СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОПУСТОТНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

А.И. Бедов, А.М. Гайсин*, А.И. Габитов*, Д.В. Кузнецов*, А.С. Салов*, Е.М. Абдулатипова*

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, к. 417;*

**Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ),
450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1*

Аннотация. Энергоэффективность строительства является основным направлением энергосбережения, в рамках которого главным мероприятием становится снижение потерь тепла через ограждающие конструкции. В этой связи особенно перспективным представляется применение для внешних стен высокопустотной многослойной керамики благодаря ее прогнозируемым свойствам и надежности в эксплуатации. В статье рассмотрена номенклатура высокопустотных керамических изделий, производимых в настоящее время в Республике Башкортостан. Проведено моделирование и расчет прочностных характеристик высокопустотных керамических камней в программном комплексе SCAD, получены геометрические параметры модели разрушения. Приведены результаты механических испытаний высокопустотных керамических изделий. Выполненное моделирование и расчеты в программном комплексе SCAD с получением геометрических параметров модели разрушения позволили оценить сходимость результатов расчета с реальными результатами испытаний.

Ключевые слова: высокопустотные керамические изделия, теплотехнический расчет, термосопротивление, каменные здания, энергоэффективность, модель, напряжения, деформации, испытания

DOI: 10.22227/1997-0935.2017.1.17-25

COMPARATIVE EVALUATION OF DETERMINATION METHODS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH-HOLLOW CERAMIC WALL PRODUCTS ON THE BASIS OF MODERN SOFTWARE SYSTEMS

A.I. Bedov, A.M. Gaysin*, A.I. Gabitov*, D.V. Kuznetsov*, A.S. Salov*, E.M. Abdulatipova*

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU),
26, Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation;*

**Ufa State Petroleum Technological University (USPTU),
Office 225, 195, Mendeleeva St., Ufa, 450062, Russian Federation*

Abstract. Energy efficiency in construction is the main direction of energy saving in which the basic measure is to reduce heat losses through walling. In this regard, a particularly promising measure is an application of high-hollow multislot ceramic for external walls due to its predictable properties and reliability in operation. Range of high-hollow ceramic products currently manufactured in the Republic of Bashkortostan is considered in the article. Simulation and calculation of strength characteristics of high-hollow ceramic stones in the SCAD program system were performed, fracture model geometric parameters were obtained. Results of mechanical tests of high-hollow ceramic products are shown. The simulation and calculations performed in the SCAD program system with obtaining of geometric parameters of the fracture model made it possible to compare the convergence of calculation results with actual test results. Based on the results of the performed research it is concluded that the fracture model in the SCAD program system has practically coincided with the fracture pattern obtained in the process of experimental study of strength of high-hollow ceramic stones.

Key words: high-hollow ceramic products, thermotechnical calculations, thermal resistance, stone buildings, energy efficiency, fracture model, stresses, strains, tests

В современных условиях проблемы энерго- и ресурсосбережения приобретают все большую актуальность. Начиная с 70-х гг. прошлого века, мировое сообщество активно разрабатывает и внедря-

ет энергосберегающие технологии во всех сферах жизни, а также изучает возможность использования альтернативных возобновляемых источников энергии.

Строительная отрасль является одной из наиболее энергозатратных. Снижение потерь тепла в зданиях, являющихся конечными потребителями энергии, представляется одним из наиболее перспективных направлений энергосбережения. В последнее время вопрос повышения энергетической эффективности находит отражение во многих законодательных актах, совершенствуются подходы к определению энергоэффективности зданий, развивается нормативно-правовая база, и ужесточаются требования норм и стандартов. В настоящее время в России активно ведется политика, направленная на снижение потребления энергетических ресурсов. Одним из основных законов подобного рода является Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». В нем предусматривается включение в состав проектной документации раздела «Энергоэффективность», где в форме энергетического паспорта должны быть четко прописаны показатели энергоэффективности здания и предложены мероприятия по ее повышению.

