

## Одностадийная технология пенобетона и её влияние на качество стеновых материалов

*В.Н. Моргун<sup>1</sup>, Л.В. Моргун<sup>2</sup>, В.В. Нагорский<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

*<sup>2</sup>Донской государственной технической университет*

**Аннотация:** Проблемы ресурсо- и энергосбережения в строительстве определяют необходимость совершенствования технологий ячеистых бетонов, и, как следствие, эксплуатационных свойств получаемых материалов. Дан краткий перечень проблем эксплуатационной надежности многослойных энергосберегающих стен и сформулирован тезис о том, что однослойные или равнопроницаемые многослойные стены могут обладать лучшими эксплуатационными свойствами. Приведены сведения об оборудовании и технологии изготовления пенобетонных смесей одностадийным способом. Показано, что введение волокнистого заполнителя взамен части песка существенно ускоряет период фазового перехода смесей из вязкого состояния в упругое и положительно влияет на эксплуатационные свойства затвердевшего пенобетона. В перечень исследованных эксплуатационных свойств материала вошли экспериментально полученные показатели сорбционных свойств, равновесной влажности, теплопроводности и морозостойкости теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных пенобетонов, содержащих различное количество фибры разной длины. Отражена практическая значимость влияния фибры, как сырьевого компонента, на технологические и эксплуатационные свойства пенобетонов, изготавливаемых одностадийным способом. Показано, что при достаточно высоком содержании фибры в составе сырья, одностадийно изготавливаемый пенобетон может успешно эксплуатироваться в различных регионах РФ.

**Ключевые слова:** пенобетонная смесь, пенобетон, пластическая прочность, фибра, сорбционные свойства, равновесная влажность, теплопроводность, морозостойкость

Изготовление строительных материалов, обладающих конкурентными свойствами для применения, должно опираться на доступную сырьевую базу, эффективность технологии и стабильность эксплуатационных свойств изготавливаемых изделий. Учитывая:

- диапазон размеров обозначенного региона и плотность его заселения;
  - ограниченность периода пригодного для выполнения работ на открытых площадках;
  - долю транспортных расходов в цене возводимых строительных объектов
- очень важно учитывать перечень существующих и пополняемых дисперсных

минеральных отходов промышленности, пригодных для изготовления энергосберегающих материалов [1, 2].

К числу стеновых материалов, способных эффективно утилизировать минеральные дисперсные отходы промышленности традиционно относят пено- и газобетоны. Практика применения газонаполненных бетонов в строительных конструкциях XXI века показывает, что в настоящее время используются преимущественно мелкоштучные изделия из автоклавного газобетона (Методические указания по применению изделий из автоклавного газобетона, выпускаемого ЗАО «МПРК «ГРАС», при проектировании и возведении ограждающих конструкций зданий. СПб, 2010. 136 с.). Для таких предпочтений практики существуют объективные причины.

Одна из них - резкое повышение требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий, вступившее в силу в 2000 году без подготовки стройиндустрии к возможности соблюдения этих требований. Другая – наличие в стране большого числа предприятий по изготовлению изделий из автоклавного газобетона. Существуют и другие причины, однако эти – мощнейшие.

Недостаточная трещиностойкость ячеистых бетонов автоклавного твердения еще в 80-х годах прошлого века привела в СССР к изобретению дисперсно армированных неавтоклавного твердения [3]. Эта технология развивается в настоящее время [4, 5], однако весьма ограниченно. Она пригодна для получения энергосберегающих и экологически дружественных человеку изделий и требует применения турбулентного бетоносмесителя, конструкции Б. С. Мосакова [6]. В настоящее время уже достаточно полно научно обоснована эффективность влияния синтетических волокон на способность фибропенобетонов обретать требуемый практикой уровень эксплуатационных свойств.

---

Многие регионы обитания РФ обладают резко континентальным климатом [7], к важным особенностям которого относится широкий размах температур между летним и зимним периодами, а также в течение суток. Эта климатическая особенность требует возведения в таких регионах зданий, стены которых обладают повышенным сопротивлением теплопередаче. Применение волокнистых минераловатных утеплителей в целях снижения теплопотерь в окружающую среду уже привело к дополнительным проблемам их утилизации [8] потому, что исключить слеживание таких материалов невозможно. Поэтому после непродолжительного срока эксплуатации волокнистую теплоизоляцию приходится менять.

