

**Analysis of the survey results of durability of external walls**  
**Zheldakov D. (Russian Federation)**  
**Анализ результатов обследования прочности наружных стен здания**  
**Желдаков Д. Ю. (Российская Федерация)**

*Желдаков Дмитрий Юрьевич / Zheldakov Dmitrii – кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник,  
лаборатория строительной теплофизики,  
Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российская академия архитектуры и строительных наук, г. Москва*

**Аннотация:** приводятся результаты обследования кирпичных наружных несущих стен здания, построенного в 1859 и 1905 годах. Получены данные распределения прочности кирпичей и раствора кладки по сечению наружных стен. Результаты экспериментальных исследований позволяют сделать вывод, что прочность кирпичной кладки по сечению ограждающей конструкции при эксплуатации здания в течение длительного времени может существенно изменяться. На основании теории влагопереноса с учетом обработки данных метеорологических наблюдений дается научное обоснование полученных результатов.

**Abstract:** the results of the survey of the exterior brick bearing walls of the building constructed in 1859 and 1905. Data characterizing the distribution of strength of bricks and mortar masonry in the cross section of the exterior walls. Results of experimental researches allow us to conclude that the strength of masonry in the section of the enclosing structure during the operation of the building for a long time may significantly change. On the basis of the theory of moisture transport taking into account processing data of meteorological observations are given scientific justification of the results.

**Ключевые слова:** долговечность, кирпичная кладка, прочность, исследование, ограждающая конструкция.

**Keywords:** durability, brick masonry, strength, study, cladding.

Основной характеристикой при новом строительстве и реконструкции зданий является прочность несущих стен здания. При этом многие кирпичные здания являются исторически ценными, другие удобны для проведения реконструкции с увеличением этажности [1]. Поэтому определение прочности несущих стен здания требует максимальной точности и надежности полученных результатов.

До настоящего времени в соответствии с инструкциями различных институтов прочность наружных стен определялась только по наружной поверхности [2]. Задачей настоящего исследования являлось определение прочности по сечению наружных стен здания. Для проведения исследований прочности кирпичной кладки было выбрано здание Кадашевских бань, которое представляет большой интерес, так как по архивным источникам были установлены периоды строительства, функциональное назначение помещений и получены ссылки на внутреннюю и внешнюю отделку несущих наружных стен.

Основное здание было построено в 1859 и 1905 году в центре Москвы [3]. Несущие стены и фундаменты основного здания толщиной 950 мм выполнены из полнотелого красного кирпича 260x135x65 мм. Удалось установить планировку и функциональное назначение помещений бань. В центральном объеме располагались основные залы женских и мужских отделений, включающие в себя раздевалки, помывочные и парные помещения.

Кадашевские бани функционировали до начала 2000-х годов, в 2006 году в здании начались работы по приспособлению его под лофты. Таким образом, выбранное для исследований здание имеет разные года постройки, имеет разную толщину наружных стен 810 мм и 950 мм, при эксплуатации помещения с различным функциональным назначением (раздевалка, мыльная, парная и т. д.) имели различный температурно-влажностный режим, характеризующийся высокой влажностью и повышенными температурами.

Обследование проводилось ударным методом неразрушающего контроля с помощью склерометра ОНИКС-2.5. Возможность определения прочности наружной стены по сечению была определена тем, что при реконструкции старые оконные рамы демонтировались, проемы несколько расширились, а откосы частично шлифовались, что дало возможность проверить прочность кирпича и раствора кладки ударным методом, хотя и с некоторой допустимой ошибкой [4].

Некоторые из результатов обследования приведены на рисунке 1. Точки, отмеченные на графиках, являются средним арифметическим от пяти - десяти ударов, выполненных в одном сечении наружной стены, то есть представляют результаты средней прочности нескольких кирпичей кладки. Прочность

раствора в основном испытывалась в одной плоскости кладки, что позволяло уменьшить ошибку от разнородности использованного при кладке раствора.

