

УДК 666.973.2

**С.Ю. Лихачева** – кандидат физико-математических наук, доцент

**М.А. Лебедев** – аспирант

E-mail: [alomir@mail.ru](mailto:alomir@mail.ru)

**Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет**

## **НОРМИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАДКИ ИЗ ОПИЛКОБЕТОННЫХ КИРПИЧЕЙ\***

### **АННОТАЦИЯ**

Предложен подход к нормированию деформационно-прочностных свойств кладки из опилкобетонных кирпичей. Установлены численные значения расчётного сопротивления кладки сжатию, ее упругой характеристики и начального модуля деформаций.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** опилкобетонные кирпичи, кладка, нормирование, упругая характеристика, начальный модуль деформаций.

**S.Yu. Likhacheva** – candidate of physical-mathematical sciences, senior lecturer

**M.A. Lebedev** – post-graduate student

**Nizhny Novgorod University of Architecture and Civil Engineering**

## **RATIONING TECHNIQUE OF A DEFORMATION AND DURABILITY PROPERTIES OF A CHIPS-CONCRETE BRICK LAYING**

### **ABSTRACT**

The rationing technique of deformation and durability properties of laying from chips-concrete bricks is offered. Numerical values of settlement resistance of laying to compression, the elastic characteristic of laying and the initial module of deformation are established.

**KEYWORDS:** chips-concrete bricks, laying, rationing, elastic characteristic of laying, initial module of deformation.

Как и любая конструкция, здания из опилкобетона в пределах установленного срока службы должны обладать надлежащей надёжностью, которая обеспечивается при проектировании, возведении и эксплуатации. Согласно действующим нормам проектирования [1], расчёт строительных конструкций выполняется на основе метода предельных состояний. Предполагается, что при действии эксплуатационных нагрузок кладка стеновых конструкций работает при напряжениях, не превышающих предела конструктивной прочности, значения которого необходимо установить и нормировать для изучаемой кладки. Также необходимо определить закономерности зависимости между начальным модулем деформаций и расчётным сопротивлением кладки сжатию.

В результате ранее выполненного авторами вероятностного анализа опытных данных испытаний образцов кладки из опилкобетонных кирпичей доказана гипотеза о нормальном распределении предела прочности кладки при сжатии [2].

После построения границ доверительного интервала для математического ожидания и теоретической дисперсии предела прочности кладки при сжатии в работе [2] было получено выборочное значение коэффициента вариации  $V_R$ , используемого при нормировании значений расчётного сопротивления кладки сжатию. Так как границы доверительного интервала для математического ожидания изменялись от 0,154 до 0,21, то для выполнения расчетов можно принять с округлением  $\bar{V}_R = 0,2$ .

Для расчетной оценки предела прочности кладки из опилкобетонных кирпичей может быть использована физическая модель разрушения каменных кладок при сжатии [3]. Согласно этой модели предел прочности кладки при сжатии может быть определен из выражения

---

\*Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, финансируемой за счет средств федерального бюджета, выделяемых по направлению расходов «НИОКР», мероприятию 1.3 «Проведение научных исследований молодыми учеными – кандидатами наук и целевыми аспирантами в научно-образовательных центрах».

$$R_u^T = k_1 \cdot R_t + k_2 \cdot R_{sq}, \quad (1)$$

где:

$$k_1 = \frac{A_t}{A - A_{ef}}, \quad k_2 = \frac{A_{sq}}{A - A_{ef}}, \quad (2)$$

где:

$A$  – площадь поперечного сечения элемента;  $A_t$ ,  $A_{sq}$ ,  $A_{ef}$  – площади отрыва, сдвига и сжатия;  $R_t$  и  $R_{sq}$  – предельные сопротивления материала растяжению и сдвигу.

