

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПЛОСКИХ ДОМКРАТОВ ПРИ ИСПЫТАНИИ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ

**Зубков С. В.**, инженер

**Улыбин А. В.**, к.т.н., доцент

(ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого)

## АННОТАЦИЯ

В статье представлены некоторые результаты испытания кирпичной кладки на сжатие в полевых условиях при помощи метода плоских домкратов (Flat Jack Testing). Описаны преимущества и недостатки данного метода, сложности, возникающие при испытаниях, дальнейшей обработке и интерпретации результатов. В рамках испытания опробованы установка зарубежного производства и установка, разработанная авторами статьи.

### *Введение*

В рамках производства работ по обследованию одной из основных задач является определение исходных данных для поверочных расчетов [1]. В частности для каменных зданий – это определение физико-механических характеристик кирпича или иного вида камня и раствора.

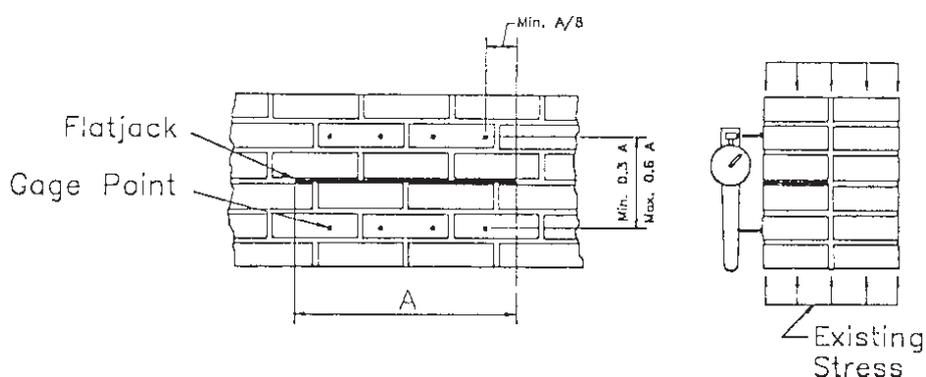
В настоящее время в России определение прочностных и деформационных характеристик кирпичной кладки осуществляется путем отбора и лабораторного испытания отдельных ее компонентов с последующим пересчетом [2-6]. Данная методика применяется уже около 80 лет. При этом в расчетах, как правило, не учитывается качество возведения кладки, как говорят «рука каменщика», в том числе наличие пустот в швах, не горизонтальность рядов кладки и прочее. Кроме того в большинстве расчетов не принимаются во внимание повреждения кладки, такие как эрозия раствора, размораживание камня и увлажнение кладки [7].

### *Метод плоских домкратов*

За рубежом, и в особенности в Италии, для исследования свойств кирпичной кладки активно применяется метод плоских домкратов [8-10]. Исследование данного метода началось в начале 1980-х гг. в Миланском Политехническом Университете. Позже вначале 1990-х в США появились стандарты ASTM 1196 [11], регламентирующий определение напряжения в

кирпичной кладке и ASTM 1197 [12], регламентирующий определение модуля упругости испытываемого участка кладки.

Согласно ASTM 1196 определение напряжения в кирпичной кладке осуществляется следующим образом (рисунок 1). На исследуемом участке кладки измеряют расстояние между контрольными точками (Gage point), после чего выполняют пропил между ними и устанавливают в него плоский домкрат. При этом расстояние между контрольными точками сокращается. В результате по значению давления, необходимого для возвращения расстояния между контрольными точками в исходное положение, вычисляют напряжение в кладке.



**Рисунок 1 - Измерения напряжения в кладке согласно ASTM 1196**

Согласно ASTM 1197 определение деформационных характеристик кирпичной кладки осуществляется следующим образом (рисунок 2). В кладке друг над другом выполняют два пропила, в которые помещают плоские домкраты. Между домкратами устанавливают систему измерения деформаций участка кладки между домкратами. В ходе испытания при увеличении давления в системе регистрируют перемещения датчиков, то есть фиксируют насколько сжимается испытываемый участок. После этого по формуле (1) определяют напряжения в кладке и, зная перемещения при данном напряжении, вычисляют модуль упругости.

