

## ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ИЗ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЛЩИНЫ РАСТВОРНЫХ ШВОВ

**О.В.Кичаева**, *к.т.н., доц.*

*Харьковский национальный университет городского хозяйства  
имени А.Н. Бекетова, Украина*

**Введение.** Работа кирпичной кладки неотделима от технологических процессов ее возведения, а также условий эксплуатации. Известные работы БелНИИСа [1] авторов Деркача В.Н., Галалюка А.В. по определению коэффициента поперечной деформации каменной кладки из керамического кирпича, российских исследователей: Донченко О.М., Наумова А.Е. [2] о прочности центрально-сжатой кладки с учетом технологических факторов, Савинова Я.В. о влиянии дефектов и повреждений в несущих строительных конструкциях [3] говорят о несомненном непреходящем интересе к работе каменных конструкций. Среди ряда факторов, определяющих прочность кирпичной кладки при сжатии, помимо прочности кирпича и раствора, влияет и толщина шва. Отмечено [4], что чем тоньше шов, тем прочнее кладка, однако какова эта зависимость, и как различная толщина кирпича влияет на прочность кладки на сжатие, точно неизвестно. Данная проблема актуальна как при проектировании новых кирпичных конструкций, так и при обследовании и реконструкции эксплуатируемых зданий.

**Цель работы.** Определение зависимости между шириной растворного шва и прочностью кладки на сжатие.

**Методика испытаний.** Определение деформируемости каменной кладки из силикатного кирпича производилась на образцах-четверках, изготовленных из силикатных полнотельных элементов, соединенных цементно-песчаным раствором. Образцы были испытаны в соответствии с положениями ДСТУ Б EN 1052-1:2011 «Методи випробування кам'яної кладки. Частина 1. Визначення міцності при стиску» [5] в применении к особенностям образцов.

Для опытного определения прочности образцов кладки в зависимости от контролируемого параметра - толщины горизонтальных растворных швов, было испытано 5 серий образцов-четверок. Каждая серия, состоящая из 10 образцов, изготавливалась с применением кладочного раствора  $f_m = 6,5$  МПа (возраст раствора составил 120 дней) и

одинарного силикатного кирпича марки М150. Каждый испытуемый образец складывался из 4-х кирпичей, при этом толщина шва варьировалась следующим образом: 8, 10, 12, 15, 20 мм, тогда высота образца составляет соответственно  $h_{s1} = 284$  мм,  $h_{s2} = 290$  мм,  $h_{s3} = 296$  мм,  $h_{s4} = 305$  мм,  $h_{s5} = 320$  мм (рис. 1). Определялась зависимость между прочностью образцов на сжатие и величинами соотношения толщины кирпича и его шва (контролируемый параметр  $T_k/t_{шва}$ ), которое составляет при разных значениях толщины шва:  $T_k/t_{шва}(1) = 8,125$ ,  $T_k/t_{шва}(2) = 6,5$ ,  $T_k/t_{шва}(3) = 5,42$ ,  $T_k/t_{шва}(4) = 4,33$ ,  $T_k/t_{шва}(5) = 3,25$ .

Для измерения поперечных деформаций использовались индикаторы часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм, устанавливаемых с двух сторон образца, как показано на фото 1.

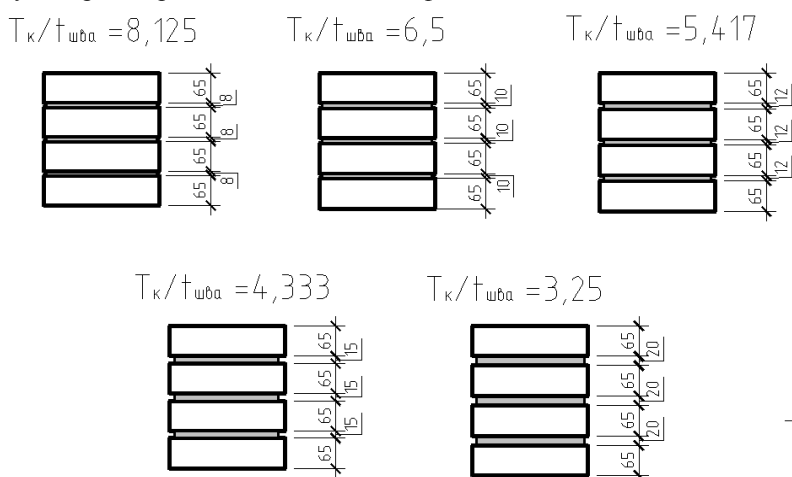


Рис. 1. Схема кладки образцов-четверок

Нагружение опытных образцов производилось при помощи гидравлического пресса МС-1000. Образцы в пресс устанавливались таким образом, чтобы их вертикальная ось совпадала с осью приложения нагрузки. Нагрузка прикладывалась ступенями по 2,0 т (19,62 кН), фиксировалась разрушающая нагрузка и нагрузка трещинообразования. Измерения деформаций производились до разрушения образца, при этом определялось среднее значение по двум индикаторам, установленным с двух сторон образца. Усилие возрастало равномерно, при этом скорость нагружения выбиралась такой, чтобы достичь разрушения образца в пределах 10 - 15 минут от начала приложения нагрузки. Во время снятия отсчетов по приборам нагрузка поддерживалась на постоянном уровне.



