



Рис. 5. Влияние В/Ц на проницаемость цементного камня. Диаграмма Пауэрса [8]

В литературе уровень пороговых значений обычно варьирует от 0,17 до свыше 2 % по весу цемента. В Великобритании, в Норвегии, например, максимально допустимое значение общего хлорида по весу цемента в нормальном бетоне – 0,4 %. В Америке Американский Институт Бетона рекомендует максимально допустимое значение общего хлорида по весу цемента – 0,2 [1, 3].

Существует пороговое значение хлоридов для коррозии, приведенной с учетом соотношения хлорид/гидроксид. Оно было измерено в лабораторных исследованиях при помощи растворов гидроксида кальция. Когда концентрация хлорида превышает 0,6 концентра-

ции гидроксида, наблюдается коррозия. Это значение приближено к концентрации 0,4 % хлорида по весу цемента, если хлориды попадают в бетон, и 0,2 %, если они диффундируют. Несмотря на то, что эти цифры основаны на экспериментальных данных, фактические значения являются функцией практических наблюдений реальных конструкций [1].

Заключение. Три последних десятилетия исследования коррозии арматуры в бетоне были весьма интенсивными. Тем не менее, современное состояние науки о процессах коррозии и об их влиянии на срок службы конструкции остается неудовлетворительным. На основании изучения последних публикаций можно выделить следующие основные факторы, влияющие на вероятность развития коррозии арматуры в бетоне: а) пористость цементного камня; б) химико-минерологический состав цемента; в) концентрация хлорид-ионов; г) относительная влажность бетона.

Агрессивные жидкие хлорсодержащие среды вызывают коррозию стальной арматуры в железобетонных конструкциях, которая значительно сокращает сроки эксплуатации водохозяйственных объектов, а также ряда других объектов, подверженных контакту с хлорсодержащими средами. Невысокая прочность, недолговечность и преждевременное окончание срока эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций вызывают экологические проблемы, а также проблемы, связанные с охраной окружающей среды и утилизацией природных ресурсов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ferreira, R.M. Probability-based durability analysis of concrete structures in marine environment / Rui Miguel Ferreira. – Guimaraes, Portugal. – 2004.
2. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин [и др.]. – М.: Стройиздат, 1980. – 536с.
3. Бадовска, Г. Антикоррозионная защита зданий / Г. Бадовска, В. Данилецкий, М. Мончинский. – М.: Стройиздат, 1978. – 508 с.
4. Долговечность конструкций из бетона и железобетона: учебное пособие / А.В. Ферронская. – М.: Издательство АСВ, 2006. – 336 с.
5. Горчаков, Г.И. Строительные материалы: учеб. для вузов / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1986. – 688 с.
6. Юхневский, П.И. Строительные материалы и изделия: учеб. пособие / П.И. Юхневский, Г.Т. Широкий. – Минск: УП «Технопринт», 2004. – 476 с.
7. Werkstoffe des Bauwesens Dauerhaftigkeit von Beton / K.-Ch.Thienel, Univ.-Prof. Dr.-Ing. – Universität München, 2006. – S. 49.
8. Zement: Taschenbuch / Verein Deutscher Zementwerke e.V. (Hrsg), Düsseldorf. – 49. Ausgabe Düsseldorf: Verlag Bau+Technik, 2000.

Материал поступил в редакцию 14.01.11

LUKASHEVICH M.V., FILIMONOVA N.V. Influence liquid aggressive chlorinecontain of environments on corrosion damages of ferro-concrete designs

In clause the brief literary analysis of corrosion damages of ferro-concrete designs under influence liquid aggressive chlorinecontain of environments is submitted. The mechanism of corrosion of the fixture is considered at the presence of ions of chlorine, and also major factors influencing corrosion processes in ferro-concrete. The executed analysis has allowed to reveal the most important parameters of structure of concrete and corrosion process, on the basis of which is planned to develop a settlement method of forecasting of corrosion stability and durability of ferro-concrete designs.

УДК 69.022

Деркач В.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ПРИ ДЕЙСТВИИ СЖИМАЮЩЕГО УСИЛИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНО ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ РАСТВОРНЫМ ШВАМ

Введение. В соответствии с Еврокодом 6 [1] характеристическую (нормативную) прочность каменной кладки при действии сжи-

мающего усилия параллельно плоскости горизонтального шва допускается определять по тем же аналитическим зависимостям, что и

Деркач Валерий Николаевич, кандидат технических наук, заместитель директора филиала Республиканского унитарного предприятия «Институт БелНИИС» Научно-технический центр. Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267/2.

при действии усилия перпендикулярно плоскости горизонтальных растворных швов. Для каменной кладки, выполненной с применением раствора общего назначения и легкого раствора, характеристическая прочность определяется по формуле (1):

$$f_k = K f_b^{0,7} f_m^{0,3}, \quad (1)$$

где f_b – нормализованное сопротивление сжатию камня в направлении действия нагрузки;

f_m – средняя прочность кладочного раствора на сжатие;

K – константа, зависящая от вида камня и раствора, значение которой устанавливается в национальном приложении. Рекомендуемое [1] значение K для кладочных элементов 1 группы – 0,55.

В формуле (1) нормализованное сопротивление кладочного элемента сжатию f_b определяется по результатам испытаний с направлением приложения нагрузки, как в исследуемой каменной кладке. При этом коэффициент формы кладочного элемента δ не должен превышать 1,0.

С целью определения численного значения коэффициента K были выполнены экспериментальные исследования образцов кладки из керамических кладочных элементов на растворе общего назначения при действии сжимающего усилия параллельно плоскости горизонтального шва.

Определение прочностных показателей кирпича и раствора.

Для определения нормализованной прочности кладочных элементов при действии сжимающего усилия перпендикулярно их боковой поверхности было испытано семь образцов пустотелого керамического кирпича марки КРПУ-125/35 и 8 образцов керамического полнотелого кирпича марки КРО-150/25. Подготовка и испытание опытных образцов кирпича выполнялись согласно требованиям стандарта EN 772-1 [2]. Нагружаемые поверхности образцов выравнивались цементно-песчаным раствором.

По результатам испытаний нормализованная прочность пустотелого кирпича КРПУ-125/35 при приложении сжимающего усилия перпендикулярно ложковой поверхности составила 18,38 МПа, что в 2,5 раза выше нормализованной прочности кирпича при действии усилия перпендикулярно его боковой поверхности. Нормализованная прочность полнотелого кирпича КРО-150/25 при действии сжимающего усилия перпендикулярно его ложковой поверхности оказалась в 1,72 раза выше прочности при действии усилия перпендикулярно боковой поверхности (нормализованная прочность кирпича КРО-150/25 при нагружении его ложковой поверхности равнялась 44,1 МПа).

Результаты испытаний образцов кирпича приведены в таблицах 1, 2.

Характер разрушения образцов кирпича показан на рисунке 1.



б)

Рис. 1. Характер разрушения опытных образцов кирпича: а) полнотелого КРО-150/25; б) пустотелого КРПУ-125/35

Для приготовления кладочных растворов использовалась сухая растворная смесь №111/11 М100 по СТБ1307-2002 производства ОАО «Красносельскстройматериалы». Из данной растворной смеси путем изменения пропорций составляющих готовилась растворная смесь других прочностных показателей. Прочность при сжатии раствора устанавливалась в соответствии с требованиями EN 1015-11[3]. Образцы каменной кладки готовились на растворах прочностью при сжатии f_m равной 10,9 МПа, 7,9 МПа и 3,1 МПа

Методика проведения испытаний образцов каменной кладки.

Определение прочностных и деформационных характеристик каменной кладки производилось на образцах, характеристики которых приведены в таблице 1. Всего было испытано шесть серий образцов каменной кладки. Каждая серия включала в себя три образца. В процессе исследований варьировались вид и прочность кладочного элемента, прочность кладочного раствора. Согласно требованиям [1], по своим геометрическим характеристикам кирпич, из которого готовились образцы каменной кладки, относился к I группе кладочных элементов. Испытания каменной кладки выполнялись в соответствии с требованиями EN 1052-1 [4]. Нагружение опытных образцов производилось при помощи гидравлического пресса П-125 (рис. 2). Установленные в прессе образцы центрировались таким образом, чтобы показания по индикаторам перемещений, расположенных на противоположных гранях образца, отличались не более чем на 20%.

Усилие возрастало равномерно, при этом скорость нагружения выбиралась такой, чтобы достичь разрушения образца в пределах 15–30 минут от начала приложения нагрузки.

В процессе испытаний регистрировались:

- размеры поперечного сечения испытываемых образцов с точностью до ± 1 мм;
- нагрузка, при которой происходит разрушение образца;
- время от начала приложения нагрузки до достижения ее максимального значения.

Прочность при сжатии отдельного испытываемого образца кладки рассчитывалась с точностью до 0,1 Н/мм² по формуле (2):

$$f_i = \frac{F_{i,max}}{A_i}, \quad (2)$$

где $F_{i,max}$ – максимальная нагрузка воспринимаемая образцом каменной кладки;

A_i – площадь поперечного сечения образца.



а)

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 проч- ность при сжатии \bar{f}_B (Н/мм ²)	Нормализован- ная прочность* f_b (Н/мм ²)
1	2	4	5	6	7
1	252×122×89	103,2	9,5		
2	253×122×89	80,6	7,4		
3	255×122×88	73,6	6,8		
4	254×121×87	86,8	8,2	7,5	7,5
5	256×122×88	71,8	6,8		
6	256×122×88	81,6	7,6		
7	253×121×89	66,7	6,2		

Таблица 2. Результаты испытаний образцов полнотелого кирпича КРО-150/25

№ образца	Размеры образца $L \times B \times H$ (мм)	Разрушающая нагрузка N (кН)	Прочность при сжатии f_B (Н/мм ²)	Средняя проч- ность при сжатии \bar{f}_B (Н/мм ²)	Нормализован- ная прочность* f_b (Н/мм ²)
1	2	4	5	6	7
1	256×123×66	189,2	23,3		
2	253×121×67	223,4	27,6		
3	255×121×67	227,7	28,1		
4	254×122×66	158,2	19,7	25,7	25,7
5	253×120×67	228,2	28,4		
6	252×122×65	221,7	28,0		
7	254×122×64	187,7	24,0		
8	254×122×66	212,8	26,4		

* Нормализованная прочность кирпича рассчитывалась с учетом коэффициента формы $\delta = 1$.



Рис. 2. Образец каменной кладки в испытательной установке

Характеристическая прочность f_k устанавливалась по формуле (3):

$$f_k = \frac{f_{obs,mv}}{1,2} \text{ или } f_k = f_{obs,min}, \quad (3)$$

где $f_{obs,mv}$ – средняя прочность при сжатии кладки, полученная на основании испытания опытных образцов;

$f_{obs,min}$ – минимальная прочность каменной кладки при сжатии, полученная на основании испытания опытных образцов.

За характеристическую прочность кладки принималось меньшее из двух значений.

Результаты испытаний. Испытания образцов каменных кладок показали, что отношение результатов расчета прочности каменной кладки при сжатии по формуле (1) при рекомендуемом [1] значении константы $K=0,55$ к экспериментальным значениям прочности для образцов, вы-

полненных из полнотелого кирпича, составляет 0,78–0,89. Близкие результаты были получены при исследованиях образцов каменной кладки из полнотелого и пустотелого кирпича при действии сжимающего усилия перпендикулярно горизонтальным растворным швам.