На данный момент существует несколько основных направлений повышения энергоэффективности существующих и строящихся зданий:

- применение теплоэффективных ограждающих конструкций;
- применение современных систем вентиляции и кондиционирования;
- совершенствование объемно-планировочных решений;
- повышение энергоэффективности систем отопления;
- санация жилого фонда [1–3].

Все эти решения в достаточной степени известны специалистам и при наличии необходимых стимулов могут быть оперативно внедрены в практику строительства. Вопрос снижения теплопотерь в жилых зданиях должен решаться всесторонне, для достижения максимального эффекта перечисленные мероприятия должны применяться комплексно. Тем не менее главным направлением энергосбережения в жилых зданиях является снижение потерь тепла через ограждающие конструкции. В настоящее время для обеспечения требуемых показателей энергоэффективности внешние стены жилых зданий выполняют многослойными, содержащими несущий и теплоизоляционный слои [4–6]. Однако эти конструктивные решения содержат множество разнородных элементов, что снижает их надежность с

учетом вероятности отказов из-за воздействия большого количества факторов, оказывающих влияние на их эксплуатационную надежность и долговечность. В этом отношении наружные стены, выполненные из однородного материала, такого как, например, высокопустотная многощелевая керамика, представляются более прогнозируемыми и надежными в эксплуатации. Тем более практика показывает, что здания с ограждающими конструкциями из пустотно-поризованных блоков по удельной теплозащитной характеристике незначительно уступают трехслойной стеновой конструкции с несущим слоем из полнотелого керамического кирпича и слоя эффективной теплоизоляции.

В разных видах высокопустотных керамических камней под действием вертикальной нагрузки происходит различное распределение напряжений по сечению. В связи с тем, что пустоты в камнях являются концентраторами напряжений и уменьшают площадь рабочего сечения камня, возникает необходимость проведения компьютерного моделирования [7], которое позволяет определить влияние размеров камней, конфигурации пустот, прочностных и деформационных характеристик материалов на напряженно-деформированное состояние (НДС) при сжатии и последовательность разрушения под действием нагрузки [8–10].

Целью проведенных исследований являлись моделирование и расчет характеристик высокопустотных керамических камней в программном комплексе SCAD, получение геометрических параметров модели разрушения и оценка сходимости результатов компьютерного расчета с результатами экспериментальных испытаний высокопустотных керамических камней [11].

В ноябре 2013 г. был введен в эксплуатацию новый кирпичный завод ООО «Амстрон», расположенный в с. Толбазы Аургазинского района Республики Башкортостан. На заводе организовано производство современного и инновационного продукта — керамических поризованных блоков под торговой маркой PORIKAM («ПОРИКАМ»)¹.

В качестве примера рассмотрен керамический рядовой камень Porikam формата 7НФ с размерами 250 × 250 × 219 мм с пустотностью 48 % (рис. 1). Камни данного формата выпускают следующих марок по прочности на сжатие: М100, М125.

В программном комплексе SCAD (версия 11.1) из шести- и восьмиузловых объемных элементов была создана модель камня Porikam формата 7НФ [12, 13]. Максимальный шаг сетки составил 10 мм, минимальный — 5 мм (рис. 2).

¹ ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. Взамен ГОСТ 530-2007. Введ. 2013-07-01. М. : Стандартинформ, 2013. 27 с.

Рис. 1. Камень керамический Porikam с пазогребневым соединением формата 7НФ

Рис. 2. Модель керамического рядового камня Porikam формата 7НФ в программном комплексе SCAD

Далее были установлены необходимые связи, заданы жесткостные характеристики материала камня, нагрузка на объемные элементы и произведен расчет (рис. 3).

Жесткостные характеристики камней заданы по данным завода-производителя. В программном комплексе SCAD материал описывается через плот-

ность, модуль упругости и коэффициент Пуассона. В расчете плотность камня принята $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$, согласно рекомендациям В.В. Пангаева, коэффициент Пуассона $\nu = 0,08 \dots 0,12$. В результате испытания камней на прочность при сжатии получены значения модуля упругости и коэффициента Пуассона [14–16].

