

DERKACH V.N. Research of durability of a stone laying at action of compressing effort in parallel horizontal mortar to seams

The Article contains results of experimental researches of durability of a stone laying from a ceramic corpulent and hollow brick at action of compressing effort in parallel horizontal mortar to seams. Offers on factor updating to are given, at analytical calculation of characteristic durability of a stone laying at compression in parallel a plane horizontal mortar seams, according to the Eurocode 6.

УДК 69.022

Холодарь Б.Г., Галалюк А.В.**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ КЛАДОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СОГЛАСНО СТБ EN 772-1-2008**

Введение. В соответствии со стандартом EN 772-1 [1] нагружаемые поверхности образца кладочного элемента, подвергаемого испытаниям, должны быть плоскими. Отклонение от плоскостности нагружаемых поверхностей испытываемого образца не должно превышать 0,1 мм на каждые 100 мм длины, а отклонение от прямолинейности верхней поверхности не должно превышать 1 мм на каждые 100 мм длины.

Если испытываемые поверхности не отвечают данному требованию, то такие поверхности обрабатывают в соответствии с требованиями конкретного стандарта на изделие посредством шлифования или выравнивания раствором.

Выравнивание поверхностей производится цементно-песчаным раствором, прочность при сжатии которого на момент испытаний образцов, определяемая в соответствии с EN 1015-11 [2], равна минимальному нормируемому значению прочности при сжатии кладочного элемента или составляет 30 Н/мм², при этом определяющим является меньшее значение.

Кладочные элементы с пустотами, площадь которых составляет менее 35% от опорной поверхности, испытывают с заполнением пустот раствором, к которому предъявляются те же требования, что и к выравнивающему раствору.

Испытания керамического кирпича показали, что вид подготовки поверхности кладочного элемента (шлифование или выравнивание

раствором) оказывает влияние на его прочность при сжатии, устанавливаемую в соответствии с требованиями [1]. Прочность при сжатии кладочных элементов I группы, определенная на образцах с отшлифованной поверхностью, оказалась выше прочности аналогичных образцов с поверхностью выровненной раствором [3].

С целью оценки влияния заполнения пустот раствором на прочность кладочного элемента при сжатии были испытаны образцы керамического пустотелого кирпича без заполнения пустот раствором и с заполненными раствором пустотами согласно требованиям [1]. Кроме того, было выполнено численное моделирование испытаний керамического пустотелого кирпича на сжатие при различных видах подготовки его поверхности.

Результаты испытаний кладочных элементов. Испытаниям подвергались образцы керамического пустотного кирпича по СТБ 1160-99 марки КРПУ-125/35. Выборка образцов производилась из одной партии продукции. Пустоты половины отобранных кладочных элементов были заполнены раствором согласно требованиям [1]. Подготовка поверхности образцов производилась в соответствии с требованиями [1, 4]. Опытные образцы выдерживались в течение не менее 24 сут. в лаборатории при температуре более или равной 20°C и относительной влажности воздуха менее или равной 65%. Испытания образцов производились после достижения ими постоянной массы.

Таблица 1. Результаты испытаний образцов пустотелого кирпича КРПУ-125/35

№ образца	Размеры образца $L \times B \times H$ мм	Разрушающая нагрузка N кН	Прочность при сжатии f_B Н/мм ²	Средняя прочность при сжатии \bar{f}_B Н/мм ²
1	2	4	5	6
Образцы, пустоты которых не заполнены раствором				
1	251×121×94	630	20,7	
2	251×120×95	614	20,4	
3	252×123×96	660	21,3	
4	252×122×95	620	20,2	
5	250×122×94	620	20,3	20,2
6	252×122×95	610	19,8	
7	249×122×95	590	19,4	
8	251×123×94	620	20,0	
9	250×122×95	600	19,7	
10	251×122×93	630	20,5	
Образцы с заполненными раствором пустотами				
11	249×120×85	536	17,9	
12	250×122×85	440	14,4	
13	249×122×85	400	13,2	
14	250×122×85	409	13,4	
15	250×121×86	375	12,4	14,8
16	249×122×85	460	15,1	
17	250×122×86	510	16,7	
18	249×122×85	487	16,0	
19	250×122×83	455	14,9	
20	248×122×83	435	14,3	

Холодарь Борис Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Галалюк Антон Владимирович, инженер Республиканского унитарного предприятия «Институт БелНИИС» Научно-технический центр.

Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267/2.

Строительство и архитектура

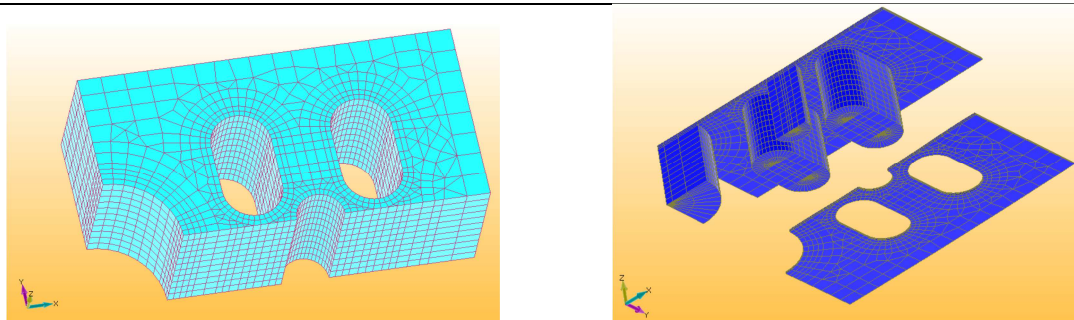


Рис. 1. Конечно-элементные модели кирпича и раствора

Испытания опытных образцов выполнялись в прессе П-250 по методике [1]. Испытываемый образец центрировался относительно продольной оси плит пресса, закрепленных шарнирно, нагружение его производилось со скоростью примерно $0,15 \text{ (Н/мм}^2\text{)/сек}$, до достижения разрушающей нагрузки. Прочность каждого испытываемого образца определялась делением полученного значения максимальной разрушающей нагрузки на площадь нагружаемой поверхности. Прочность при сжатии устанавливалась как среднее значение прочности отдельных образцов, округленное до $0,1 \text{ Н/мм}^2$.

Испытания кладочных элементов показали, что прочность керамического кирпича, пустоты которого не были заполнены раствором, в 1,35 раза выше прочности аналогичного кирпича с заполненными раствором пустотами (таблица 1).

Результаты численного анализа. С помощью конечно-элементного моделирования рассмотрено напряженно-деформированное состояние пустотелого кирпича заданной формы, нагружаемого в прессе между двумя металлическими плитами толщиной 50мм. Направление нагрузки соответствует направлению осей симметрии кирпича. Нагрузка задавалась по внешней поверхности плиты равномерной по площади, соответствующей габаритным размерам кирпича. Во всех случаях ее интенсивность принята единичной $q=1 \text{ Н/мм}^2$. Передача нагрузки на кирпич производилась четырьмя способами:

- а) схема 1 – непосредственный контакт (не смещаемые друг относительно друга общие точки плиты пресса и кирпича);
- б) схема 2 – через промежуточные стержневые элементы, разрешающие проскальзывание контактирующих поверхностей плиты и кирпича;
- в) схема 3 – через слой раствора толщиной 3 мм;
- г) схема 4 – через промежуточные стержневые элементы, разрешающие проскальзывание контактирующих поверхностей плиты и раствора.

Случаи б–г соответствуют требованиям к проведению испытаний согласно стандарту СТБ EN 772-1-2008 с приложением нагрузки непосредственно к шлифованному кирпичу или через слой раствора. Параллельное рассмотрение схем (а)–(б) и схем (в)–(г) позволяет оценить влияние стеснения деформаций в зоне контакта кирпича или слоя раствора с плитой пресса, соответствуя двум крайним случаям трения между ними – наличие идеально-шероховатой (а, в) или идеально-гладкой (б, г) поверхности контакта.

Механические свойства кирпича и раствора приняты линейно-упругими. Расчеты проведены для кирпича и раствора со свойствами, принятыми согласно исследованиям [5]: модуль упругости кирпича $E_k=2e10 \text{ Па}=2,0e4 \text{ Н/мм}^2$, коэффициент Пуассона $\nu=0,10$, модуль упругости раствора $E_p=1,5e10 \text{ Па}=1,5e4 \text{ Н/мм}^2$, $\nu=0,15$. Для растворов рассмотрены также случаи $E_p=0,84e10 \text{ Па}=8,4e3 \text{ Н/мм}^2$, $E_p=0,32e10 \text{ Па}=3,2e3 \text{ Н/мм}^2$ при $\nu=0,15$ и $E_p=3,2e9 \text{ Па}=3,2e3 \text{ Н/мм}^2$ при $\nu=0,20$. Для металлических плит принято $E=2,1e11 \text{ Па}=2,1e5 \text{ Н/мм}^2$, $\nu=0,3$.

Конечно-элементные модели пустотелого кирпича и раствора показаны на рис. 1 и оставались неизменными во всех вариантах расчетов. При расчетах моделей с раствором рассматривалось два случая (рис. 2) – слой раствора на поверхности кирпича, находящийся в контакте с плитой (случай А), а также случай, когда раствор,

кроме того, полностью заполняет сквозные отверстия в теле кирпича (случай Б). Ввиду симметрии задачи в расчетах фигурирует 1/8 часть кирпича, заключенная между его гранями и плоскостями симметрии. На всех этих плоскостях при проведении расчетов устанавливались условия симметрии нагружения (отсутствие линейных перемещений по соответствующему направлению и отсутствие поворотов по двум другим осям).

Целью расчетов являлось выявление зон концентрации напряженно-деформированного состояния (НДС) материалов и определение соответствующих коэффициентов концентрации напряжений и деформаций, а также их сравнение для разных случаев нагружения.

Схемы нагружения по осям X,Y,Z показаны на рис. 2. Результаты расчетов сведены в таблицу 1 и проиллюстрированы графиками на рис. 3. В таблицах буквы “К” и “Р” в обозначениях напряжений относятся соответственно к кирпичу и раствору, а строки для схемы 4 в таблице 2 относятся к использованию в модели модулей упругости раствора $E_p=1,5e10 \text{ Па}=1,5e4 \text{ Н/мм}^2$, $E_p=0,84e10 \text{ Па}=8,4e3 \text{ Н/мм}^2$, $E_p=0,32e10 \text{ Па}=3,2e3 \text{ Н/мм}^2$ (сверху вниз соответственно). Для других схем использован модуль упругости раствора $E_p=1,5e10 \text{ Па}=1,5e4 \text{ Н/мм}^2$. Прочерки в строках для максимальных растягивающих напряжений обозначают, что в этом случае максимальные главные напряжения были отрицательными.

При наличии проскальзывания на контактной поверхности между плитой и нагружаемым материалом деформированное состояние является практически одномерным, а напряженное – более равномерным, чем в случае, когда проскальзывание отсутствует. Это, однако, не позволяет сделать вывод о сопутствующем однозначном уменьшении концентрации напряжений, так как НДС в зонах возле отверстий, которые являются достаточно удаленными от стесненной приконтурной зоны кирпича, меняется несущественно. Разные максимальные расчетные напряжения хорошо коррелируют между собой и дают примерно одинаковые коэффициенты концентрации напряжений.

Расчеты показывают, что различные виды напряжений, указанные в таблице, как правило, имеют максимумы, возникающие в различных точках тел. Для испытаний с жесткой связью между плитой и кирпичом или раствором такими точками являются угловые точки кирпича в зоне контакта с плитой и, в меньшей степени, вся приконтурная зона по периметру контакта, в других случаях зоны концентрации создаются возле отверстий. Глубина проникновения концентрации напряжений в тело кирпича невелика, напряжения быстро уменьшаются по нормали к поверхности. Но зона возле центрального отверстия при нагрузке по оси Z всегда перегружена сравнительно со средним уровнем. При нагрузках по осям X и Y более высокие напряжения создаются на перемычках между двумя вытянутыми отверстиями и круглым между ними. При изменении модуля упругости раствора положение наиболее нагруженных точек может изменяться не только в зависимости от вида нагружения и вида рассматриваемых расчетных напряжений, но также изменяться и применительно к одному и тому же виду расчетного напряжения. По графикам на рисунке 3 видно значительное влияние соотношения модулей упругости кирпича и кладочного раствора (напряженное состояние кирпича на низко модульных растворах оказывается более интенсивным). Пунктирными линиями на рисунке показаны уровни напряжений, возникающие при использовании раствора с модулем $E_p=3200 \text{ кН/мм}^2$ и коэффициентом Пуассона $\nu=0,2$.

