

DOI: 10.34031/article\_5cb1e65fe51130.63177531

<sup>1</sup>Шорстов Р.А., <sup>1,\*</sup>Сулейманова Л.А., <sup>1</sup>Кара К.А.<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

\*E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru

## ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВАРИАТРОПНОЙ СТРУКТУРЫ

**Аннотация.** В статье рассмотрено современное состояние рынка производства газобетона в РФ и его перспективы. Установлено, что с каждым годом объемы производства ячеистого бетона постоянно увеличиваются, в том числе и за счет строительства новых заводов, осуществляющих производство по самым передовым технологиям и с применением модернизированного технологического оборудования. Однако, имеются вопросы как в технологическом, так и в рецептурно-сырьевом плане. Поэтому разработка новых технологий получения ячеистобетонных изделий за счет усовершенствования, модернизации и разработки принципиально новых технологических приемов является весьма актуальной. Рассмотрены технологии получения многослойных ячеистобетонных конструкций с вариатропной структурой, позволяющие получать изделия с высокими эксплуатационными характеристиками, удовлетворяющие современным требованиям по энергоэффективности и долговечности. Для создания однослойной конструкции из ячеистого бетона с переменной плотностью по сечению предложен способ послойной заливки ячеистобетонной смеси в форму со съёмными перегородками по интегральному принципу от мелких на периферии к крупным в середине блока с учетом реологических характеристик ячеистобетонных смесей и времени вспучивания, которые обеспечивают возможность получения конструкции с плавным переходом конструкционно-теплоизоляционного слоя в теплоизоляционный без швов, воздушных прослоек и других возможных дефектов, возникающих при формовании трехслойных конструкций из неоднородных материалов.

**Ключевые слова:** газобетон, рынок производства газобетона, способы получения, вариатропная структура.

**Введение.** С распадом Советского Союза в России, как и в других республиках бывшего СССР, произошел общий спад в производстве газобетона. В связи с резким сокращением объемов строительства в начале 1990-х наблюдалось значительное падение спроса на строительные материалы. Новый этап в развитии газобетона связан с появлением в России в 1994–1997 гг. зарубежных технологических линий, позволяющих выпускать газобетон «нового поколения», отличающийся от прежнего точными геометрическими размерами и лучшими физико-механическими свойствами. Заводы на зарубежном оборудовании обеспечили появление на российском рынке более 0,5 млн. м<sup>3</sup> газобетонных блоков плотностью 500...600 кг/м<sup>3</sup>. Газобетонные изделия «нового поколения» быстро нашли свое место на рынке стеновых материалов, постепенно вытесняя керамзитобетон, создавая конкуренцию керамическому и силикатному кирпичу [1].

В условиях нестабильной экономической ситуации в мире и роста цен на энергоресурсы перед строительным комплексом России стоит ряд задач по снижению энергозатрат при производстве строительных материалов и конструкций, а также при эксплуатации зданий. В связи с принятием закона ФЗ № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффек-

тивности» [2] перед стройиндустрией поставлена задача по обеспечению высокого уровня теплозащиты зданий. Поставленная задача может быть решена за счет разработки и применения долговечных и надежных ограждающих конструкций с применением материалов, имеющих высокое сопротивление теплопередаче. В связи с изменениями приоритетов в строительном комплексе и сокращением строительства крупнопанельных зданий и сооружений сформировалась тенденция по увеличению объемов монолитного и каркасно-монолитного строительства. Количество монолитных зданий возросло в 2 раза. Применение ячеистых бетонов в ограждающих конструкциях возросло в 5 раз. Это потребовало от науки и строительного комплекса решения ряда задач по разработке новых малоэнергоемких технологий производства и выпуску высокоэффективных конструкций с применением легких бетонов. Одним из таких высокоэффективных материалов является газобетон [3–13].

С каждым годом спрос на рынке малоэтажного и каркасно-монолитного строительства постоянно увеличивается. По мнению Ассоциации строителей России [14] применение изделий и конструкций из ячеистого бетона позволит существенным образом уменьшить стоимость строительства, сократить его трудоемкость и

энергоёмкость при одновременном повышении долговечности, качества и комфортности жилья, возводимого из экологически чистого материала.

