

О важности учета индивидуальных свойств стеновых материалов при строительстве зданий

В.Н. Моргун¹, Л.В. Моргун²

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

²Донской государственной технической университет

Аннотация: Дан краткий исторический обзор эволюции требований к эксплуатационным свойствам стеновых материалов. Показано, что перечень применяемых видов стеновых материалов регулируется уровнем урбанизации социума и современными требованиями к энерго- и ресурсосбережению. Анализ разновидностей дефектов, возникающих в многослойных стенах зданий при их эксплуатации, показал, что важнейшей причиной их возникновения является неправильное сочетание материалов, обладающих разной пористостью. Отмечена важность учета в строительстве фактора «однослойности», который позволяет обеспечивать качество возведения и эксплуатации зданий в российских разнообразных и сложных климатических условиях. Приведены сведения о номенклатуре изделий и эксплуатационных преимуществах фибропенобетона неавтоклавного твердения, как материала, пригодного для устройства однослойных стен и способного улучшать их защитные и акустические свойства.

Ключевые слова: безопасность пользования помещениями, энергоэффективное строительство, газонаполненные бетоны, многослойные стены, плесень, фибропенобетон, прочность, теплопроводность.

Практика возведения зданий, конструкции которых должны удовлетворять ФЗ №261 по ресурсо- и энергосбережению, показала, что в настоящее время, на момент их сдачи в эксплуатацию, стены, как правило, соответствуют классу А. Однако, по прошествии некоторого периода времени, существенно меньшего расчетного периода бездефектной эксплуатации, приходится констатировать, что изменения, возникающие в качестве многослойных стен, не обеспечивают безопасности пользования помещениями [1-6]. Поэтому, еще 6 апреля 2009 г. возникло Распоряжение Правительства Москвы № 587-РП «О запрете применения на объектах государственного заказа города Москвы многопустотного кирпича в качестве облицовки слоистых стеновых ограждающих конструкций зданий». Близкие по содержанию документы продолжают появляться в различных регионах

страны, однако принципиального положительного решения проблемы такие документы до настоящего времени не обеспечили.

Российский заинтересованный взгляд на энергоэффективное строительство в Европе, к сожалению, до настоящего времени не учитывает существенных различий в климатических условиях эксплуатации строительных конструкций по показателям размаха температур наружного воздуха и его относительной влажности, временных соотношений между продолжительностью теплого и холодного периодов. Поэтому те проблемы в строительстве, которые системно фиксируются при обследовании стеновых конструкций зданий [1, 6, 7] требуют научно обоснованного анализа и поиска путей их решения.

Если рассмотреть перечень материалов, исторически применявшихся для возведения стен зданий жилого и общественного назначения, то есть, таких, в которых микроклимат внутри помещений чрезвычайно важен для комфорта пользования и здоровья человека, то следует признать, что до начала XX века это были только древесина, природный камень и кирпич. Стены тогда строили толстыми, однослойными и были они паропроницаемыми. Такие конструкции обеспечивали возможность сохранения комфортного микроклимата внутри помещений с любое время года и в настоящее время не требуют установки систем кондиционирования.

Ускорение научно-технического прогресса, потребовавшее урбанизации социума, привело к разработке технологий газонаполненных (пено- и газо-) бетонов и строительству зданий из них. В первой половине XX века в строительстве применяли пенобетоны неавтоклавного твердения с плотностью 900...1200 кг/м³ [8]. В СССР до начала второй мировой войны возводились двух- и пятиэтажные дома, которые и в настоящее время эксплуатируются в регионах приуралья. На предприятиях по выпуску пенобетона автоклавного твердения изготавливали железобетонные плиты

покрытий промзданий, крупноразмерные стеновые блоки. Газобетон тогда не производили, так как еще не существовало технологии изготовления алюминиевой пудры.

ДСК №3 Главленинградстроя первым в мире стал изготавливать и монтировать на стройплощадке крупноразмерные газожелезобетонные стеновые панели плотностью 700...800 кг/м³ толщиной 240 мм при возведении пяти- и девятиэтажных жилых зданий. Столицы европейских государств для строительства социального жилья освоили эту технологию несколько позже. В Ростове-на-Дону на пр. Ленина успешно эксплуатируются пятиэтажные здания, построенные в 60-х годах прошлого века из крупноразмерных газобетонных блоков.