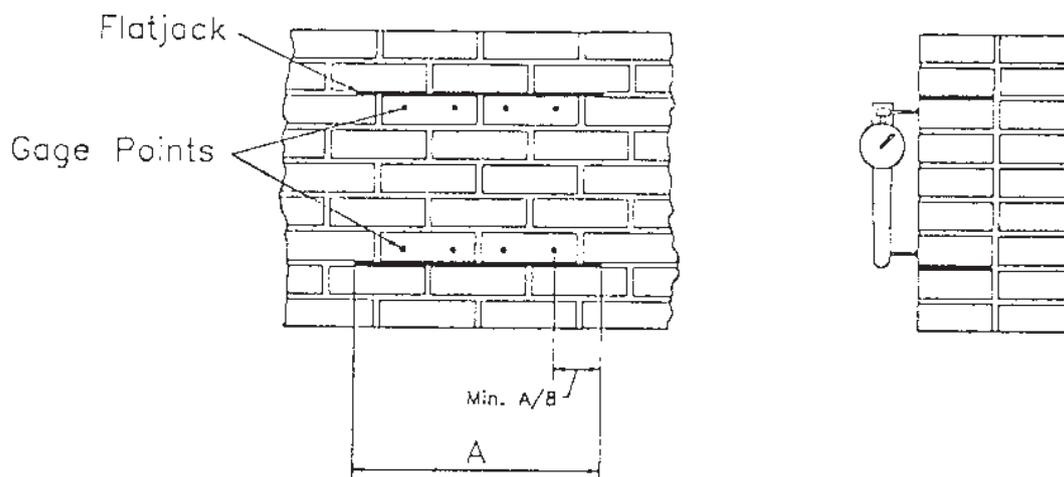
$$f_m = K_m \cdot K_a \cdot P \quad (1)$$

где  $f_m$  – напряжения в фрагменте кладки;

$K_m$  – коэффициент, учитывающий жесткостные характеристики домкратов;

$K_a$  – коэффициент, учитывающий отношение площади паза к площади домкрата;

$P$  – давление в домкратах.



**Рисунок 2 - Измерение модуля упругости согласно ASTM 1197**

### ***Практическое применение***

Первоначальные исследования метода выполнены на двух зданиях различных периодов строительства, расположенных в Санкт-Петербурге. Для экспериментов применялся прибор зарубежного производства компании «CONTROLS GROUP» (Италия). Необходимо отметить, что при поставке оборудования отсутствовала документация, описывающая методику обработки данных, в том числе коэффициент жесткости самой конструкции домкратов. Также необходимо отметить, что в руководстве по эксплуатации указано о недопустимости повторного применения плит домкратов, хотя в зарубежной литературе имеет место неоднократное применение домкратов с оговоркой об их повторной калибровке [13]. Кроме того, очевидно, что при проведении испытаний и обработке их результатов принимаются некоторые предположения и допущения:

- кладка вокруг пазов считается однородной;
- давление, приложенное к кладке плоским домкратом, равномерное;
- кладка деформируется равномерно и симметрично;
- кладка работает в упругом режиме.

В ходе исследований оценена адекватность допущений, которые принимаются при испытании кладки методом плоских домкратов, в частности о равномерном распределении давления и, следовательно, деформации кладки.

Исследование выполнено при обследовании кирпичного здания 1910-х гг. постройки (рисунок 3).

Принцип метода описан выше, необходимо лишь отметить, что фиксация перемещений осуществлялась по трем датчикам, установленным параллельно

направлению приложения нагрузки. Испытания проводились на двух участках. Порядок установки датчиков перемещений был следующим (слева направо): ch2-ch3-ch4.