Общий выпуск автоклавного газобетона в 2017 г. составил 11 590 тыс. м<sup>3</sup>, армированных изделий из автоклавного газобетона – 57 000 м<sup>3</sup> при диапазоне плотностей 200...800 кг/м<sup>3</sup>. Наиболее массовой маркой остается D500, на долю которой приходится 67,7 % от общего выпуска. В 2018 г. годовой выпуск газобетона превысил 12,3 млн. м<sup>3</sup>.

Объем рынка штучных материалов за 15 лет вырос примерно в 2,2 раза, а объем рынка ячеистого бетона – в 11 раз (рис. 1). При этом производство газобетона в 2017 г. составило 8,5 млрд. усл. кирпича, что на 4,3 % ниже, чем в 2016 г., однако снижение темпов производства силикатного кирпича за этот же период составило 6,9 %, керамического кирпича – 6,4 %, поэтому ячеистый бетон все равно остается приоритетным стеновым материалом на строительном рынке РФ [15].

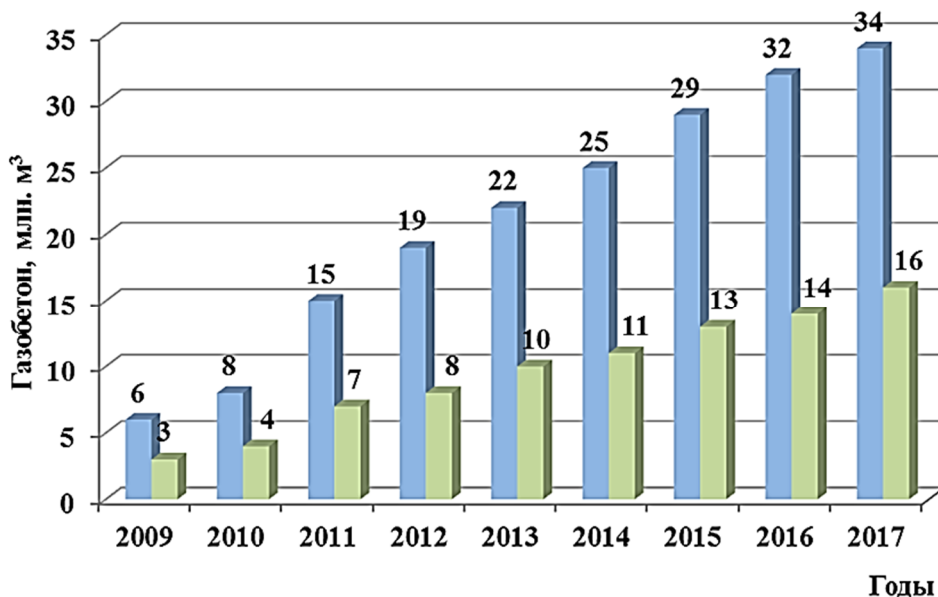


Рис. 1. Динамика объемов спроса на газобетон, млн. м<sup>3</sup>:

■ - малоэтажное строительство    ■ - каркасно-монолитное строительство

В 2017 г. доля блоков из ячеистого бетона на рынке мелкоштучных стеновых материалов для каменной кладки составляет 46 %, доля керамических стеновых материалов – 36 %, силикатных – 12 %, прочих – 5 %, при этом только доля блоков из ячеистого бетона по сравнению с 2016 г. имеет положительную динамику, в то время как динамика керамических и силикатных стеновых материалов – отрицательная. Доля газобетона от общего объема строительных материалов составляет 8...10 %, в то время как в развитых европейских странах этот показатель достигает 30...40 %. Из близлежащих стран особенно активно газобетон используется в Беларуси с объемом производства более 30 000 тыс. м<sup>3</sup> в год, где около 97 % нового малоэтажного жилья построено из газобетона, при этом еще в 2007 г. только 40 % жилья строилось с применением газобетона.

Несмотря на достаточно простую технологию производства газобетона, сегодня довольно большой дефицит на качественный материал, которым является газобетон, актуальность и ос-

новные преимущества которого, заключаются в высоком уровне теплоизоляционных и звукоизоляционных свойств, высокой паропроницаемости, прочности, морозостойкости, огнестойкости, экологичности, легкости обработки режущими инструментами и повышенной устойчивости к неблагоприятному воздействию живых организмов (плесени, ржавчине, воздействию грызунов).

