

СОВРЕМЕННАЯ КЛАДКА СТЕН ИЗ КРУПНОФОРМАТНЫХ БЛОКОВ ПУСТОТНОСТЬЮ БОЛЕЕ 50% НА КЛЕЕВЫХ РАСТВОРАХ

А.В. ГРАНОВСКИЙ, канд. техн. наук*

Е.Ю. КОНДРАТЬЕВА, инженер**

*ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, Москва

**Российский университет дружбы народов, Москва

117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, РУДН

Проанализированы результаты экспериментальных исследований прочности кладки стен из крупноформатных поризованных (шлифованных) камней пустотностью 52% производства ООО «Рябовский завод керамических изделий» на клеевом растворе при различных вариантах статических воздействий (осевое растяжение, внецентренное сжатие, изгиб из плоскости, сдвиг по неперевязанному шву). Отмечена высокая надежность кладки стен из крупноформатного камня на клеевых растворах при толщине шва 2-3мм. Установлены расчетные характеристики кладки для включения их в нормативные документы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: крупноформатные камни, клеевой раствор, расчетные характеристики, статические нагрузки, напряженное состояние.

В настоящее время в России практически отсутствуют исследования, позволяющие оценить расчетные характеристики кладки стен из крупноформатных (шлифованных) поризованных керамических камней пустотностью более 50% (далее КПКК) при различных видах напряженного состояния кладки в зависимости от характера силового воздействия. Отдельные исследования касаются только центрального сжатия кладки из КПКК на цементном растворе [1]. Однако согласно требованиям СП [2, 3] знание только расчетного сопротивления кладки сжатию недостаточно при проектировании зданий в обычных условиях, не говоря уже о сейсмоопасных регионах. Исследование же работы стен из КПКК на клеевых растворах, широко применяемых за рубежом, на действие статических и динамических нагрузок в России не проводились.

В современной России существует целый ряд факторов, стимулирующих строительство жилых и общественных зданий со стенами из КПКК пустотностью более 50%:

- ужесточение требований к тепловой защите зданий;
- высокие теплоизоляционные свойства стен из КПКК пустотностью более 50%, позволяющие сравнивать климат в кирпичном доме с климатом в домах из ячеистобетонных блоков и древесины;
- сокращение сроков строительства при использовании крупноформатных камней марок 10.7НФ и 14.3НФ.

В табл. 1 дана сравнительная оценка эксплуатационных характеристик стен зданий из крупноформатных поризованных камней пустотностью 52% и из ячеистобетонных блоков плотностью D600, выполненная специалистами Академии конъюнктуры промышленных рынков с использованием 5-балльной шкалы.

Таблица 1

Материал кладки	Показатели кладки				
	Звукоизоляция	Долговечность	Водопоглощение	Теплозащита	Несущая способность при одинаковых показателях прочности камня и раствора
Крупноформатные камни пустотностью 52%	4	5	5	5	5
Ячеистобетонные блоки D600	3	3	3	5	2

В настоящей статье изложены результаты экспериментальных исследований прочности и деформативности кладки стен из КПКК на клеевом растворе на действие статических нагрузок (центральное и внецентренное сжатие, осевое растяжение и срез по неперевязанному шву, растяжение при изгибе).

Материал кладки. Для кладки опытных образцов использовались КПКК пустотностью 52% марок 10.7НФ и 14.3НФ производства ООО «Рябовский завод керамических изделий» (рис. 1) и клеевая смесь марки **РК**, используемая для склеивания КПКК при толщине шва 2-3мм и обладающая высокими адгезионными свойствами. Для обеспечения равномерного распределения клея по опорной поверхности камня с целью исключения перерасхода клея из-за попадания его в пустоты укладка клеевой смеси осуществлялась на специальную стеклотсетку с размером ячеек 4x4мм. Процесс изготовления образцов показан на рис. 2. По результатам испытаний установлено, что по прочности на осевое сжатие КПКК и клеевой раствор соответствуют маркам М200 (кирпич) и М100 (клей).

