

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КАМЕННОЙ КЛАДКИ

Чернева Е.С. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*)

В статье представлены результаты экспериментального исследования прочности кладки из кирпича со щелевидными пустотами. Выполнено сравнение с результатами других авторов, а также с данными СНиП.

Постановка проблемы. Расчеты и опытное проектирование показывают, что массу наружных стен и удельный расход кирпича в жилищном строительстве можно уменьшить в 1,5-2раза, применяя вместо современных массивных стен несущие стены из кирпича марок от 100 до 300; наружные стены из пустотелых керамических камней; наружные тонкие кирпичные или керамические стены. Одной из главных задач дальнейших исследований в области прочности каменных конструкций является детальное изучение новых видов каменных материалов и конструкций для разработки способов повышения их прочности. Одновременно должны продолжаться исследования некоторых общих вопросов прочности каменных конструкций, которые позволят обеспечить равную надежность различных конструкций, работающих в одинаковых условиях эксплуатации, что должно дать известный экономический эффект [1].

Несмотря на значительный объем сведений о прочности каменных конструкций необходимы дальнейшие исследования следующих вопросов:

1) влияние разных факторов на прочность кладок из материалов различной прочности. В настоящее время прочность кладки из новых видов материалов устанавливают непосредственным испытанием крупных образцов кладки;

2) изучение прочности кладок из пустотелого высокопрочного кирпича [1].

Экспериментальная часть работы. Для проведения эксперимента были выполнены три серии образцов-столбиков, размерами 25x25см высотой 1м., по два образца в каждой серии из керамического кирпича пластического формования с щелевидными пустотами. Предваритель-

но экспериментально была определена прочность кирпича в соответствии с действующими нормами, а во время испытаний столбиков бралась проба раствора.

Испытания кирпичных столбиков проводились с целью экспериментального определения нормативного сопротивления кладки и получения зависимости “напряжения-деформации” при кратковременном действии сжимающей нагрузки. Образцы изготавливались в лабораторных условиях, в рабочем зале лаборатории кафедры железобетонных и каменных конструкций Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Сначала укладывали металлические плиты толщиной 8мм с четырьмя петлями для захвата кран-балкой. Верхнюю поверхность образцов-столбиков выравнивали строительным раствором в соотношении цемент-песок-1:1 при помощи стекла, размером 35x35см.

Испытание образцов проводилось на действие статической кратковременной нагрузки, что позволило наблюдать все стадии их работы. Перед началом испытаний для направленного их проведения были выполнены теоретические расчеты по определению усилий и нагрузок, которые соответствуют моменту образования трещин и разрушению, а также математически определена прочность кладки по формуле Онищика [2].

$$R_u = AR_1 \left(1 - \frac{a}{b + R_2/2R_1} \right) \gamma,$$

В нашем случае для $R_1 = 11,1$ МПа; $R_2 = 5,52$ МПа; $a = 0,2$; $b = 0,3$; $m=1,25$; $n=3$ (табл. 2 [2]); $A = 0,46$; $\gamma = 1$

$$R_u = 0,46 \cdot 11,1 \cdot \left(1 - \frac{0,2}{0,3 + 5,52/(2 \cdot 11,1)} \right) \cdot 1 = 3,24 \text{ МПа};$$

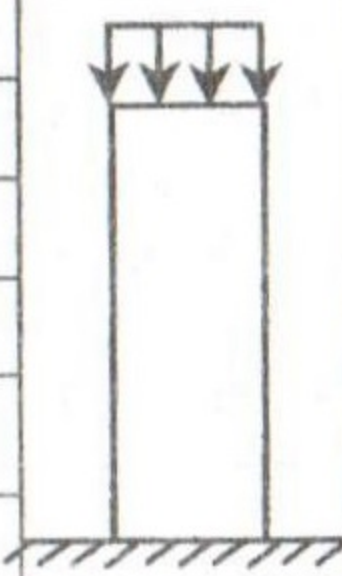
для $R_1 = 11,1$ МПа; $R_2 = 7,63$ МПа; $a = 0,2$; $b = 0,3$; $m=1,25$; $n=3$ (табл. 2 [2]); $A = 0,46$; $\gamma = 1$

$$R_u = 0,46 \cdot 11,1 \cdot \left(1 - \frac{0,2}{0,3 + 7,63/(2 \cdot 11,1)} \right) \cdot 1 = 3,51 \text{ МПа};$$

