



УДК 624.02.80

Б.С. Соколов – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН, заведующий кафедрой железобетонных и каменных конструкций

Тел.: (843) 510-47-05, e-mail: sokolov@ksaba.ru

А.Б. Антаков – кандидат технических наук, доцент

К.А. Фабричная – ассистент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ИССЛЕДОВАНИЯ КЛАДОК ИЗ ПУСТОТЕЛОГО КИРПИЧА 1,4 НФ

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты исследований каменных кладок из пустотного керамического кирпича. Целью исследований является разработка методики расчета на основе теории сопротивления анизотропных материалов при сжатии, отражающей особенности напряженно-деформированного состояния и характера разрушения каменных кладок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: каменная кладка, прочность, керамический кирпич, теория.

B.S. Sokolov – doctor of technical science, professor, corresponding member of the RAABS, head of the department of Reinforced-Concrete and Masonry Structures

Tel.: (843) 510-47-05, e-mail: sokolov@ksaba.ru

A.B. Antakov – candidate of technical science, associate professor

K.A. Fabrichnaya – assistant

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

RESEARCH OF MASONRY FROM A HOLLOW BRICK

ABSTRACT

In article results of researches of masonry from a hollow ceramic brick are resulted. The purpose of researches is working out of a design procedure on the basis of the theory of anisotropic materials at the compression, reflecting feature of the intense-deformed condition and character of destruction of masonry.

KEYWORDS: masonry, strength, ceramic brick, the theory.

На кафедре железобетонных и каменных конструкций КазГАСУ выполнены комплексные исследования кладок из пустотного кирпича формата 1,4 НФ в соответствии с классификацией ГОСТ530-2007 [3]. Необходимость проведения работ обусловлена двумя основными причинами:

- предприятия РТ приступили к выпуску кирпича, пустотность которого превышает нормативные показатели СНиП П-22-81* [1]. Выпускаются материалы двух типов: 32-дырчатый, с пустотностью 43 % и диаметром отверстий 20 мм, соответствующий номенклатуре ГОСТ [3] и 18-дырчатый, с пустотностью 35 %, диаметром отверстий 30 мм по ТУ 5741-001-72646104-2008 [8]. Поэтому для использования данной продукции при строительстве зданий и сооружений необходимо удостовериться в соответствии свойств кладок требованиям, предъявляемым к прочности и деформативности конструктивных элементов;

- для обеспечения однородных показателей теплопроводности кладки в горизонтальный

растворный шов могут вводиться специальные термовкладыши из теплоэффективных материалов, а прочностные и деформативные характеристики подобных кладок ранее не исследовались.

В соответствии с указанными причинами запланированы и проведены 2 этапа исследований: первый – оценка прочностных характеристик материалов и сплошных кладок, второй – исследование кладок с теплоэффективными включениями. В данной статье приводятся результаты первого этапа исследований.

Целью проведения настоящих исследований является разработка методики расчета кладок на основе теории сопротивления анизотропных материалов сжатием для использования при проектировании зданий.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- определение прочностных характеристик кирпича обоих типов на осевое сжатие, изгиб, срез; прочность используемого для кладки раствора на сжатие;