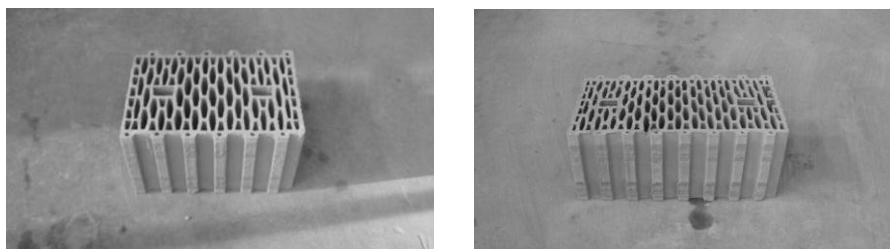


Рис. 1. Общий вид крупноформатного рядового поризованного (шлифованного) камня марок: а) 10.7 НФ б) 14.3 НФ

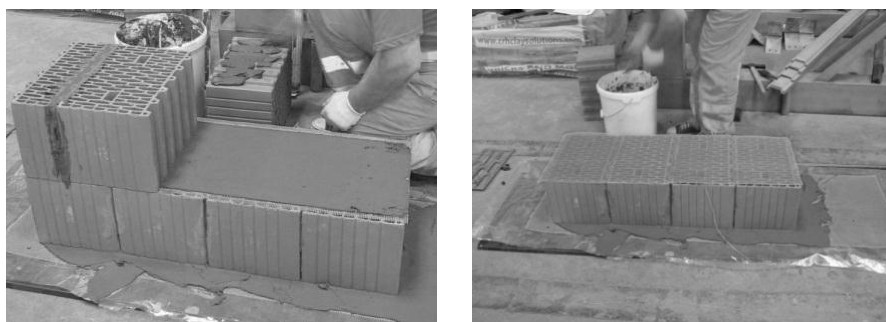


Рис. 2. Процесс изготовления опытных образцов

Прочность кладки при осевом растяжении и срезе. Основными показателями, характеризующими монолитность кладки, являются величины нормального сцепления клеевой смеси с КПКК – при осевом растяжении и касательного сцепления – при действии сдвигающих усилий или срезе по неперевязанному сечению.

Прочность кладки при осевом растяжении определялась на образцах-двойках (рис. 3а), при срезе по неперевязанному шву – на образцах-тройках (рис. 3б). При этом, величина касательного сцепления определялась при сдвиге камней поперек пустот (рис. 4а) и вдоль пустот (рис. 4б). В табл. 2 приведены экспериментальные данные о величинах нормального и касательного сцепления для кладки из КПКК на клеевом растворе **РК**.

Анализ результатов экспериментальных исследований прочности кладки из КПКК на клеевом растворе при осевом растяжении и срезе по неперевязанному шву, позволяет отметить следующее:

Таблица 2

Вид воздействия	Марка —	Количество образцов	Нормальное сцепление кладки, (МПа)	Касательное сцепление, (МПа)
Осевое растяжение	—	8	0.287	---
Срез по неперевязанному шву	—	I серия – 8	---	0.36
		II серия – 7	---	0.22

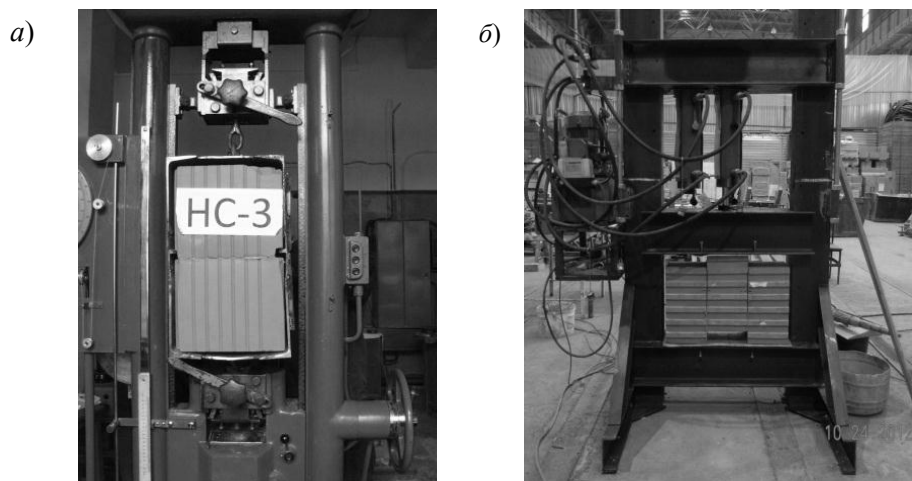


Рис. 3.