Рис. 3. Модель керамического рядового камня Porikam формата 7НФ в программном комплексе SCAD: *а* — вид сверху; *б* — вид сбоку; *в* — вид спереди; *г* — вид снизу

Рис. 4. Совместное отображение исходной и деформированной схем камня

Рассмотрев модель высокопустотного керамического камня 7НФ, можно сделать вывод, что прочностные характеристики материала в программном комплексе SCAD, задаваемые только одним параметром — модулем упругости, который, в свою очередь, подразумевает определенные значения предела прочности материала, не могут достаточно корректно описать поведение изделий под нагрузкой. Введенные завышенные значения модуля упругости автоматически завышают прочностные характеристики (рис. 4, 5).

Рис. 5. Схемы распределения изополей перемещений по осям *Z*, *X* и *Y*

При нагружении камня в стенках между пустотами возникают концентрации горизонтальных растягивающих напряжений. В целом характер распределения напряжений и их интенсивность по высоте кирпича не соответствуют однородному элементу без пустот, в НДС которого отсутствуют растягивающие напряжения. Распределение сжимающих и растягивающих напряжений изменяется по мере продвижения к центру сечения [17–19].

Первая трещина появилась в продольной наружной стенке при уровне нагрузки 0,6 от разрушающей N_{ult} . В диапазоне нагрузок от 0,6 до 0,8 N_{ult} продолжилось развитие трещин в наружных продольных стенках камня, появились трещины в поперечных стенках. При уровне нагрузки свыше 0,85 N_{ult} произошло разрушение наружных, а затем и внутренних стенок по периметру камня с сохранением основного ядра сечения.

Испытания высокопустотных керамических камней были проведены в Научно-образовательном центре инновационных технологий Архитектурно-строительного института Уфимского государственного нефтяного технического университета [20–22].

Табл. 1. Результаты определения прочностных характеристик высокопустотных керамических камней на сжатие

Номер образца	Нагрузка F , кН
1	478,0
2	461,0
3	444,0
Среднее значение	461,0

Характер разрушения камней формата 7НФ — хрупкий. По результатам испытаний установлена марка прочности камней 7НФ при сжатии, соответствующая М100 [23, 24]. На рис. 6 приведены графики зависимости между напряжениями и деформациями камней при сжатии.

Рис. 6. Зависимости между напряжениями и продольными (а) и поперечными (б) деформациями камней при сжатии

Результаты испытания высокопустотных керамических камней на сжатие приведены в табл. 2.

Характер разрушения образцов показан на рис. 7. При нагрузках, равных 0,5...0,7 от разрушающей нагрузки N_{ult} , трещины образуются в средней сжато-растянутой зоне камня. При нагрузке (0,7...0,9) N_{ult} продолжают развиваться вертикальные трещины и образуются новые. При нагрузке 0,85...0,95 от N_{ult} в приопорных зонах образуются и развиваются наклонные трещины [25].

В ходе испытаний образцов были получены следующие результаты:

разрушение образцов носит хрупкий характер; нагрузка трещинообразования равна (0,5...0,7) $N_{разр}$; временные сопротивления камней 7НФ соответствуют нормативным значениям.

Табл. 2. Результаты испытания высокопустотных керамических камней на сжатие

Номер образца	Марка прочности камня при сжатии	Трещинообразующая нагрузка $N_{ср}$, кН	Разрушающая нагрузка $N_{разр}$, кН	Временное сопротивление $R_{и, ср}$, МПа	Модуль упругости $E_0 = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon}$, МПа
1	100	243	478	7,65	10928,6
2	100	226	461	7,38	10542,9
3	100	209	444	7,10	10142,9

