

Центральный научно-исследовательский институт
строительных конструкций имени В.А.Кучеренко
АО "НИЦ "Строительство"

ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: «Провести исследования прочности кладки из керамических крупноформатных камней, выпускаемых ООО «Кирпичный завод БРАЕР», на растяжение, растяжение при изгибе по перевязанному и неперевязанному сечениям, срезу и разработать предложения по повышению долговечности наружных стен»

Москва, 2015г.

Центральный научно-исследовательский институт
строительных конструкций имени В.А.Кучеренко
АО "НИЦ "Строительство"

ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко

УТВЕРЖДАЮ
Директор ЦНИИСК
им.В.А.Кучеренко
д.т.н., профессор

И.И.Ведяков



« » ноября 2015г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: «Провести исследования прочности кладки
из керамических крупноформатных камней, выпускаемых
ООО «Кирпичный завод БРАЕР», на растяжение,
растяжение при изгибе по перевязанному и неперевязанному
сечению, срезу, и разработать предложения
по повышению долговечности наружных стен»

Договор № 896/7-27-15/СК от 07 сентября 2015г.

Зам. директора
ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко

О.И.Пономарев

Зав. сектором прочности
каменных конструкций

А.М.Горбунов

Старший научный сотрудник

А.А.Горбунов

Старший инженер

Е.Г.Фокина

Москва, 2015г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Введение	2
2. Кирпич и камни керамические «BRAER»	3
3. Экспериментальные исследования прочности кладки из крупноформатных камней из поризованной керамики при растяжении	6
4. Расчетные сопротивления R_{sq} на срез кладки из крупноформатных керамических камней, выпускаемых ООО «Кирпичный завод БРАЕР» при расчете сечения кладки, проходящих по горизонтальным швам по непереязанному сечению	12
5. Расчет ненесущих стен толщиной 250 мм и менее на горизонтальные нагрузки	18
6. Долговечность	32
7. Выводы по результатам исследования и предложения по повышению долговечности облицовочных слоев наружных стен	

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящий Научно-технический отчет разработан в соответствии с действующей нормативно-технической документацией и регламентирует применение материалов, разработанных и выпускаемых ООО «Кирпичный завод БРАЕР» в соответствии с государственными стандартами или техническими условиями, утвержденными в установленном порядке.

В научно-техническом отчете дан анализ исследований кладки из поризованных крупноформатных керамических камней с учетом ее особенностей, связанных с отличающимися прочностными характеристиками в различных направлениях.

Кладка из крупноформатных керамических камней применяется сравнительно недавно, и для определения её расчетных характеристик нет достаточных сведений. Расчет количество заводов-изготовителей этих изделий, и часто расположение пустот и перегородок камня значительно отличается, что соответственно влияет на расчетные сопротивления кладки из этих камней. Поэтому изучение и анализ основных характеристик кладки из изделий разных изготовителей помогут в результате сравнения сделать более правильные выводы.

В данной работе проведены следующие исследования:

– определение прочности кладки на растяжение.

По результатам испытания кладки из крупноформатных керамических камней, выпускаемых ООО «Винербергер Кирпич», определены расчетные характеристики кладки на растяжение (выполнено впервые в строительной практике).

Эти значения в СП 15.13330.2012 отсутствуют. Таблицы 11 и 12 в СП 15.13330.2012 дают расчетные значения только по раствору (табл. 11) и только по камню (табл. 12);

– определение прочности кладки на срез по раствору по неперевязанному сечению (выполнено с использованием крупноформатных керамических камней, выпускаемых ООО «Кирпичный завод БРАЕР»);

– расчет кладки стен при изгибе на ветровые нагрузки.

Даны предложения по повышению долговечности облицовочных слоёв наружных стен.

2. КИРПИЧ И КАМНИ КЕРАМИЧЕСКИЕ «BRAER»

2.1. Крупноформатные поризованные керамические камни изготавливают из смеси глин методом пластического формования с добавлением опилок для создания поризованной структуры черепка. Керамический камень применяется для возведения наружных и внутренних стен и обладает хорошими физико-техническими, экологическими и экономическими свойствами.

Коэффициент теплопроводности кладки на обычном растворе $\lambda = 0,13 \div 0,29$ Вт/м °С при плотности $\div 700-800$ кг/м³ обеспечивает возможность применения двухслойной конструкции наружной стены без дополнительного утепления.

Использование крупноформатных камней для внутренних стен высотой более 3-х этажей неэффективно. В случае использования крупноформатных камней во внутренних стенах, участки с каналами следует выполнять из полнотелого кирпича.

Крупноформатные керамические камни, выпускаемые ООО «Кирпичный завод БРАЕР», имеют следующую характеристику.

Марка камня – М75÷М125.

«Марка» крупноформатных камней:

– на торец $\approx 0,5 \div 0,8$ МПа;

– на ложок $\approx 3 \div 3,5$ МПа.

Морозостойкость – не менее 50 циклов.

2.2. В качестве несущих и навесных элементов стен используется следующая номенклатура керамических поризованных крупноформатных камней, приведенная в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Вид изделия	Обозначение вида по ГОСТ	Номинальные размеры (мм)			Обозначение размера
		Длина	Ширина	Толщина	
Камень доборный BRAER Д-380	КК	380	130	219	5,2 НФ
Камень доборный BRAER Д-510	КК	510	130	219	7,1 НФ
Камень крупноформатный BRAER СВ-250	КК	250	380	219	10,7 НФ
Камень крупноформатный BRAER СВ-380	КК	380	250	219	10,7 НФ
Камень крупноформатный BRAER СВ-440	КК	440	250	219	12,4 НФ
Камень крупноформатный BRAER СВ-510	КК	510	250	219	14,3 НФ
Средняя плотность 800 кг/м ³					

В качестве облицовочного материала используются следующие изделия.

Таблица 2.

Вид изделия	Обозначение вида	Номинальные размеры (мм)			Обозначение размера
		Длина	Ширина	Толщина	
Кирпич керамический лицевой BRAER FB «ЕВРО»	«ЕВРО»	250	95	65	0,7 НФ
Кирпич керамический лицевой одинарный пустотелый	КОЛПу	250	120	65	1 НФ
Кирпич керамический лицевой утолщенный пустотелый	КУЛПу	250	120	88	1,4 НФ
Средняя плотность 1200 кг/м ³					

Растворы для кладки

2.3. Для возведения стен из керамических крупноформатных камней в зависимости от требуемой прочности кладки следует применять марки растворов по временному сопротивлению сжатию в кгс/см²: 100, 125, 150. Применение для кладки прочных растворов обуславливается наличием большого количества пустот в камне и тонких стенок (высокая прочность раствора снижает хрупкость перегородок).

2.4. Раствор должен обладать в свежем состоянии подвижностью и водоудерживающей способностью, обеспечивающими возможность получения ровного растворного шва, а в затвердевшем состоянии иметь необходимую прочность и равномерную плотность.

При выборе состава раствора, а также при изготовлении, выдержке и испытании растворов для кладки следует руководствоваться ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные. Методы испытания», СП 82-101-98 «Приготовление и применение растворов строительных».

2.5. Консистенция раствора подбирается в зависимости от принятого способа кладки. Выполнение кладки на малоподвижных не пластичных растворах не допускается.

2.6. В целях уменьшения заполнения пустот камня раствором при кладке и повышения термического сопротивления стен возводимых зданий, кладку стен следует выполнять на растворах с осадкой стандартного конуса – 70÷90 мм. При расчете теплопроводности кладки допускается принимать глубину заполнения пустот раствором 10÷15 мм (4÷7% по объему).

2.7. Толщины растворных швов:

– 8÷16 мм – раствор цементно-известково-песчаный, в среднем 12 мм;

2.8. Крупноформатные камни выпускаются с нешлифованными постелями для кладки на цементно-известково-песчаном растворе.

2.9. Для кладки стен из крупноформатных керамических камней при отрицательных температурах должны применяться растворы с химическими противоморозными добавками. При этом необходимо руководствоваться указаниями СП 15.13330-2012, раздел 10 и «Пособия по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81*)», раздел 8.

Сравнительная таблица долговечности наружных стен зданий

№№ П.П.	Характеристика	Стены из крупноформатных камней				Стены из цельной древесины	Примечание
		Однослойные оштукатуренные с двух сторон	Двухслойные с облицовкой кирпичом	Трехслойные с утеплителем из мин. плиты	С навесным фасадом		
1	Долговечность (в годах)	100	200	75*)	50*)	75	Внутренний слой в трехслойных стенах с навесным фасадом до 100 лет
2	Временное сопротивление (марка)	75-125	75-125 150-200	75-125 150-200	75-125	50-75	В знаменателе марка облицовочного слоя
3	Плотность, кг/м ³	600-800	600-800 1200-1600	600-800 1200-1600	600-800	900-1100	
4	Теплопроводность, Вт/м ⁰ С	0,13-0,18	0,13-0,18 0,5-0,7	0,13-0,18 0,5-0,7	0,13-0,18	0,4-0,5	
5	Морозостойкость, циклы	50	50 100	50 100	35	50	Указано требование по морозостойкости (табл.1 СП 15.13330.2012)
6	Водопоглощение, %	11-14	11-14 8-9	11-14 8-9	11-14	-	

Примечание.

1. *) Стены, требующие замену утеплителя через 20-30 лет.
2. Применение перегородок в ванных и совмещенных санузлах из крупноформатных камней допускается, поскольку влажность в этих помещениях не нормируется согласно ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
3. В помещениях, где требуется периодическая санитарная обработка, использование пустотелых изделий в перегородках и стенах не допускается.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ КЛАДКИ ИЗ КРУПНОФОРМАТНЫХ КАМНЕЙ ИЗ ПОРИЗОВАННОЙ КЕРАМИКИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

В неармированных кладках при изменении температуры и усадке раствора возникают значительные деформации и трещины, обусловленные низкой прочностью при растяжении. Поэтому при расчете каменных конструкций на температурные воздействия и усадку необходимо определять прочность и деформативность кладки с учетом возможного появления и раскрытия трещин в период эксплуатации, обеспечивая безопасность по несущей способности, долговечности и надежности зданий.

В связи с этим конструкции каменных зданий следует рассчитывать на наиболее неблагоприятные случаи работы кладки – растяжение от действия температуры и воздействия, возникающие при усадке раствора.