На рисунке показаны кривые распределения прочности кирпичей по сечению кладки для стен. В целом кривые носят одинаковый характер. Некоторые кривые обрываются на отметке 50–55 см, так как далее наружные стены при проведении обследования были зашиты керамической плиткой. Кривая распределения прочности раствора имеет несколько иной характер. В данном случае на графике не даны точки прочности раствора на наружной и внутренних стенах, так как стены были отремонтированы и швы заполнены новым раствором. Если принимать во внимание фотографии наружных стен здания до ремонта, то кривую распределения прочности раствора можно виртуально привести в «0» на расстоянии 2-5 см от наружной плоскости стены, так как по фотографиям на данную глубину было полное выветривание раствора. Пологий характер кривой в области низких значений прочности объясняется тем, что произошло падение прочности раствора по всему сечению наружной стены.

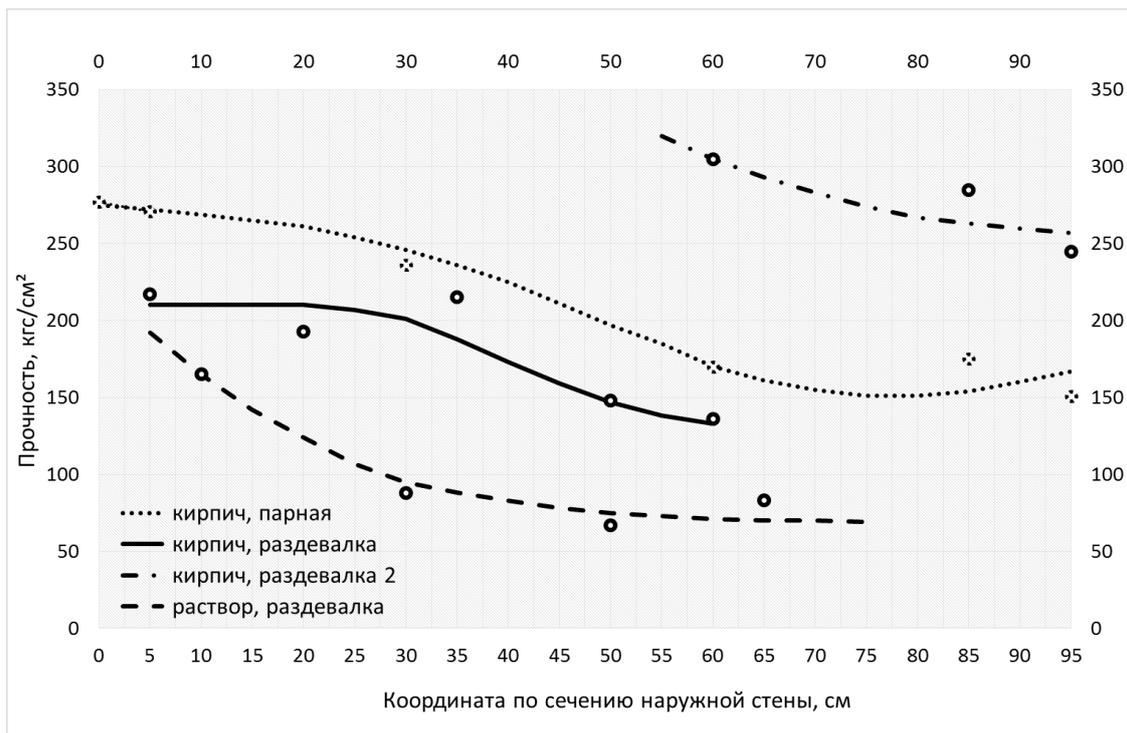


Рис. 1. Прочность кирпича и раствора по сечению наружной стены толщиной 950 мм, 1905 года постройки

Необходимо отметить, что не все кривые распределения прочности, выполненные на основании результатов проведенного обследования, носят одинаковый характер, идентичный приведенным графикам. Однако основным выводом, который можно сделать на основании результатов проведенного обследования распределения прочности кладки по сечению наружных стен здания, является то, что существуют условия, при которых прочность кирпичной кладки по сечению ограждающей конструкции здания может существенно изменяться. При этом минимальная прочность кладки по сечению не обязательно будет находиться на наружной поверхности ограждающей конструкции.