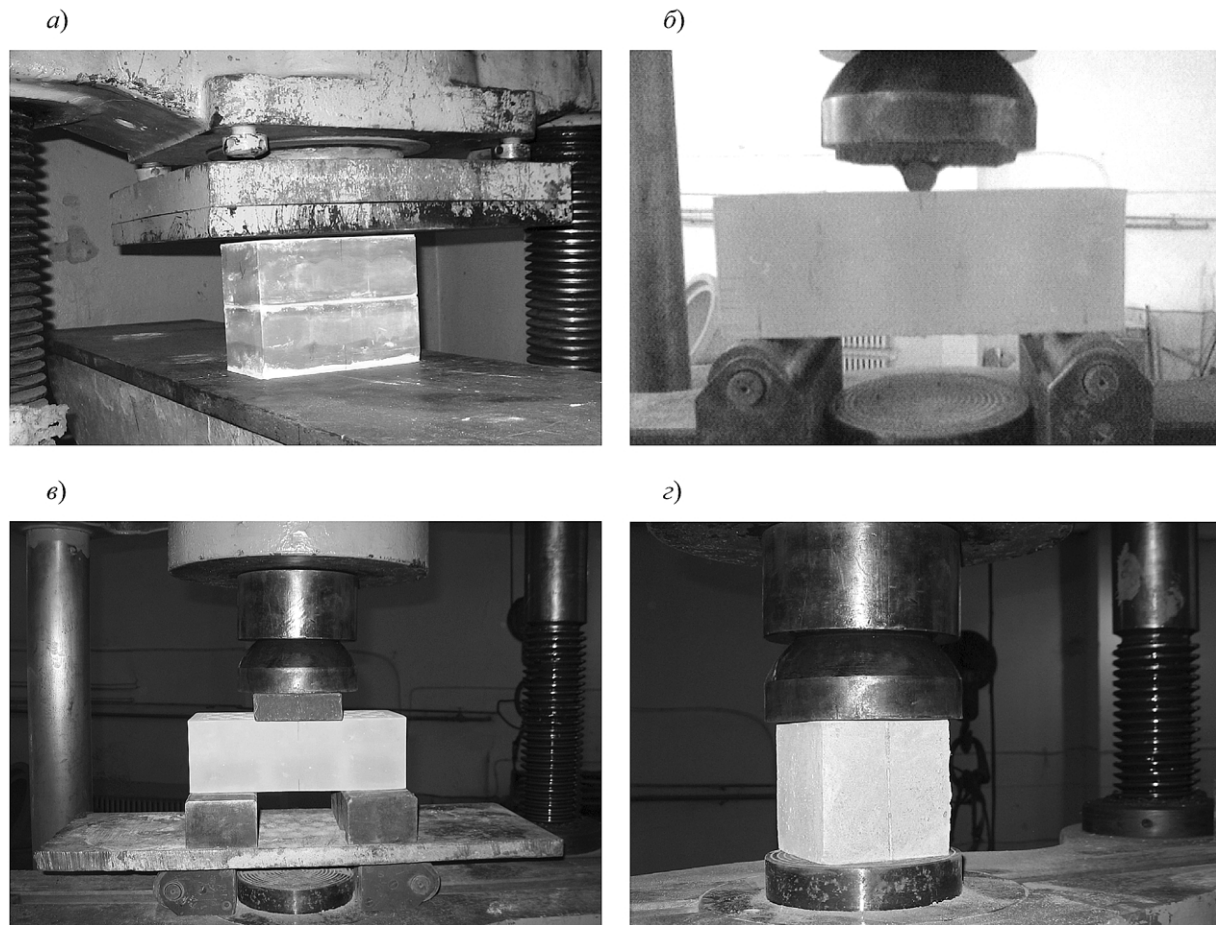


Рис. 1. Испытания образцов кирпича (а, б, в) и раствора (з)

- изготовление опытных образцов кладки;
- проведение испытаний образцов кладки для определения трещинообразующих и разрушающих нагрузок, прочности и модуля упругости, изучения характера разрушения;
- обработка результатов испытаний;
- сопоставление экспериментальных и теоретических данных;
- разработка рекомендаций по проектированию каменных кладок из пустотного кирпича.

Для определения прочности кладки по действующим нормативным документам [1, 2] проведены испытания каменных материалов с целью получения прочностных характеристик кирпича на сжатие и изгиб в соответствии с ГОСТ 8462-85 [9] и прочности раствора на сжатие по ГОСТ 5802-86 [10] (рис. 1 а, б, г). Для определения прочности и трещиностойкости кладки по методике, разработанной на основе теории сопротивления анизотропных материалов сжатию [5], дополнительно выполнены испытания камней на срез и установлены соотношения прочностных характеристик $R_{изг}$, $R_{ср}$, (рис. 1в). Испытания проведены на гидравлических прессах ИПС-200 и ГРМ-100. Для оценки влияния стеклопластиковых сеток, применяемых для предотвращения заполнения

пустот кирпичей раствором, выполнены образцы с сетками в среднем растворяном шве.