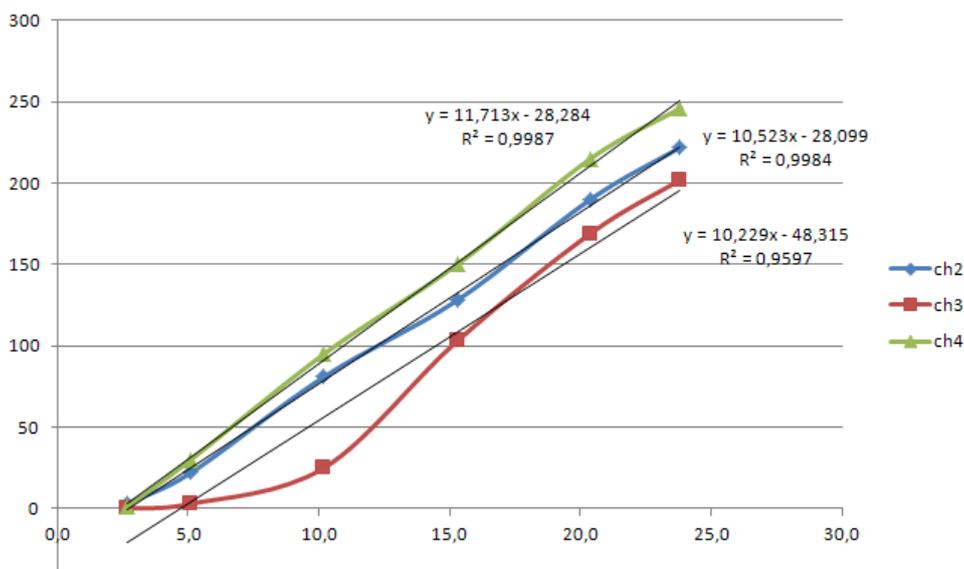
**Рисунок 3 - Испытание кладки методом плоских домкратов**

Результаты испытания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Давление (ch1), бар (кгс/см <sup>2</sup> )	Перемещения, мкм		
	Ch2	Ch3	Ch4
2,6 (2,6)	3	0	1
5 (5,1)	22	3	30
10 (10,2)	81	25	95
15 (15,3)	128	103	150
20 (20,4)	190	169	215
23,37 (23,8)	222	202	246

График зависимости перемещения от давления представлен на рисунке 4.



**Рисунок 4 - График зависимости перемещения от давления**

По графику можно видеть, что зависимость перемещения от давления всех датчиков линейная с высоким коэффициентом аппроксимации (0,93-0,99), что соответствует коэффициенту корреляции (0,96-0,99). Однако угол наклона линии тренда и соответственно уравнения отличаются друг от друга, что свидетельствует о неравномерной деформации кладки под домкратами. Максимальное перемещение зафиксировано у датчика ch4, расположенного с правого края.

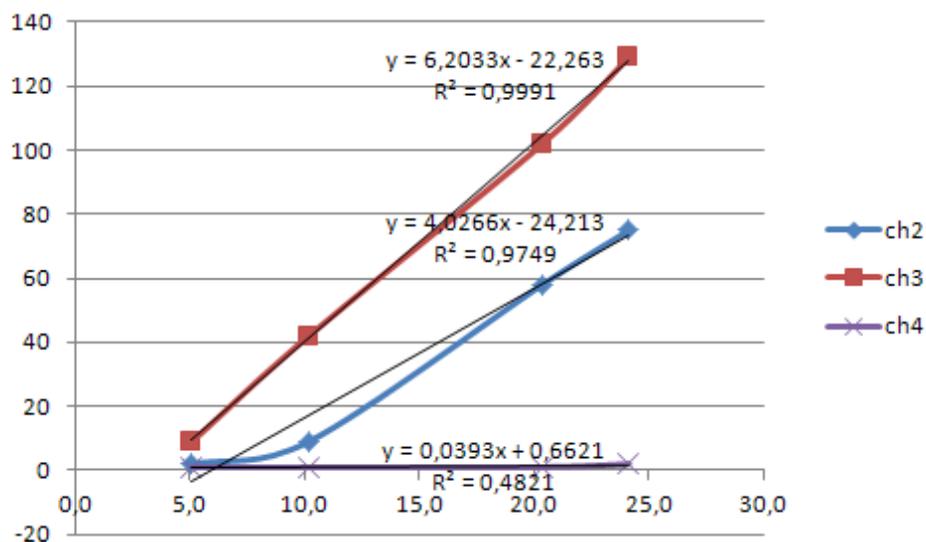
Аналогично предыдущему было выполнено исследование кирпичной кладки стены одного из корпусов Санкт-Петербургского государственного политехнического университета постройки 1970-х гг.

Испытание методом плоских домкратов осуществлено аналогично вышеописанному. Результаты испытания представлены в таблице 2.