для $R_1 = 21,2$ МПа; $R_2 = 5,52$ МПа; $a = 0,2$; $b = 0,3$; $m=1,25$; $n=3$ (табл. 2 [2]); $A = 0,41$; $\gamma = 1$

$$R_u = 0,41 \cdot 21,2 \cdot \left(1 - \frac{0,2}{0,3 + 5,52/(2 \cdot 21,2)} \right) \cdot 1 = 4,65 \text{ МПа}.$$

Характеристики экспериментальных кирпичных столбиков

№ п/п	Шифр образца	Размеры образца, см			R_u , МПа	Марка раствора	Марка кирпича	Схема нагружения
		ширина	длина	высота				
1.	С 1-1-1	25	25	100	3,24	50	100	
2.	С 1-1-2	25	25	99		50	100	
3.	С 1-2-1	25	25	96	3,51	75	100	
4.	С 1-2-2	25	25	98		75	100	
5.	С 1-3-1	25	25	100	4,65	50	175	
6.	С 1-3-2	25	25	99		50	175	

Разрушение кирпичных столбиков началось с появления вертикальных трещин по центру граней образца, направленных снизу вверх и наоборот. Разрушение сопровождалось появлением трещин в местах стыковки двух граней. Следует отметить, что во время испытания кирпичных столбиков наблюдалось их хрупкое разрушение. В верхних или в нижних рядах кладки происходило вылушивание кирпича по пустотам. Первые трещины возникли на уровне нагружения $N / N_u = 0,6...0,94$. Граница прочности кладки, полученная в результате эксперимента (табл.2) $R_{u,сер}^{екс}$, незначительно отличается от теоретической ($R_u^{СНиП}$) на величину $R_{u,сер}^{екс} / R^{СНиП} = 0,99..1,31$. В результате испытания кирпичных столбиков на центральное сжатие получены экспериментальные значения границы прочности кирпичной кладки и выполнено их сравнение с нормативными значениями, полученными по формуле Онищика Л.И. [2] (рис. 1).

Анализ полученных результатов указывает на то, что первая серия образцов ($M_k100 M_p50$) имеет экспериментальную границу прочности незначительно меньше теоретической, образцы 2 серии ($M_k100 M_p75$) имеют границу прочности в 1,28-1,37 раз больше границы прочности, полученной согласно СНиП, образцы 3 серии ($M_k175 M_p50$) – в 1,25-1,29 раз больше.

Результаты испытания кирпичных столбиков

№ п/п	Шифр образца	Нагрузка, кН		Граница прочности, МПа			$\frac{N_{cpc}}{N_u^{екс}}$	$\frac{R_{u,сер}^{екс}}{R_u^{СНиП}}$
		N_{cpc}	$N_u^{екс}$	$R_u^{екс}$	$R_{u,сер}^{екс}$	$R_u^{СНиП}$		
1.	С 1-1-1	180	200	3,2	3,2	3,24	0,9	0,99
2.	С 1-1-2	Образцом пренебрегаем из-за нестандартного характера разрушения.						
3.	С 1-2-1	240	280	4,5	4,6	3,51	0,86	1,31
4.	С 1-2-2	180	300	4,8			0,6	
5.	С 1-3-1	260	380	6,0	5,9	4,65	0,68	1,27
6.	С 1-3-2	340	360	5,8			0,94	

Граница прочности, МПа



Рис. 1 Гистограмма экспериментальной и теоретической границы прочности кирпичной кладки.