Основная часть. Одним из перспективных способов повышения физико-механических характеристик строительных материалов является производство ограждающих конструкций с вариатропной структурой, получаемой в период формирования на производственных линиях, за счет различных технологических приемов (рис. 2) [16].

Создание вариатропных ячеистых структур – структур переменной плотности в рабочем сечении изделий, является научным направлением, позволяющим без повышения материалоемкости и технологических затрат,

значительно повысить эксплуатационные свойства теплоизоляционных изделий.

В современном строительстве многослойные конструкции давно нашли широкое применение, поскольку это позволило значительно снизить массу ограждающих конструкций, а также повысить их эффективность по теплозащите [17]. Однако в качестве теплоизоляционного слоя в таких системах используются пенопласт, пенополистерол, пенополиуретан и др., что приводит к повышению трудоемкости процесса. Вопросы воздуховлечения, водопогло-

щения, огнестойкости и долговечности в таких системах остаются проблематичными.

Преимуществом однослойной стены является определенность в отношении ее долговечности. При комбинации основного материала стены с эффективным утеплителем, который располагается внутри стены в виде вкладышей или слоя, такой определенности нет. Долговечность многослойной стены будет лимитироваться долговечностью утеплителя [18].

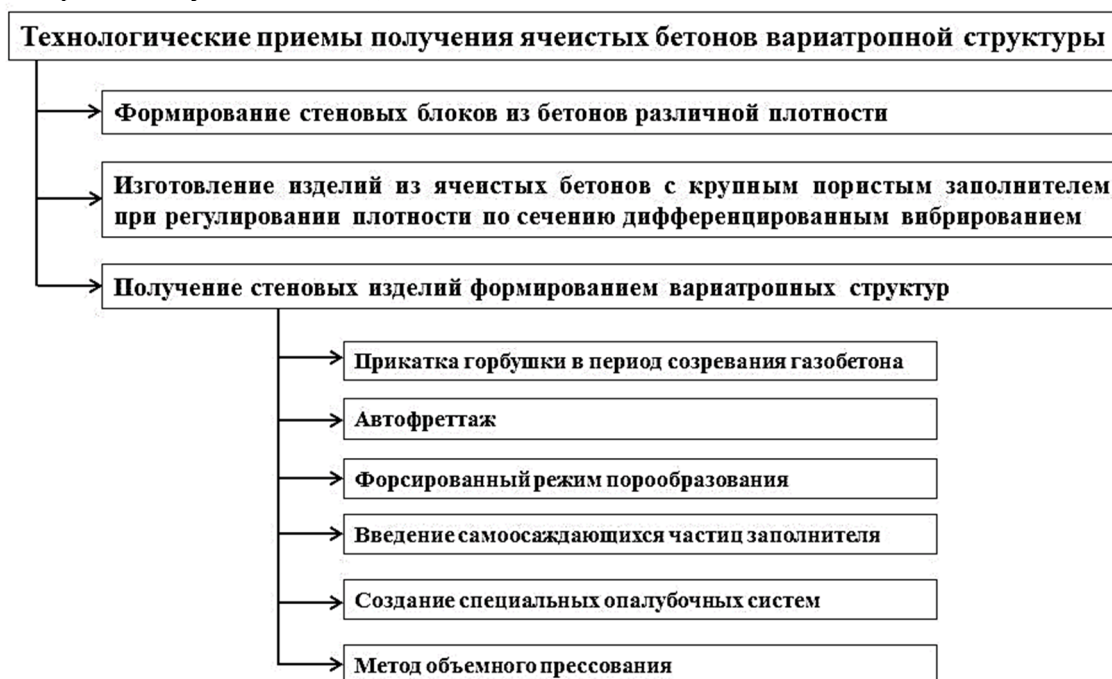


Рис. 2. Технологические приемы получения ячеистых бетонов вариатропной структуры

Равноценными по термическому сопротивлению многослойным конструкциям являются однослойные ячеистобетонные конструкции вариатропной структуры, которые принципиально отличаются от многослойных конструкций плавным изменением средней плотности материала по рабочему сечению изделия, отсутствием резкой границы между слоями и отсутствием нарушения сплошности изделия, а перераспределение средней плотности по сечению массива повышает сопротивление теплопередаче. Во избежание отслоения менее плотной части при нагружении целесообразно создание вариатропной структуры с плавным изменением плотности при коэффициенте вариатропности 0,2...0,5 [19].

