

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЛАДКИ СТЕН ИЗ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ЗАВОДА «СЛАВЯНСКИЙ КИРПИЧ» В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**А.А.БУБИС, зав. лабораторией ЛССИМС,  
Н.Ю.САЙФУЛИНА, ст. научн. сотрудник  
(ЦИСС ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко, Москва),  
И.А.СЛУПСКИЙ, первый зам. ген. директора  
(ОАО «Славянский кирпич», Славянск-на-Кубани, Краснодарский край)**

*В статье приводятся результаты испытаний образцов кирпичной кладки из керамических изделий производства ОАО «Славянский кирпич» Краснодарский край, выполненные в рамках исследований прочности и деформативности кладки стен из керамического пустотелого поризованного кирпича и камня для обоснования возможности их применения в сейсмических районах Российской Федерации.*

*Ключевые слова: керамический пустотелый поризованный кирпич и камень, деформативность, испытания, перекоп, сейсмические нагрузки.*

### Введение

Действующими нормами по сейсмостойкому строительству введены довольно жесткие ограничения по возможности использования керамических пустотелых изделий при возведении зданий в сейсмических районах [1-3]. Фактически допускается использование пустотелой керамики при возведении несущих конструкций зданий в районах с сейсмичностью не выше 7 баллов. В то же время, производство керамического пустотелого кирпича и крупноформатного камня в настоящее время существенно расширяется и существует настоятельная потребность увеличения объема его использования в сейсмических районах.

Применение крупноформатных керамических камней практически не находит отражения в нормативной документации, поскольку данный вид изделий относится к новым высокотехнологичным изделиям [4]. ОАО «Славянский кирпич» освоило производство керамических пустотно-поризованных камней в 2009 г. на новом кирпичном заводе в г. Славянске-на-Кубани Краснодарского края спроектированным и построенным совместно с фирмой Hans Lingl GmbH (Германия), завод оснащен современным технологическим оборудованием европейских компаний с высочайшей степенью автоматизации и контроля качества производимой продукции. Особенностью производства крупноформатных керамических камней компании «Славянский кирпич» является применение в качестве порообразующей выгорающей добавки в составе керамической шихты рисовой лузги (шелуха зерна риса, образующаяся при переработке зерна в товарную крупу) тонкого помола. Рисовая лузга обладает стабильными физико-механическими характеристиками, что позволяет получать готовые изделия высокого стабильного качества с минимальными отклонениями геометрических размеров и высокой прочности.

Между тем, в Европе 26 научных организаций с 2004 г. участвовали в научно-исследовательской работе по изучению допустимых горизонтальных нагрузок при сдвиге каменной кладки из керамических изделий [5]. Исследования показали, что существуют достаточно большие резервы

несущей способности конструкций, выполненных кладкой из керамического пустотелого кирпича и камня, по восприятию сейсмических нагрузок.

Для расширения области применения пустотелой керамики в Российской Федерации необходимо провести исследования, позволяющие определить пригодность изделий для строительства в сейсмически опасных районах.

### Цели и задачи

В 2011-2012 гг. в Центре исследования сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им.В.А. Кучеренко был проведен ряд исследовательских работ. Целью исследований была оценка прочности и деформативности кладки стен из керамического пустотелого поризованного кирпича и камня при действии нагрузок, моделирующих сейсмические.

В ходе работ подготовлены и проведены несколько серий испытаний, позволяющих дать оценку прочности и деформативности конструкций, выполненных из керамических изделий производства завода «Славянский кирпич».

На первом этапе проведены испытания по определению физико-механических характеристик керамического кирпича (камней) и раствора, определена величина нормального сцепления по неперевязанному сечению при осевом растяжении и сдвиге.

Второй этап работ — исследование касательного сцепления кладки по перевязанному сечению при срезе для фрагментов кладки стен, выполненных из керамического пустотного поризованного кирпича Poronorm-1, керамического поризованного пустотного камня Poromax-250, фрагментов стен комплексной конструкции, а также определение прочности и деформативности кладки из керамического крупноформатного камня Poromax-250 при внецентренном сжатии.