Исследованию прочности центрально-сжатой кирпичной кладки посвящены работы Р.А. Мищенко [3]. Он испытал образцы размером 25×25×100 см из полнотелого кирпича М50, М75, М125 (рис.2).

Граница прочности, МПа



Рис.2 Гистограмма экспериментальной и теоретической границы прочности кирпичной кладки (M_k50 , M_k75 , M_k125) по [3].

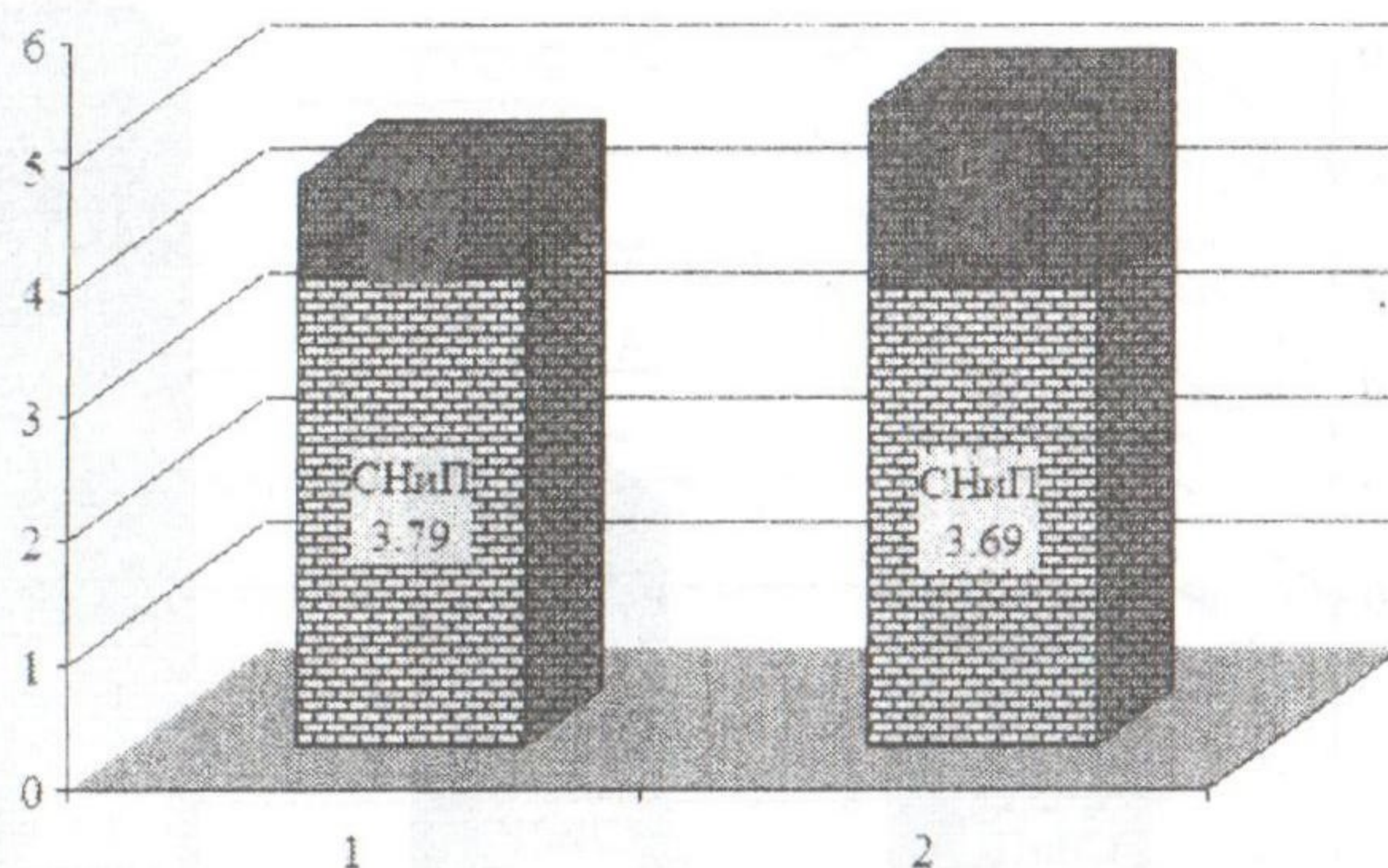
Результаты, полученные Р.А. Мищенко, указывают на снижение нормативной границы прочности в 1,6...2,5 раз.

Исследованию работы каменной кладки при срезе посвящена работа д-ра техн. наук, проф. А.А. Шишкина и инж. А.Н. Бирюкова [4]. На первом этапе эксперимента ими также были испытаны эталонные образцы-столбики, размерами 38x38 та высотой 120см из кирпича пластического формования марки 100 и раствора с прочностью 95,9кг/см² и 93,7кг/см². Согласно гистограммы (рис.3) экспериментальные значения больше теоретических в 1,19...1,39 раз.

Благодаря использованию измерительных приборов – индикаторов часового типа получены графики зависимости “напряжения-деформации” при кратковременном действии сжимающей нагрузки. Как отмечалось ранее, разрушение образцов происходило хрупко. Этим и обусловлена практически линейная зависимость “напряжения-деформации” в отличие от теоретической (рис.4).

На рис.4 изображены графики зависимости для образцов 3 серии, графики образцов 1 и 2 серии имеют аналогичный характер.

Граница прочности, МПа



Экспериментальные образцы-столбики

Рис.3 Гистограмма экспериментальной и теоретической границы прочности кирпичной кладки ($M_k 100$) по [4].

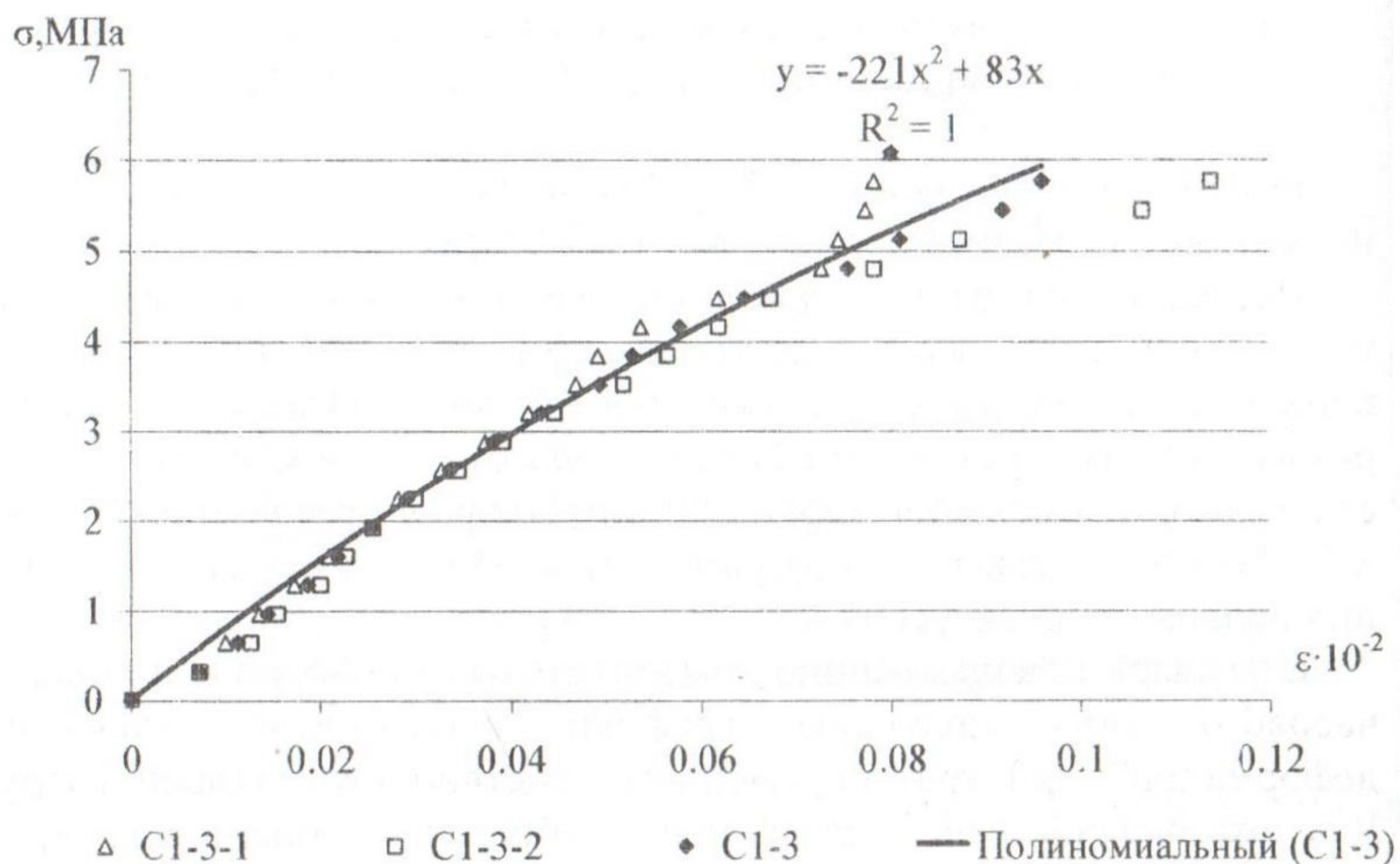


Рис.4 Графики зависимости “напряжения-деформации” для образцов-близнецов C1-3-1 та C1-3-2.

По данным экспериментальных исследований была определена функциональная зависимость “ $\sigma - \varepsilon$ ”. Функция зависимости получена

аппроксимацией по методу наименьших квадратов. За аппроксимирующую функцию принят полином второй степени, который имеет вид:

$$\sigma_{C1-3} = -221\varepsilon^2 + 83\varepsilon, \sigma_{C1-2} = -84\varepsilon^2 + 43\varepsilon, \sigma_{C1-1} = -238\varepsilon^2 + 54\varepsilon$$

Средний модуль деформации определяется по, МПа

$$E_{C1-3} = -442\varepsilon + 83, E_{C1-2} = -168\varepsilon + 43, E_{C1-1} = -476\varepsilon + 54$$

из зависимости $E = \operatorname{tg} \alpha = d\sigma / d\varepsilon$ (МПа).

Выводы

1. Разрушение кирпичных столбиков происходило хрупко, что обусловило получение практически линейной зависимости “напряжения-деформации” в отличие от нормативной зависимости.
2. Функциональная зависимость “напряжения-деформации” для кирпичной кладки описана полиномом второй степени.
3. Значения границы прочности кирпичных столбиков, полученные экспериментально указывают на их соответствие значениям, полученным по формуле Онищика.

Литература

1. Камейко В.А., Семенцов С.А.. Состояние и основные направления исследований прочности каменных конструкций. – В кн.: Теоретические и экспериментальные исследования каменных конструкций. М., 1978, с.6-45.
2. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций к СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования/ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 150 с.
3. Міщенко Р.А. Міцність цегляної кладки// Коммунальное хозяйство городов, – К.: Техніка, 2000. – Вып. 23. – С. 34–37.
4. Шишкин А.А., Бирюков А.Н. Исследование причин повреждений опор под концами балок// Сборник ЦНИИСК «Анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций», Москва: Издательство литературы по строительству, 1965. - Вып.3. – С. 123-151.