Ячеистобетонные изделия с уплотненным поверхностным слоем характеризуются плавным изменением свойств материала, например, средней плотности, вдоль выбранных координатных осей. К ним относятся ограждающие конструкции (стеновые панели, плиты перекрытий) переменной плотности, у которых средняя

плотность ячеистого бетона изменяется по толщине от максимальной в поверхностных слоях до минимальной в центральных зонах, а, следовательно, и прочность, что позволяет существенно уменьшить их материалоемкость, повысить термическое сопротивление и другие эксплуатационные характеристики.

Такое строение изделий обеспечивает повышенную эффективность использования материала, поскольку наибольшие разрушающие напряжения практически при любых видах внешних нагрузок и воздействиях окружающей среды возникают в поверхностных слоях изделия и плавно убывают с глубиной [20].

Технология изготовления вариатропных изделий переменной плотности состоит из следующих технологических операций: в подготовленную форму заливают газобетонную смесь, выдерживают до вспучивания и схватывания, после чего выступающую над бортами формы "горбушку" уплотняют жестким валом, который без проскальзывания прокатывают по бортам формы, в результате чего в бетоне возникают

сжимающие напряжения, которые имеют максимальное значение под прокатывающим валом, а с глубиной резко снижаются. Среднюю плотность по глубине можно регулировать за счет изменения толщины горбушки, подвергающейся прокатке, и времени выдержки изделия перед прокаткой. Средняя плотность газобетона в поверхностном слое может достигать 1100...1300 кг/м<sup>3</sup> и плавно убывать до необходимой (300...400 кг/м<sup>3</sup>) на расстоянии 2...5 см от прокатанной поверхности, при этом прочность при сжатии может достигать 20...25 МПа, что позволяет использовать уплотненный слой вариатропного изделия в качестве элемента, воспринимающего нормальные напряжения в сжатой зоне сечения изгибаемого изделия [20].

Нижнюю поверхность горизонтально формируемых изделий также можно уплотнять с помощью пассиваторов коррозии алюминия. В качестве пассиваторов можно использовать бихромат калия или натрия, перманганат калия, нитрит натрия и др., растворами которых обрабатывают гигроскопичный материал или щебень, укладываемый монослоем на дно формы. Пассиватор также может быть одним из компонентов смазки для форм, при этом расход пассиватора не превышает 0,12...0,15 кг/м<sup>3</sup>. После заливки газобетонной смеси пассиватор начинает диффундировать в глубь изделия и тормозит процесс газообразования, создавая на поверхности частиц алюминиевой пасты защитную оксидную пленку, препятствующую взаимодействию пудры с жидкой фазой бетона и выделению водорода, поризующего бетон. Количество проникшего в газобетонную смесь пассиватора уменьшается по мере удаления от дна формы, чем обеспечивается плавное изменение средней плотности бетона по толщине придонного слоя [20].

При создании вариатропной поровой структуры с высоким термосопротивлением установлено, что для создания слоев из газобетона различной плотности необходимо регулировать рецептурно-технологические факторы на стадии формирования поровой структуры изделия, создать специальную опалубочную систему, обеспечивающую возможность послойного формирования изделия, а также применить режимы изготовления конструкций, обеспечивающие слитную структуру и однородный по высоте бетон с вариатропной поровой структурой по толщине изделия.