В нормативных документах (СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 11-22-81*», EN 1996-1-1 «Расчет и проектирование каменных конструкций» и др.) значения прочности кладки на растяжение даны только по камню или раствору. Расчетные сопротивления осевому растяжению при изгибе, срезе и главным растягивающим напряжениям при расчете кладки по перевязанному сечению приняты непосредственно по камню или раствору.

Крупноформатные керамические камни пустотностью до 58% имеют весьма неоднородные показатели прочности по различным направлениям не только на растяжение, но и на сжатие. Прочность кладки из таких камней существенно изменяется в зависимости от направления приложения нагрузок (вдоль или перпендикулярно горизонтальным швам кладки).

Проведенные исследования позволили дать количественную оценку прочностным и деформационным характеристикам кладки из крупноформатных керамических камней при растяжении. Результаты испытаний показывают, что прочность камня при сжатии по оси X в 150 раз меньше, чем по оси Z, а по оси Y – в 7 раз меньше, чем по оси Z.

Проблему температурных напряжений в вертикальных сечениях стен зданий чаще всего решают с помощью устройства вертикальных температурных швов, позволяющих снизить температурные напряжения в вертикальных сечениях

наружных стен зданий и избежать трещин и деформаций. Размеры температурных отсеков для кирпичных зданий приведены в п.9.80, табл. 33 СП 15.13330.2012.

В настоящее время необходимость в точном расчете на температурные воздействия увеличилась в связи с повышением требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций. Поскольку кирпичная облицовка зданий отделена слоем эффективного утеплителя от внутренних теплых слоев, температурный перепад «зима-лето», на который нужно рассчитывать лицевой кирпичный слой с учетом температуры солнечной радиации, для средней полосы России может составлять более 90°C .

Проектирование зданий на температурные воздействия и конструктивный учет влияния этих воздействий требуют проведения достаточно сложных расчетов. Пример расчета конструкций каменных зданий на температурно-влажностные воздействия приведен в «Пособии по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81)».

В данной работе рассмотрены результаты исследования прочности и деформативности кладки из керамических крупноформатных поризованных камней на растяжение по «перевязанному» сечению без заполнения вертикальных швов раствором (соединение паз – гребень). Испытания выполняли на фрагментах стен сечением 685×380 мм длиной 1500 мм. Система перевязки рядов при кладке образцов показана на рис. 3.1. Для усиления краевых участков в растворные швы на глубину анкеровки устанавливали сетку из арматуры $\varnothing 4\text{B1}$ с ячейкой 40×40 мм.

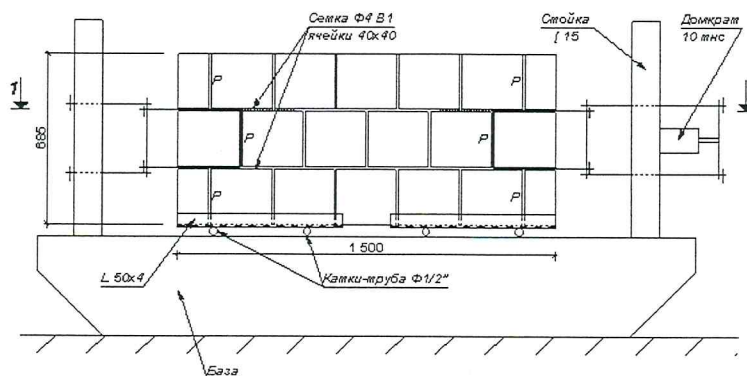


Рис. 3.1. Схема испытания экспериментального образца кладки из поризованных камней на растяжение

Кладку образцов выполняли из керамических поризованных камней Porotherm-38 M75 в производственном корпусе ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко и до испытания выдерживали 28 сут. Перед выполнением кладки на металлический поддон устанавливали катки и стальные уголки, затем «насухо» выкладывали первый ряд образца по стальным уголкам, следующие два ряда – на растворе М50. Толщина двух растворных швов составляла $683 - 219 \times 3 = 26$ мм.

При испытании образцов (рис. 3.2) кладки фиксировали: деформации, нагрузку при появлении трещин и при разрушении. Нагрузку на образец передавали гидравлическим домкратом мощностью 100 кН этапами по 1,5 кН с интервалом 3 – 5 мин. С каждой стороны образца устанавливали по три индикатора часового типа с ценой деления шкалы 0,01 мм, измеряющих растяжение, и по одному – поперек образца, которые измеряли деформации уменьшения сечения образца.

Анализ результатов испытаний (см. таблицу) показал, что деформации по высоте образца распределились следующим образом: наименьшие – в верхней зоне, наибольшие – в нижней зоне.

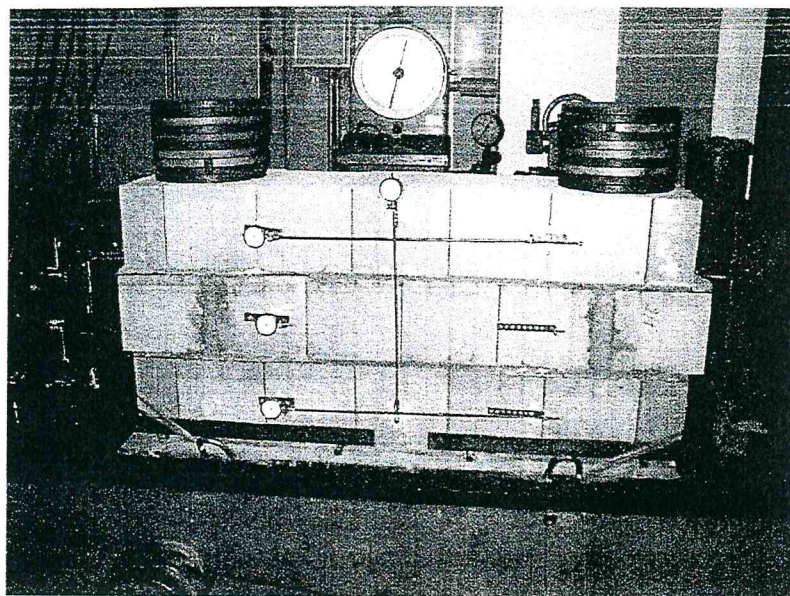


Рис. 3.2. Опытный образец перед испытанием

Для выравнивания деформаций по высоте сечения дополнительно нарастили ряды кладки. Таким образом, нагрузку прикладывали на расстоянии $1/3$ от высоты образца.

Испытания показали, что зависимость между напряжениями и деформациями каменной кладки соответствует криволинейному закону, и определяется характеристиками материалов, производством работ, длительностью дей-

ствия нагрузки и др. С целью выявления деформативных свойств кладки из керамических поризованных камней также измеряли продольные и поперечные деформации растяжения кладки. По полученным значениям деформаций определены величины начального модуля деформаций E_0 и упругой характеристики кладки α . Графики относительных деформаций кладки при растяжении приведены на рис. 3.3.

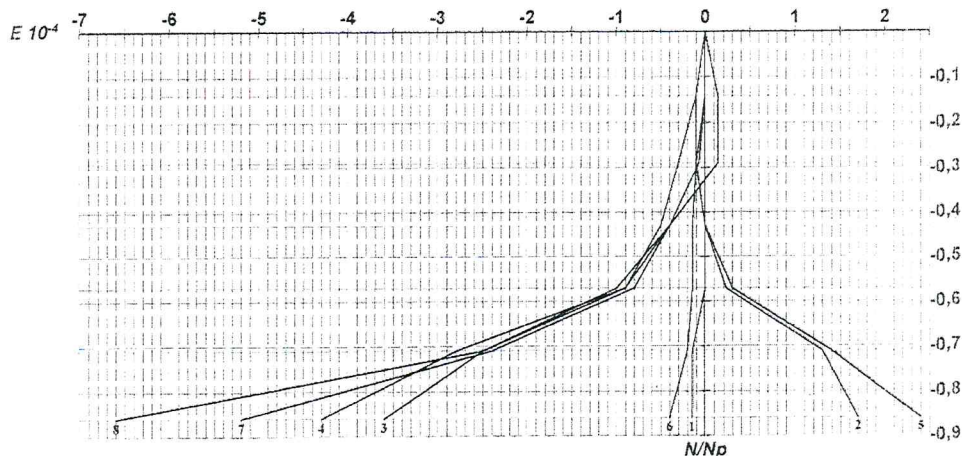


Рис. 3.3. Относительные деформации кладки при растяжении по результатам испытания кладки из крупноформатных поризованных камней POROTHERM 38 на растяжение.

Расчетная площадь сечения $A = 2610,6 \text{ см}^2$ определялась для трех нижних рядов кладки ввиду того, что деформации в первом растворном шве от верха образца близки к нулю.

При испытании кладки из крупноформатных поризованных керамических камней Porotherm-38 на растяжение рассчитывали коэффициент Пуассона. На основании исследований на сжатие кладки из одинарного кирпича его принимают равным $\mu = 0,17 \div 0,2$. Однако, как показали исследования, проведенные в 2008 г. в лаборатории кирпичных, блочных и панельных зданий ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко, влияние коэффициента Пуассона, введенного в программу расчета в диапазоне $0,1 \div 1$, на результаты расчета не оказывало. Полученные при этом значения коэффициента Пуассона значительно ближе к показателям, принимаемым для бетона. Это связано с тем, что на растяжение в данном случае работают в основном горизонтальные растворные швы, поскольку крупноформатные камни вдоль стены между собой в вертикальных швах не скреплены раствором (соединение паз – гребень насухо).

Проведенные исследования показали следующее:

– прочностные характеристики крупноформатных керамических камней по

разным направлениям существенно различаются, например, прочность камней на «тычок» в 150 раз меньше прочности при вертикальных нагрузках. Этот фактор следует учитывать при расчете стен на ветровые и сейсмические нагрузки;

– при испытании кладки на растяжение первые трещины зафиксированы в образцах на отдельных камнях и в растворных швах при нагрузках $0,80 \div 0,94 N_p$.

Расчетное сопротивление кладки из сплошных камней на растяжение по перевязанному сечению в соответствии с СП 15.13330.2012 составило:

– для раствора М25 $R_t = 1,6 \text{ МПа} > 0,013 \text{ МПа}$ (по результатам эксперимента для кладки из крупноформатных камней пустотностью 58%);

– для раствора М50 и выше $R_t = 2,5 \text{ МПа} > 0,016 \text{ МПа}$ (по результатам эксперимента).