Условное нормативное сопротивление кладки сжатию определяется с обеспеченностью 0,98 согласно пособию [4] по формуле:

$$R_{Un} = R_U \cdot (1 - t_R \cdot V_R) = 0,6R_U, \quad (3)$$

где:  $t_R = 2,0$  – коэффициент обеспеченности для доверительной вероятности 98 % при нормальном законе распределения предела прочности кладки;  $V_R = 0,2$  – выборочный коэффициент вариации предела прочности кладки при сжатии, а  $R_U$  может определяться как  $R_u^T$  по формуле (1), хотя авторами были рассмотрены и другие подходы к определению предела прочности кладки [2].

Расчётное сопротивление кладки сжатию при расчёте каменных конструкций по предельному состоянию первой группы предлагается определять по формуле:

$$R = \frac{R_{Un}}{k_s} \cdot h(t) = 0,28R_U, \quad (4)$$

где:  $k_s = 1,2 \cdot 1,15 \cong 1,4$  – коэффициент безопасности по кладке при сжатии, определяемый с использованием коэффициента 1,2, учитывающего возможное снижение прочности кладки и коэффициента 1,15, учитывающего второстепенные факторы (ослабление кладки пустошовкой, гнёздами, небольшие отклонения стен и столбов от вертикали и т.п.);  $h(t) = 0,65$  – коэффициент длительного сопротивления кладки, установленный в работе [2].

Численные значения расчётного сопротивления кладки из опилкобетона приведены в табл. 1.

Начальный модуль деформаций  $E_0$  кладки связан с пределом прочности при сжатии  $R_U$  зависимостью:

$$E_0 = a \cdot R_U. \quad (5)$$

Зависимость (5) имеет исключительно большое значение при расчёте элементов каменных конструкций на продольный и продольно-поперечный изгиб. Между тем, для кладки из опилкобетонных кирпичей отсутствовала статистически достоверная связь  $E_0(R_U)$ .

Таблица 1

**Численные значения расчётного сопротивления опилкобетонной кладки**

Марка кирпича	Расчётные сопротивления сжатию, МПа					
	при марке раствора, кгс/см <sup>2</sup>				при прочности раствора, МПа	
	50	25	10	4	0,2	0
50	0,79	0,67	0,53	0,43	0,39	0,26
35	–	0,54	0,43	0,34	0,3	0,19
25	–	0,44	0,35	0,28	0,24	0,15
15	–	–	0,25	0,2	0,17	0,09

На основе данных испытаний на центральное сжатие 6 серий опилкобетонных столбов была получена экспериментальная зависимость начального модуля деформаций от предела прочности кладки. С использованием этих данных проведён корреляционный и регрессивный анализ

механических свойств кладки. Основные числовые характеристики эмпирического распределения предела прочности и начального модуля деформаций кладки (выборочные средние значения  $\bar{R}_U = \bar{y}_i$  и  $\bar{E}_0 = \bar{x}_i$ , выборочные дисперсии  $S_{y_i}^2$  и  $S_{x_i}^2$ , коэффициенты вариации  $V_R$  и  $V_E$ ) представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Основные статистические характеристики**

Серия	Число образцов в серии $n_i$ , шт.	Числовые характеристики эмпирического распределения					
		$\bar{R}_U = \bar{y}_i$ , МПа	$\bar{E}_0 = \bar{x}_i$ , МПа	$S_{y_i}^2$ , (МПа) <sup>2</sup>	$S_{x_i}^2$ , (МПа) <sup>2</sup>	$V_R$ , %	$V_E$ , %
С-1	4	0,86	429	0,0027	449	6,04	4,94
С-2	4	0,9	634	0,0151	3091	13,7	8,77
С-3	4	1,36	722	0,00423	8263	4,78	12,59
С-4	4	1,76	1117	0,0154	13398	7,05	10,36
С-5	4	1,84	1190	0,0353	28713	10,21	14,24
С-6	4	2,07	1520	0,0173	57800	6,35	5,0

При ограниченном объёме выборки ( $n < 100$ ) распределение коэффициента корреляции существенно отличается от нормального закона [5]. Использование преобразования Фишера, построение границ доверительного интервала для генерального коэффициента корреляции и методики парного регрессивного анализа позволили установить, что между начальным модулем деформаций и пределом прочности кладки при сжатии существует тесная корреляционная связь.