В середине XX века, благодаря лозунгу «Экономика должна быть экономной», стены зданий перестали быть толстыми. Потребность в тепле комфортного уровня компенсировалась за счет сжигания дешевых нефти и газа [9]. Поскольку дешевыми перечисленные виды энергоносителей были меньше полувека и сжигаемое их количество способствовало интенсивному загрязнению городской среды углекислым газом, то возникли экологические проблемы [10], в рамках решения которых было необходимо совершенствовать эксплуатационные свойства стеновых материалов.

Экономика семидесятых годов прошлого века столкнулись с первым мощным энергетическим кризисом [11], преодоление которого потребовало от стройиндустрии снижения плотности в выпускаемых изделиях из ячеистых бетонов до 600 кг/м³ [12]. Предприятия, производившие стеновые панели, из автоклавного газобетона, смогли уменьшить толщину ограждающих конструкций до 180 мм, приемлемую для бездефектной распалубки крупноразмерных изделий, армированных пространственными каркасами. Такая толщина стен обеспечивала в тот период нормативное

сопротивление теплопередаче, тем более что понятие энергоэффективности зданий еще не было обязывающим.

Последующие энергетические кризисы привели к дополнительному росту требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий. Понижение плотности автоклавного газобетона до 400...500 кг/м³ не привело к существенному понижению его прочности на сжатие, но исключило возможность бездефектной распалубки крупноразмерных изделий из-за того, что у такого бетона недостаточно прочности на изгиб и растяжение. Поэтому, при кантовании и транспортировании панели получали такое количество дефектов, которое не позволяло их применять в дело.

Изложенный процесс эволюции стройиндустрии совпал по времени с изменением социально-экономической формации в государстве. Населению нужна была работа и стройки продолжали нуждаться в стеновых энергоэффективных материалах. Возникли технико-экономические условия для возврата к изготовлению мелкоштучных изделий из газонаполненных бетонов, что и произошло на тех предприятиях, которые смогли сохранить оборудование и персонал.

Переход к возведению многослойных стен возник в результате противоречий, связанных с одной стороны с необходимостью сокращения расходов ЖКХ на отопление, а с другой – с отсутствием промышленно изготавливаемых материалов, пригодных для устройства однослойных стен. Стали массово применять мелкоштучные изделия из автоклавного газобетона, способного обеспечивать расчетный нормативный уровень сопротивления теплопередаче практически в любом регионе РФ, но не обладающего достаточной атмосферостойкостью в однослойных стеновых конструкциях многоэтажных зданий.

Защиту от продувания и устойчивость стен жилых зданий к знакопеременным температурным воздействиям в проектах стали осуществлять с помощью кирпичной кладки (рис.1) или навесных фасадов. На момент сдачи объектов в эксплуатацию стены таких зданий полностью соответствовали всем нормативным требованиям.

Однако, с течением времени, как правило, через 4...7 лет, эксплуатационные свойства таких стен существенно ухудшаются [2, 4]. Пар, образующийся внутри помещений в результате жизнедеятельности людей, легко проникает в структуру газосиликата, но, добравшись до слоя кирпичной кладки, пористость которой в разы меньше, начинает накапливаться на стыке слоев. В результате развития этого процесса внутри помещений появляется плесень (рис. 1), а на фасаде начинается выкрашивание облицовки.



Отслоение слоя пониженной паропроницаемости



Плесень, обусловленная накоплением влаги в теплоизоляционном слое

Рисунок 1. - Распространенные дефекты многослойных стен

При проектировании и применении энергосберегающих материалов, предназначенных для устройства наружных стен зданий важно учитывать, что эти строительные конструкции работают в условиях системного массопереноса парообразной влаги, которая движется только в одном направлении «от теплого к холодному». Поэтому в осенне-зимний период эксплуатации зданий поток пара всегда направлен из помещения наружу.

Следовательно, если стена многослойная, то её паропроницаемость должна расти в этом же направлении. Нарушение принципа соответствия приводит к накоплению влаги в слоях, препятствующих выходу пара наружу (Экспертное совещание ВОЗ: Рекомендации по вопросам политики осуществления мер вмешательства и действий для борьбы с сыростью и плесенью, Бонн, Германия, 10.02 Копенгаген, Европейское региональное бюро ВОЗ, 2009 г. (euro.who.int/Housing/support/20090107_1, получено 28 мая 2009 г.) и появлению дефектов, несовместимых с возможностью безопасной эксплуатации стен строительных объектов [2, 7].

Перечисленные дефекты наружных стен возникают в результате неправильного сочетания материалов, обладающих разной пористостью. А правильно их сочетать не позволяют индивидуальные свойства газосиликата.