Рис. 7. Характер разрушения камней 7НФ

Расчетные сопротивления сжатию кладки из крупноформатных камней с вертикальным соединением «паз-гребень» (без заполнения раствором) из керамики шириной до 260 мм, пустотностью до 56 % с вертикально расположенными пустотами шириной до 16 мм при высоте ряда кладки до 250 мм установлены по экспериментальным данным.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что модель разрушения в программном комплексе SCAD практически совпала с картиной разрушения, полученной при экспериментальном исследовании прочности высокопустотных керамических камней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шарафутдинова М.В., Габитов А.И., Гайсин А.М., Удалова Е.А. Из истории повышения энергетической эффективности зданий и сооружений как одного из направлений научно-технического прогресса в строительстве // История науки и техники. 2014. № 10. С. 21–27.
2. Газарин В.Г., Пастушков П.П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 7–9.
3. Бабков В.В., Габитов А.И., Чуйкин А.Е., Мохов А.В., Климов В.П., Гайсин А.М., Сухарева И.А. Высолообразование на поверхностях наружных стен зданий из штучных стеновых материалов // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 47–49.
4. Гайсин А.М., Самоходова С.Ю., Пайметькина А.Ю., Недосеко И.В. Сравнительная оценка удельных теплопотерь через элементы наружных стен жилых зданий, определяемых по различным методикам // Жилищное строительство. 2016. № 5. С. 36–39.
5. Ицук М.К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. М. : РИФ «Стройматериалы», 2009. 357 с.
6. Недосеко И.В., Бабков В.В., Алиев Р.Р., Кузьмин В.В. Применение конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона в малоэтажном строительстве // Жилищное строительство. 2008. № 3. С. 26–27.
7. Соколов Б.С. Физическая модель разрушения каменных кладок при сжатии // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2002. № 9. С. 4–9.
8. Бабков В.В., Самофеев Н.С., Кузнецов Д.В. Состояние жилых домов в силикатном кирпиче и реализация программы санации объектов этой категории в Республике Башкортостан // Строительные материалы. 2011. № 11. С. 7–11.
9. Бедов А.И., Бабков В.В., Габитов А.И., Гайсин А.М., Резвов О.А., Кузнецов Д.В., Гафурова Э.А., Сеницин Д.А. Конструктивные решения и особенности расчета теплозащиты наружных стен зданий на основе автоклавных газобетонных блоков // Вестник МГСУ. 2012. № 2. С. 98–103.
10. Мирсаев Р.Н., Бабков В.В., Юнусова С.С., Кузнецов Л.К., Недосеко И.В., Габитов А.И. Фосфогипсовые отходы химической промышленности в производстве стеновых изделий. М. : Химия, 2004. 176 с.
11. Донченко О.М., Дегтев И.А. К развитию теории трещиностойкости и сопротивления кладки при сжатии // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2000. № 10. С. 16–20.
12. Захаров А.И., Бегак М.В. Программа гармонизации экологических стандартов как инструмент повышения эффективности производства строительной керамики // Строительные материалы. 2009. № 4. С. 17–19.
13. Бедов А.И., Балакишин А.С., Воронов А.А. Причины аварийных ситуаций ограждающих конструкций из каменной кладки многослойных систем в многоэтажных жилых зданиях // Строительство и реконструкция. 2014. № 6 (56). С. 11–17.
14. Пангаев В.В., Албаут Г.Н., Федоров А.В., Табанюхова М.В. Модельные исследования напряженно-деформированного состояния каменной кладки при сжатии // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 2. С. 24–29.
15. Бедов А.И., Бабков В.В., Габитов А.И., Сахибгареев Р.Р., Салов А.С. Монолитное строительство в Республике Башкортостан: от теории к практике // Вестник МГСУ. 2013. № 10. С. 110–121.
16. Габитов А.И., Семенов А.А., Маляренко А.А. Методическое обеспечение образовательного процесса в условиях ФГОС 3 по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции» // Железобетонные конструкции: исследования, проектирование, методика преподавания : материалы Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения В.Н. Байкова. (г. Москва, 4–5 апреля 2012 г.). М. : МГСУ, 2012. С. 60–65.
17. Андреева Ж.В., Захарова А.И. Пористая керамика с регулярной структурой // Успехи в химии и химической технологии. 2012. Т. 26. № 6 (135). С. 11–13.
18. Бедов А.И., Знаменский В.В., Габитов А.И. Оценка технического состояния, восстановление и усиление оснований строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений : в 2 ч. М. : Изд-во АСВ, 2014. Ч. 1. Обследование и оценка технического состояния оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. 703 с.