Расчетное сопротивление кладки осевому растяжению по кирпичу или камню для раствора М10 $R_t = 0,03 \text{ МПа} > 0,0144 \text{ МПа}$ (по результатам эксперимента для кладки из крупноформатных камней). При прочности раствора на растяжение R_t , равное 16,5 и 3,3 МПа средний начальный модуль деформации E_0 составил 52,6 и 28,4 МПа.

Прочностные и деформационные характеристики кладки из крупноформатных поризованных камней Porotherm-38

Метка образца	Прочность раствора, МПа		Разрушающая нагрузка N_p , кН	$0,2 N_p$, кН	R при $0,2 N_p$, кПа	Начальный модуль деформаций E_0 МПа		Средняя упругая характеристика, α	Средние относительные деформации, $\varepsilon \cdot 10^4$			Значение коэффициента Пуассона μ	
	в кубах, R_2	на растяжение, R_t				$0,2 N_p$	среднее		при $0,2 N_p$	продольные	поперечные	частное	среднее
1	18,25		7,5	1,5	5,7	47,5	52,6	79 700	0,12	1,95	0,65	0,33	0,37
2	19,14	16,5	9,76	1,952	7,5	57,7			0,13	4,92	2,05	0,41	
3	15,19		7,5	1,50	5,7	23*			0,25	11,03	10,27	0,93*	
4	3,65		5	1	3,8	28	28,4	60 964	0,18	6,05	2,55	0,42	0,26
5	5,56	3,4	8,5	1,7	6,5	57,7			0,13	3,05	0,32	0,1	
6	3,57		7	1,4	5,4	23*			0,25	5,91	7,98	1,35*	

* Данные значения не учитываются при определении среднего начального модуля деформаций и средней величины коэффициента Пуассона.

Модуль деформации при растяжении E_t , при расчете конструкций по прочности для определения усилий в кладке, вызванных температурными деформациями, в соответствии с п. 6.22 СП 15.13330.2012 определяют по формуле $E_t = 0,5E_0$, где $E_0 = \alpha R_u$; R_u – предел прочности (временное сопротивление) при сжа-

тии. При прочности раствора до 0,5 МПа модуль деформации кладки $E_t = E_0 = 280$ МПа, при прочности раствора более 5 МПа – $E_t = E_0 = 525$ МПа.

Эти данные отличаются от принятых для кладки из традиционных изделий в 3 раза и в 5 раз от значений, полученных при испытании кладки из крупноформатных камней.

Проведенные испытания показали, что исследования в данном направлении следует продолжить и для других заводов, выпускающих аналогичные изделия. Это позволит получить более достоверные данные, уточнить расстояния между температурными швами для зданий с несущими однослойными и двухслойными стенами из поризованных крупноформатных керамических камней и внести дополнения в нормативные документы.

4. РАСЧЕТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ R_{sq} КЛАДКИ ИЗ ПУСТОТЕЛЫХ КРУПНОФОРМАТНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КАМНЕЙ ООО «КИРПИЧНЫЙ ЗАВОД БРАЕР» НА ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОМ И КЛЕЕВОМ РАСТВОРАХ СРЕЗУ ПРИ РАСЧЕТЕ СЕЧЕНИЙ, ПРОХОДЯЩИХ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ НА ШВАМ ПО НЕПЕРЕВЯЗАННОМУ СЕЧЕНИЮ

В соответствии с СП 15.13330.2012 расчетные характеристики, необходимые для расчета прочности кладки при растяжении, растяжении при изгибе, срезе и др. по неперевязанному и перевязанному сечениям, принимают соответственно по таблицам 11 и 12.

Таблица 11 дает расчетные сопротивления только по раствору, таблица 12 – только по камню.

Кладка из крупноформатных камней пустотностью более 50% имеет свои особенности: раствор в горизонтальном шве частично заполняет пустоты (на 1,2÷2,5 см) и поэтому для уточнения прочности кладки на срез необходимо проведение экспериментальных исследований. При этом следует отметить, что данные, указанные в таблице 11, будут отличаться от экспериментальных.

Испытания проводились по схеме, указанной на рис. 4.1 и 4.2.

Как и следовало ожидать, средний камень разрушался до повреждения растворных швов по предполагаемой плоскости. Основная причина такого характера разрушения – низкая прочность камня «на тычок».

Известно, что крупноформатные керамические камни в трех направлениях имеют различную прочность. Это зависит от расположения и направленности пустот.

Самая большая марка камня по оси «Х» (перпендикулярно «постели») используется при расчете стен на центральное и внецентренное сжатие.

Прочность камня «на тычок» (перпендикулярно вертикальной стенке камня) – самая низкая, прочность камня «на ложок» имеет среднее значение. Прочность камня «на тычок» и «на ложок» требуется при расчете стен на изгиб от ветровых нагрузок, также как и расчетные значения на срез по раствору и по камню.

Учитывая вышеизложенное, схему испытания изменили, как указано на рис. 4.3.

Испытания проводились на цементно-песчаном растворе марки М10 (таблица 4.1) и на клеевом растворе марки М75 (таблица 4.2).

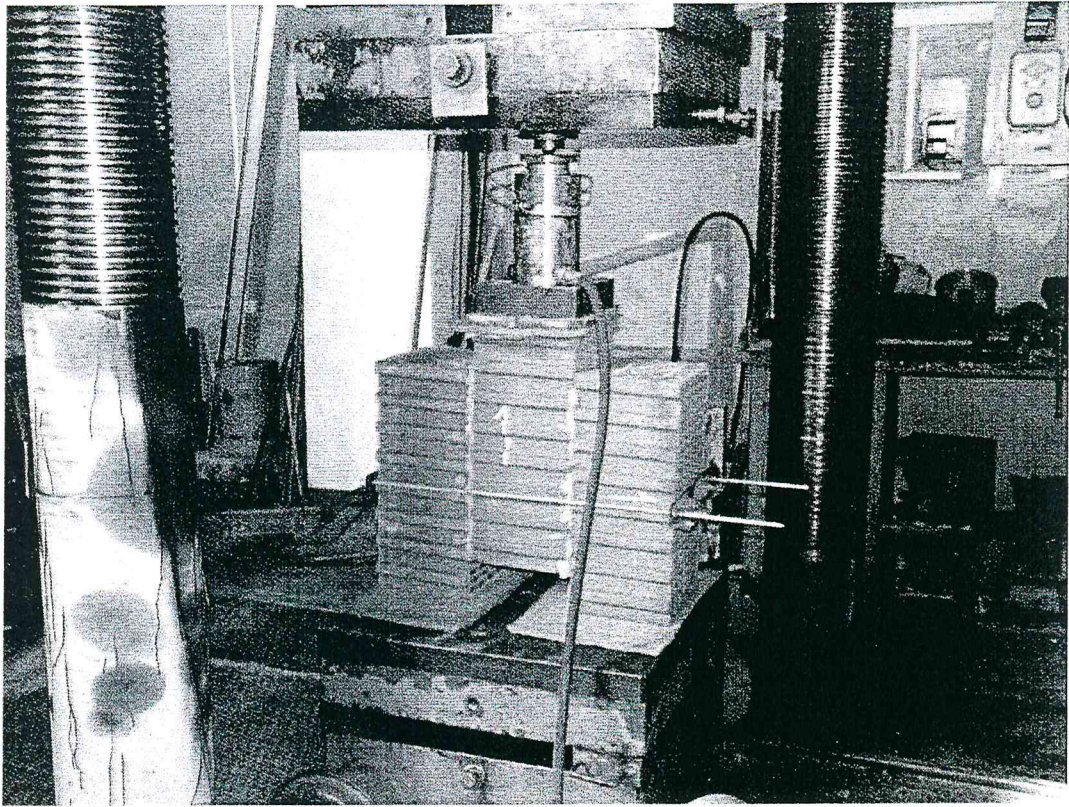


рис.41. Испытание на сдвиг по EN 1052-3:2002+A1:2007.

Результат – разрушение торца камня



Рис.42. Испытание на сдвиг по EN 1052-3:2002+A1:2007.

Разрушенный торец камня

Таблица 4.1

Результаты испытания растворных (цементно-песчаных) кубов

№№ п. п.	Размер куба, см			Масса, г	Плотность, кг/м ³	Разрушающая нагрузка, кгс	Предел проч- ности, кгс
	L	B	H				
1	6,4	7,1	7,0	615	1933	566	12,5
2	7,2	7,2	7,0	660	1819	896	17,3
3	7,2	7,5	7,2	690	1775	636	11,8
Среднее:							13,8
Марка цементно-песчаного раствора М10							

Таблица 4.2

Результаты испытания кубов, изготовленных из клеевого раствора

№№ п. п.	Размер куба, см			Масса, г	Плотность, кг/м ³	Разрушающая нагрузка, кгс	Предел проч- ности, кгс
	L	B	H				
6	7,2	7,1	7,0	495	1383	3742	73,2
7	7,3	7,2	7,1	495	1,326	4261	81,1
8	7,3	7,2	7,0	505	1,373	4395	83,6
Среднее:							79,3
Марка клеевого раствора М75							

Таблица 4.3

Результаты испытания на срез цементно-песчаного раствора

№№ п. п.	Толщина швов, мм	Длина шва, см	Ширина шва, см	Разрушающая нагрузка, кгс	Предел прочности, кгс/см ²	Отклонение от среднего, %
1	10÷12	83	25,0	2500	1,20	-11,8
4	10÷12	83	25,0	1875	0,90	-33,8
5	10÷12	83	25,0	3125	1,51	11,0
6	10÷12	83	25,0	3750	1,83	34,5
Среднее:					1,36	
Расчетное значение $R_{sq} - 0,068$ МПа						

Таблица 4.4

Результаты испытания на срез клеевого раствора

№№ п. п.	Толщина швов, мм	Длина шва, см	Ширина шва, см	Разрушающая нагрузка, кгс	Предел прочности, кгс/см ²	Отклонение от среднего, %
2	3÷5	84	25,0	6875	3,35	53,7
3	3÷5	84	25,0	2125	1,01	-53,7
Среднее:					2,18	
Расчетное значение $R_{sq} - 0,109$ МПа						

Разрушение образцов после испытания на срез приведены на рис. 4.3÷4.6.