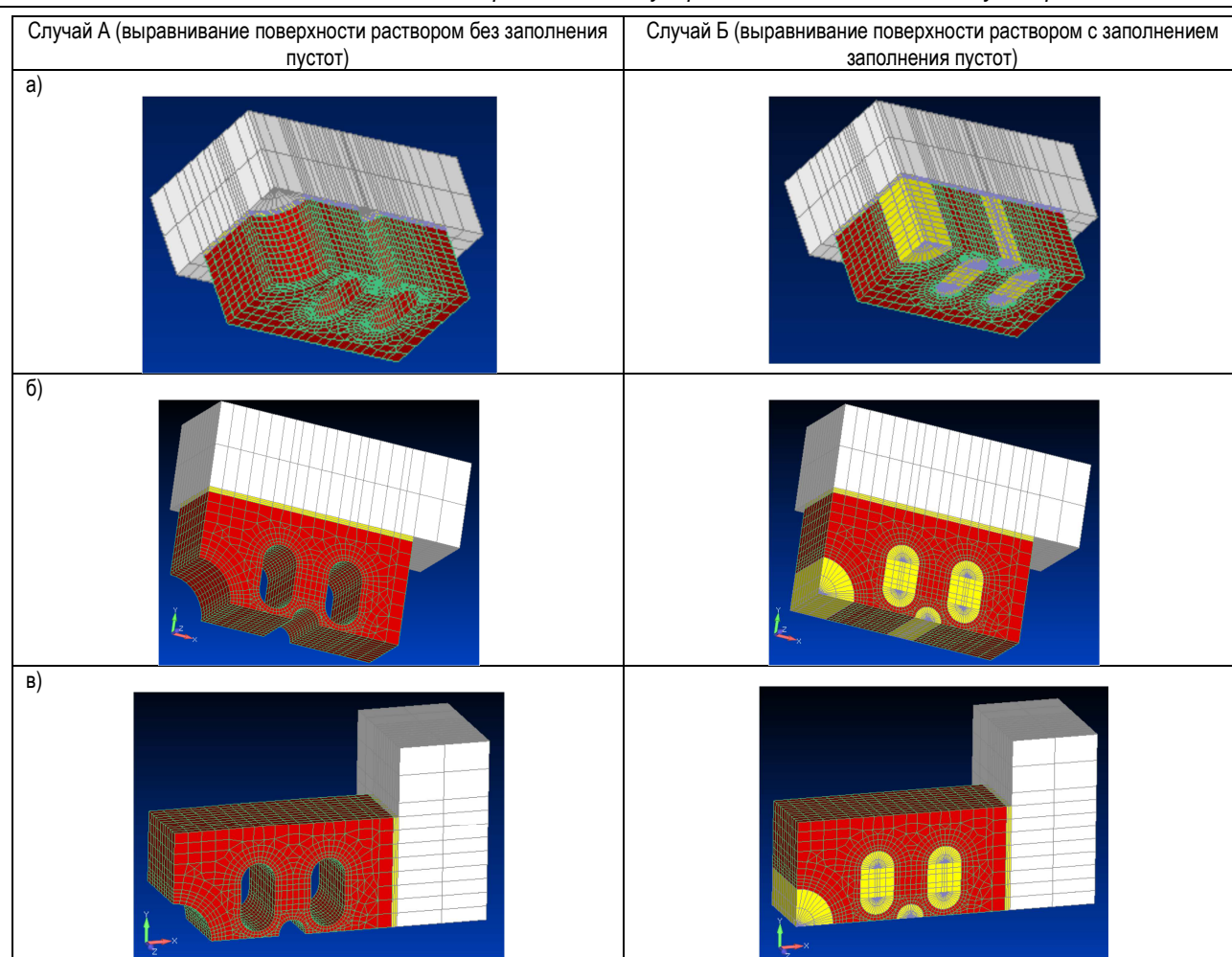


Рис. 2. Случаи А и Б при нагружении по осям: а) Z, б) Y, в) X

Таблица 2. Концентрация напряжений в теле кирпича и раствора

Расчетные напряжения (МПА)		Ось приложения нагрузки									
		Z				X		Y			
		Схема 1	Схема 2	Схема 3		Схема 4		Схема 3		Схема 3	
		A	A	A	Б	A	Б	A	Б	A	Б
По оси нагружения	K	-1,64	-1,51	-1,39	-1,20	-1,45	-1,09	-6,19	-1,41	-6,71	-1,79
						-1,47	-1,40				
	P			-1,73	-1,52	-1,51	-2,06	-3,44	-1,89	-1,75	-2,27
						-1,43	-1,08				
Максимальные сжимающие	K	-1,66	-1,51	-1,39	-1,20	-1,45	-1,11	-6,22	-1,41	-6,74	-1,79
						-1,47	-1,40				