19. Гайсин А.М., Гареев Р.Р., Бабков В.В., Недосеко И.В., Самоходова С.Ю. Двадцатилетний опыт применения высокопустотных вибропрессованных бетонных блоков в Башкортостане // Строительные материалы. 2015. № 4. С. 82–86.

20. Рахманкулов Д.Л., Габитов А.И., Абдрахимов Р.Р., Гайсин А.М., Габитов А.А. Из истории развития контроля качества материалов и технологий // Башкирский химический журнал. 2006. Т. 13. № 5. С. 93–95.

21. Салов А.С. Особенности автоматизации технологического проектирования в строительстве // Вестник научных конференций. 2016. № 1–1 (5). С. 86–87.

22. Ostroukh A.V., Nuruev Y.E., Nedoseko I.V., Pudovkin A.N. Development of the automated control system for concrete plant with two units concrete mixing // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. No. 17. Pp. 37792–37798.

23. Терехов И.Г., Шайбаков К.А. Техничко-экономическое обоснование применения бетонов и арматуры повышенной прочности при проектировании и строительстве каркасно-монолитных зданий в городе Уфа // Проблемы строительного комплекса России : сб. XVIII Междунар. науч.-техн. конф. (г. Уфа, 12–14 марта 2014 г.). Уфа, 2014. С. 57–60.

24. Кузнецов Д.В. Методы защиты наружных стен зданий на основе автоклавных газобетонных блоков : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Уфа, 2006. 23 с.

25. Бедов А.И., Гайсин А.М., Габитов А.И., Салов А.С., Самоходова С.Ю. Определение теплопотерь наружных ограждений в местах примыкания оконных блоков к кирпичным стенам при реконструкции // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 12. С. 28–32.

Поступила в редакцию в июле 2016 г.

Об авторах: **Бедов Анатолий Иванович** — кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, к. 417, 8 (499) 287-49-19, доб. 30-36, gbk@mgsu.ru;

Гайсин Аскар Миниярович — кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, **Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ)**, 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, (8347) 228-22-00;

Габитов Азат Исмаилович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительных конструкций, **Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ)**, 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, (8347) 228-22-00, azat7@ufanet.ru;

Кузнецов Дмитрий Валерьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, **Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ)**, 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, (8347) 228-22-00, alex.03@mail.ru;

Салов Александр Сергеевич — кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и технологии строительного производства, **Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ)**, 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, (8347) 228-22-00, salov@list.ru;

Абдулатипова Елена Мидхатовна — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологических машин и оборудования, **Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ)**, 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, (8347) 228-22-00.

Для цитирования: **Бедов А.И., Гайсин А.М., Габитов А.И., Кузнецов Д.В., Салов А.С., Абдулатипова Е.М.** Сравнительная оценка методов определения физико-механических характеристик высокопустотных керамических стеновых изделий на основе современных программных комплексов // Вестник МГСУ. 2017. Том 12. Вып. 1 (100). С. 17–25. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.1.17-25

REFERENCES

1. Sharafutdinova M.V., Gabitov A.I., Gaysin A.M., Udalova E.A. Iz istorii povysheniya energeticheskoy effektivnosti zdaniy i sooruzheniy kak odnogo iz napravleniy nauchno-tekhnicheskogo progressa v stroitel'stve [From the History of Energy Efficiency of Buildings and Structures as One of Directions of Technological Progress in Construction]. *Istoriya nauki i tekhniki* [History of Science and Engineering]. 2014, no. 10, pp. 21–27. (In Russian)

2. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Kolichestvennaya otsenka energoeffektivnosti energosberegayushchikh meropriyatiy [Quantitative Evaluation of Energy Efficiency of Energy Saving Measures]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2013, no. 6, pp. 7–9. (In Russian)

3. Babkov V.V., Gabitov A.I., Chuykin A.E., Mokhov A.V., Klimov V.P., Gaysin A.M., Sukhareva I.A. Vysoloobrazovanie na poverkhnostyakh naruzhnykh sten zdaniy iz shtuchnykh stenovykh materialov [Efflorescence on Surfaces of External Walls of Buildings Made of Piece Wall Materials]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2008, no. 3, pp. 47–49. (In Russian)

4. Gaysin A.M., Samokhodova S.Yu., Paymet'kina A.Yu., Nedoseko I.V. Sravnitel'naya otsenka udel'nykh teplopoter cherez elementy naruzhnykh sten zhilykh zdaniy, opredelyaemykh po razlichnym metodikam [Comparative Evaluation of Specific Heat Losses Through Elements of External Walls of Residential Buildings Determined by Different Methods].