Результаты испытаний и соотношения прочностных характеристик кирпичей приведены в таблицах 1 и 2.

В соответствии с поставленными задачами испытаны каменные столбы сечением 25×38 см и высотой 105 см, отличающиеся видом кирпича, при марке цементно-песчаного раствора М100 со сплошным заполнением горизонтального раствора шва (рис. 2а). При изготовлении образцов в каждом ряду укладывалась стеклопластиковая сетка. Испытания образцов кладки на центральное сжатие производились на гидравлическом прессе ИПС-200. Для измерения продольных и поперечных деформаций кладки на боковые поверхности образцов устанавливались мессуры с индикаторами часового типа (рис. 2б).

В ходе испытаний образцов кладки определены величины продольных и поперечных деформаций кладки, трещинообразующих и разрушающих нагрузок, изучен характер разрушения образцов.

В таблице 3 приведены основные характеристики опытных образцов кладок и значения трещинообразующих и разрушающих нагрузок, временных сопротивлений кладок сжатию.

Исследование характера трещинообразования и



Таблица 1

Сводная таблица результатов испытаний кирпича

Вид кирпича	Сопротивления кирпича		
	сжатию $R_{сж.}$, МПа,	изгибу $R_{изг.}$, МПа	срезу $R_{ср.}$, МПа
ГОСТ 530-2007	21,99 14,54*	2,56	1,19
ТУ5741-001-72646104-2008	15,24 16,37*	2,01	1,26

* Образцы с сетками в горизонтальных швах.

Таблица 2

Соотношение прочностных характеристик кирпичей

Вид кирпича	$R_{изг.} / R_{сж.}$	$R_{ср.} / R_{сж.}$
ГОСТ 530-2007	0,12	0,054
ТУ5741-001-72646104-2008	0,13	0,082

а)



б)



Рис. 2. Опытные образцы серий 1 (а) на стадии изготовления и подготовленные к испытаниям (б)

Основные характеристики серий образцов и результаты испытаний

№ серии	Материалы кладки		Среднее значение трещинообразующей нагрузки $N_{ст}$, кН	Среднее значение разрушающей нагрузки $N_{разр}$, кН	Среднее значение временного сопротивления кладки $R_{u,ср}$, МПа
	Кирпич	Раствор			
1	ГОСТ*	M100	450	710,0	7,47
2	ТУ**	M100	500	620,0	6,52

*, ** материалы, соответствующие ГОСТ530-2007 [3] и ТУ5741-001-72646104-2008 [9] соответственно.

разрушения показало, что в целом процесс разрушения идентичен зафиксированному при испытаниях кладок из полнотелых кирпичей. К особенностям исследуемых кладок следует отнести относительно позднее трещинообразование при $(0,6-0,75 N_{разр})$ и меньшие значения коэффициента Пуассона. Отличительной чертой кладок из пустотных кирпичей являются отслоения наружных стенок кирпичей 4-5 рядов и образование множественных вертикальных трещин, равномерно распределяющихся в теле образца (рис. 3).

Установлено, что использование стеклопластиковой сетки в горизонтальных швах незначительно влияет на прочностные свойства кладки, однако отказ от ее применения при использовании обычных цементно-песчаных растворов приводит к снижению

теплотехнических характеристик кладки в целом, за счет заполнения пустот кирпичя (рис. 4).

На основе полученных данных разработана методика расчета каменных кладок на основе теории сопротивления анизотропных материалов при сжатии [5], с учетом пустотности кирпичей.

Оценка трещиностойкости и несущей способности выполняется с использованием выражений расчетного аппарата физической модели разрушения анизотропных материалов при сжатии [5-7].