### Постановка исследований

Испытания на перекоп проведены для четырех серий образцов. Первые две серии выполнены из керамического кирпича и камня, вторые две серии представляют собой

фрагменты комплексных конструкций с железобетонными включениями.

В статье представлены результаты испытаний на перекос образцов первой и второй серии. Образцы первой серии (С1) выполнены из керамического одинарного пустотелого кирпича Poronorm-1 пустотностью 41,1%. Вторая серия образцов (С2) выполнена из керамического крупноформатного камня Poromax-250 формата 11,3НФ пустотностью 50,4%. Образцы второй серии через каждые два ряда армированы арматурной сеткой с ячейкой 100x100 мм. В образцах, выполненных из керамического камня, отсутствуют вертикальные швы, поскольку камни между собой имеют соединение паз-гребень.

Характеристики кирпича и камня приведены в табл.1. Каждая серия состоит из трех образцов, сложенных из кирпича (камня) одной партии, на растворе одного замеса. Для изготовления раствора применялся портландцемент ССПЦ 500 Д20. На рис.1 показаны образцы первой и второй серии.

В ходе испытаний на перекос образцы устанавливались в опорную конструкцию таким образом, что одна диагональ принимала вертикальное положение, нагрузка прикладывалась вдоль этой диагонали. Для равномерной передачи нагрузки между образцом и оголовками укладывался технический войлок. Нагрузка прикладывалась с шагом по  $0,05-0,1P_{max}$ , где  $P_{max}$  — расчетное значение разрушающей нагрузки. Усилие выдерживалось в течение времени, необходимого для снятия показаний с измерительных приборов. Деформации измерялись на двух гранях образца вдоль растянутой и сжатой диагоналей, а также на расстоянии 350 мм от растянутой диагонали. Общая схема нагружения образцов и расстановки измерительных приборов приведена на рис.2. Цена деления приборов 0,01 и 0,1 мм. Испытания проводились на базе испытательного центра ОАО «НИЦ «Строительство» на прессе П-1000 (рис.3).

При нагружении образца вдоль диагонали в кирпичной кладке возникают главные растягивающие напряжения, которые направлены перпендикулярно действию нагрузки. Аналогичное напряженно-деформированное состояние возникает в простенках каменных зданий при горизонтальной сейсмической нагрузке [6].

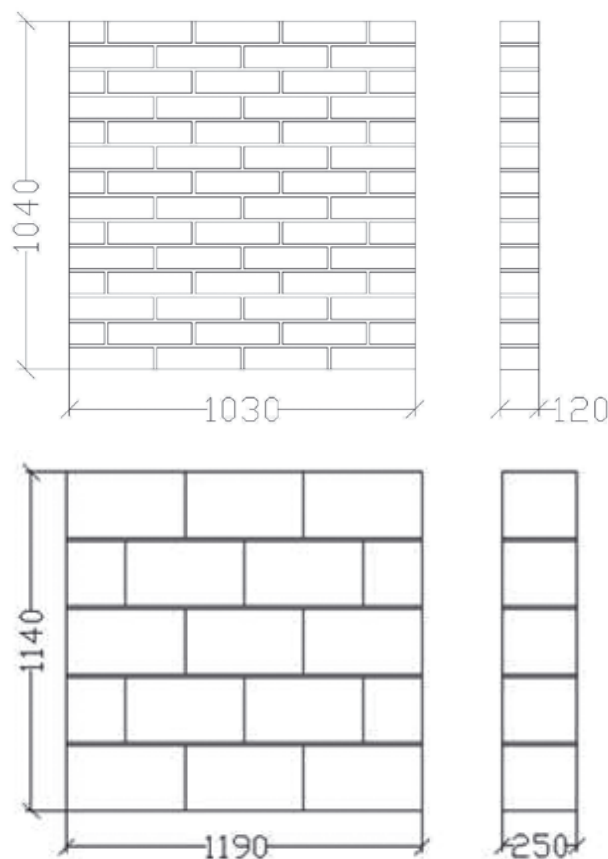


Рис.1. Образцы первой и второй серии:  
а) образец из кирпича Poronorm-1;  
б) образец из кирпича Poromax-250.

## Результаты испытаний серии С1

На рис.4 показано разрушение образцов первой серии. В табл.2 приведено значение разрушающих нагрузок. При испытаниях двух образцов произошло смятие угла в зоне приложения нагрузки либо в опорной зоне без раскрытия диагональной трещины. Разрушение третьего образца произошло в результате образования диагональной трещины, проходящей по кирпичу и раствору. Нагрузка, при которой произошло раскрытие трещины в третьем об-

Таблица 1.  
Характеристики керамического кирпича и камня

Вид изделия	Марка кирпича по ГОСТ 530-2007	Пустотность, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии (горизонтальная нагрузка на тычок), кг/см <sup>2</sup>
Кирпич одинарный рядовой пустотелый Poronorm-1	100	41.1	970	20.51
Камень керамический крупноформатный рядовой Poromax-250	100	50.4	850	7.67

Таблица 2.

Результаты испытаний на перекос образцов первой серии

Образец	Разрушающая нагрузка $N_p$ (кН)	Комментарий
С1-1	204	Разрушение в результате смятия в зоне приложения нагрузки
С1-2	216	Разрушение в результате смятия в опорной зоне
С1-3	192	Образование диагональной трещины

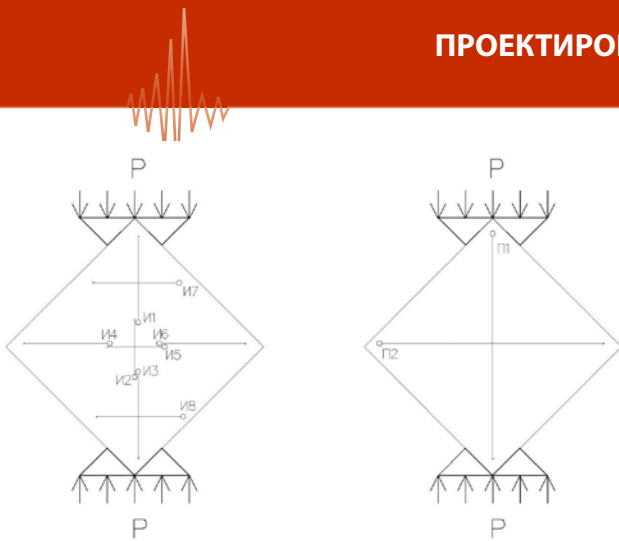


Рис.2. Схема расстановки измерительных приборов и нагружения образца

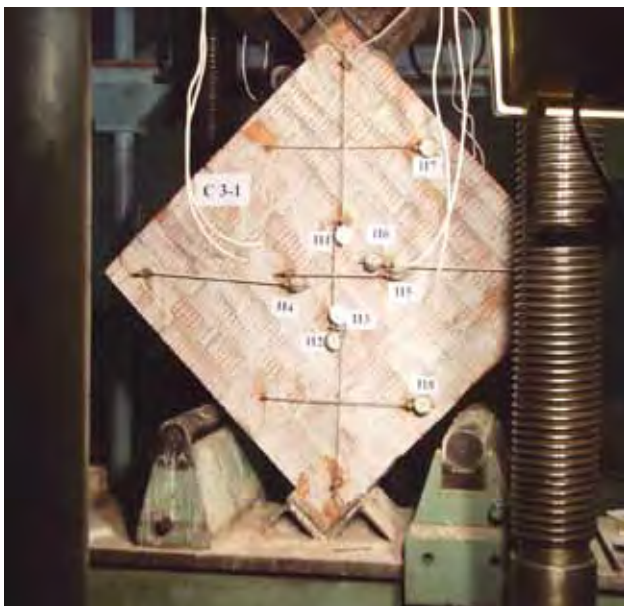


Рис.3. Общий вид образца первой серии в испытательном прессе

разце, была несколько меньшей, чем нагрузка при смятии для первых двух образцов.