Предложена трехслойная конструкция, где каждый слой выполняет свои функции: защитную, теплоизоляционную и несущую [21]. Рекомендовано использовать различные типы бето-

нов с разной средней плотностью (1000...2400 кг/м<sup>3</sup> и 400...600 кг/м<sup>3</sup>) для создания вариатропной поровой структуры двухслойной конструкции со средней плотностью 500...1100 кг/м<sup>3</sup>, прочностью при сжатии 1,3...8,7 МПа, теплопроводностью 0,12...0,31 Вт/(м·°С) и маркой по морозостойкости F25...35. Каждый тип бетона, имея свою среднюю плотность, плавно переходит в другой тип бетона, тем самым достигается максимальная адгезионная прочность между слоями (0,65...0,84 МПа) и создается различная пористость по сечению, обеспечивая благоприятный влажностный режим и термическое сопротивление. Сцепление слоев различной плотности зависит от технологических приемов формирования и от плавности перехода бетонов в контактной зоне [22].

Также для создания вариатропной структуры используется метод объемного прессования за один технологический прием, при котором получены монолитно-слоистые изделия с плавной переходной зоной между слоями путем электропрогрева самоуплотняющихся масс в замкнутом перфорированном объеме и за счет отжима свободной воды [23].

Разработан бетон с вариатропно-каркасной структурой за счет введения пропиточной композиции и свинцовой дроби с диаметром зерен 8 мм, которая служит заполнителем. В качестве вяжущего использованы сера, наполнители – барит, ферроборовый шлак, ангидрит, кварцевый песок, сажа [24].

Для создания однослойной конструкции из ячеистого бетона с переменной плотностью по сечению предложен способ послойной заливки ячеистобетонной смеси в форму со съемными перегородками по интегральному принципу от мелких на периферии к крупным в середине блока с учетом реологических характеристик ячеистобетонных смесей и времени вспучивания, которые обеспечивают возможность получения конструкции с плавным переходом конструкционно-теплоизоляционного слоя в теплоизоляционный без швов, воздушных прослоек и других возможных дефектов, возникающих при формировании трехслойных конструкций из неоднородных материалов (рис. 3).

**Выводы.** Многообразие существующих технологий получения многослойных конструкций с вариатропной структурой подтверждает актуальность данной технологии получения такого типа конструкций и дает возможности для дальнейшего развития этого направления за счет разработки новых рецептурно-технологических приемов создания ячеистобетонных изделий.

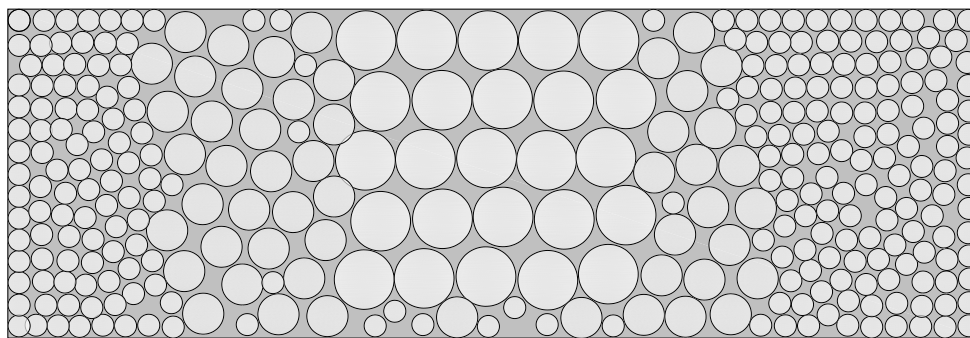


Рис. 3. Схема однослойной конструкции из ячеистого бетона с переменной плотностью по сечению