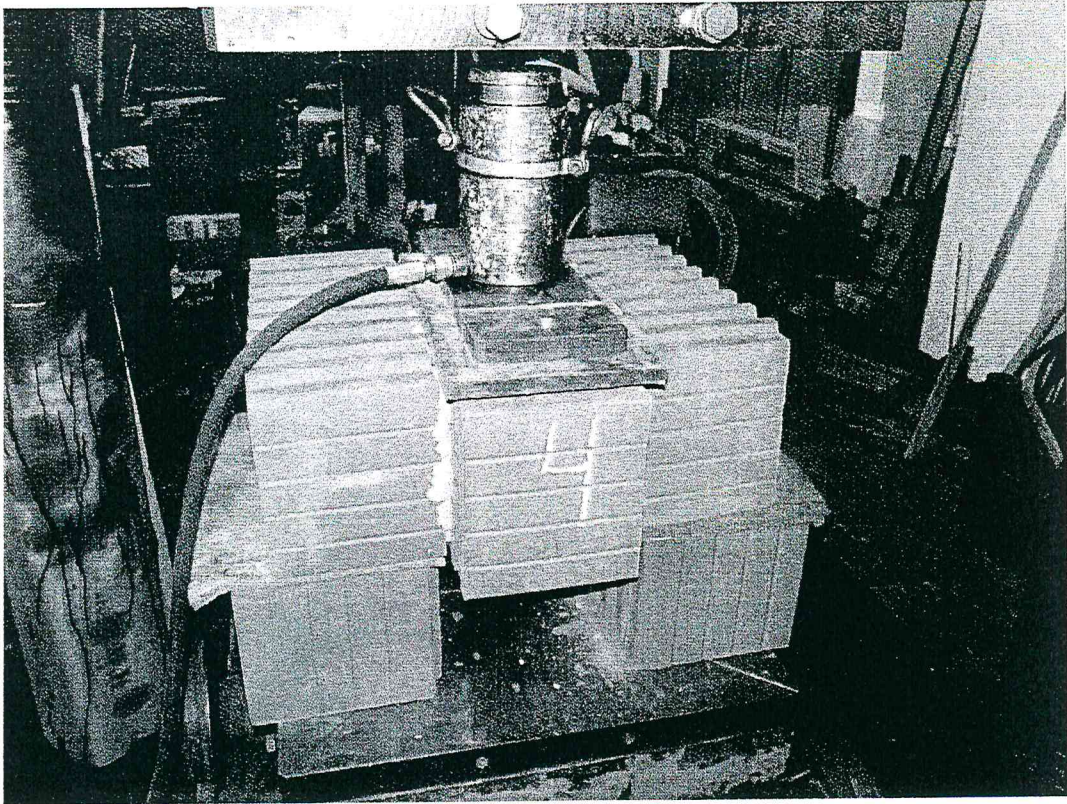


Рис.43. Испытание на сдвиг по исправленной схеме

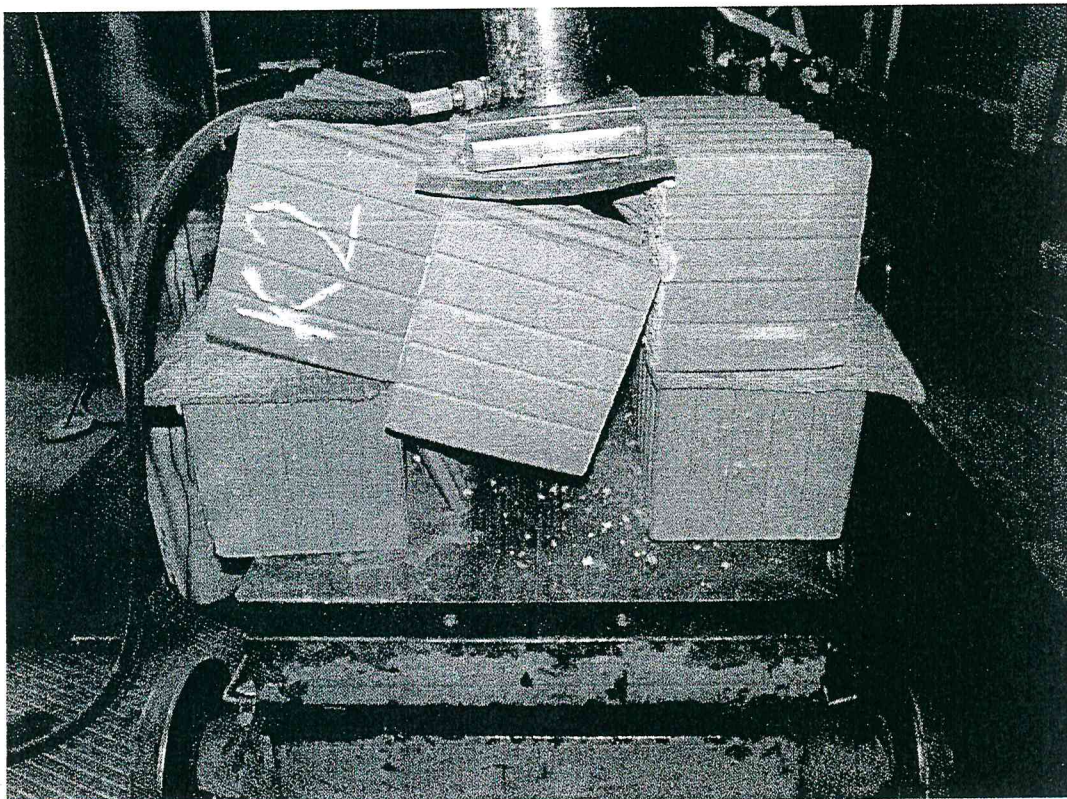


Рис.44. Образец на клеювом растворе после проведения испытания

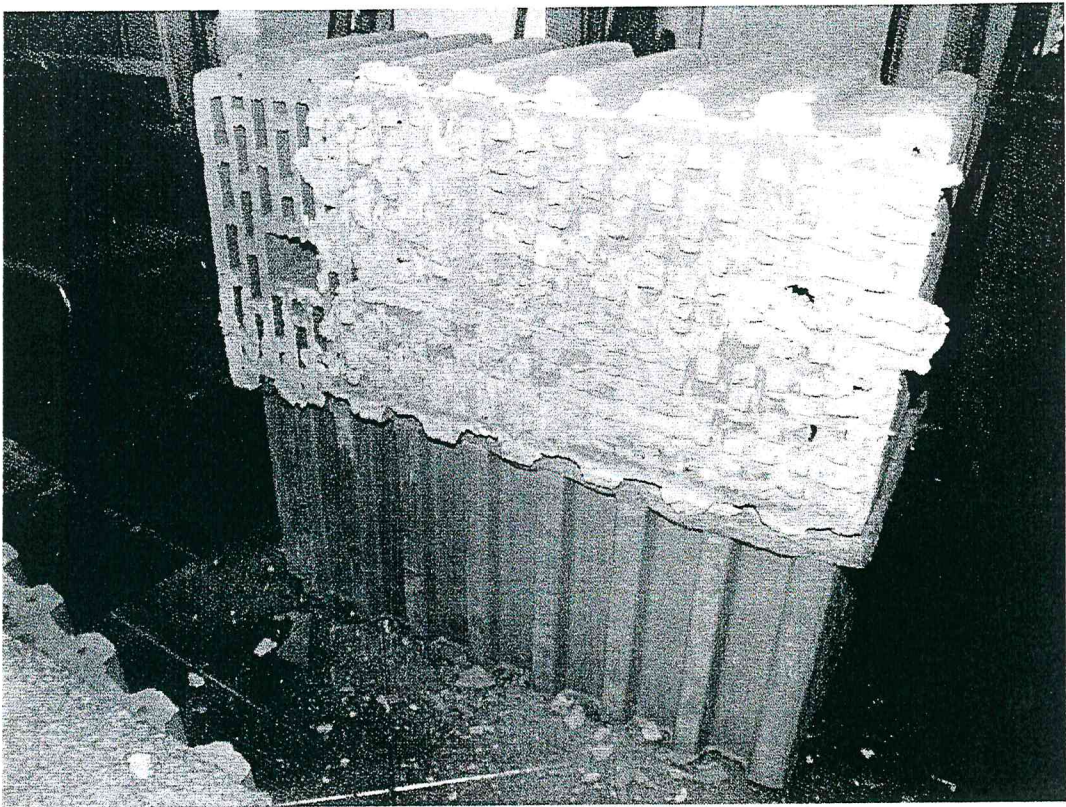


Рис.45. Следы раствора шва на поверхности камня после проведения
испытания

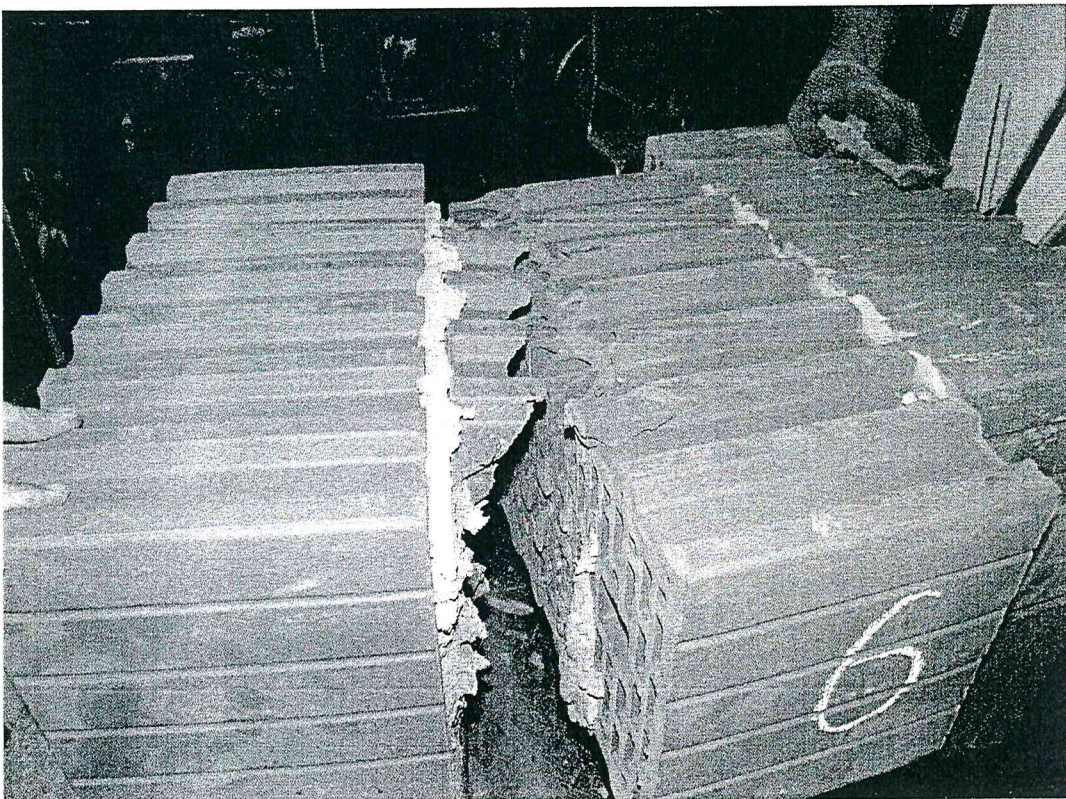


Рис.46. Образец на тяжелом растворе после проведения испытания

ВЫВОДЫ

Сравнение полученных данных с результатами, приведенными в таблицах 11 и 12 СП 15.13330.2012, показало:

– Расчетное значение прочности кладки на срез по раствору (по непереверзанному сечению) для марки раствора М10 $R_{sq} = 0,05 \text{ МПа} < 0,068 \text{ МПа}$. Расчетные значения при испытании на срез получились незначительно больше табличных за счет заполнения пустот керамических камней раствором.

– Расчетные значения прочности кладки на срез по клеевому раствору значительно превышают значения, полученные на цементно-песчаном растворе.

Эти значения не сопоставимы, поскольку марки растворов значительно отличаются между собой (М10 и М75)

Для сравнения следует принять значения на срез из табл. 11 СП 15.13330.2012 для цементно-песчаного раствора марки М50 и более, которое равно $R_{sq} = 0,16 > 0,109 \text{ МПа}$. Это значение больше, чем экспериментальное значение.

Как правило, прочность кладки на растворах с добавками полимеров имеет значительно большие значения, чем на цементно-песчаных растворах на срез и на нормальное сцепление. Однако, при проведении данного эксперимента значения прочности кладки на срез значительно меньше. Этот факт можно объяснить использованием при эксперименте нешлифованных камней.

5 РАСЧЕТ НЕНЕСУЩИХ СТЕН ТОЛЩИНОЙ 250 ММ И МЕНЕЕ НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ

При изгибе несущих стен из плоскости рассматриваются следующие виды напряженного состояния:

- расчетное сопротивление кладки при изгибе R_{tb1} по неперевязанному сечению;
- расчетное сопротивление кладки при изгибе R_{tb2} по перевязанному сечению.

Величины R_{tb1} , R_{tb2} должны определяться на основании испытаний фрагментов кладки на изгиб по неперевязанному и перевязанному сечениям по схемам, указанным на рис. 1 и 2. Испытания выполняются специализированными организациями для кладки из керамических камней отдельных производителей на принятом виде кладочного (клеевого) раствора.

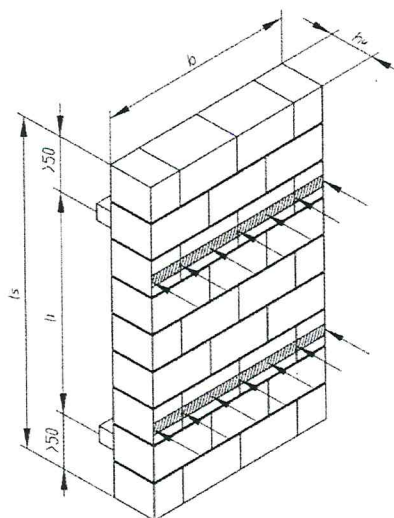


Рис.1. Схема испытания кладки при изгибе по неперевязанному сечению

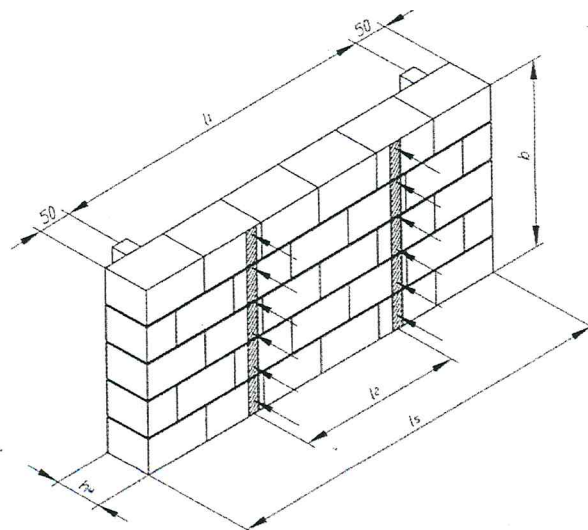


Рис.2. Схема испытания кладки при изгибе по перевязанному сечению.

При отсутствии опытных данных значения R_{tb1} , R_{tb2} могут приниматься по табл. Б.

При расчете ненесущих стен на горизонтальные кратковременные нагрузки (ветровые) из плоскости допускается учитывать их работу как пластины, работающей в двух направлениях по перевязанному и перевязанному сечению. Учет работы стены на изгиб в двух направлениях не допускается для конструктивных элементов, разрушение которых может привести к обрушению смежных конструкций.

Таблица Б

Расчетные сопротивления кладки из крупноформатных камней на традиционных и клеевых растворах осевому растяжению, растяжению при изгибе, срезу, при расчете сечений кладки, проходящих по горизонтальным швам при марке раствора 50 и выше

Вид напряженного состояния	Обозначение	Расчетное сопротивление, МПа
На традиционных растворах		
А. Осевое растяжение кладки: 1. по перевязанному сечению (нормальное сцепление) 2. по перевязанному сечению	R_t	0,12
		0,16
В. Растяжение при изгибе: 1. по перевязанному сечению 2. по перевязанному сечению	R_{tb1}	0,12
	R_{tb2}	0,25
С. Срез: 1. по перевязанному сечению из плоскости стены и в плоскости стены	R_{sq}	0,16
На клеевых растворах		
D. Осевое растяжение; 1. по перевязанному сечению (нормальное сцепление) 2. по перевязанному сечению	R_t	0,08
		0,08
E. Растяжение при изгибе: 1. по перевязанному сечению (главные растягивающие напряжения при изгибе)	R_{tb}	0,12
F. Срез: 1. по перевязанному сечению (касательное сцепление)	R_{sq}	0,16

Распределение величины несущей способности стены на нагрузки из плоскости учитывается введением коэффициента μ , который зависит от расчетного сопротивления кладки по неперевязанному и перевязанному сечению

$$\mu = R_{tb1} / R_{tb2}.$$

При проектировании ненесущих стен на нагрузки из плоскости следует учитывать:

- наличие рулонных гидроизоляционных прослоек;
- условия закрепления фрагмента кладки по периметру, наличие неразрезности фрагмента кладки в месте его опоры.

Наличие деформационного шва в стене следует рассматривать как вертикальную свободную грань, при этом момент и поперечная сила не передаются на примыкающий фрагмент стены. Возможно устройство специальных связей, позволяющих передавать момент (и/или поперечную силу) через деформационный шов.

Опорная реакция по грани фрагмента стены от нагрузок из плоскости может считаться равномерно распределенной. Опора по грани фрагмента может обеспечиваться вертикальными элементами каркаса, стенами другого направления, перекрытиями, конструкциями покрытия.

При наличии гидроизоляционной прослойки опора должна считаться шарнирной.

Расчетная величина несущей способности на изгиб фрагмента стены определяется по формуле:

$$M = R_{tb} \cdot W, \quad (Б1)$$

где: R_{tb} – прочность кладки на изгиб, для плоскости в которой происходит изгиб. При расчете на изгиб в вертикальной плоскости принимается прочность на изгиб по неперевязанному сечению R_{tb1} , при расчете на изгиб в горизонтальной плоскости принимается прочность на изгиб по перевязанному сечению R_{tb2} ;

W – момент сопротивления расчетного сечения кладки.

Для фрагментов стен, опирающихся по трем или четырем граням, величину действующего на стену изгибающего момента принимают (на единицу высоты или длины стены):

- для изгиба в вертикальной плоскости:

$$M_1 = d_1 \cdot w \cdot l_2, \quad (Б2)$$

- для изгиба в горизонтальной плоскости:

$$M_2 = d_2 \cdot w \cdot l_2, \quad (Б3)$$

где: d_1, d_2 – коэффициенты к изгибающим моментам в зависимости от вида закрепления фрагмента по краям стены и отношения высоты стены к длине;

l – длина фрагмента стены;

w – нагрузка на плоскость стены.

Величины d_2 приведены в таблицах Б.А1 ÷ Б.Л1 ниже для однослойной стены при толщине 250 мм и менее.

$$d_1 = \mu d_2.$$

μ – отношение прочности на изгиб по неперевязанному сечению к перевязанному $R_{tb1}/R_{tb2}, R_{tb1,app}/R_{tb2}, R_{tb1}/R_{tb2,app}$.

В стенах, армированных сетками в горизонтальных швах с целью увеличения их несущей способности на горизонтальную нагрузку, прочность с учетом такого армирования может использоваться при вычислении коэффициента α . Соответствующая прочность на изгиб $R_{tb2,app}$ может быть определена путем приравнивания момента, воспринимаемого сечением армированного в швах кладки и неармированного сечения такой же толщины:

$$R_{tb2,app} = \frac{6 \cdot A_s \cdot R_s \cdot z}{t^2} \quad (Б4)$$

где: R_s – расчетное сопротивление армирования в горизонтальных швах;

A_s – площадь армирования в горизонтальных швах у растянутой грани;

t – толщина стены;

z – плечо внутренней пары сил;

$$z = h_0 \cdot \left(1 - 0.5 \frac{A_{st} R_s}{b \cdot h_0 \cdot R}\right) \leq 0.95 \cdot h_0 \quad (Б5)$$

где: b – ширина сечения;

h_0 – расстояние до центра тяжести арматуры;

A_{st} – площадь растянутой арматуры;

R – расчетное сопротивление кладки сжатию в направлении приложения нагрузки.

При этом момент, воспринимаемый армированным сечением, ограничивается $M \leq 0,3 \cdot R_s \cdot b \cdot h_0^2$.

Для случая, когда прочность кладки по неперевязанному сечению выше прочности по перевязанному сечению, т.е. $R_{tb1} > R_{tb2}$:

– величину d_2 , необходимо принимать по таблицам Б.А2 ÷ Б.Л2, для входа в таблицу используется отношение l/h ;

– в качестве размера простенка в формулах для вычисления действующего момента необходимо использовать высоту простенка h , м, вместо длины l , м;

– величина

$$\mu_c = \frac{R_{tb2}}{R_{tb1}} \quad (Б6)$$

Для фрагментов стен, опирающихся по трем или четырем граням, величину действующего на стену изгибающего момента принимают:

– для изгиба в вертикальной плоскости:

$$M_1 = d_2 \cdot w \cdot h_2, \quad (Б7)$$

– для изгиба в горизонтальной плоскости:

$$M_2 = d_1 \cdot w \cdot h_2, \quad (Б8)$$

где: $d_1, 2$ – коэффициенты к изгибающим моментам в зависимости от вида крепления фрагмента по краям стены и отношения высоты стены к длине;

h – длина фрагмента стены;

w – нагрузка на плоскость стены.

$$d_1 = \mu_c d_2.$$

μ_c – отношение расчетного сопротивления при изгибе R_{tb2} / R_{tb1} , $R_{tb2} / R_{tb1,app}$, $R_{tb2,app} / R_{tb1}$.

где: R_{tb1} – расчетное сопротивление кладки при изгибе в вертикальной плоскости;

R_{tb2} – расчетное сопротивление кладки при изгибе в горизонтальной плоскости.

Схема направлений действий изгибающих моментов приведена на рис. Б3.

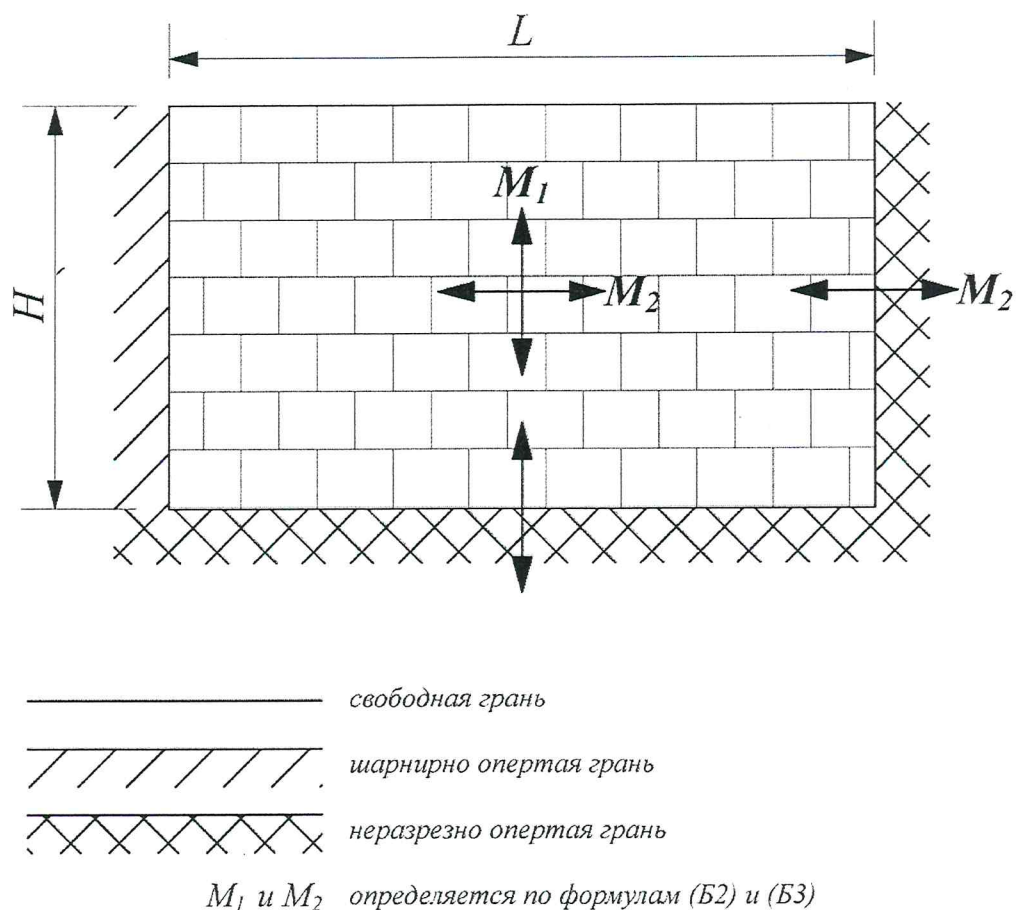


Рис. Б3. Схема направлений действий изгибающих моментов.

Определение коэффициентов d_2 в зависимости от вида закрепления фрагмента стены по краям и отношения высоты стены к длине

Таблица Б-А1

Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,045	0,059	0,071	0,085	0,094
	0,7	0,051	0,066	0,077	0,091	0,098
	0,5	0,056	0,073	0,083	0,095	0,102
	0,3	0,067	0,082	0,091	0,101	0,107
	0,2	0,075	0,089	0,097	0,105	0,111

Таблица Б-В1

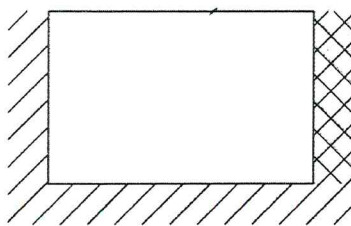
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,035	0,046	0,053	0,062	0,068
	0,7	0,039	0,051	0,058	0,066	0,07
	0,5	0,044	0,055	0,061	0,069	0,072
	0,3	0,051	0,061	0,066	0,072	0,075
	0,2	0,056	0,065	0,069	0,074	0,078

Таблица Б-С1

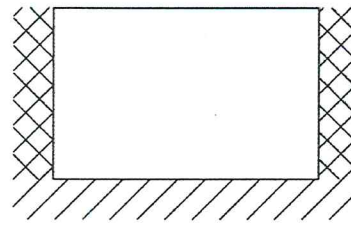
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,028	0,037	0,042	0,048	0,051
	0,7	0,032	0,04	0,044	0,05	0,053
	0,5	0,035	0,043	0,047	0,052	0,054
	0,3	0,04	0,046	0,05	0,054	0,056
	0,2	0,043	0,049	0,052	0,055	0,058

Таблица Б-D1

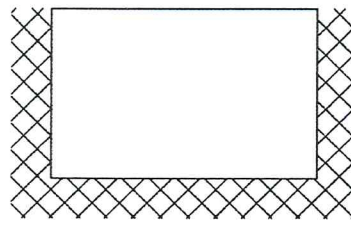
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,021	0,029	0,035	0,043	0,047
	0,7	0,025	0,033	0,039	0,045	0,049
	0,5	0,028	0,037	0,042	0,048	0,051
	0,3	0,034	0,041	0,046	0,051	0,053
	0,2	0,038	0,044	0,048	0,053	0,055

Таблица Б-Е1

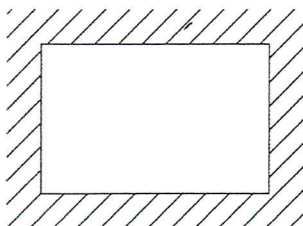
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,018	0,03	0,042	0,059	0,071
	0,7	0,023	0,037	0,049	0,067	0,078
	0,5	0,028	0,044	0,057	0,074	0,085
	0,3	0,038	0,055	0,068	0,08	0,093
	0,2	0,046	0,064	0,076	0,09	0,099

Таблица Б-Ф1

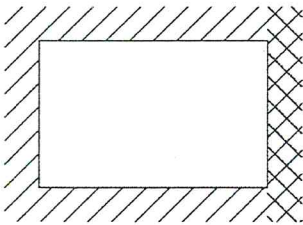
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,016	0,026	0,034	0,046	0,054
	0,7	0,02	0,031	0,039	0,051	0,058
	0,5	0,024	0,036	0,044	0,056	0,062
	0,3	0,031	0,044	0,052	0,062	0,067
	0,2	0,037	0,049	0,057	0,066	0,07

Таблица Б-Г1

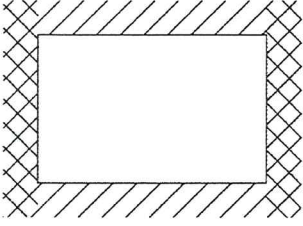
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,014	0,022	0,028	0,037	0,042
	0,7	0,017	0,026	0,032	0,04	0,045
	0,5	0,021	0,03	0,036	0,043	0,048
	0,3	0,026	0,035	0,041	0,047	0,051
	0,2	0,031	0,039	0,044	0,05	0,054

Таблица Б-Н1

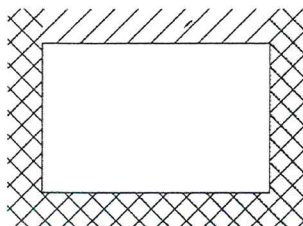
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,011	0,018	0,024	0,033	0,039
	0,7	0,014	0,022	0,028	0,037	0,042
	0,5	0,017	0,025	0,032	0,04	0,045
	0,3	0,022	0,031	0,037	0,044	0,049
	0,2	0,027	0,035	0,041	0,047	0,052

Таблица Б-11

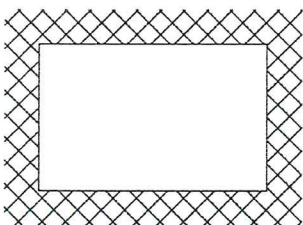
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,009	0,015	0,021	0,03	0,036
	0,7	0,011	0,019	0,025	0,033	0,039
	0,5	0,014	0,022	0,028	0,037	0,042
	0,3	0,019	0,028	0,034	0,042	0,046
	0,2	0,023	0,032	0,038	0,045	0,05

Таблица Б-11

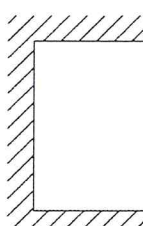
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,023	0,046	0,071	0,122	0,18
	0,7	0,032	0,06	0,091	0,156	0,227
	0,5	0,042	0,077	0,113	0,195	0,28
	0,3	0,062	0,108	0,16	0,269	0,381
	0,2	0,083	0,142	0,208	0,344	0,488

Таблица Б-К1

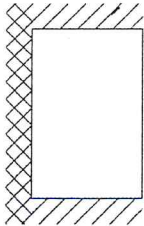
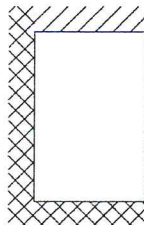
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,021	0,038	0,056	0,091	0,123
	0,7	0,028	0,049	0,07	0,11	0,145
	0,5	0,035	0,061	0,085	0,13	0,167
	0,3	0,05	0,082	0,112	0,162	0,202
	0,2	0,064	0,103	0,136	0,19	0,234

Таблица Б-L1

Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb1} / R_{tb2}$	Значение коэффициента d_2				
		При h/l				
		0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	1,0	0,015	0,029	0,044	0,073	0,102
	0,7	0,021	0,038	0,056	0,09	0,122
	0,5	0,027	0,048	0,068	0,108	0,142
	0,3	0,039	0,066	0,092	0,138	0,176
	0,2	0,052	0,084	0,114	0,165	0,206

Определение коэффициентов d_2 для случая, когда прочность кладки по неперевязанному сечению больше прочности по перевязанному сечению

Таблица Б-A2

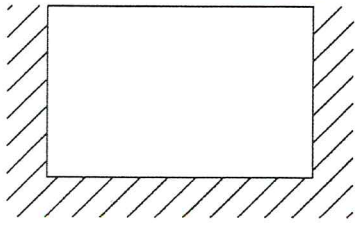
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,045	0,059	0,071	0,085	0,094
	0,7	0,051	0,066	0,077	0,091	0,098
	0,5	0,056	0,073	0,083	0,095	0,102
	0,3	0,067	0,082	0,091	0,101	0,107
	0,2	0,075	0,089	0,097	0,105	0,111

Таблица Б-В2

Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,035	0,046	0,053	0,062	0,068
	0,7	0,039	0,051	0,058	0,066	0,07
	0,5	0,044	0,055	0,061	0,069	0,072
	0,3	0,051	0,061	0,066	0,072	0,075
	0,2	0,056	0,065	0,069	0,074	0,078

Таблица Б-С2

Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,028	0,037	0,042	0,048	0,051
	0,7	0,032	0,04	0,044	0,05	0,053
	0,5	0,035	0,043	0,047	0,052	0,054
	0,3	0,04	0,046	0,05	0,054	0,056
	0,2	0,043	0,049	0,052	0,055	0,058

Таблица Б-D2

Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,021	0,029	0,035	0,043	0,047
	0,7	0,025	0,033	0,039	0,045	0,049
	0,5	0,028	0,037	0,042	0,048	0,051
	0,3	0,034	0,041	0,046	0,051	0,053
	0,2	0,038	0,044	0,048	0,053	0,055

Таблица Б-Е2

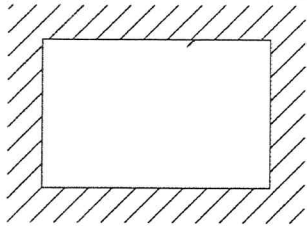
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,018	0,03	0,042	0,059	0,071
	0,7	0,023	0,037	0,049	0,067	0,078
	0,5	0,028	0,044	0,057	0,074	0,085
	0,3	0,038	0,055	0,068	0,08	0,093
	0,2	0,046	0,064	0,076	0,09	0,099

Таблица Б-F2

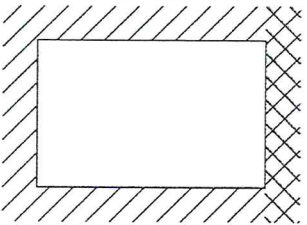
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,016	0,026	0,034	0,046	0,054
	0,7	0,02	0,031	0,039	0,051	0,058
	0,5	0,024	0,036	0,044	0,056	0,062
	0,3	0,031	0,044	0,052	0,062	0,067
	0,2	0,037	0,049	0,057	0,066	0,07

Таблица Б-G2

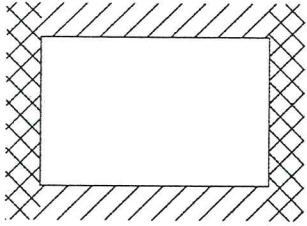
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,014	0,022	0,028	0,037	0,042
	0,7	0,017	0,026	0,032	0,04	0,045
	0,5	0,021	0,03	0,036	0,043	0,048
	0,3	0,026	0,035	0,041	0,047	0,051
	0,2	0,031	0,039	0,044	0,05	0,054

Таблица Б-Н2

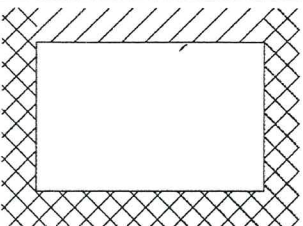
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,011	0,018	0,024	0,033	0,039
	0,7	0,014	0,022	0,028	0,037	0,042
	0,5	0,017	0,025	0,032	0,04	0,045
	0,3	0,022	0,031	0,037	0,044	0,049
	0,2	0,027	0,035	0,041	0,047	0,052

Таблица Б12

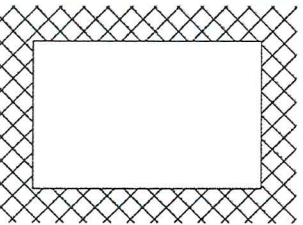
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,009	0,015	0,021	0,03	0,036
	0,7	0,011	0,019	0,025	0,033	0,039
	0,5	0,014	0,022	0,028	0,037	0,042
	0,3	0,019	0,028	0,034	0,042	0,046
	0,2	0,023	0,032	0,038	0,045	0,05

Таблица Б-Ж2

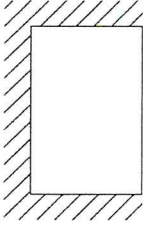
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,023	0,046	0,071	0,122	0,18
	0,7	0,032	0,06	0,091	0,156	0,227
	0,5	0,042	0,077	0,113	0,195	0,28
	0,3	0,062	0,108	0,16	0,269	0,381
	0,2	0,083	0,142	0,208	0,344	0,488

Таблица Б-К2

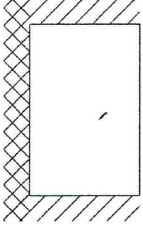
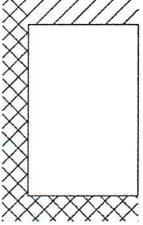
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,021	0,038	0,056	0,091	0,123
	0,7	0,028	0,049	0,07	0,11	0,145
	0,5	0,035	0,061	0,085	0,13	0,167
	0,3	0,05	0,082	0,112	0,162	0,202
	0,2	0,064	0,103	0,136	0,19	0,234

Таблица БЛ2

Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,015	0,029	0,044	0,073	0,102
	0,7	0,021	0,038	0,056	0,09	0,122
	0,5	0,027	0,048	0,068	0,108	0,142
	0,3	0,039	0,066	0,092	0,138	0,176
	0,2	0,052	0,084	0,114	0,165	0,206

6. ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

6.1. Общие положения

Основным фактором, влияющим на долговечность кладки, является степень, до которой она насыщается влагой. Кладка может насыщаться влагой напрямую от дождя, или посредством перемещения влаги вверх от фундаментов или в горизонтальном направлении от засыпки (для случая с подпором грунта).

Наружная кладка в гораздо меньшей степени может быть подвержена насыщению влагой в случае, если по плоскости стены будут предусмотрены выступающие элементы, чтобы отвести сбегаящую воду от участков стены, расположенных ниже. Примеры таких решений:

- свесы кровли или парапетные плиты;
- подоконные отливы с капельниками;
- карнизы или отливы в составе штукатурных фасадов или по низу участков фасадов, облицованных плиткой или другими слабопроницаемыми облицовками.

Кладка с прямоугольными западающими швами может увеличить поступление воды с поверхности стены в ее тело, увеличивая риск размораживания. Таким образом, западающие швы не рекомендуются для наружной кладки из керамического кирпича при низкой марке кирпича по морозостойкости (F50 и менее).

Непроницаемые покрытия, например окраска по кладке, облицовка плиткой, плотная штукатурка, могут привести к застаиванию влаги внутри кладки в случае, если влага проникает за облицовку в результате некорректной детализации архитектурных узлов или некачественно выполненного покрытия по кладке.

Наружная кладка обычно будет находиться в более сухом состоянии при устройстве достаточно пористой штукатурки или вентилируемой облицовки на подсистеме, например из природного камня или фасадных панелей из различного материала.

Промерзание в водонасыщенном или близкому к водонасыщенному состоянию может повреждать как камни, так и раствор в зависимости от их восприимчивости к такому виду разрушения.

Растворные швы и другие материалы, содержащие портландцемент могут подвергаться сульфатной агрессии при условии, что кладка остается влажной длительный период времени и растворимые сульфаты присутствуют в достаточ-

ном количестве. Водорастворимые сульфаты могут содержаться, например, в некоторых видах камней.

Сульфатная агрессия приводит к увеличению объема и разрушению раствора из-за реакции между растворимыми сульфатами и трехкальцевым алюминатом в составе портландцемента в присутствии воды. В ходе реакции образуется кальцевый сульфоалюминат (эtringит), процесс сопровождается увеличением объема, приводящим к трещинообразованию, раствор начинает осыпаться. В худшем случае увеличение объема швов может привести к перекашиванию или повороту фрагментов кладки.

Долговечность кладки для условий попеременного замораживания и сульфатной агрессии зависит от качества, как камней, так и раствора и условий эксплуатации. Следующие факторы влияют на возможную вероятность повреждения кладки:

- воздействие атмосферных факторов;
- воздействие агрессивных сред, в том числе агрессивного грунта;
- корректность проработки конструктивных деталей и узлов с целью недопущения водонасыщения кладки (полного или частичного);
- наличие переменного УГВ в контакте с кладкой.

При проектировании следует обратить внимание на выбор вида камней и раствора в следующих (или подобных) местах наружных стен, где кладка может оказаться влажной (в том числе в течение продолжительного периода времени):

- под подоконниками, под парапетными плитами, отливами;
- в отдельно стоящих стенах, стенах с подпором грунта, парапетах, вытяжных трубах каминов;
- ниже слоя гидроизоляции, около спланированной поверхности грунта, в фундаментах, колодцах и камерах;
- на участках с переменным УГВ.

Степень водонасыщенности кладки ниже уровня установки гидроизоляции или около уровня спланированной отметки земли будет зависеть от конкретных условий площадки. Каменная кладка гораздо меньше подвержена проблемам на площадках, где организован дренаж и вода отведена. Если площадка подтоплена и (или) кладка в уровне отметки планировки находится в условиях насыщения влагой, то подбор материалов кладки следует выполнять с учетом фактических условий.

Отмостки, мощеные поверхности, примыкающие к кладке, следует закладывать с уклоном, чтобы отвести воду от кладки.