Таблица 2

Участок испытания	Давление (ch1), бар (кгс/см <sup>2</sup> )	Перемещения, мкм		
		Ch2	Ch3	Ch4
1	5 (5,1)	16	4	5
	15 (15,3)	26	10	3
	20 (20,4)	95	29	6
	23,2 (23,6)	150	100	7
2	5 (5,1)	2	9	1
	10 (10,2)	9	42	1
	20 (20,4)	58	102	1
	23,7 (24,2)	75	129	2

График зависимости перемещения от давления на примере второго участка представлен на рисунке 5.



**Рисунок 5 - График зависимости перемещения от давления на участке 2**

Как и в предыдущем опыте по графику можно видеть, что в целом зависимость перемещения от давления всех датчиков близка к линейной. Однако угол наклона линии тренда и соответственно уравнения существенно отличаются друг от друга, что свидетельствует о неравномерной деформации кладки под домкратами.

То есть, те допущения, которые принимаются согласно инструкции по эксплуатации, в действительности не соблюдаются и необходимо более подробно изучать влияние на результаты тех или иных факторов.

### *Разработка установки*

Одной из проблем, стоящей на пути внедрения описываемого метода в практику обследования в нашей стране [14], является стоимость оборудования, производимого за границей. Для решения этой проблемы авторами была сконструирована собственная установка для реализации метода Flat Jack Testing (рисунок б). По индивидуальному заказу изготовлены плоские домкраты, сконструирована гидравлическая система, совместно со специалистами НПП «Интерприбор» разработаны датчики фиксации перемещений с соответствующим программным комплексом.



**Рисунок 6 - Вид установки при испытании**

В настоящий момент авторами продолжают исследования механических свойств кирпичной кладки методом плоских домкратов. Результаты дальнейших исследований будут опубликованы в следующих работах авторов. По всем вопросам и предложениям, касающимся описываемого метода, просьба обращаться по адресу [o.zis@mail.ru](mailto:o.zis@mail.ru).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Улыбин А.В. О качестве инструментального обследования зданий / Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: Сборник материалов Международной науч. конф.-М.: Изд-во МГСУ, 2015. С. 222-228
2. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81\*.-Введ.01.01.2013.- 73 с.
3. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81. «Каменные и армокаменные конструкции») /ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ВДПП Госстроя СССР, 1987. – 152 с.
4. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.- Введ. 01.07.85.- 5 с.
5. А.В. Улыбин, С.В. Зубков. – О методах контроля прочности керамического кирпича при обследовании зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2012.№3.С.29-34.
6. Улыбин А.В., Зубков С.В., Сударь О.Ю., Лаптев Е.А. Стандартная и альтернативная методики определения прочности кирпича при обследовании

зданий и сооружений. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №3 (18). С.9-24.

7. А.В. Улыбин, С.А. Старцев, С.В. Зубков. – Контроль влажности при обследовании каменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2013.№7(42).С.32-39.
8. Binda L.\_Tiraboschi C. Flat-jack test; as a slightly destructive technique for the diagnosis of brick and masonry structures. Int. Journal for Restoration of Buildings and Monuments, Zurich, 1999.-№ 5.- pp.449-472.
9. Carpinteri A., Invernizzi S., Lacidogna, G. Cracking simulation of brick-masonry elements subjected to the double flat-jack test.- Proceedings of the 6th International Conference on Structural Analysis of Historic Construction, 2008.-SAHC08 1.- pp.367-374.
10. Carpinteri A., Invernizzi S., Lacidogna, G. Historical brick-masonry subjected to double flat-jack test: Acoustic emissions and scale effects on cracking density // Construction and Building Materials, 2009.-№23 (8).- pp.2813-2820.
11. ASTM 1196 «In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry. Estimated Using Flat-jack Measurements».
12. ASTM 1197 «In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties. Using the Flat-jack Method».
13. Gregorczyk P., P.B.Lourenco. A review on Flat-jack testing // Engenharia Civil, 2000 - №9 – pp.39-50.
14. Улыбин А.В., Зубков С.В. Проблемы ценообразования на рынке обследования зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2010. №7. С.53-56

## EXPERIENCE OF APPLICATION OF FLAT JACKS TEST BRICK MASONRY

**Zubkov S. V.**, Engineer

**Ulybin A. V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

### ABSTRACT

The paper presents the results of some masonry compressive tests using flat jacks method. Advantages, disadvantages of this method, the complexities involved, further processing and interpretation of results are described. The instrumental set made by a foreign manufacturer and the set developed by the authors were used for testing.