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вишневецкий А.А., Гринфельд Г.И., Смирнова А.С. Производство автоклавного газобетона в России // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2015. № 5-6. С. 44-46.
2. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Крылов Б.А., Кириченко В.В. Энергоэффективная технология производства пенобетонных изделий // *Технологии бетонов*. 2013. №12 (89). С. 47-49.
4. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2017. № 1. С. 9-16.
5. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Сулейманов К.А. Обобщенный анализ характера поровой структуры газобетонов неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2016. № 3. С. 75-79.
6. Сулейманова Л.А. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Белгород, 2013. 39 с.
7. Сулейманова Л.А., Кара К.А., Коломацкая С.А., Сулейманов К.А. Энергоэффективные технологии газобетона для зеленого строительства // В сб.: *Современные строительные материалы, технологии и конструкции: Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»*. Грозный, 2015. С. 142-148.
8. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кондрашев К.Р., Шорстов Р.А. Энергоэффективные пористые композиты для зеленого строительства // В сб.: *Наукоемкие технологии и инновации: Юбилейная Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения)*. 2014. С. 354-359.
9. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кара К.А. Энергоэффективный газобетон // В сб.: *Научные и инженерные проблемы строительнотехнологической утилизации техногенных отходов*. Белгород, 2014. С. 218-220.
10. Гридчин А.М., Лесовик В.С., Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Новые технологии высокопоризованных бетонов // В сб.: *Поробетон - 2005 Международная научно-практическая конференция. Сборник докладов*. 2005. С. 6-16.
11. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kondrashev K.R., Suleymanov K.A., Lukutsova N.P. Energy efficient technologies of production and use non-autoclaved aerated concrete // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. T. 10. № 5. С. 12399-12406.
12. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Кондрашев К.Р., Сулейманов К.А., Пириев Ю.С. Энергосберегающие газобетоны на композиционных вяжущих // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2016. № 4. С. 73-83.
13. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих. Белгород, 2013. 304 с.
14. <http://www.gras-group.ru>
15. Гринфельд Г.И., Вишневецкий А.А., Смирнова А.С. Производство автоклавного газобетона в России в 2017 году // *Строительные материалы*. 2018. №3. С. 62-64.
16. Завадский В.Ф. Перспективные технологические направления производства стеновых изделий из ячеистых бетонов // *Повышения качества материалов дорожного и строительного назначения. Сб. научных трудов*. Омск, СибАДИ, 2001. С. 12-15.
17. Завадский В.Ф. Варианты стеновых конструкций с применением эффективных утеплителей. Новосибирск: НГАСУ, 2001. 52 с.
18. Данилов Б.П., Богданов А.Л. Ограждающие конструкции из ячеистого бетона переменной. М: Стройиздат, 1973. 102 с.
19. Чернов А.Н., Кожевникова Л.П., Хмелев С.В., Царьков В.В., Данилюк М.А., Моисеев Е.И., Степанова З.А. Технология ячеистобетонных изделий с уплотненным поверхностным

слоем // Строительные материалы. 1983. №8. С. 12–13.

20. Селаенков Е.С. Напрасно отвернулись от однослойных стен // Строительные материалы. 1999. №9. С. 38–39.

21. Булавин В.А. Газобетон для монолитных ограждающих конструкций с вариатропной поровой структурой: дис. ... канд. тех. наук. Ростов-на-Дону, 2003. 145 с.

22. Корнев Е.С. Двухслойные стеновые изделия из бетонов различной плотности: дис. ... канд. тех. наук. Новосибирск, 2009. 142 с.

23. Бегляров А.Э. Эффективные стеновые монолитно-слоистые изделия объемного прессования: дис. ... канд. тех. наук. М., 2011. 134с.

24. Королева О.В. Структура и свойства радиационно-защитных серных бетонов вариатропно-каркасной структуры: дис. ... канд. тех. наук. Пенза, 2007. 256 с.

#### Информация об авторах

**Шорстов Роман Александрович**, аспирант. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

**Сулейманова Людмила Александровна**, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Строительство и городское хозяйство». E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

**Кара Карина Александровна**, кандидат технических наук. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Поступила в февраль 2019 г.

© Шорстов Р.А., Сулейманова Л.А., Кара К.А., 2019

<sup>1</sup>*Shorstov R.A., <sup>1,\*</sup>Suleymanova L.A., <sup>1</sup>Kara K.A.*  
<sup>1</sup>*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova*  
*Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46*  
*\*E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru*

## TECHNOLOGY OF OBTAINING MULTILAYER STRUCTURES VARIATIONAL STRUCTURE

**Abstract.** *The current state of the market for the production of aerated concrete in the Russian Federation and its prospects are considered. Every year, the production of cellular concrete is constantly increasing due to the construction of new plants that produce the most advanced technologies with the use of modernized equipment. However, there are technological and prescription raw materials issues. Therefore, the development of new technologies for the production of cellular concrete products due to the improvement, modernization and development of fundamentally new technological methods is highly important. The technologies for producing multilayer cellular concrete designs with a variational structure are considered. This allows to get products with high performance that meets modern requirements for energy efficiency and durability. The method of layered pouring of a cellular concrete mixture into a form with removable partitions is proposed for creating a single-layer construction of cellular concrete with variable density over the section. The integral principle is shown from small ones at the periphery, to large ones in the middle of the block, taking into account the rheological characteristics of cellular concrete mixtures and the foaming time. They provide the possibility of obtaining a design with a smooth transition of the structural heat-insulating layer to the layer without seams, air gaps and other possible defects arising during the molding of three-layer structures from non-uniform materials.*