Проведенными исследованиями установлено уравнение регрессии в следующем виде:

$$E_0 = 777R_U - 203. \tag{6}$$

На рис. 1 представлен график полученной зависимости. Как видно, результаты испытаний образцов кладки двух выборочных серий с достаточной закономерностью укладываются на эмпирическую линию регрессии.

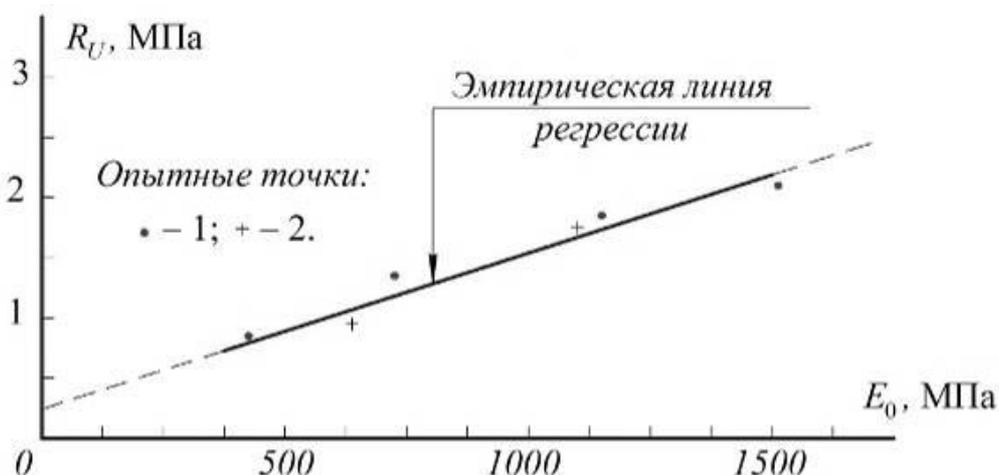


Рис. 1. Эмпирическая линия регрессии: 1 – образцы кладки размером 250x250x688 мм; 2 – образцы кладки размером 250x380x788 мм

Использование F-критерия Фишера позволило установить, что линия регрессии (6) значима, а это означает, что математическая модель хорошо согласуется с экспериментальными данными.

С учётом зависимости (5) из уравнения регрессии (6) получим выражение для определения упругой характеристики кладки:

$$a = 777 - \frac{203}{R_v}. \quad (7)$$

Значения упругой характеристики и начального модуля деформаций кладки для разных соотношений кирпичей и растворов приведены соответственно в табл. 3 и табл. 4.

Таблица 3

**Значения упругой характеристики кладки для разных марок кирпичей и растворов**

Марка кирпича	Упругая характеристика $a$					
	при марке раствора, кгс/см <sup>2</sup>				при прочности раствора, МПа	
	50	25	10	4	0,2	0
50	700	690	670	650	630	560
35	–	670	640	610	590	480
25	–	650	610	570	540	390
15	–	–	550	490	440	160

Таблица 4

**Значения начального модуля деформаций кладки для разных марок кирпичей и растворов**

Марка кирпича	Начальный модуль деформаций $E_0$ , МПа					
	при марке раствора, кгс/см <sup>2</sup>				при прочности раствора, МПа	
	50	25	10	4	0,2	0
50	1970	1650	1260	1000	886	525
35	–	1290	975	745	643	334
25	–	1010	760	560	460	203
15	–	–	495	350	264	53

Разрабатываемая на основе полученных закономерностей методика нормирования деформационных и прочностных свойств кладки из опилкобетонных кирпичей позволит повысить надежность конструкций зданий, расширить возможности использования таких кирпичей в малоэтажном строительстве.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-22-81\*. Каменные и армокаменные конструкции // Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
2. Отчет по НИР. Инв. № 01.20.0806638. Цапаев В.А., Лебедев М.А., Торопов А.С. Исследование прочности и деформативности кирпичной кладки из опилкобетона.
3. Соколов Б.С. Физическая модель разрушения каменных кладок при сжатии // Изв. вузов. Строительство, 2002, № 9. – С. 4-9.
4. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81) / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 152 с.
5. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.