Zhilishchnoe stroitel'stvo [Housing Construction]. 2016, no. 5, pp. 36–39. (In Russian)

5. Ishchuk M.K. *Otechestvennyy opyt vozvedeniya zdaniy s naruzhnymi stenami iz oblegchennoy kladki* [Domestic Experience of Erecting Buildings with Exterior Walls of Lightweight Masonry]. Moscow, RIF "Stroymaterialy" Publ., 2009, 357 p. (In Russian)

6. Nedoseko I.V., Babkov V.V., Aliev P.P., Kuz'min V.V. *Primenenie konstruksionno-teploizolyatsionnogo keramzito-betona v maloetazhnom stroitel'stve* [Application of Structural Heat-Insulating Expanded-Clay Concrete in Low-Rise Construction]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2008, no. 3, pp. 26–27. (In Russian)

7. Sokolov B.S. *Fizicheskaya model' razrusheniya kamennykh kladok pri szhatii* [Physical Model of Failure of Stone Masonry under Compression]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Construction]. 2002, no. 9, pp. 4–9. (In Russian)

8. Babkov V.V., Samofeev N.S., Kuznetsov D.V. *Sostoyaniye zhilykh domov v silikatnom kirpiche i realizatsiya programmy sanatsii ob'ektov etoy kategorii v Respublike Bashkortostan* [State of Residential Buildings Built of Silica Bricks and Implementation of Rehabilitation Program for Projects of This Category in the Republic of Bashkortostan]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2011, no. 11, pp. 7–11. (In Russian)

9. Bedov A.I., Babkov V.V., Gabitov A.I., Gaysin A.M., Rezvov O.A., Kuznetsov D.V., Gafurova E.A., Sinitin D.A. *Konstruktivnye resheniya i osobennosti rascheta teplozashchity naruzhnykh sten zdaniy na osnove avtoklavnykh gazobetonnykh blokov* [Structural Solutions and Specifics of Calculation of Thermal Protection of External Walls of Buildings on the Basis of Autoclaved Gas-Concrete Blocks]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 2, pp. 98–103. (In Russian)

10. Mirsaev R.N., Babkov V.V., Yunusova S.S., Kuznetsov L.K., Nedoseko I.V., Gabitov A.I. *Fosfogipsovye otkhody khimicheskoy promyshlennosti v proizvodstve stenovykh izdeliy* [Phosphogypsum Wastes of the Chemical Industry in Production of Wall Products]. Moscow, Khimiya Publ., 2004, 176 p. (In Russian)

11. Donchenko O.M., Degtev I.A. *K razvitiyu teorii treshchinostoykosti i soprotivleniya kladki pri szhatii* [To Development of the Theory of Fracture Strength and Resistance of Masonry under Compression]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Construction]. 2000, no. 10, pp. 16–20. (In Russian)

12. Zakharov A.I., Begak M.V. *Programma garmonizatsii ekologicheskikh standartov kak instrument povysheniya effektivnosti proizvodstva stroitel'noy keramiki* [Program for Harmonization of Environmental Standards as a Tool for Construction Ceramics Production Efficiency Improvement]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2009, no. 4, pp. 17–19. (In Russian)

13. Semenov A.A., Kuznetsov D.V., Poryvaev I.A. *Kompleksnye laboratornye raboty i vnedrenie informatsionnykh tekhnologiy v uchebnyy process* [Comprehensive Laboratory Works and Implementation of Information Technologies into the Educational Process]. *Sovremennye problemy rascheta zhelezobetonnykh konstruksiy, zdaniy i sooruzheniy na avariynye vozdeystviya : sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu kafedry zhelezobetonnykh i kamennykh konstruksiy i 100-letiyu so dnya rozhdeniya N.N. Popova* (g. Moskva, 19–20 aprelya 2016 g.) [Present-Time Issues of Accidental Exposures Calculation for Reinforced Concrete Structures and Buildings : Proceedings of International Scientific Conference Dedicated

to the 85th Anniversary of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, and the 100th Anniversary of the Birth of N.N. Popov (Moscow, 19–20, April, 2016)]. Moscow, MGSU Publ., 2016, pp. 376–382. (In Russian)

14. Pangaev V.V., Albaut G.N., Fedorov A.V., Tabanyukhova M.V. *Model'nye issledovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya kamennoy kladki pri szhatii* [Simulation Studies of a Stress-Strain State of Stone Masonry under Compression]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Construction]. 2003, no. 2, pp. 24–29. (In Russian)

15. Bedov A.I., Babkov V.V., Gabitov A.I., Sakhibgareev R.R., Salov A.S. *Monolitnoe stroitel'stvo v Respublike Bashkortostan: ot teorii k praktike* [Monolithic Construction in the Republic of Bashkortostan: from Theory to Practice]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2013, no. 10, pp. 110–121. (In Russian)

16. Gabitov A.I., Semenov A.A., Malyarenko A.A. *Metodicheskoe obespechenie obrazovatel'nogo protsessa v usloviyakh FGOS 3 po distsipline «Zhelezobetonnye i kamennye konstruksii»* [Educational Process Procedural Guidelines under Conditions of the Federal State Educational Standard 3 on the "Reinforced Concrete and Stone Structures" Discipline]. *Zhelezobetonnye konstruksii: issledovaniya, proektirovaniye, metodika prepodavaniya : materialy Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya V.N. Baykova* (g. Moskva, 4–5 aprelya 2012 g.) [Reinforced Concrete Structures: Research, Designing, Methods of Teaching : Materials of International Scientific Methodological Conference Dedicated to the 100th Anniversary of the Birth of V.N. Baykov (Moscow, April 4–5, 2012)]. Moscow, MGSU Publ., 2012, pp. 60–65. (In Russian)

17. Andreeva Zh.V., Zakharova A.I. *Poristaya keramika s regul'yarnoy strukturoy* [Porous Ceramic with Regular Structure]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Advances in Chemistry and Chemical Technology]. 2012, vol. 26, no. 6 (135), pp. 11–13. (In Russian)

18. Bedov A.I., Znamenskiy V.V., Gabitov A.I. *Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya, vosstanovleniye i usileniye osnovaniy stroitel'nykh konstruksiy ekspluatiruemykh zdaniy i sooruzheniy : v 2 ch.* [Technical Assessment, Reconstruction and Reinforcement of Foundations of Building Structures of Operated Buildings and Projects : in 2 Parts]. Moscow, ASV Publ., 2014, Ch. 1. *Obsledovanie i otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya osnovaniy i stroitel'nykh konstruksiy ekspluatiruemykh zdaniy i sooruzheniy* [Part 1. Structural Survey and Technical Assessment of Foundations and Building Structures of Operated Buildings and Projects]. 703 p. (In Russian)

19. Gaysin A.M., Gareev R.R., Babkov V.V., Nedoseko I.V., Samokhodova S.Yu. *Dvadtsatiletniy opyt primeneniya vysokopustotnykh vibropressovannykh betonnykh blokov v Bashkortostane* [Twenty-Year Experience of Application of High-Hollow Vibropressed Concrete Blocks in Bashkortostan]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2015, no. 4, pp. 82–86. (In Russian)

20. Rakhmankulov D.L., Gabitov A.I., Abdrakhmov R.R., Gaysin A.M., Gabitov A.A. *Iz istorii razvitiya kontrolya kachestva materialov i tekhnologiy* [From the History of Development of Quality Control of Materials and Technologies]. *Bashkirskiy khimicheskii zhurnal* [Bashkirian Chemical Journal]. 2006, vol. 13, no. 5, pp. 93–95. (In Russian)

21. Salov A.S. *Osobennosti avtomatizatsii tekhnologicheskogo proektirovaniya v stroitel'stve* [Specifics of Technological Design Automation in Civil Engineering]. *Vestnik nauchnykh konferentsiy* [Bulletin of Scientific Conferences]. 2016, no. 1–1 (5), pp. 86–87. (In Russian)

22. Ostroukh A.V., Nuruev Y.E., Nedoseko I.V., Pudovkin A.N. Development of the Automated Control System for Concrete Plant with Two Units Concrete Mixing. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015, vol. 10, no. 17, pp. 37792–37798.

23. Terekhov I.G., Shaybakov K.A. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie primeneniya betonov i armatury povyshennoy prochnosti pri proektirovanii i stroitel'stve karakasno-monolitnykh zdaniy v gorode Ufa [Feasibility Study of Application of Concretes and Reinforcement of High Strength in Design and Construction of Framed Monolithic Buildings in the City of Ufa]. *Problemy stroitel'nogo kompleksa Rossii : sbornik XVIII mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (Ufa, 12–14 marta 2014 g.)* [Problems of Construction Sector of Russia : Proceedings of XVIII International Scientific and Technical Conference (Ufa, March 12–14, 2014)]. Ufa, 2014, pp. 57–60. (In Russian)

24. Kuznecov D.V. *Metody zashchity naruzhnykh sten zdaniy na osnove avtoklavnykh gazobetonnykh blokov : avtoreferat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk* [Methods of Protection of External Walls of Buildings on the Basis of Autoclaved Gas-Concrete Blocks : Synopsis of Thesis of Candidate of Technical Sciences]. Ufa, 2006, 23 p. (In Russian)

25. Bedov A.I., Gaysin A.M., Gabitov A.I., Salov A.S., Samokhodova S.Yu. Opreделение teplopoter' naruzhnykh ograzhdeniy v mestakh primykaniya okonnykh blokov k kirpichnym stenam pri rekonstruktsii [Determination of Heat Losses of Cladding in Locations of Abutment of Window Units to Brick Walls at Reconstruction]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Construction]. 2015, no. 12, pp. 28–32. (In Russian)

About the authors: **Bedov Anatoliy Ivanovich** — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26, Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; gbk@mgsu.ru; +7 (499) 287-49-19, ext. 30-36;

Gaysin Askar Miniyarovich — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Building Structures, **Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)**, Office 225, 195, Mendeleeva St., Ufa, 450062, Russian Federation, +7 (347) 228-22-00;

Gabitov Azat Ismagilovich — Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Building Structures, **Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)**, Office 225, 195 Mendeleeva St., Ufa, 450062, Russian Federation, azat7@ufanet.ru, +7 (347) 228-22-00;

Kuznetsov Dmitriy Valeryevich — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Building Structures, **Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)**, Office 225, 195 Mendeleeva St., Ufa, 450062, Russian Federation, alex.03@mail.ru, +7 (347) 228-22-00;

Salov Aleksandr Sergeevich — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Highways and Technology of Construction Operations, **Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)**, Office 319, 195 Mendeleeva St., Ufa, 450062, Russian Federation, salov@list.ru, +7 (347) 228-22-00;

Abdulatipova Elena Midkhatovna — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Department of Technological Machines and Equipment., **Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)**, Office 225, 195 Mendeleeva St., Ufa, 450062, Russian Federation, +7 (347) 228-22-00.

For citation: Bedov A.I., Gaysin A.M., Gabitov A.I., Kuznetsov D.V., Salov A.S., Abdulatipova E.M. Sravnitel'naya otsenka metodov opredeleniya fiziko-mekhanicheskikh kharakteristik vysokopustotnykh keramicheskikh stenovykh izdeliy na osnove sovremennykh programmnykh kompleksov [Comparative Evaluation of Determination Methods of Physical and Mechanical Properties of High-Hollow Ceramic Wall Products on the Basis of Modern Software Systems]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2017, vol. 12, issue 1 (100), pp. 17–25. (In Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2017.1.17-25