**Keywords:** *concrete, production of concrete, methods of preparation, variational structure.*

### REFERENCES

1. Vishnevsky A.A., Greenfield G.I., Smirnova A.S. Production of autoclaved aerated concrete in Russia [*Proizvodstvo avtoklavnogo gazobetona v Rossii*]. Building materials, equipment, technologies of the XXI century. 2015. No. 5-6. Pp. 44–46. (rus)
2. Federal law of 23 November 2009 № 261-FZ "On energy saving and energy efficiency and on

amendments to certain legislative acts of the Russian Federation". (rus)

3. Krylov B.A., Kirichenko V.V. Energy-efficient production technology of foam concrete products [*Energoeffektivnaya tekhnologiya proizvodstva penobetonnyh izdelij*]. Concrete technolog. 2013. No. 12 (89). Pp. 47–49. (rus)

4. Suleymanova L.A. High-quality energy-saving and competitive building materials, products and constructions [*Vysokokachestvennyye ehnergos-*

*beregayushchie i konkurentosposobnye stroitel'nye materialy, izdeliya i konstrukcii*]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 1. Pp. 9–16. (rus)

5. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Suleymanov K.A. Generalized analysis of the character of the pore structure of aerated concrete of non-autoclaved hardening on composite binders [*Obobshchennyj analiz haraktera porovoj struktury gazobetonov neavtoklavnogo tverdeniya na kompozicionnyh vyazhushchih*]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 3. Pp. 75–79. (rus)

6. Suleymanova L.A. Aerated concrete of non-autoclaved hardening on composite binders: abstract thesis doctor of technical sciences [*Gazobeton neavtoklavnogo tverdeniya na kompozicionnyh vyazhushchih*]. Belgorod, 2013. 39 p. (rus)

7. Suleymanova L.A., Kara K.A., Kolomatskay S.A., Suleymanov K.A. Energy-efficient technologies of aerated concrete for green building [*Energoeffektivnye tekhnologii gazobetona dlya zelenogo stroitel'stva*] V sb.: *Sovremennye stroitel'nye materialy, tekhnologii i konstrukcii: Matly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 95-letiyu FGBOU VPO «GGNTU im. akad. M.D. Millionshchikova»*. Grozny, 2015. Pp. 142–148. (rus)

8. Suleymanova L.A., Kolomatskay S.A., Kondrashov K.R., Shorstov R.A. Energy efficient porous composites for green building. [*Energoeffektivnye poristy kompozity dlya zelenogo stroitel'stva*]. *Naukoemkie tekhnologii i innovacii: Yubilejnaya Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennaya 60-letiyu BGTU im. V.G. Shuhova (XXI nauchnye chteniya)*. Pp. 354–359. (rus)

9. Suleymanova L.A., Kolomatskay S.A., Kara K.A. Energy-efficient concrete [*Energoeffektivnyj gazobeton*]. *Nauchnye i inzhenernye problemy stroitel'no-tekhnologicheskoy utilizacii tekhnogennyh othodov*. Belgorod, 2014. Pp. 218–220. (rus)

10. Gridchin A.M., Lesovik V.S., Gladkov D.I., Suleymanova L.A. Innovative technologies of highly porous concretes. [*Novye tekhnologii vysokoporizovannyh betonov*]. *Porobeton-2005 Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. Sbornik dokladov*. 2005. Pp. 6–16. (rus)

11. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kondrashev K.R., Suleymanov K.A., Lukutsova N.P. Energy efficient technologies of production and use non-autoclaved aerated concrete. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. Vol. 10. No. 5. Pp. 12399–12406.

12. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Kondrashov K.R., Suleimanov K.A., Piriyevev Y.S. Energy-saving aerated concrete on composite binding [*Energoberegayushchie gazobetonny na*

*kompozicionnyh vyazhushchih*]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 4. Pp. 73–83. (rus)

13. Suleymanova L.A., Lesovik V.S. Aerated concrete of non-autoclaved hardening on composite binders [*Gazobeton neavtoklavnogo tverdeniya na kompozicionnyh vyazhushchih*]. Belgorod, 2013. 304 p. (rus)

14. <http://www.gras-group.ru>

15. Greenfeld G.I., Vishnevsky A.A., Smirnova A.S. Production of autoclaved aerated concrete in Russia in 2017 [*Proizvodstvo avtoklavnogo gazobetona v Rossii v 2017 godu*]. *Building materials*. 2018. No. 3. Pp. 62–64. (rus)

16. Zavadsky V.F. Promising technological directions of production of wall products from cellular concrete. Improving the quality of materials for road and construction purposes [*Perspektivnye tekhnologicheskie napravleniya proizvodstva stenovykh izdelij iz yacheistykh betonov*]. *Povysheniya kachestva materialov dorozhnogo i stroitel'nogo naznacheniya. Sb. nauchnykh trudov*. 2001. Pp. 12–15. (rus)

17. Zavadsky V.F. Variants of wall structures with the use of effective insulation [*Varianty stenovykh konstrukcij s primeneniem effektivnykh uteplitelej*]. Novosibirsk: Novosibirsk State University of architecture and civil engineering, 2001. 52 p. (rus)

18. Danilov B.P., Bogdanov A.L. Enclosing structures of variable cellular concrete [*Ograzhdayushchie konstrukcii iz yacheistogo betona peremennoj*]. M: Construction publishing house, 1973. 102 p. (rus)

19. Chernov A.N., Kozhevnikova L.P., Khmelev C.V., Tsarkov V.V., Danyluk, M.A., Moiseev E.I., Stepanova Z.A. Technology of cellular concrete products with compacted surface layer [*Tekhnologiya yacheistobetonnykh izdelij s uplotnennym poverhnostnym sloem*]. *Building materials*. 1983. No. 8. Pp. 12–13. (rus)

20. Selaenkov E.S. Needlessly turned away from a single-layer walls [*Naprasno otvernulis' ot odnoslojnykh sten*]. *Construction materials*. 1999. No. 9. Pp. 38–39. (rus)

21. Bulavin V.A. Concrete for monolithic frame structures with variational pore structure [*Gazobeton dlya monolitnykh ograzhdayushchih konstrukcij s variatropnoj porovoj strukturoj*]: thesis of candidate of technical sciences. Rostov-on-Don. 2003. 145 p. (rus)

22. Kornev E.S. Two-layer wall products from concrete of different density: thesis of candidate of technical sciences [*Dvuhslojnye stenovye izdeliya iz betonov razlichnoj plotnosti*]. Novosibirsk, 2009. 142 p. (rus)

23. Beglyarov A.E., Effective wall integrally-layered products bulk molding [*Effektivnye stenovye monolitno-sloistye izdeliya ob"emnogo*

*pressovaniya*]: thesis of candidate of technical sciences M., 2011. 134 p. (rus)

24. Koroleva O.V. Structure and properties of radiation-protective of sulphur concrete variation-

frame structure [*Struktura i svojstva radiacionno-zashchitnyh sernyh betonov variatropno-karkasnoj struktury*]: thesis of candidate of technical sciences. Penza, 2007. 256 p. (rus)

*Information about the author*

**Shorstov, Roman A.** Postgraduate student. Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Suleymanova, Lyudmila A.** DSc, Professor. E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Kara, Karina A.** PhD. Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

---

*Received in February 2019*

**Для цитирования:**

Шорстов Р.А., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Технологии получения многослойных конструкций вариатропной структуры // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 4. С. 32–39. DOI: 10.34031/article\_5cb1e65fe51130.63177531

**For citation:**

Shorstov R.A., Suleymanova L.A., Kara K.A. Technology of obtaining multilayer structures variational structure. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 4. Pp. 32–39. DOI: 10.34031/article\_5cb1e65fe51130.63177531