Практика строительства в нашей стране показывает, что важнейшим направлением, обеспечивающим качество возведения и эксплуатации зданий в российских разнообразных и сложных климатических условиях, является фактор «однослойности». Он способен обеспечивать снижение количества операций и трудозатрат на стройплощадке и создает предпосылки для повышения качества строительно-монтажных работ.

Понятие фибропенобетона (ФПБ) впервые было сформулировано И.А. Лобановым [13], который разрабатывал теорию и практику дисперсно армированных бетонов в Ленинградском инженерно-строительном институте. С тех пор прошло около 40 лет. В начале XXI века на основе его работ и работ его учеников в стране появились малые частные предприятия по изготовлению изделий из фибропенобетона [14-16]. Номенклатура изделий, изготавливаемых ими, демонстрирует технико-экономические преимущества этого вида энергосберегающего материала по сравнению с традиционно выпускаемыми газонаполненными бетонами автоклавного производства и бетонами слитной структуры классов В20 и ниже.

Опыт производства и применения стеновых изделий из фибропенобетона (ФПБ) неавтоклавного твердения, накопленный в Южном федеральном округе, показал, что этот материал обладает важными эксплуатационными преимуществами по сравнению с традиционно применяемыми (табл.) и годится для устройства однослойных стен на значительной территории РФ.

Важнейшие эксплуатационные свойства стеновых материалов

Вид и плотность, кг/м ³	Прочность, МПа		Морозостойкость, циклы	Равновесная влажность, % по объему массе	Паропроницаемость, $\frac{мг}{м^2 \cdot ч \cdot Па}$	Теплопроводность, Вт/(м ⁰ С)		
	при сжатии	растяжение при изгибе				сухого	для условий эксплуатации	
							А	Б
СК 1800	15...25	1,0...2,5	25...30	9,0/2,0	~ 0,11	0,70	0,76	0,87
КК 1500	10...25	1,0...3,0	35...50	7,0/1,0	~ 0,11	0,56	0,70	0,81
КБ 900...1200	7,5...30	1,0...3,0	35...100	6,0/5,0	~ 0,11	0,36	0,44	0,52
ДС 450...500	20...25	60...80	25...30	7,5/15,0	~ 0,32	0,09	0,14	0,18
АГБ 400...500	1,5...5,0	0,10...0,40	15...50	4,0/8,0	~0,23	0,12	0,13	0,15
ФПБ 300	0.5...1,0	0,2...0,5	25...35	4,0/8,0	0,23	0,07	0,09	0,11
ФПБ 500	2.0...5,0	1,0...2,5	50...75	3,2/6,5	0,16...0,18	0,09	0,12	0,14
ФПБ 700	2,0...4,0	1,5...3,5	Более 75	3,3/4,7	0,10...0,12	0,14	0,18	0,21
ФПБ1000	7,5...12	3,5...6,0	Более 100	3,4/3,4	0,05	0,28	0,32	0,36

Примечания:

СК – силикатный кирпич;

КК – керамический кирпич;

КБ – керамзитобетон;

ДС – древесина сосны поперек волокон;

АГБ – автоклавный газобетон;

ФПБ – фибропенобетон нормального твердения.

Из данных приведенных в таблице следует, что ФПБ марок D500 и выше, пригодный для применения в конструкциях самонесущих стен, по показателям прочности на сжатие уступает таким традиционно применяемым материалам, как кирпич и керамзитобетон. Рассмотрим причины, по которым

существующие нормативные документы регламентируют величину минимальной прочности на сжатие у кирпича и керамзитобетона.

Согласно ГОСТ 530 табл.7, если при стандартных испытаниях кирпича его прочность на растяжение при изгибе менее 10...15% от прочности на сжатие, то марку понижают. Известно, что напряжения растяжения в реальных стеновых конструкциях даже под действием разницы температур на противоположных стенах зданий могут достигать 1 МПа [17, 18], поэтому марку по прочности на сжатие назначают исходя из реально допустимых значений прочности материала на растяжение при изгибе.

В данном случае важно понимать, что любое разрушение начинается с местного разрыва сплошности в структуре материала при превышении растягивающих напряжений, возникающих в результате деформаций растяжения под действием сжимающих нагрузок. ФПБ марки D500, в зависимости от содержания в нем фибры, может обладать прочностью на растяжение при изгибе от 1,0 до 2,5 МПа (табл.). Следовательно, в конструкции стены каркасного здания этот материал конкурентоспособен кирпичной или керамзитобетонной кладке.

По величине прочности на растяжение при изгибе и паропроницаемости перечисленные материалы конкурентно подобны. По устойчивости к морозному воздействию ФПБ D500 обладает большей стойкостью, чем сравниваемые с ним материалы. А по показателям теплопроводности гораздо лучше них (Протокол испытания фибропенобетона ООО "БАЗА-СМ" на теплопроводность при нормируемых значениях сорбционной влажности для условий эксплуатации А и Б. Ростов-на-Дону, Испытательный центр "Академстройиспытания", 2011 г.). Также как кирпич и керамзитобетон, ФПБ не горюч, причем обладает большей огнестойкостью, чем равноплотный ему автоклавный газобетон (Сертификат пожарной безопасности ССПБ. RU. ОП034. Н 00037. «Изделия из

фибропенобетона» по ТУ 5767-033-02069119-2003 соответствуют требованиям пожарной безопасности, установленным в НПБ 244-97: негорючий материал по ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть».).

Целесообразность применения отечественной одностадийной технологии изготовления изделий из фибропенобетона отражена в его индивидуальных свойствах, которые позволили в течение последних 20 лет осуществлять серийный выпуск изделий следующей номенклатуры:

- блоки стеновые и теплоизоляционные плотностью от 250 до 900 кг/м³;
- галтели плотностью 400 и 500 кг/ м³;
- перемычки брусковые и арочные;
- карнизные изделия;
- сборные блоки вентканалов.

Судя по опыту инициативных исследований, номенклатура может быть пополнена ограниченно несущими конструкциями, пригодными для эксплуатации в жилых зданиях [19]. Еще в 2010 г. Набоковой Я.С. и Чумакиным Е.Р. была изготовлена и испытана под действием длительно действующей статической нагрузки плита перекрытия размером 4800x900x300 мм из фибропенобетона D800, армированная объемными металлическими каркасами. Испытания показали, что достижение плитой допустимого прогиба (6,85 мм) было достигнуто после превышения нагрузки в 730 кг/м². Для сравнения, нормативная для плит, предназначенных для жилья, не превышает 300 кг/м².

При повышении статической нагрузки до 2200 кг/м² прогиб нагруженной плиты в средней части пролета достиг 35 мм. Тем не менее, видимых трещин в растянутой зоне изделия обнаружено не было. Плита не получила и местного смятия и в местах опирания. После разгрузки конструкция испытанной плиты полностью восстановила свою

первоначальную форму. Её общая масса составила 1,2 т, что как минимум на 15% меньше пустотной железобетонной плиты такой же площади. Кроме того, учитывая корреляционную связь между теплопроводностью материалов и их акустическими свойствами можно прогнозировать, что применение сборных плит перекрытий из фибропеножелезобетона позволит не только снизить нагрузки на фундаменты, но и будет способствовать улучшению акустических свойств смежных помещений.

Научно-исследовательская работа Д.А. Вотрина, выполненная в Донском государственном техническом университете (ДГТУ) и посвященная анализу энергоемкости разрушения фибропенобетонов конструкционного назначения [20], показала, что этот материал в зависимости от вида и количества дисперсной арматуры может обладать уникальными эксплуатационными свойствами, важными не только для мирной жизни.

Им получены фибропенобетоны D900, которые по прочности на сжатие не уступают равноплотным автоклавного способа производства, по величине предела прочности на растяжение при изгибе превышают не менее чем в 3 раза, а по показателям энергоемкости разрушения более чем в 120 раз. Апробация результатов исследований фибропенобетона марок D800 и D900 на способность противостоять динамическим воздействиям показала, что блоки из него являются уникальным пулепоглощающим материалом, пригодным для изготовления экранов в стрелковых тирах и для облицовки стен в подземных тренировочных залах, поскольку практически исключают явления рикошета и способствуют повышению безопасности газовой среды в таких помещениях.

Актуальность строительства энергоэффективных зданий в районах Крайнего Севера и Дальнего Востока, имеющих в настоящее время огромное экономическое и стратегическое значение для РФ, требует внимательного отношения строительной практики к результатам отечественных научных

исследований. Освоение научного и практического опыта, накопленного в **одностадийной** технологии фибропенобетона показывает, что изделия, изготовленные из этого материала, относятся к категории ресурсо- и энергосберегающих. Их можно транспортировать на значительные расстояния без ущерба для качества эксплуатационных свойств. Фибропенобетоны различных классов плотности и в зависимости от вида дисперсной арматуры могут обладать настолько индивидуальными свойствами, что изделия из них в современном строительстве целесообразно применять для возведения:

- энергоэффективных однослойных стен;
- устройства ограниченно несущих конструкций (блоки вентканалов, плиты перекрытий);
- облицовки поверхностей конструкций военного назначения.