Фото 1. Схема испытаний опытных образцов – общий вид и схема расстановки приборов

На основании результатов испытаний устанавливались: прочность образца каменной кладки при сжатии –  $f_i$  определялось среднее значение прочности при сжатии  $f$  (Н/мм<sup>2</sup>), модуль упругости  $E$ .

Прочность при сжатии отдельного испытываемого образца кладки рассчитывается с точностью до 0,1 Н/мм<sup>2</sup> по формуле (1):

$$f_i = \frac{F_{i,max}}{A_i}, \quad (1)$$

где  $F_{i,max}$  – максимальная нагрузка на образец для испытания, Н;  $A_i$  – площадь поперечного сечения отдельного образца для испытания кладки, мм.

Секущий модуль упругости  $E_i$  определяется как секущий модуль при среднем значении относительной деформации  $\varepsilon_i$ , зафиксированной двумя приборами на нагрузке, составляющей 1/3 от разрушающей нагрузки  $F_{i,max}$ :

$$E_i = \frac{F_{i,max}}{3 \times \varepsilon_i \times A_i}, \quad (2)$$

## Результаты испытаний

В ходе экспериментальных исследований получены графики изменения относительных образцов каменной кладки под нагрузкой и определены их модули упругости и прочность при сжатии (табл. 1). Результаты испытаний обрабатывались с помощью вероятностно-статистических методов, были построены кривые нормального закона распределения, выполнена статистическая оценка. Сопротивление кладки определено со степенью надежности 95% для десяти образцов для пяти значений контролируемого параметра  $T_k/t_{ш}$ .

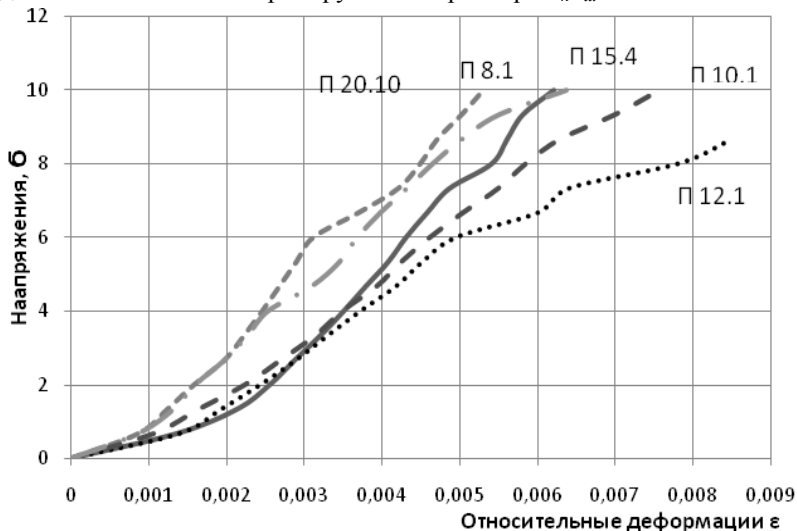


Рис. 2. Графики зависимости « $\sigma - \epsilon$ » характерных опытных образцов серий П8-П20

Таблица 1 – Значения прочностных и деформационных характеристик образцов каменной кладки по результатам экспериментальных исследований

№ серии	Параметр $T_k/t_{шва}$	Усредненное значение прочности сжатию, МПа ( $\text{Н/мм}^2$ )	Усредненное значение модуля упругости, МПа ( $\text{Н/мм}^2$ )
П8	8,125	11,64	554,29
П10	6,5	10,65	482,15
П12	5,42	10,175	465,08
П15	4,33	9,92	477,08
П20	3,25	9,908	520,90

Зависимость прочности образцов кладки при сжатии модуля упругости от контролируемого параметра  $T_k/t_{шва}$  аппроксимирована следующими полиномами второй степени (рис. 3, 4):

$$f = 0,1x^2 - 0,78x + 11,17; \quad (3)$$

$$E = 11,92x^2 - 128,42x + 811,36, \quad (4)$$

где  $x = T_k/t_{шва}$ .