На участках кладки, где расстояние между слоем гидроизоляции и уровнем планировки превышает 150мм, например, на участках с уклоном планировочной поверхности, внутренняя верста кладки может оказаться в условиях работы с учетом нагрузки от подпора грунта. В некоторых случаях вода может поступать в тело стены, приводя к риску размораживания, сульфатной агрессии, появлению солевых пятен, вымыванию извести и окрашиванию внешней версты. Нанесение гидроизоляции на часть стены, контактирующую с грунтом засыпки, позволяет избежать возникновения данных проблем.

Кирпич и камни пустотелые из поризованной керамики применять в мокрых помещениях и подвалах запрещается.

При использовании их в цокольных участках стен выше отмостки и во влажных помещениях необходимо обеспечивать надежную гидроизоляцию.

7.2. Воздействие погодных факторов

Следует учитывать, что разные элементы одного и того же здания могут подвергаться разной степени увлажнения. Это может влиять на выбор материалов, в том числе утеплителя.

Для мест, подверженных сильному увлажнению, рекомендуется устраивать карнизы и другие выступающие элементы. Если такие мероприятия исключаются с целью эстетических требований или по другим причинам, необходимо учесть риск повышенного увлажнения.

7.3. Попеременное замораживание и оттаивание

Ночные заморозки распространены даже при мягких зимах, горизонтальные поверхности стен легче всего отдают тепло. Таким образом, кладка часто находится в условиях температур около нуля. Низкая температура сама по себе не является причиной повреждения кладки, опасность представляет замерзание кладки в случае ее водонасыщенности (даже частичной), когда вода может замерзнуть с образованием льда внутри тела кладки. Когда вода переходит из жидкого состояния в твердое, она расширяется и вызывает дополнительные напряжения в кладке. Поэтому для наружной кладки должны использоваться материалы, обладающие морозостойкостью, если не предприняты другие защитные меры против ее интенсивного увлажнения.

Особенно внимательно следует подходить к выбору каменных материалов и раствора, если кладка подвергается воздействию противогололедных реагентов или если здание расположено в районе с неблагоприятными климатическими условиями.

7.4. Керамические материалы

Для керамических камней ни прочность, ни величина водопоглощения не является надежным ориентиром для определения степени морозостойкости и единственным надежным критерием является опыт применения камней для кладки в конкретных климатических условиях.

Если предполагается, что кладка будет находиться в водонасыщенном состоянии в условиях попеременного замораживания и оттаивания следует использовать камни марки F75 и выше по ГОСТ 530-2012.

7.5. Сульфатная агрессия

Источником сульфатов могут быть грунтовые воды, грунт, в том числе искусственные засыпки, примыкающие к кладке, дымовые газы, а также керамические камни и заполнитель. Количество растворимых солей, которые могут попасть в кладку, зависит от интенсивности смачивания водой и проницаемости кладки. Поэтому в проекте следует предусматривать устройство гидроизоляционных прослоек и по возможности отведения воды от кладки.

Возникновение сульфатной агрессии по отношению к кладочному раствору возможно при наличии растворимых сульфатов при условии, что кладка будет оставаться влажной в течение длительного периода времени:

- для отдельно стоящих стен;
- стен с подпором грунта, ниже уровня гидроизоляционной мембраны, около поверхности планировки;
- для фасадов с интенсивным увлажнением косым дождем.

В таких условиях следует применять высокомарочные кладочные растворы на основе портландцемента или сульфатостойкого портландцемента.

7.6. Архитектурные детали здания

В стремлении к эстетической выразительности в проекте могут выполняться архитектурные детали и элементы, которые могут привести к повышенному местному увлажнению кладки. Как результат кладка может оказаться избыточно

увлажненной или насытиться влагой, при этом увеличивается риск разрушения или потери эстетических свойств при размораживании. На таких участках кладки следует выбирать более долговечные каменные материалы и растворы, что может в свою очередь повлиять на выбор материалов для всего здания. Примеры архитектурных деталей и элементов, выполнение которых приводит к повышенному локальному увлажнению:

- заглубленные окна с устройством уклона в кладке в районе подоконника;
- плоский подоконник;
- недостаточная или отсутствующая величина свеса крыши у фронтона;
- большие плоскости остекления или облицовки кладки без устройства карниза понизу участка с целью отвести сбегаящую воду от нижерасположенной кладки;
- области оштукатуренной стены, примыкающей к неоштукатуренной кладке и заглубленные по отношению к ней без создания соответствующей изоляции на стыке участков или других способов для предотвращения поступления воды за штукатурку;
- вертикальная поверхность с облицовками при условии, что ее нижний край не выступает или выступает незначительно над кладкой ниже.

7.7. Выбор марки камня и раствора по требованиям долговечности

Марку камней по морозостойкости ранее назначали по табл.1 СП 15.13330.2012 (F75 – для наружного слоя трехслойных стен, F50 – для двухслойных стен). На сегодняшний день эта таблица пересматривается.

Согласно СП 28.13330.2012, п.7.5. марка кладочного раствора по морозостойкости принимается по табл. Ж.2. как для бетона марки по водонепроницаемости W4 на портландцементе. Опыт долговременной надежной эксплуатации конкретных материалов в конкретных климатических условиях может служить ценным руководящим примером по выбору материалов.

Все указанные рекомендации относятся к затвердевшей кладке. В процессе строительства камни, раствор и свежая кладка могут требовать дополнительной защиты.

Рекомендации по использованию натурального камня.

Выбор типа натурального камня обычно определяется эстетическими соображениями. При этом натуральный камень должен обладать достаточной долговечностью для применения в конкретных условиях.

Долговечность камня должна быть дополнительно изучена при применении его для карнизов и поясов, подоконников, парапетных плит, а также для сложных климатических условий – прибрежных районов и районов с повышенной влажностью.

Особую осторожность следует проявлять при использовании камней, для которых нет опыта местного применения. Петрографический анализ, качественная геологическая интерпретация, опыт кладочных работ могут повлиять на решение по применимости камня.

Сбегающая с известняка вода может быть агрессивной по отношению к песчанику, некоторым видам гранита и некоторым видам кирпича. Комбинация кладочных материалов должна быть соответствующим образом подобрана, чтобы исключить данный вид агрессии. Также возможно соответствующей детализацией узлов исключить увлажнение нижерасположенных участков кладки водой бывшей в контакте с известняком.

7.8. Защита от коррозии элементов фасадной экспозиции

Металлические элементы в кладке открытой экспозиции, выходящие на фасад здания (например, стальные перемычки), защищаются от коррозии согласно п.5.5.2, 5.5.4, 5.5.8 СП 28.13330.2012:

«протекторными металлическими покрытиями, наносимыми методами горячего или холодного цинкования или газотермического напыления (в помещениях с влажным и мокрым режимом и на открытом воздухе)»;

«комбинированными покрытиями (лакокрасочными по металлизационному слою при средней степени агрессивного воздействия среды)»;

«Холодное цинкование» – защита от коррозии цинконаполненными композициями, наносимыми на поверхность металла методами, используемыми для лакокрасочных материалов: способами пневматического или безвоздушного распыления, окунанием, кистью, валиком».

Согласно п.7.8 СП 28.13330.2012 стальные детали в каменной кладке должны быть защищены от коррозии в соответствии с требованиями раздела 5.5 СП 15.13330.2012.

Согласно п.5.5.11 СП 28.13330.2012 фасадные элементы относятся по условиям воздействия окружающей среды к группе I (влажность воздуха и температура соответствует условиям открытой экспозиции, степень агрессивного воздействия среды – среднеагрессивная, стальные элементы, эксплуатируемые на открытом воздухе, без обетонирования), согласно приложения К, табл. К.1 предусматриваются следующие способы защиты:

1. Горячее цинкование толщиной 60 мкм.

2. Холодное цинкование цинкнаполненными композициями толщиной 120-150 мкм.

3. Комбинированное покрытие – холодное цинкование цинкнаполненными композициями IIa или IIIa (толщиной 80-100 мкм).

7.9. Защита от коррозии крепежных скоб, сеток, гибких связей

По аналогии со стеновыми панелями связи двухслойных стен относятся к IV группе см. СП 28.13330.2012, п.5.5.11, табл. И.1 (*температура от положительных внутренних до климатических наружных, образование фазовой пленки влаги в точке росы, степень воздействия – среднеагрессивная*).

Согласно приложения К СП 28.13330.2012, табл. К.1 предусматриваются следующие способы защиты для группы связей IV по табл. И.1:

Замоноличивание при наличии защиты по вариантам:

1. Горячее цинкование толщиной 60 мкм.

2. Холодное цинкование цинкнаполненными композициями толщиной 80-100 мкм.

Замоноличивание осуществляется мелкозернистым бетоном (кладочным раствором) марки по водонепроницаемости W4, толщина защитного слоя бетона – не менее 20 мм (п.5.5.13 СП 28.13330.2012).

Аналогичные требования содержатся в СП 15.13330.2012:

Д.8. Для двухслойных стен без воздушного зазора допускается применение связей и сеток из оцинкованной стали. Необходимая толщина антикоррозионного

покрытия определяется в проекте с учетом климатических особенностей и степени агрессивности среды.

Связи, выполненные из полимерных материалов, должны иметь разрешение на их применение в составе многослойных стен.

Таким образом, для случая трехслойных стен в виду отсутствия замоноличивания связей в пределах воздушного зазора защита может приниматься в виде применения связей из коррозионностойких сталей, связей из композитных материалов.

Также согласно СП 28.13330.2012:

Д.2. Сетки, укладываемые в наружный слой кладки, могут выполняться из оцинкованной стали.

Виды низколегированных сталей для средне- и сильноагрессивных сред по табл. Ц.5 СП 28.13330.2012, 10ХСНД, 15ХСНД, 10ХНДП, 10ХДП. Допускается применение нержавеющей стали зарубежных производителей марок W1.4571, W1/4401 (A4) (DIN 10088).

Болты, гайки, винты и т.п. должны иметь такой же уровень защиты, как и конструктивные элементы с которыми они используются, а также быть с ними совместимы, т.е. следует учитывать возможность образования электрохимической коррозии.

9.33. Гибкие связи в трехслойных стенах с внутренним слоем из утеплителя должны выполняться из нержавеющей или коррозионностойкой сталью, а также из полимерных композиционных материалов (типа Бийских анкеров).

Соединения сливов двухслойных стен осуществляется оцинкованными или полимерными (базальтопластиковыми или стеклопластиковыми) сетками. Вертикальный шов между слоями должен быть заполнен раствором.