Для устройства эксплуатационно надежных стен зданий, обеспечивающих безопасный микроклимат внутри помещений, необходимо производить и применять материалы, сочетающие в себе пожарную и экологическую безопасность, многолетнюю структурную устойчивость, достаточные прочность и морозостойкость. Полагаем, что пенобетон неавтоклавного твердения, изготавливаемый по одностадийной технологии, в достаточной мере отвечает вышеперечисленным требованиям.

Однако, несистемность инновационной политики, характерная для стройиндустрии и рекламные утверждения о том, что технология изготовления пенобетонов не требует профессиональных знаний, привели к тому, что обширная номенклатура изделий освоена только в двух регионах страны (Санкт-Петербурге и Ростове-на-Дону). Все остальные производители дальше блоков не продвинулись. Поэтому целью настоящей публикации является представление результатов теоретических и экспериментальных исследований, достоверно отражающих рецептурно-технологические взаимосвязи, управляющие качеством пенобетонов, при их изготовлении одностадийным способом без применения автоклавной обработки.

---

Объектом исследования является пенобетон различных марок по плотности, изготавливаемый в турбулентном смесителе со скоростью вращения рабочего органа 500 об/мин. Для оценки реологических свойств получаемых пенобетонных смесей применялся прибор для определения пластической прочности [9]. Для оценки физико-механических свойств применялись стандартные методы испытаний.

Суть одностадийной технологии изготовления пенобетонных смесей в турбулентном смесителе опирается на то, что требуется соблюдать следующую последовательность ввода компонентов сырья: вода, цемент, зернистый заполнитель, пенообразователь, волокнистый заполнитель. Рецептурные соотношения между ними, устанавливаются расчетом по авторской методике, и зависят от проектной плотности бетона в сухом состоянии.

Самым сложным технологическим этапом изготовления пенобетона с заданными свойствами является период времени между укладкой пенобетонных смесей в формы и завершением процессов схватывания в портландцементе. В этот период вибрационные или резкие температурные изменения окружающей среды могут вызывать нарушения макроструктуры вязко-пластичного материала, полученного в смесителе, и способствовать комплексному ухудшению физико-механических свойств затвердевшего бетона.

Эффективным приемом повышения структурной устойчивости пенобетонных смесей в этот период времени принято считать дисперсное армирование синтетическими волокнами [10-12]. Однако в публикациях не всегда отражается тот факт, что геометрические размеры фибры и её количество обладают мощным управляющим воздействием на механические свойства свежесуложенных пенобетонных смесей и скорость их фазового перехода из вязкого состояния в упругое. В таблице 1 приведены

---

экспериментальные данные, полученные при исследованиях влияния вида, геометрических параметров и расхода фибры на технологические свойства пенобетона марки D500.

Таблица 1 - Влияние длины и расхода полипропиленовой фибры на кинетику пластической прочности смесей, их плотность и среднюю плотность полученных бетонов

Марка	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>			Пластическая прочность (Па) через минут твердения			
	смеси	бетона <sup>w</sup>	бетона <sup>c</sup>	0	30	60	180
ПБ <sub>5</sub>	748/1,02	578/1,43	499/1,66	41	45	68	196
ФПБ <sub>51</sub>	742/0,99	547/1,28	492/1,29	42	48	83	229
ФПБ <sub>52</sub>	738/0,95	551/0,99	486/1,03	48	57	98	292
ФПБ <sub>53</sub>	730/0,95	553/0,98	483/0,95	51	60	105	344
ФПБ <sub>51</sub> *	740/0,99	536/1,21	482/1,27	42	48	86	242
ФПБ <sub>52</sub> *	735/0,96	534/1,06	467/0,90	48	62	110	321
ФПБ <sub>53</sub> *	728/0,95	531/0,98	459/0,86	51	66	122	386

Примечания:

- в числителе - среднее арифметическое контролируемого свойства, в знаменателе – коэффициент вариации в %;
- маркировка ПБ<sub>5</sub> относится к смеси и бетону марки D500, не содержащему дисперсной арматуры;
- маркировка ФПБ относится к смесям и бетонам, содержащим фибру длиной 12 мм. Индекс «1» соответствует расходу фибры 0,3 кг/м<sup>3</sup> бетона. Индекс «2» = 0,8 кг/м<sup>3</sup>; индекс «3» = 1,3 кг/м<sup>3</sup>;
- индекс «\*» добавлен бетонам, содержащим фибру длиной 18 мм;
- индекс «w» в шапке таблицы соответствует влажности затвердевшего бетона после 28 дней нормального твердения, а индекс «c» - сухому бетону.

Из данных, приведенных в табл.1 следует, что введение полипропиленовой фибры положительно сказывается на плотности исследуемого материала и его способности сопротивляться действию гравитационных сил на этапе фазового перехода из вязкого состояния в упругое. Причем все контролируемые свойства зависят как от расхода, так и длины фибры.

Кроме технологических свойств бетонных смесей и прочности затвердевших бетонов [4, 5, 13] для успешной эксплуатации стеновых

материалов чрезвычайно важны такие как теплопроводность, паропроницаемость и морозостойкость. Поскольку именно эти свойства определяют параметры комфортного микроклимата внутри помещений, теплопотери здания в окружающую среду и диапазон межремонтных периодов строительных конструкций. В таблице 2 приведены ранее полученные результаты [14] испытаний на морозостойкость теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных пенобетонов.

Данные, представленные в таблице 2, демонстрируют как наличие дополнительных воздухововлекающих свойств фибры, так и существенное положительное её влияние на капиллярную пористость пенобетонов в результате чего даже теплоизоляционный дисперсно армированный пенобетон естественного твердения при содержании в нем фибры 1,2 кг/м<sup>3</sup> гарантированно достигает марки F100.

Таблица 2 - Результаты испытаний на морозостойкость пено- и фибропенобетонов по ГОСТ 25485

Марка	Средняя плотность, кг/ м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие (Мпа) после прохождения циклов замораживания и оттаивания						
		0	15	25	35	50	75	100
ПБ500	506	0,81/100	0,78/96	0,74/91	0,67/83			
ПБ800	782	3,53/100	3,48/99	3,39/96	3,12/88	2,74/78		
ФПБ500*	492	0,82/100	0,81/99	0,79/98	0,75/93	0,67/83		
ФПБ500**	486	0,77/100	0,78/100	0,80/104	0,84/109	0,82/106	0,80/104	0,81/105
ФПБ800*	794	3,45/100	3,46/100	3,54/102	3,55/103	3,37/98	3,21/93	3,14/91
ФПБ800**	770	3,38/100	3,41/101	3,65/108	3,72/110	3,73/110	3,78/112	3,71/110

Примечания:

- ФПБ500\* и ФПБ800\* содержат фибры 0,5 кг/м<sup>3</sup> пенобетона;
- ФПБ500\*\* и ФПБ800\*\* содержат фибры 1,2 кг/м<sup>3</sup> пенобетона;
- в знаменателе показатели в % по отношению к прочности бетона до начала испытаний на морозостойкость.

Многовековое применение кирпича в качестве стенового материала отражает его эксплуатационную надежность, которая в настоящее время находится в жестком противоречии с теплотехническими требованиями к

ограждающим конструкциям зданий. Проблема после 2000 г. возникла потому, что если стены возводить только из кирпича, то их расчетная толщина в условиях многих регионов РФ должна превышать 1 метр.

Современный уровень урбанизации в сочетании с требованиями к энерго- и ресурсосбережению привел к тому, что при возведении жилья каркасным способом стены делают многослойными и достаточно часто без учета паропроницаемости слоев [14, 15], что приводит к ухудшению микроклимата внутри помещений [16], появлению плесени и дефектам кирпичной облицовки [14-16] через сравнительно непродолжительный период эксплуатации построенного здания.

Таблица 3 - Показатели паропроницаемости стеновых материалов

Вид и марка стеновых материалов	Фактическая средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Содержание фибры, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па
ГБ D500	500	0	0,200
ГБ D800	800	0	0,150
ПБ D500	509	0	0,251
ПБ D800	798	0	0,143
ФПБ D500	595	0,5	0,154
ФПБ D500	484	1,2	0,145
ФПБ D800	794	0,5	0,117
ФПБ D800	788	0,8	0,090
КК	1600	0	0,160
КБ	1200	0	0,110

**Примечания:** ГБ – газобетон; ПБ - пенобетон; ФПБ – фибропенобетон; КК – кирпичная кладка; КБ – керамзитобетон; D – индекс марки ячеистого бетона по плотности.

В табл.3 приведены показатели паропроницаемости, полученные экспериментально для фибропенобетонов марок D500...800 и справочно, из публикаций [17] и нормативных документов. Сравнение экспериментальных данных со справочными (табл.3) позволяет утверждать, что стеновые материалы из фибропенобетона обладают большим сопротивлением транспортированию пара по сравнению с равноплотными газонаполненными бетонами, не содержащими дисперсной арматуры. Это позволяет

прогнозировать возможность применения изделий из фибропенобетона либо без облицовки, либо в комбинации с облицовкой исключающей накопление парообразной влаги в местах изменения паропроницаемости в слоистой стеновой конструкции.

Например, сочетание кладки из фибропенобетона марки D500, содержащего всего 0,5% фибры, с кирпичной кладкой (табл.3) не приведет к накоплению влаги в стене и обеспечит стабильность её эксплуатации по показателям комфортности и сопротивления теплопередаче в течение длительного времени. В тоже время, применение равноплотного автоклавного газобетона обеспечит довольно быстрое накопление влаги на стыке кирпичной и блочной кладок [17]. Следствием обозначенного явления будет вначале последовательное снижение сопротивления теплопередаче за счет увлажнения теплоизоляционного слоя. Затем появление плесени внутри помещений с повышенной влажностью среды эксплуатации (раньше всего на кухне). Через несколько лет эксплуатации объекта возникают условия для появления трещин или обрушения облицовочных слоев из кирпича [15].

Все строительные материалы, содержащие в своем составе портландцемент, обладают капиллярно-пористой структурой. Поэтому их теплотехнические свойства зависят от средней плотности и особенностей структуры, способной сорбировать парообразную влагу. Результаты выполненных исследований, приведенные в табл.4 отражают меру практического влияния дисперсного армирования на важнейшие эксплуатационные свойства газонаполненного бетона, которые управляют его теплотехнической целесообразностью и энергоэффективностью в условиях эксплуатации.

Анализ результатов выполненных экспериментальных исследований и научных обобщений, представленных выше, позволяет установить перечень причин, обуславливающих различия в технологических и эксплуатационных

---

свойствах различных видов газонаполненных бетонов. На практике важно, опираясь на результаты исследований, использовать те приемы изготовления материалов, которые обеспечивают комплексное улучшение их эксплуатационных свойств.

Таблица 4 - Теплотехнические свойства стеновых материалов в сравнении с одностадийно изготовленным фибропенобетоном

Вид и плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа		Равновесная влажность, % по <u>объему</u> массе	Коэффициент насыщения пор сорбированной влагой	Теплопроводность, Вт/(м·°С)		
	при сжатии	растяжение при изгибе			сухого	для условий эксплуатации	
						А	Б
ГБ500	2,5...3,5	Не норм.	4,0/8,0	0,102	0,118	0,127	0,145
ГБ600	3,5...5,0	Не норм.	4,3/7,2	0,097	0,137	0,160	0,183
ГБ700	5,0...7,0	Не норм.	4,8/6,9	0,099	0,165	0,192	0,214
ГБ800	Более 7	Не норм.	5,4/6,8	0,104	0,182	0,225	0,267
ФПБ 500	2,0...3,5	1,0...2,0	2,5/5,0	0,014	0,088	0,12	0,15
ФПБ 600	2,5...4,5	1,5...2,5	2,9/4,8	0,023	0,113	0,16	0,20
ФПБ 700	2,0...4,0	1,5...3,5	3,3/4,7	0,039	0,142	0,18	0,21
ФПБ 800	3,0...5,0	2,5...4,0	4,0/5,0	0,055	0,171	0,21	0,25
КБ 1200	7,5...30	1,0...3,0	6,0/5,0	0,12	0,36	0,44	0,52
ТБ 2400	7,5...200	1,2...10	4,8/2,0	0,60	1,51	1,74	1,86

**Примечания:**

ГБ – газобетон автоклавного твердения;

ФПБ – фибропенобетон нормального твердения;

КБ – керамзитобетон средней плотности 1200 кг/м<sup>3</sup>;

ТБ – тяжелый бетон средней плотности 2400 кг/м<sup>3</sup>.

Из данных табл.1 следует, что введение дисперсной арматуры взамен соответствующей массы песка обеспечивает существенное сокращение периода фазового перехода пенобетонной смеси из вязкого состояния в упругое. Результат практически важен потому, что чем дольше газонаполненная смесь сохраняет преимущественно вязкие связи между компонентами сырья, тем большее количество физически слабо связанной воды будет перемещаться в её объеме под действием гравитационных сил.