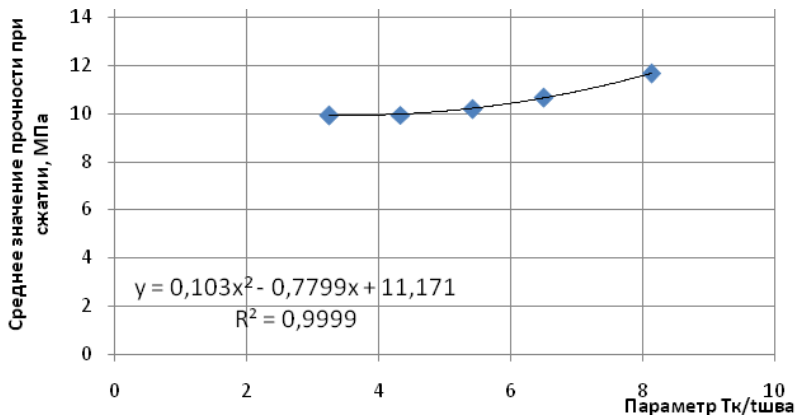


Рис. 3. График корреляционной зависимости среднего значения прочности при сжатии кирпичной кладки при контролируемом параметре  $T_k/t_{шва}$

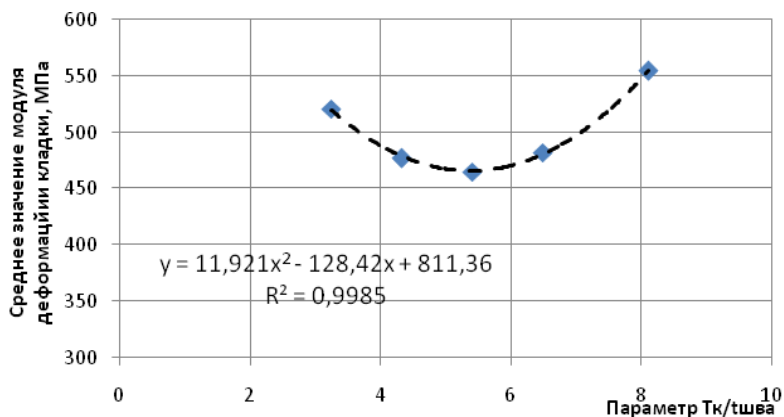


Рис. 4. График корреляционной зависимости среднего значения модуля деформации кирпичной кладки при контролируемом параметре  $T_k/t_{шва}$

**Выводы.** Выполнено исследование зависимости прочности кирпичной кладки из силикатного кирпича на сжатие в зависимости от толщины растворных швов. Получены корреляционные зависимости среднего значения прочности кладки при сжатии и модуля деформации кладки при разных значениях контролируемого параметра, который представляет собой отношение толщины кирпича к толщине шва. Экспериментальные исследования показывают, что прочность кладки на сжатие снижается при уменьшении значения  $T_k/t_{шва}$ , т.е. при увеличении толщины шва. Модуль деформации кладки принимает максимальные значения при самом большом и самом малом значениях параметра  $T_k/t_{шва}$  (для П8 и П20) и минимальные – при значении для П15.

### Summary

The research of dependence of the strength of masonry from silicate brick compressive, depending on the thickness of the mortar joints. The correlation function mean value masonry compressive strength and modulus of deformation of masonry for different values  $T_k/t_{seam}$  of the controlled parameter, which represents the ratio of the thickness to the thickness of the brick seam. Experimental studies show that the strength of masonry in compression decreases with decreasing values  $T_k/t_{seam}$  of  $T_k/t_{seam}$ , by increasing the thickness of the seam. The module takes the strain of masonry maximum values  $T_k/t_{seam}$  at the largest and the smallest values  $T_k/t_{seam}$  of  $T_k/t_{seam}$  (for P8 and P20) and the minimum - at the value for P15.

1. Исследование коэффициента поперечной деформации каменной кладки из керамических кладочных элементов / Галалюк А.В., Деркач В.Н. Третий международный симпозиум «Проблемы современного бетона и железобетона», 9 – 11.11.2011, г. Минск, Республика Беларусь.

2. Наумов А.Е. Прочность центрально-сжатой кладки с учетом технологических факторов. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук, спец. 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения, Белгород, Российская Федерация, 2010, 23 с.

3. Савинов Я.В. Основные причины повреждения несущих стеновых конструкций и рекомендации по их предупреждению (на примере г. Тамбова). Автореферат дисс. ... канд. техн. наук, спец. 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения, Воронеж, Российская Федерация, 2003, 15 с.

4. Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций / А.И. Бедов, А.И. Габитов, 2006 г. Издательство АСТ – 566с.

5. ДСТУ Б EN 1052-1:2011. Методи випробування кам'яної кладки. Частина 1. Визначення міцності при стиску. К., Мінрегіон України, 2012 – 15 с.