По результатам испытаний построены диаграммы деформирования центральной части растянутой диагонали образцов по сжатой диагонали (рис.5). Деформации отнесены к базе измерения равной 300 мм (прибор И5), нагрузки — к максимальной за испытания серии. На графике четко видно нарастание деформаций в образце С1-3, что соответствует раскрытию трещины. Относительные деформации растяжения при разрушении образца С1-3 составили порядка  $\epsilon=0,4 \times 10^{-3}$ .

При нагружении, перед разрушением образца, деформации растянутой диагонали были несколько больше, чем растяжения на линиях, расположенных параллельно и отстоящих от нее на 350 мм. Можно сделать вывод, что развитие диагональной трещины происходит от центра образца к краям, и что сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям является основным критерием при оценке ее несущей способности.

Общий характер разрушения говорит о том, что при перекосе активное участие в работе образца при-

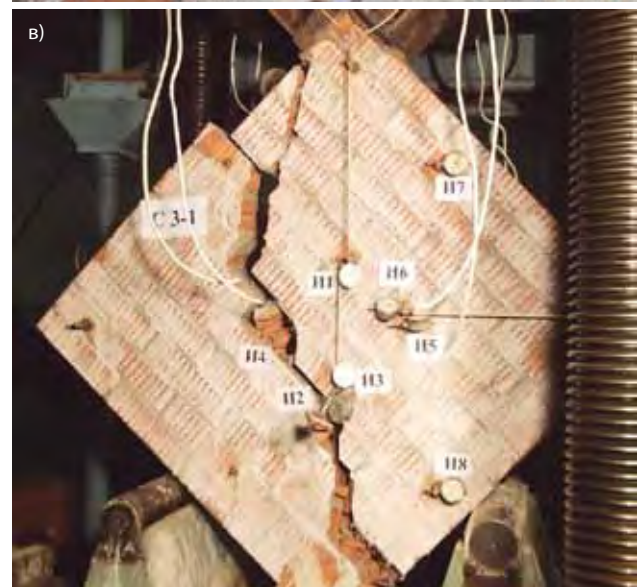
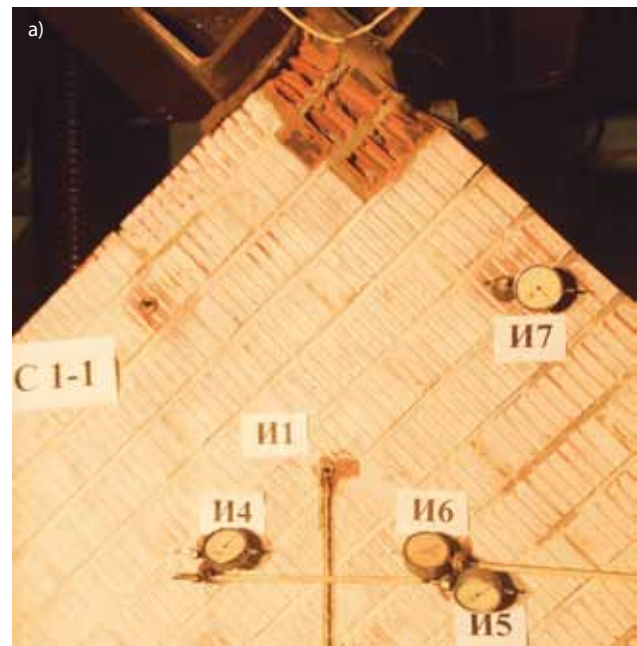


Рис.4. Разрушение образцов первой серии:  
а) С1-1 в зоне приложения нагрузки;  
б) С1-2 в опорной зоне;  
в) С1-3 образование диагональной трещины.



Таблица 3.