Обозначенный процесс негативно влияет на структурную устойчивость смесей потому, что приводит к нарушению подвижного соответствия между количеством ПАВ в пенных пленках и межчастичной жидкости пенобетонных смесей. Фибра, ускоряя процесс формирования кластеров в межпоровых перегородках, способствует существенному замедлению роста концентрации ПАВ в межчастичной жидкости путем транспортирования влаги из центра кластера на периферию. Таким образом, введение дисперсной арматуры в рецептуру пенобетонной смеси создает комфортные условия для формирования повышенной прочности в затвердевшем пенобетоне.

Достоверность вышеописанного процесса массопереноса подтверждается экспериментальными данными таблицы 2 потому, что именно процесс массопереноса, инициируемый поверхностными свойствами фибры на этапе фазового перехода, управляет плотностью упаковки частиц твердой фазы сырья. Следствием отмеченного энергетического воздействия фибры на свойства одностадийно изготовляемого пенобетона является пониженная сорбционная влажность (табл.3) и достаточно высокая морозостойкость, если сравнивать равноплотные газонаполненные материалы.

Давно известна корреляционная связь между способностью бетонов сорбировать парообразную влагу и их теплопроводностью, которая заключается в том, что перемещение фононов тепловой энергии в любом материале происходит по линиям наименьшего сопротивления. В пенобетонах к таким линиям относится адсорбированная вода и твердая фаза межпоровых перегородок.

В исследованных материалах показатели коэффициентов насыщения пор влагой (табл.4) объективно отражают эффективность дисперсного армирования пенобетонных смесей, изготавливаемых по одностадийной

---

технологии, на технико-экономическую целесообразность их применения в качестве стеновых. Для достижения максимального достижимого эффекта энергосбережения в строительстве необходимо чтобы стеновые материалы зданий обладали минимально возможными коэффициентами теплопроводности. Данные табл.4 отражают тот факт, что дисперсно армированные газонаполненные бетоны обладают пониженными показателями равновесной влажности в равноплотных материалах и соответственно меньшей теплопроводностью в сухом и равновесном состояниях, в зависимости от относительной влажности окружающей среды, которая в Сибирском регионе обладает чрезвычайно широким размахом показателей.

Актуальность ресурс- и энергосбережения в строительстве является важнейшим исходным посылом для выполнения научных исследований в области производства эффективных строительных материалов. Результаты изучения свойств пенобетонов, получаемых по одностадийной технологии изготовления, дают основания для утверждений о том, что оборудование, обеспечивающее гомогенизацию сырья, обладающего индивидуальными свойствами, позволяет получать материалы с улучшенными эксплуатационными свойствами. Опора на закономерности, полученные в физической химии, теории кластеров, физике растворов и поверхностно активных веществ (ПАВ) позволила понять:

- причины роста и приемы управления структурной устойчивостью пенобетонных смесей;
  - взаимосвязь между структурной устойчивостью пенобетонных смесей и гигроскопическими свойствами пенобетонов, величина которых управляет их теплотехнической эффективностью и долговечностью.
-

Отсюда следует, что практическое освоение одностадийной технология изготовления пенобетонов может способствовать возведению стен зданий с улучшенными эксплуатационными свойствами.

### Литература

1. Михеев Г. В., Волковская В.В., Дьякова Е.О., Турук Н.Е., Пелипенко А.П., Мазурин А.С. Формирование и реализация методов строительства малоэтажных зданий с использованием энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий. Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14, № 3. URL: [esj.today/PDF/25SAVN322.pdf](http://esj.today/PDF/25SAVN322.pdf)
2. Костенко О.М. Достоверность расчета транспортной составляющей при определении стоимости строительных материалов. Вестник ТОГУ. Экономика и управление народным хозяйством. 2017. № 2 (45). С.193-198.
3. Лобанов И.А., Пухаренко Ю.В.: Патентообладатель - Ленинградский инженерно-строительный институт (ЛИСИ). Авторское свидетельство №863545 «Сырьевая смесь для получения ячеистых бетонов». Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР 14.05.1981 г.
4. Гебру Б.К., Амрагова И.В., Липодаева А.Е. Свойства фибропенобетона на основе опоки в качестве мелкого заполнителя. Научная школа "Зеленое будущее" для молодых ученых, аспирантов и студентов. Новочеркасск, 2023. С.129-133.
5. Моргун В.Н., Моргун Л.В., Богатина А.Ю. Экспериментальная оценка наноэффектов в технологии пенобетонов. Строительные материалы. 2020; (7). С.45-48.
6. Мосаков Б.С. К вопросу о методике проектирования машин принудительного действия для приготовления композиционных смесей.

- Технология изготовления и свойства новых композиционных строительных материалов. - Ленинград, ЛИСИ. 1982. С.146-152.
7. Котляров Д. А. Анализ индекса континентальности климата на территории Северо-Востока России. Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2024; (1). С. 92-103. doi: 10.5922/gikbfu-2024-1-6.
  8. Белов В.В., Абрамов Д.Г. Оценка влияния отходов производства минераловатных изделий на механические свойства бетона. Строительные материалы. Технологии. 2023; (6). С.33-36.
  9. Моргун В.Н.; Патентообладатели: Моргун В.Н., Ростовский инженерно-строительный университет (РГСУ). Патент 2316750 Российская Федерация, RU №С1. Способ определения пластической прочности пенобетонных смесей 2006115273; заявл. 03.05.2006; опубл. 10.02.2008.
  10. Яновская А.В., Чернильский А.А., Доценко Н.А., Овчаров А.С., Чумак Д.Л. Особенности структурообразования пенобетона в зависимости от некоторых технологических параметров. Вестник Евразийской науки. 2019; (4). URL: [esj.today/PDF/57SAVN419.pdf](http://esj.today/PDF/57SAVN419.pdf)
  11. Моргун Л.В., Амрагова И.В., Липодаева А.Е., Нагорский В.В. Структурные особенности заполнителей, влияющие на свойства пенобетонных смесей. Теория и практика повышения эффективности строительных материалов. М-лы XVIII Международной научно-технической конференции молодых учёных, посвященной памяти проф. В.И. Калашникова. Под ред. М.О. Коровкина и Н.А. Ерошкиной. Пенза. 2023. С.140-144.
  12. Моргун Л.В., Порохня А.С. Экспериментально-теоретическое обоснование целесообразности использования индивидуальных свойств фибропенобетона в сейсмостойком строительстве.
-

- Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. 2023; (3, т.2). С.49-56. URL: [doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-49-56](https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-49-56)
13. Моргун Л.В., Моргун В.Н., Богатина А.Ю. Причины повышения морозостойкости пенобетонов при дисперсном армировании их волокнами. М-лы XI Акад. чт. РААСН – МНТК посвящ. памяти первого пред. Науч. совета РААСН «Механика разрушения бетона, железобетона и других строительных материалов», почетного члена РААСН, д.т.н., проф. Зайцева «Долговечность, прочность и механика разрушения строительных материалов и конструкций». Саранск. 2020. С. 391- 396.
14. Пец Т. Кирпичные фасады: два шага назад. Строительные материалы. 2009; (6). С.49.
15. Избицкая Ю.С., Калошина С.В. Исследование причин появления дефектов в многослойных стенах с облицовочным слоем из кирпича. Строительство и архитектура. 2018; Т. 6 Вып. 4 (21). С.58-63. DOI: [10.29039/article\\_5c35f058ab4d38.41857509](https://doi.org/10.29039/article_5c35f058ab4d38.41857509)
16. Богомолова Е.В. Комарова В.Л. Чем пахнет плесень? Светопрозрачные конструкции. Наука. 2009; (1,2). С.8-11.
17. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С., Ольшевский В.Я., Пестряков И.И. Эксплуатационная влажность автоклавного газобетона в стеновых конструкциях. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018; 8 (71). С.22-40.

### References

1. Mixeev G. V., Volkovskaya V.V., D'yakova E.O., Turuk N.E., Pelipenko A.P., Mazurin A.S. Vestnik evrazijskoj nauki. 2022. Т. 14, № 3. URL: [esj.today/PDF/25SAVN322.pdf](https://esj.today/PDF/25SAVN322.pdf)
-

2. Kostenko O.M. Vestnik TOGU. E`konomika i upravlenie narodny`m hozyajstvom. 2017. № 2 (45). Pp.193-198.
3. Lobanov I.A., Puxarenko Yu.V.: Patentoobladatel` - Leningradskij inzhenerno-stroitel`ny`j institut (LISI). Avtorskoe svidetel`stvo №863545 «Sy`r`evaya smes` dlya polucheniya yacheisty`x betonov». [Certificate of Authorship No. 863545 "Raw Material Mixture for Production of Cellular Concrete"]. Zaregistrovano v Gosudarstvennom reestre izobretenij SSSR 14.05.1981 g.
4. Gebru B.K., Amragova I.V., Lipodaeva A.E. Nauchnaya shkola Zelenoe budushhee dlya molody`x ucheny`x, aspirantov i studentov. Novocherkassk, 2023. pp. 129-133.
5. Morgun V.N., Morgun L.V., Bogatina A.Yu. Stroitel`ny`e materialy`. 2020; (7). pp. 45-48.
6. Mosakov B.S. K voprosu o metodike proektirovaniya mashin prinuditel`nogo dejstviya dlya prigotovleniya kompozicionny`x smesej. Tekhnologiya izgotovleniya i svoystva novy`x kompozicionny`x stroitel`ny`x materialov. [On the methodology of designing forced-action machines for preparing composite mixtures. Technology of production and properties of new composite building materials]. Leningrad, LISI. 1982. pp.146-152.
7. Kotlyarov D. A. Analiz indeksa kontinental`nosti klimata na territorii Severo-Vostoka Rossii. Vestnik Baltijskogo federal`nogo universiteta im. I. Kanta. Ser. Estestvenny`e i medicinskie nauki. 2024; (1). pp. 92-103. doi: 10.5922/gikbfu-2024-1-6.
8. Belov V.V., Abramov D.G. Stroitel`ny`e materialy`. Tekhnologii. 2023; (6). pp.33-36.
9. Morgun V.N.; Patentoobladateli: Morgun V.N., Rostovskij inzhenerno-stroitel`ny`j universitet (RGSU). Patent 2316750 Rossijskaya Federaciya, RU №C1. Sposob opredeleniya plasticheskoj prochnosti penobetonny`x smesej

2006115273 [Method for Determining the Plastic Strength of Foam Concrete Mixtures]. 2006115273; zayavl. 03.05.2006; opubl. 10.02.2008.

10. Yanovskaya A.V., Chernil'skij A.A., Docenko N.A., Ovcharov A.S., Chumak D.L. Vestnik Evrazijskoj nauki. 2019. (4). URL: [esj.today/PDF/57SAVN419.pdf](http://esj.today/PDF/57SAVN419.pdf)

11. Morgun L.V., Amragova I.V., Lipodaeva A.E., Nagorskij V.V. Teoriya i praktika povy'sheniya e'ffektivnosti stroitel'ny'x materialov. M-ly' XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii molody'x uchyony'x, posvyashhennoj pamyati prof. V.I. Kalashnikova. Pod red. M.O. Korovkina i N.A. Eroshkinoy. Penza. 2023. pp.140-144.

12. Morgun L.V., Poroxnya A.S. Sovremennyy'e tendencii v stroitel'stve, gradostroitel'stve i planirovke territorij. 2023; (3, t.2). pp.49-56. URL: [doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-49-56](https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-49-56)

13. Morgun L.V., Morgun V.N., Bogatina A.Yu. M-ly' XI Akad. cht. RAASN – MNTK posvyashh. pamyati pervogo pred. Nauch. soveta RAASN «Mexanika razrusheniya betona, zhelezobetona i drugix stroitel'ny'x materialov», pochetnogo chlena RAASN, d.t.n., prof. Zajceva «Dolgovechnost', prochnost' i mexanika razrusheniya stroitel'ny'x materialov i konstrukcij». Saransk. 2020. pp. 391- 396.

14. Pecz T. Kirpichny'e fasady': dva shaga nazad. Stroitel'ny'e materialy'. 2009; (6). p.49.

15. Izbiczka Yu.S., Kaloshina S.V. Issledovanie prichin poyavleniya defektov v mnogoslujny'x stenax s obliczovochny'm sloem iz kirpicha. Stroitel'stvo i arxitektura. 2018; T. 6. Vy'p. 4 (21). pp.58-63. DOI: [10.29039/article\\_5c35f058ab4d38.41857509](https://doi.org/10.29039/article_5c35f058ab4d38.41857509)

16. Bogomolova E.V. Komarova V.L. Svetoprozrachny'e konstrukcii. Nauka. 2009; (1, 2). pp.8-11.

17. Kornienko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S., Ol'shevskij V.Ya., Pestryakov I.I. Stroitel'stvo unikal'ny'x zdaniy i sooruzhenij. 2018; 8 (71). pp.22-40.

**Дата поступления: 7.07.2025**

**Дата публикации: 26.08.2025**

---