а) опытные образцы-двойки; б) опытные образцы-тройки

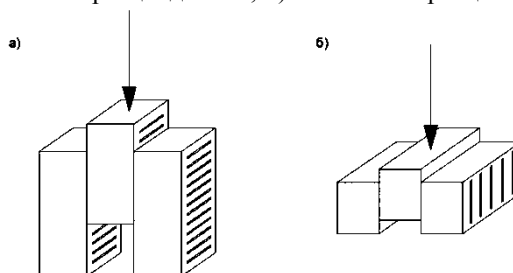


Рис. 4. Общий вид опытных образцов-троек при приложении нагрузки
а) поперек пустот; б) вдоль пустот

1. Величина временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанному шву (нормальное сцепление) кладки опытных образцов из КПКК, выполненной на клеевой смеси марки **РК** изменялась в интервале от 0.256 до 0.321 МПа. Согласно п. 6.14.5 [2] для кладки I-ой категории стен зданий, возводимых в сейсмоопасных районах РФ, временное сопротивление осевому растяжению должно быть не менее $R_t^u \geq 0.18 \text{ МПа}$. Полученные из эксперимента значения нормального сцепления кладки стен из КПКК на исследованном составе клеевой смеси на 42÷78% выше указанного значения нормативного временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанному шву. Указанный параметр кладки оказывает существенное влияние на ее прочность при действии нагрузок (ветровые и сейсмические воздействия), вызывающих изгиб стен из плоскости.

2. Значение расчетного сопротивления осевому растяжению по неперевязанному шву (нормальное сцепление) для кладки всех видов согласно табл. 11 [3] при марке раствора $\geq \text{M50}$ рекомендовано принимать равным $R_t = 0.08 \text{ МПа}$. Для кладки из КПКК на клеевом растворе по результатам эксперимента $R_t =$

$R_t^u/2 = 0.278/2 = 0.14$ МПа, т.е. более чем в 1.5 раза выше нормируемого по [3] значения R_t .

3. Значение расчетного сопротивления срезу по неперевязанному шву (касательное сцепление) для I-ой категории кладки зданий, возводимых в сейсмоопасных регионах РФ согласно СП [2] следует принимать равным $R_{sq} = 0.7 \times R_t^u = 0.7 \times 0.18 = 0.126$ МПа. Как видно из табл. 2 для кладки из КПКК при пустотности 52% на клеевом растворе **РК** значение R_{sq} в зависимости от направления действия нагрузки относительно положения пустот в кладке изменяется от 0.11 МПа до 0.18 МПа. По табл. 11 [3] для кладки всех видов при марке раствора $\geq M5$ значение R_{sq} следует принимать равным 0.16 МПа.

На рис. 5 показана схема испытания образца на изгиб по неперевязанному шву. Для испытаний было изготовлено 3 опытных образца фрагмента стен размером $L \times B \times H = 1325 \times 770 \times 38(51)$ мм. С помощью специального домкрата нагрузка через распределительную раму подавалась на балку. Усилия на каждом этапе нагружения фиксировались с помощью специального датчика усилий DACELLTX25. Нагрузка на опытные образцы подавалась ступенями, составляющими 10% от предполагаемой величины разрушающей нагрузки. В начале и в конце каждой ступени нагружения производились замеры перемещений образца. Значение расчетного сопротивления кладки растяжению при изгибе из КПКК на клеевом растворе по результатам испытаний получилось равным $R_{tw} = R_{tw}^u/2 = 0.165$ МПа, что более чем на 14% превышает расчетное значение R_{tw} для I-ой категории кладки стен, возводимых в сейсмических районах (ср. 12[2]) и на 37% - расчетного значения R_{tw} для всех зданий, возводимых в обычных условиях (табл. 11[3]).

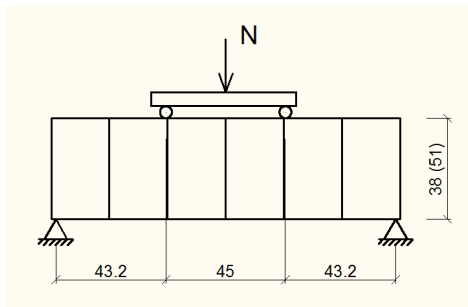


Рис. 5. Схема испытания образца на изгиб по неперевязанному шву



Рис. 6. Общий вид опытного образца II-ой серии

Прочность кладки при внецентренном сжатии. В соответствии с программой работ были изготовлены и проведены испытания на внецентренное сжатие 2-х серий образцов по три образца близнеца в каждой серии. Образцы I-ой серии представляли из себя кирпичные столбы размером $510 \times 510 \times 1420(H)$ мм, образцы II-ой серии – в виде простенков размером $380 \times 770 \times 1420(H)$ мм. На рис. 6 показан общий вид образца II-ой серии в прессе до начала испытаний. В таблице 3 представлены результаты испытаний образцов I-ой и II-ой серии на внецентренном сжатии.