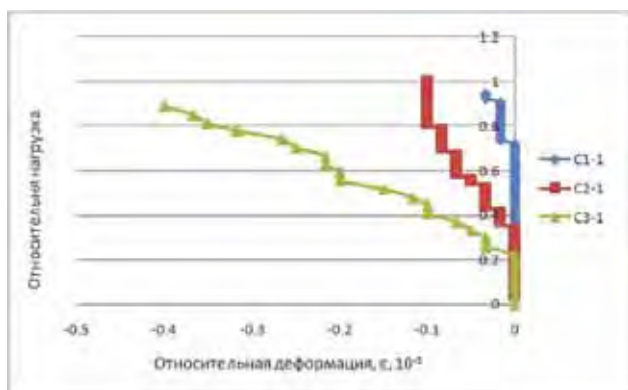


Рис.5. График деформирования центральной части растянутой диагонали образцов

нимают как горизонтальные, так и вертикальные швы, заполненные раствором. Некоторое количество раствора при устройстве кладки попадает в пустоты, что повышает сопротивление кладки сдвигу и срезу. Это отчетливо прослеживается из результатов испытаний на сдвиг, а также на перекося для первых двух образцов, разрушение которых произошло в результате смятия кирпича, а не раскрытия диагональной трещины.

**Результаты испытаний серии C2**

При испытаниях фрагментов стен из крупноформатного камня Porotax-250 разрушение всех образцов произошло в результате смятия кирпича в опорной зоне. На рис.6 показаны образцы после испытаний, значения нагрузок приведены в табл.3.

Смятие образцов в опорной зоне и зоне приложения нагрузки без раскрытия диагональной трещины свидетельствует о способности кладки воспринимать достаточно высокие нагрузки без потери целостности и несущей способности всего фрагмента. В тоже время локальное разрушение опорных образцов естественно, поскольку в поставленном эксперименте вся разрушающая нагрузка прикладывалась на одно изделие.

Характер разрушений — сколы по направлению пустот в камне. Такой вид разрушения камня вызван, по-видимому, тем, что в продольном направлении нагрузку воспринимают лишь внешние грани. Отсутствие внутренних непрерывных продольных перегородок не позволяет камню воспринимать большие нагрузки в продольном направлении.

Средняя разрушающая нагрузка для первой серии образцов составила 204 кН, для второй серии — 133 кН, что меньше в 1,5 раза. По-видимому, это связано с тем, что строение внутренних стенок в кирпиче и камне различно — камень имеет ромбовидные пустоты с толщиной стенки 6,5 мм, а кирпич овальные пустоты с более толстыми стенками, расположение которых позволяет изделию лучше воспринимать продольную нагрузку. Оценить несущую способность образцов из крупноформатного камня можно сравнив полученные результаты с результатами других серий испытаний. В статьях [7, 8] представлен обзор испытаний на перекося аналогичных образцов, выполненных из одинарного полнотелого кирпича. Значение средних

**Результаты испытаний на перекося образцов второй серии**

Образец	Разрушающая нагрузка $N_p$ (кН)	Комментарий
C2-1	108	Потеря несущей способности в результате местного смятия камней
C2-2	136	
C2-3	156	



Рис.6. Разрушение образцов серии C2

разрушающих нагрузок составило 117 и 108 кН. Средняя разрушающая нагрузка для образцов из керамического камня составляет 133 кН. Таким образом, можно сказать, что образцы кладки из пустотного крупноформатного камня воспринимают нагрузку, сопоставимую с нагрузкой для кладки из полнотелого кирпича.

**Выводы**

В табл.1 показаны результаты испытаний по определению предела прочности кирпича и камня при сжатии в горизонтальном направлении (нагрузка на тычок). Из результатов видно, что камень воспринимает меньшие нагрузки в продольном направлении, чем кирпич. Это

еще раз подтверждает то, что форма пустот и характер расположения внутренних стенок влияют на прочность изделия при продольном нагружении с тычковой стороны.

Дальнейший анализ результатов этих и последующих испытаний позволит провести более полную оценку поведения кладки из керамического пустотного поризованного кирпича и камня, и сделать вывод о возможности их применения при строительстве в сейсмических регионах Российской Федерации.

## Литература

1. СП 14.13330.2011. *Строительство в сейсмических районах.*
2. СНиП II-7-81\*. *Строительство в сейсмических районах.*
3. СНиП II-22-81\*. *Каменные и армокаменные конструкции.*
4. <http://slavkirp.ru/content/section/9/detail/40/>.
5. Udo Meyer *Earthquake-resistant construction with clay unit*

*masonry — Intermediate results of the research project ESECMaSE. Annual for the Brick and Tile, Structural and Clay Pipe Industries 2008. P.94-106.*

6. Коноводченко В.И. *Исследование сейсмостойкости кирпичной кладки и виброкирпичных панелей.* // В сб. *Сейсмостойкость крупнопанельных и каменных зданий.* — М.: 1967. С.171-180.
7. Тонких Г.П., Кошаев В.В., Кабанцев О.В. *Экспериментальные исследования несущей способности комбинированной каменной кладки при главных нагрузках.* // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений.* 2007. №6. С.26-31.
8. Тонких Г.П., Симаков О.А., Симаков А.Б., Кабанцев О.В., Баев С.М., Панфилов П.С. *Экспериментальные исследования сейсмоусиления каменной кладки наружными бетонными аппликациями.* // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений.* 2011. №2.

Материалы хранятся в ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко по адресу: 109428, Москва, ул. 2-я Институтская, д.6, корп.37. Тел/факс: (499) 174-70-64. E-mail: al\_bubis@mail.ru.

## ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ СТАТЬИ ДЛЯ ЖУРНАЛА «СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ»

Уважаемые авторы, при направлении рукописей статей для опубликования просим соблюдать следующие требования:

1. Объем статей не должен превышать 5-6 страниц текста (10-20 тыс. знаков) с 3-4 иллюстрациями.
2. Текст статьи должен быть набран на компьютере с использованием текстового редактора **Microsoft Word** (в формате \*.doc или \*.rtf) **без расстановки переносов.**
3. На первой странице статьи после заглавия приводятся фамилии и инициалы авторов **с указанием ученой степени и названия организации.**  
(Автор, по желанию, может предоставить свою фотографию в формате \*.tiff, \*.jpg)
4. **Ключевые слова** к статье.
5. В конце статьи прилагается список использованных литературных источников со ссылками по тексту статьи [.] (**Литература**).
6. После списка литературы обязательно указывается **контактная информация:** «Материал хранится в ...» (полный почтовый адрес организации/автора и телефон, при наличии - адрес электронной почты).
7. **Иллюстрации** (фотографии, рисунки, графики, диаграммы) представляются **только** в графических редакторах в формате \*.tif, \*.jpg, \*.cdr, \*.xls с разрешением от **300 dpi**. Подрисовочные подписи обязательны и могут быть приведены в конце текстового блока статьи. Обозначения по осям графиков и внутририсовочные надписи должны быть четкими и хорошо читаемыми. Натурные рисунки и фотографии должны быть хорошего контрастного качества. Все иллюстрации прилагаются **отдельными файлами. Иллюстрации в формате \*.doc (Word) к публикации не принимаются!**
8. Таблицы должны быть напечатаны с минимальными размерами строк и столбцов и вставлены в текст статьи. Все наименования в таблицах даются полностью без сокращения слов.
9. Математические формулы и выражения должны быть записаны по возможности в **Microsoft Word** или с помощью редактора **Microsoft Equation 3.0**. Отдельные символы и специальные знаки записываются с помощью **Microsoft Word** опции «вставка-символ».
10. Все условные обозначения в тексте, таблицах, иллюстрациях приводятся в **системе СИ.**
11. Просим **не использовать подстраничные сноски** в связи с трудоемкостью их расстановки при наборе и верстке текста.
12. В конце статьи прилагается **аннотация** к статье из 7-8 строк **на русском языке обязательно** (по возможности и на английском языке).
13. Статьи принимаются в электронном виде на дискете/компакт-диске или присылаются по электронной почте.
14. К статье должно прилагаться **рекомендательное письмо от организации**, которую представляет автор, **рецензия** на статью или **экспертное заключение.**
15. Статьи могут быть направлены в редакцию:  
**почтовый адрес – 109428, Москва, ул. 2-я Институтская, 6, стр. 37, РАСС**  
**e-mail: ntd-ntpi@mail.ru**  
**тел./факс: (495) 36-1234-1**

*Рукописи, не отвечающие этим требованиям, приниматься к публикации не будут.*