Литература

1. Улыбин А.В., Федотов С.Д. Особенности обследования кирпичной облицовки фасадов современных многоэтажных зданий // Сб. тр. «Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения». СПб, 2020. С.74-78.
2. Давидюк А. А. Анализ результатов обследования многослойных наружных стен многоэтажных каркасных зданий // Жилищное строительство. 2010. №6. С. 21-26.
3. Пец Т. Кирпичные фасады: два шага назад // Строительные материалы. 2009, №6. С.49.
4. Пономарев О.И., Ломова Л. М. Прочность и деформативность кладки из современных эффективных стеновых материалов // Труды ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко (к 80-летию института). М., 2007, №3. С.29-31.



5. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций, зданий и сооружений // СПб, «Центр качества строительства», 1998. 127 с.
 6. Маркевич А.И., Охота Б.Г. Для тех, кто заработал возможность выбирать// Сб. тр. Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве. // Украина, Севастополь, 2007. С.236-248.
 7. Богомолова Е.В., Комарова В.Л. Чем пахнет плесень? // Светопрозрачные конструкции. Наука. 2009. № 1,2. С.8-11.
 8. Пинскер В.А., Вылегжанин В.П. Ячеистый бетон, как испытанный временем материал для капитального строительства // Строительные материалы. 2004. №3. С.44-45.
 9. Сергеев В. В., Владимиров Я. А, Зысин Л. В. Некоторые актуальные теоретические и практические вопросы перехода к бивалентным системам при совершенствовании централизованного теплоснабжения // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2018, №4 – С. 46-56.
 10. Макоско А.А., Матешева А.В. Загрязнение атмосферы и качество жизни населения в XXI веке: угрозы и перспективы. // М.: Российская академия наук, 2020. - 258 с.
 11. Симонов Н.С. Особенности энергетического кризиса в СССР 1960 -1980 - х годов: уроки для современности // ЭКО. 2018, № 7. – С.78-95. DOI: 10.30680/ЕСО0131-7652-2018-7-78-95
 12. Кривицкий М.Я., Левин Н.И., Макаричев В.В. Ячеистые бетоны: технология, свойства и конструкции. // М., Стройиздат, 1972. -136 с.
 13. Лобанов И.А. Особенности структуры и свойств дисперсно-армированных бетонов// Сб. тр. Технология изготовления и свойства новых композиционных строительных материалов. Л.: ЛИСИ, 1986. С.5-10.
 14. Гусев В.С., Пухаренко Ю.В. Основные направления, специфика и перспективы развития архитектурно-строительного проектирования в
-

- условиях северных широт // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 4 (81). С. 122-127.
15. Моргун В.Н., Моргун Л.В. Свойства пенобетонов при их дисперсном армировании полипропиленовыми и углеродными волокнами // Строительные материалы. 2022. № 9. С. 50-54.
16. Моргун Л.В. К вопросу о ресурсосбережении в стройиндустрии и строительстве // Инженерный вестник Дона. 2023. №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2023/8820
17. Орлова Н.С., Улыбин А.В., Федотов С.Д. Влияние температурных воздействий на кирпичную облицовку стен // Сб.тр. «Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения». 2018. - С.160-184.
18. Кондратчик А.А. Железобетонные конструкции. В 6 ч. Ч. 6 Усиление строительных конструкций зданий и сооружений: конспект лекций // Брест: Издательство БрГТУ, 2019. - 178 с.
19. Моргун В. Н., Моргун Л.В., Виснап А.В., Богатина А.Ю. О свойствах материалов, соответствующих требованиям крупнопанельного домостроения // Строительные материалы. 2016, № 10. - С. 24-26.
20. Вотрин Д.А., Моргун Л.В., Виснап А.В., Моргун В.Н. Пулепоглощающий материал (фибропенобетон) и способ его изготовления // Патент на изобретение №2714541. Опубликовано в Государственном реестре изобретений РФ 18.02.2020. – 11 с.

References

1. Ulybin A.V., Fedotov S.D. Osobennosti obsledovaniya kirpichnoj obliczovki fasadov sovremennykh mnogoetazhnykh zdaniy [Features of the inspection of brick cladding facades of modern multi-storey buildings]. Sb. tr.
-



«Obsledovanie zdaniy i sooruzhenij: problemy i puti ix resheniya». SPb, 2020. pp. 74-78.

2. Davidyuk A. A. Zhilishhnoe stroitelstvo. 2010. №6. pp. 21-26.
 3. Pecz T. Stroitelnye materialy. 2009, №6. pp. 49.
 4. Ponomarev O.I., Lomova L. M. Prochnost` i deformativnost` kladki iz sovremenny`x e`ffektivny`x stenovy`x materialov [Strength and deformability of masonry made of modern efficient wall materials]. Trudy CzNIISK im. V. A. Kucherenko (k 80-letiyu instituta). M., 2007, №3. pp. 29-31.
 5. Grozdov V.T. Texnicheskoe obsledovanie stroitelnyx konstrukcij, zdaniy i sooruzhenij [Technical inspection of building structures, buildings and structures]. SPb, «Centr kachestva stroitelstva», 1998. 127 p.
 6. Markevich A.I., Oxota B.G. Dlya tex, kto zarabotal vozmozhnost vybirat [For those who have earned the opportunity to choose]. Sb. tr. Teoriya i praktika proizvodstva i primeneniya yacheistogo betona v stroitel`stve. Ukraina, Sevastopol, 2007. pp. 236-248.
 7. Bogomolova E.V., Komarova V.L. Nauka. 2009. № 1,2. pp. 8-11.
 8. Pinsker V.A., Vy`legzhanin V.P. Stroitelnye materialy. 2004. №3. pp. 44-45.
 9. Sergeev V. V., Vladimirov Ya. A, Zy`sin L. V. Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Energetika. 2018, №4 – pp. 46-56.
 10. Makosko A.A., Matesheva A.V. Zagryaznenie atmosfery i kachestvo zhizni naseleniya v XXI veke: ugrozy i perspektivy. [Atmospheric pollution and the quality of life of the population in the XXI century: threats and prospects]. M.: Rossijskaya akademiya nauk, 2020. 258 p.
 11. Simonov N.S. EKO. 2018, № 7. pp.78-95. DOI: 10.30680/ESO0131-7652-2018-7-78-95
 12. Kriviczkij M.Ya., Levin N.I., Makarichev V.V. Yacheistye betony: texnologiya, svojstva i konstrukcii [Cellular concretes: technology, properties and structures]. M., Strojizdat, 1972. 136 p.
-

13. Lobanov I.A. Osobennosti struktury i svojstv dispersno-armirovannykh betonov [Features of the structure and properties of dispersed reinforced concrete]. Sb. tr. Tekhnologiya izgotovleniya i svojstva novyx kompozicionnykh stroitelnykh materialov. L.: LISI, 1986. pp. 5-10.
14. Gusev V.S., Puxarenko Yu.V. Vestnik grazhdanskix inzhenerov. 2020. № 4 (81). pp. 122-127.
15. Morgun V.N., Morgun L.V. Stroitelnye materialy. 2022. № 9. pp. 50-54.
16. Morgun L.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2023/8820.
17. Orlova N.S., Uly`bin A.V., Fedotov S.D. Vliyanie temperaturnyx vozdeystvij na kirpichnuyu obliczovku sten [The effect of temperature influences on brick wall cladding]. Sb. tr. «Obsledovanie zdaniy i sooruzhenij: problemy i puti ix resheniya». 2018. pp. 160-184.
18. Kondratchik A.A. Zhelezobetonny`e konstrukcii. V 6 ch. Ch. 6 Usilenie stroitel`ny`x konstrukcij zdaniy i sooruzhenij: konspekt lekciy [Reinforced concrete structures. At 6 p.m. 6 Strengthening of building structures of buildings and structures: lecture notes]. Brest: Izdatel`stvo BrGTU, 2019. 178 p.
19. Morgun V. N., Morgun L.V., Visnap A.V., Bogatina A.Yu. Stroitelnye materialy. 2016, № 10. pp. 24-26.
20. Votrin D.A., Morgun L.V., Visnap A.V., Morgun V.N. Pulepogloshhayushhij material (fibropenobeton) i sposob ego izgotovleniya [Bullet-absorbing material (fiberfoamconcrete) and the method of its manufacture]. Patent na izobretenie №2714541. Opublikovan v Gosudarstvennom reestre izobretenij RF 18.02.2020. 11 p.

Дата поступления: 21.04.2024

Дата публикации: 20.11.2024