По результатам испытаний установлено, что предел прочности (временное сопротивление) при центральном сжатии кладки изменяется от 7.27 до 10.51 МПа. С учетом коэффициента перехода от

временного сопротивления к расчетному ($K=2$), значение расчетного сопротивления сжатию кладки из КПКК на клеевом растворе **РК** составляет $R= 4.37$ МПа. Для включения в СП [3] рекомендуется с учетом незначительного объема исследований в этой области расчетное сопротивление кладки сжатию из КПКК на клеевом растворе **РК** принимать равным 3.1 МПа (в табл. 2 СП [3] расчетное сопротивление сжатию кладки для кирпича М200 на растворе М100 $R = 2.7$ МПа).

Таблица 3

№ серии	$N_{\text{разр}}$ (кН)	$N_{\text{тр}}^I$ (кН)	$\frac{N_{\text{тр}}^I}{N_{\text{разр}}}$	Предел прочности при сжатии $R_u/R_{\text{внец.сж.}}$ (МПа)	Эксцентриситет приложения нагрузки e_x-e_y (см)	ψ	ω	Предел прочности кладки (при центральном сжатии) (МПа)	
								R^I	R^{CP}
1	6	7	8		9	10	11	12	13
I серия	2000	1250	0.625	7.69/3.85	0.73-0.01	0.97	1.01	7.85	7.57
	1820	1000	0.550	7.00/3.50	3.5-3.08	0.863	1.07	7.58	
	1350	700	0.520	5.19/2.6	7.28-3.17	0.626	1.14	7.27	
II серия	2570	1350	0.525	8.78/4.39	2.16-1.94	0.856	1.0	10.2	9.91
	2590	1350	0.521	8.85/4.43	2.72-1.5	0.848	1.04	9.68	
	2400	1250	0.520	8.20/4.10	1.87-4.08	0.747	1.11	9.89	

Вывод. Результаты исследований рекомендованы для включения в действующие нормы и могут быть использованы при разработке проектов зданий различной этажности из крупноформатного камня пустотностью 52% на клеевом растворе **РК**.

Литература

1. *Пonomarev O.I., Gorbunov A.M., Pavlova M.O.* О применении крупноформатных керамических камней из поризованной керамики при возведении энергоэффективных зданий, в том числе в сейсмических районах// Сейсмическое строительство. Безопасность сооружений. –2012. – №5. – С. 48-53.
2. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*
3. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*

References

1. *Ponomarev, O.I., Gorbunov, A.M., Pavlova, M.O.* (2012). O primeneniі krupnoformatnih keramicheskikh kamney iz porozovannoy keramili pri vozvedenii energoeffektivnih zdaniy, v tom chisle v seysmicheskikh rayonah, *Seysmicheskoe stroitelstvo. Bezopasnost sooruzheniy*, №5, 48-53.
2. *SP14.13330.2011.* Building in the seismic areas. Aktualizirovannaya redaktziya SNiP II-7-81*.
3. *SP 15.13330.2012.* Stone and Reinforced stone structures. Aktualizirovannaya redaktziya SNiP-II-22-81*.

INNOVATIVE MASONRY MADE OF LARGE-SIZE HOLLOW UNITS WITH 50% POROSITY AND WITH GLUE JOINTS

A. V. Granovsky, E. Y. Kondratyeva

The results of the experimental research on the strength of masonry walls made of large-size ceramic perforated hollow core blocks with 52% porosity produced by “Ryabovskiy Ceramic Ware Factory” LLC have been analyzed. Masonry walls were built with adhesive mixture. The experiment included different types of static load testing (compression, bending, shear). High strength of masonry walls made of LCPHB with 2-3mm wide joints was noticed.

KEY WORDS: large-size blocks, adhesive mixture, design characteristics, static loads, stress state.