	P			-1,76	-1,55	-1,43	-1,08	-3,49	-1,93	-1,77	-2,31
						-1,42	-1,17				
По Мизесу	K	1,62	1,50	1,39	1,19	1,45	1,13	5,84	1,40	6,33	1,53
						1,48	1,41				
	P			1,64	1,42	1,57	2,13	3,24	1,79	2,27	1,89
						1,39	1,05				
Максимальные растягивающие	K	0,0075	0,023	0,035	0,030	0,072	0,057	5,40	0,149	2,03	0,074
						0,125	0,115				
	P			-----	-----	0,211	0,374	-----	-----	0,009	0,309
						0,034	-----				
						0,014	0,014				
						-----	0,013				

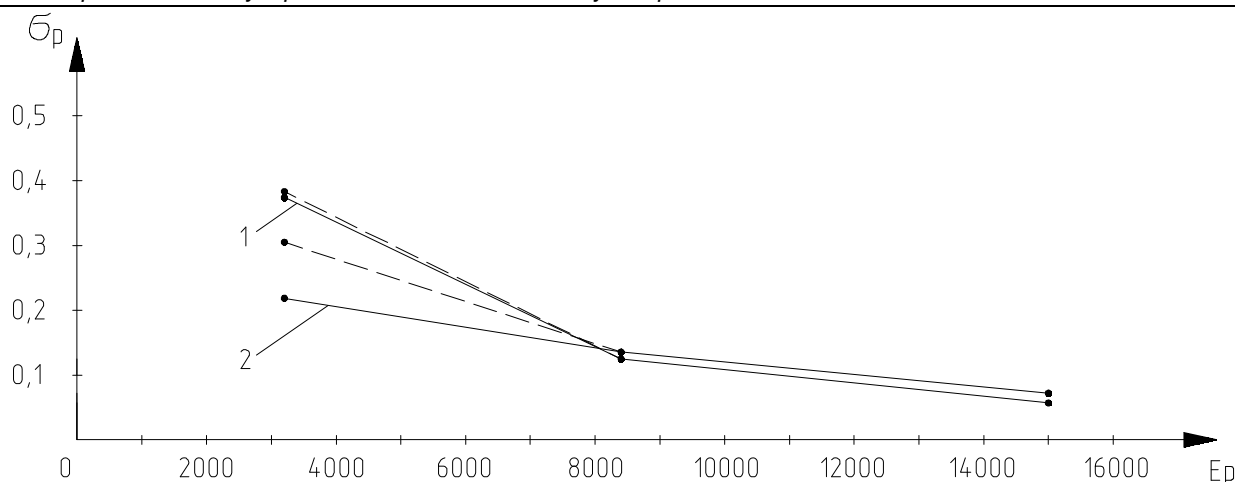


Рис. 3. Величина главных растягивающих напряжений в кирпиче при сжатии вдоль оси Z по схеме 4 (1 – случай А, 2 – случай Б)