Расчет по прочности проводят из условия:

$$N \leq N_{ult} = (N_t \cdot \cos a + 2N_{sh}) / \sin a + N_{ef}, \quad (1)$$

где N – продольное усилие от внешних расчетных нагрузок;

а)



б)



Рис. 3. Характер повреждения кладки опытных образцов – отслаивание наружных стенок нескольких рядов кладки (а), равномерное распределение вертикальных трещин в материале (б)

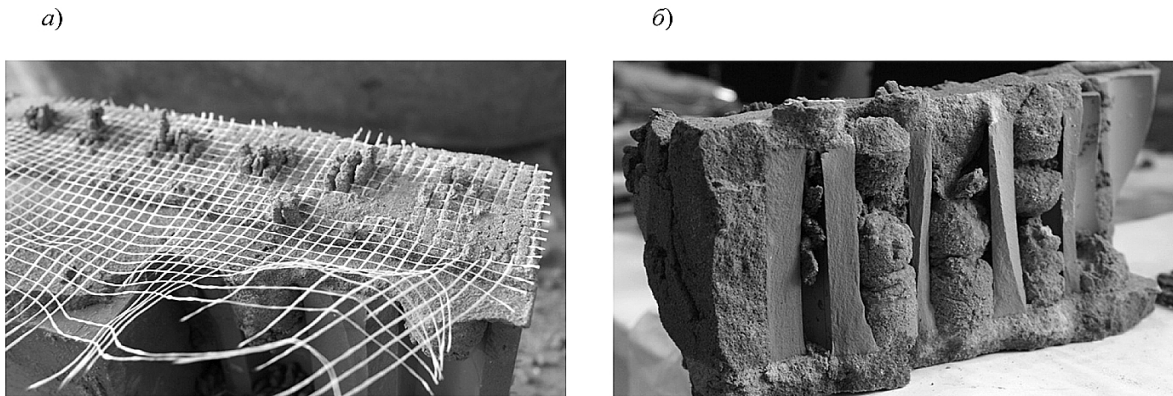


Рис. 4. Характер заполнения пустот в кирпиче – с использованием сетки (а) и без нее (б)

Таблица 4

Сравнение экспериментальных и теоретических результатов

Номер образца	Опытные данные	Несущая способность	
	$N_{разр}$, кг	$N_{сн ип}/N_{разр}$	$N_{модель}/N_{разр}$
1.1	69000	0.76	0.94
1.2	73000	0.73	0.93
2.1	52000	0.83	1.11
2.2	72000	0.6	0.81