Изменение прочности ограждающей конструкции по сечению объясняется следующим. Диффузия водяного пара через наружную ограждающую конструкцию приводит к ее увлажнению. Распределение влажности по сечению конструкции неравномерно. Расчеты, выполненные по традиционным графическим методикам и по методикам с применением вычислительной техники [5, 6], показывают, что зона максимального увлажнения в однослойных ограждающих конструкциях, как правило, располагается в первой трети сечения стены с наружной стороны, то есть в той зоне, где температура ограждения достигает отрицательных значений.

С другой стороны, нами был проведен анализ колебания температуры наружного воздуха и сопоставлен с глубиной промерзания ограждающей конструкции. Глубина промерзания наружной ограждающей конструкции является функцией температуры наружного воздуха, общего сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, коэффициента теплопроводности и коэффициента теплоотдачи наружной ограждающей поверхности. На основании графиков колебания температуры наружного воздуха в городе Москва [7] нами был проведен анализ глубины промерзания кирпичной

наружной стены здания толщиной 510 мм из глиняного полнотелого кирпича, оштукатуренной с внутренней стороны слоем 30 мм. Некоторые результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты анализа

Глубина промерзания кладки, $X_i$ , мм	Температура наружного воздуха, $t_{out}$ , °С	Количество циклов замораживания-оттаивания, г. Москва, февраль, 1986 г.	Доля от общего количества циклов, %	Количество циклов замораживания-оттаивания, г. Москва, 1979-1988 г.г.	Доля от общего количества циклов, %
0 (наружный слой)	-1,1	0	0	387	17,8
25	-1,98	0	0	384	17,7
75	-3,98	0	0	377	17,3
125	-6,32	5	10,2	365	16,8
175	-9,24	13	26,5	314	14,4
225	-12,84	17	34,7	222	10,2
275	-17,52	13	26,5	104	4,8
325	-23,57	1	2,1	23	1,0

Количество циклов замораживания-оттаивания кирпичной кладки в феврале 1986 года на глубине 225 мм было максимальным и составляло 34,7 %, тогда как до глубины 75 мм за весь месяц не произошло ни одного цикла замораживания-оттаивания. В период за 10 лет с 1979 по 1988 годы картина сглаживается, и количество циклов, приходящихся на глубину до 125 мм, практически равное и составляет около 17 %. Необходимо отметить, что на глубине 175 и 225 мм, то есть в зоне повышенного увлажнения кладки, также происходит значительное количество циклов замораживания-оттаивания.

Наличие зоны максимального увлажнения кладки в зоне отрицательных температур, а также режим замораживания–оттаивания с количеством циклов внутри ограждающей конструкции большим, чем на поверхности, дает объяснение неравномерному снижению прочности наружной ограждающей конструкции по сечению.

### Литература

1. *Ананьев А. И., Лобов О. И.* Керамический кирпич и его место в современном строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 10. С. 62-65.
2. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий. М.: ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. 1988. 36 с.
3. ЦАНТД, Якиманская часть, № 234/170, 174, 184, ед. хр. 2, 5, 6, 12, 13.
4. *Желдаков Д. Ю., Фролов А. А., Иванов С. Ю.* Исследования прочности кладки стен в здании Кадашевских бань // Строительные материалы. 2016. № 6. С. 55-57.
5. *Фокин К. Ф.* Строительная теплофизика ограждающих частей зданий. М.: АВОК-пресс. 2006. 256 с.
6. *Гагарин В. Г., Пастушков П. П.* Определение расчетной влажности строительных материалов / Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 8. С. 28-33.
7. Российский гидрометеорологический портал. Гидрометеорологические данные Российского государственного фонда данных о состоянии природной среды. [Электронный ресурс]: <http://meteo.ru/> (дата обращения 10.03.2012).