Полученные численным расчетом результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Заключение. На основании выполненных исследований можно сделать следующее заключение:

1. Заполнение пустот раствором согласно требованиям [1] снижают прочность керамического кладочного элемента на сжатие примерно на 35%. Причиной снижения прочности кладочных элементов является разница деформационных свойств керамического черепка и раствора. При расчете характеристической прочности каменных кладок с применением кладочных элементов пустотностью ≤35% это создает определенный запас прочности. В то же время согласно стандарту [1] для кладочных элементов пустотностью >35% при определении их прочности на сжатие пустоты раствором не заполняются. Данное обстоятельство требует дополнительной проверки и разъяснения разработчиками стандарта [1].

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методы испытаний строительных блоков. Часть 1. Определение прочности при сжатии: СТБ EN 772-1-2008. – Введ. 01.01.09. – Минск: Госстандарт. – 9 с.

2. Методы испытаний строительных растворов для каменной кладки. Часть 11. Определение прочности затвердевшего строительного раствора при изгибе и при сжатии: EN 1015-11. – Введ. 07.08.1999. – CEN/TC 125. – 18 с.
3. Деркач, В.Н. Влияние подготовки поверхности кладочного элемента на прочность при сжатии, определяемую согласно EN 772-1 / В.Н. Деркач, А.В. Галалюк // Строительная наука и техника. – 2010. – № 5. – С. 47–50.
4. Требования к строительным блокам. Часть 1. Кирпич керамический: EN 771-1. – Введ. 2.10.02. – CEN/TC 125. – 53 с.
5. Пангаев, В.В. Развитие расчетно-экспериментальных методов исследования прочности кладки каменных конструкций: автореферат диссертации доктора технических наук. – Новосибирск, 2009. – 34 с.
6. Проектирование каменных конструкций. Часть 1–1. Общие правила для армированных и неармированных каменных конструкций: СТБ EN/1996-1-1-2008. – Введ. 31.10.08. – Минск: Госстандарт. – 127 с.

Материал поступил в редакцию 10.12.10

HOLODAR B.G., HALALIUK A.V. To a question of definition of durability masonries elements it agree STB EN 772-1-2008

The Article contains results of experimental and numerical researches of a ceramic hollow brick by technique STB EN 772-1-2008. Influence of preparation of a surface masonries of element to its durability is shown at compression.

УДК 624.012

Тур В.В., Черноуван А.В.

К ОЦЕНКЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ВЕТРА ПРИ РАСЧЕТЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Введение. Значение средней скорости ветра и ее изменение с высотой является одним из основных параметров, используемых при расчете зданий и сооружений на ветровые воздействия. Поэтому представляет интерес сравнительный анализ данного параметра в рамках методик, принятых в ТКП EN 1991-1-4 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1–4. Общие воздействия. Ветровые воздействия», введенного с 1 января 2010 года на территории Республики Беларусь, и в главе 6 СНиП 2.01.07 «Нагрузки и воздействия», действующих в Беларуси ранее.

Согласно ТКП EN 1991-1-4 [1], характеристикой ветра, фиксируемой на метеорологических станциях и используемой для построения карты ветровых районов, является основное значение базовой скорости ветра $V_{b,0}$ (fundamental basic wind velocity). Данное значение скорости ветра численно равно характеристической скорости со средним периодом повторяемости 50 лет, соответствующей 10-

минутному интервалу осреднения независимо от времени года и направления ветра на уровне 10 м над поверхностью земли для открытого типа местности с низкой растительностью (например, как трава) и изолированными отдельно стоящими преградами, расстояние между которыми составляет как минимум 20 их высот.

С использованием основного значения базовой скорости ветра $V_{b,0}$ определяется базовое значение скорости ветра v_b (basic wind velocity):

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} \quad (1)$$

где C_{dir} – коэффициент, учитывающий направление ветра (табл. НП.2.1 [1]);

C_{season} – сезонный коэффициент, значение которого рекомендуется принимать $C_{season} = 1,0$.