Отношение результатов расчета прочности каменной кладки при сжатии по формуле (1) к экспериментальным значениям прочности для образцов, выполненных из пустотелого кирпича, при действии сжимающего усилия параллельно горизонтальным растворным швам в зависимости от прочности кладочного раствора составило 0,92–1,3.

В таблице 2 приведены экспериментальные значения временного сопротивления каменной кладки сжатию и значения временного сопротивления, полученные по зависимости (1) при $K=0,55$ (4).

$$f_u = 1,2f_k, \quad f_k = 0,55f_b^{0,7}f_m^{0,3}. \quad (4)$$

Сопоставление результатов экспериментальных исследований и аналитического расчета характеристической прочности каменной кладки показывает, что формула (1) при коэффициенте $K=0,55$ дает завышенные значения для кладок, выполненных из керамического полнотелого кирпича. Для данного вида кладок более приемлемым является значение коэффициента $K=0,4$. Для кладок, выполненных из пустотелого кирпича, значение характеристической прочности при сжатии, определенное по формуле (1), удовлетворительно согласуется с результатами экспериментов.

В [1] для кладочных элементов, относящихся к одной группе, как правило, принимается единое значение константы K . Поэтому в национальном приложении к [1] для кладок, выполненных из кладочных элементов I группы на растворе общего назначения, целесообразным является принять $K=0,4$.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать следующее заключение:

1. Расчет характеристической прочности при сжатии параллельно плоскости горизонтальных растворных швов каменной кладки, выполненной из полнотелых кладочных элементов I группы на растворе общего назначения, по формуле (1) при рекомендуемом [1] значении константы $K=0,55$ дает завышенные по сравнению с экспериментальными результатами значения в 1,12–1,27 раза. Для кладок, выполненных из пустотелого кирпича, значение характеристической прочности при сжатии определенное по формуле (1), удовлетворительно согласуется с результатами экспериментов.

Таблица 3. Характеристики опытных образцов кладки

Серия	№ образца	Форма и размеры образца (мм)	Нормализованная прочность кирпича f_b (МПа)	Прочность кладочного раствора при сжатии f_m (МПа)		
Образцы кладки из полнотелого керамического кирпича КРО-150/25						
КРО-16	1		25,7	10,9		
	2					
	3					
КРО-26	1			25,7	7,9	
	2					
	3					
КРО-36	1				25,7	3,1
	2					
	3					
Образцы кладки из пустотелого керамического кирпича КРПУ-125/35						
КРПУ-16	1				7,5	10,9
	2					
	3					
КРПУ-26	1				7,5	7,9
	2					
	3					
КРПУ-36	1				7,5	3,1
	2					
	3					

Таблица 4. Сравнение опытных и аналитических (по зависимости (4)) значений временного сопротивления каменной кладки сжатию

№ серии опытных образцов	Аналитическое значение временного сопротивления каменной кладки сжатию f_u (МПа)	Опытное значение временного сопротивления каменной кладки сжатию $f_u^{ЭКС}$ (МПа)	$f_u^{ЭКС}/f_u$
1	2	3	4
КРО-16	12,8	11,4	0,89
КРО-26	11,9	9,5	0,8
КРО-36	8,9	7,0	0,78
КРПУ-16	5,4	7,0	1,3
КРПУ-26	5,0	5,4	1,1
КРПУ-36	3,8	3,5	0,92

2. В национальном приложении к [1] расчет характеристической прочности при сжатии параллельно плоскости горизонтальных растворных швов кладок, выполненных из кладочных элементов I группы на растворе общего назначения, следует производить по зависимости (1) при $K=0,4$.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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.

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

3. 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.

4. Методы испытаний каменной кладки. Часть 1. Определение прочности при сжатии: EN 1052-1. – Введ.07.10.1998. – CEN/TC 125. – 10 с.

Материал поступил в редакцию 10.12.10

Строительство и архитектура

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