; БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2009. 195 с.

18. Резанов А.А. Технологические принципы управления макроструктуро-образованием газосиликата с использованием фактора давления внешней газовой фазы: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.23.05 / Резанов Александр Александрович; ВГАСУ. Воронеж, 2011. 192 с.

19. Рекомендации по проектированию и применению панелей покрытий из ячеистых бетонов для жилых и общественных зданий. М.: ЦНИИЭП жилища, 1982. 85 с.

20. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Строкова В.В. Сухие строительные смеси для неавтоклавных ячеистых бетонов. Белгород: КОНСТАНТА, 2009. 144 с.

21. Коломацкий С.А. Теплоизоляционный пенобетон на высокодисперсных цементах / дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.23.05 // Коломацкий Сергей Александрович. Белгород: БелГТАСМ, 2001. 155 с.

22. Коломацкий А.С., Коломацкий С.А. Теплоизоляционные изделия из пенобетона // Строительные материалы. 2003. № 1. С. 38–39.

23. Свиначев А.В., Тысячук В.В. Опыт применения монолитного пенобетона при строительстве и реконструкции зданий и сооружений // Пенобетон-2003. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. №4. С. 62–66.

24. Трамбовецкий В.П. Ячеистый бетон в современном строительстве // Технологии бетонов. 2007. №2. С. 30–31.

25. Паплавский Я.М. Производство ячеистобетонных изделий по технологии АЕРОС // Строительные материалы. 2004. № 3. С. 12–13.

26. Сажнев Н.Н. Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения в Беларуси // Технологии бетонов. 2012. № 7-8. С. 41–47.

27. Lajosz A., Szymanski P., Walczak P. Influence of the fly ash properties on properties of autoclaved aerated concrete // 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete “Securing a sustainable future” to be held at Bydgoszcz to celebrate 60 years of AAC experience in Poland. 14-17 September. 2011. University of Technology and Life Sciences.

28. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 304 с.

29. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kondrashev K.R., Suleymanov K.A., Lukuttsova N.P. Energy efficient technologies of production and use non-autoclaved aerated concrete // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т 10. №5. С. 12399–12406.

30. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства. Белгород: КОНСТАНТА, 2011. 151 с.

31. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Минрегион России, 2012. 96 с.

32. Промышленное производство в России. 2016: Стат.сб. / Росстат. М., 2016. 347 с.

33. Промышленность России. 2010: Стат.сб./ Росстат. М., 2010. 453 с.

#### *Информация об авторах*

**Сулейманова Людмила Александровна**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой строительства и городского хозяйства.

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Коломацкий Александр Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

E-mail: kolomatskiy@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Погорелова Инна Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

E-mail: innapogorelova@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Марушко Михаил Викторович**, аспирант

E-mail: 12michailmar@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

---

*Поступила в сентябре 2017 г.*

© Сулейманова Л.А., Коломацкий А.С., Погорелова И.А., Марушко М.В., 2017



---

**Suleymanova L.A., Kolomatskiy A.S., Pogorelova I.A., Marushko M.V.****IMPROVING EFFICIENCY OF PRODUCTION AND USE OF AERATED CONCRETE**

*New economic conditions in country predetermine new approach to the selection of effective materials for individual construction. One of those building materials is aerated concrete, which potentially has large market and as dynamics shows, his development will be at the expense of displacement of more expensive and with their low heat efficiency brick and concrete buildings.*

*To increase efficiency of production and use of aerated concrete there were developed general directions – making of special binders, use of complex blowing agents, modifiers of structure and special technological manufacturing methods, which realization allowed to get non autoclaved aerated concretes D300...D500 with high field performance, comparable with properties of autoclaved aerated concretes.*

**Keywords:** *aerated concretes, efficiency of production and use, properties, building materials, construction.*

---

*Information about the authors*

**Suleymanova Lyudmila Aleksandrovna**, Ph.D., Professor.

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, Kostiukov st. 46.

**Kolomatskiy Alexander Sergeevich**, Ph.D., Professor.

E-mail: kolomatskiy@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, Kostiukov st. 46.

**Pogorelova Inna Aleksandrovna**, Ph.D., Assistant professor.

E-mail: innapogorelova@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, Kostiukov st. 46.

**Marushko Mikhail Viktorovich**, Postgraduate student.

E-mail: 12michailmar@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, Kostiukov st. 46.

---

*Received in September 2017*

© Suleymanova L.A., Kolomatskiy A.S., Pogorelova I.A., Marushko M.V., 2017