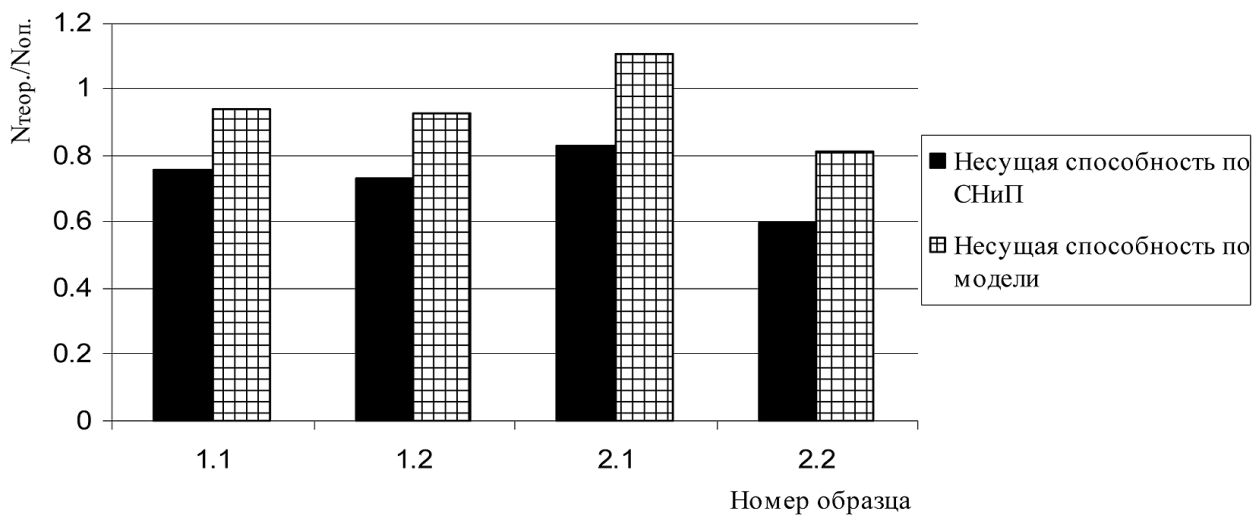


Рис. 5. Сравнение экспериментальных и теоретических результатов



N_{ul} – несущая способность элемента;
 N_{sh} , N_{ef} , N_t – усилия, воспринимаемые кладкой соответственно в зонах сдвига, раздавливания и отрыва.

Усилия, воспринимаемые кладкой, определяются по следующим формулам:

$$N_{sh} = R_{sh} A_{sh}; \quad (2)$$

$$N_{ef} = R A_{ef}, \quad (3)$$

$$N_t = R_t A_{bt}, \quad (4)$$

где R_{sh} , R_t – расчетные сопротивления кирпича сдвигу (срезу) и растяжению;

R_{ef} – расчетное сопротивление кладки сжатию, определенное по табл. 2 [1];

A_{sh} , A_{ef} , A_{bt} – площади соответственно сдвига (среза), раздавливания и отрыва.

Расчетные площади определяются с вычетом растворных швов по формулам:

$$A_{sh} = a \cdot b \cdot (1 + \sin^2 a) \cdot \cos a, \quad (5)$$

$$A_{ef} = a \cdot b \cdot \sin^4 a, \quad (6)$$

$$A_{bt} = 2A_{t1} + A_{t2}. \quad (7)$$

Площадь поверхности растяжения определяется с учетом разности сторон и перевязки кирпичей в сечении по формулам:

$$A_{t1} = (h - b \cdot \sin a \cdot \cos a) \cdot a / 2, \quad (8)$$

$$A_{t2} = (h - a \cdot \sin a \cdot \cos a) \cdot b / 3. \quad (9)$$

где h – высота столба; a , b – меньший и больший размеры сечения столба соответственно.

Сопоставление опытных и теоретических данных несущей способности опытных образцов, полученных по представленной методике и определенных по СНиП [1, 2] приведено в таблице 4 и на рис. 5.

Таким образом, впервые проведены исследования прочности кладок из кирпича 1,4 НФ, выпускаемого заводом «Ключищенская керамика» по [3, 8]. Разработана методика расчета данных кладок на основе теории

сопротивления анизотропных материалов при сжатии, отражающая характер и физические параметры разрушения кладки. Сравнение опытных и теоретических данных показало удовлетворительную сходимость результатов, тогда как показатели, полученные по СНиП [1], занижают фактическую несущую способность до 30 %.

Литература

1. СНиП II-22-81*. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования // Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1999.
2. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81) // ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.
3. ГОСТ 530-2007. Кирпич и камни керамические. Технические условия.
4. Соколов Б.С. Теоретические основы сопротивления бетона и железобетона при сжатии // Известия вузов. Строительство, 1993, № 9. – С. 39-42.
5. Соколов Б.С. Физическая модель разрушения каменных кладок при сжатии // Известия вузов. Строительство, 2002, № 9.
6. Каменные и армокаменные конструкции. Автоматизированный учебный комплекс. Для специальностей 270102, 270106 / Казанский государственный архитектурно-строительный университет; Составители Соколов Б.С., Антаков А.Б. – Казань, 2007. – 96 с.
7. Соколов Б.С., Антаков А.Б. Исследования каменных кладок, усиленных стальными обоймами. – Тольятти, 2009. – С. 167-173.
8. ТУ5741-001-72646104-2008. Кирпич пустотный керамический. Технические условия.
9. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
10. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний.