**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и оценки соответствия в строительстве»**

Методическое пособие

НЕСУЩИЕ И ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛАДОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО СИЛИКАТОБЕТОНА, В ТОМ ЧИСЛЕ ИЗ КРУПНЫХ БЛОКОВ С ПАЗОГРЕБНЕВЫМ СОЕДИНЕНИЕМ

Москва 2016

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

1 Область применения 4

2 Общие положения 6

3 Материалы для конструкций из модифицированных силикатных бетонов 7

4 Физико-механические свойства кладки, возводимой с применением кладочных изделий из модифицированных силикатных бетонов, в том числе с пазогребневым соединением вертикальных швов 9

5 Расчет по первой группе предельных состояний конструкций, возводимых из кладочных изделий, выполненных из модифицированных силикатных бетонов 14

6 Расчет по второй группе предельных состояний конструкций, возводимых из кладочных изделий, выполненных из модифицированных силикатных бетонов 18

7 Конструктивные требования к элементам каменных конструкций, возводимых с применением кладочных изделий, выполненных из модифицированных силикатных бетонов 20

Приложения:

А. Нормативные ссылки, основные понятия, термины и определения 44

Б. Расчет на горизонтальные нагрузки конструкций стен, возведенных с применением кладочных изделий, выполненных из модифицированных силикатных бетонов 51

В. Требования к огнестойкости стен, возведенных с применением кладочных изделий, выполненных из модифицированных силикатных бетонов 80

Г. Теплотехнические требования к ограждающим конструкциям стен, возведенных с применением кладочных изделий, выполненных из модифицированных силикатных бетонов 93

Д. Защита от шума 104

Введение

Настоящее Пособие разработано с учетом требований федеральных законов от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании», от 22 июня 2008 г. №123-ФХ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Пособие разрабатывается в развитие положений Федерального закона «123-ФЗ, СП 15.13330.2012, СП 20.13330.2011, СП 50.13330.2012 и СП 70.13330.2012.

Цель разработки – детализация указаний по расчету и проектированию каменных конструкций, выполненных из кладочных силикатных изделий, изготовленных на основе модифицированного силикатобетона, с примерами расчетов конструкций и рекомендаций по проектированию для инженеров и проектировщиков.

Авторский коллектив: А.М. Горбунов, А.В. Пестрицкий, М.А. Мухин, О.С. Чигрина (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко), д. т. н. В.Г. Гагарин, к. т. н. В.В. Козлов, к. т. н. М.А. Пороженко, к. т. н. Л.В. Анджелов (НИИСФ РААСН), Н.В. Сомов, к. т. н. М.В. Корнев (НП «АПСИ»), к. т. н. В.Н. Деркач (РУП «БелНИИС»). Под ред. к. т. н. О.И. Пономарева.

1 Область применения

Пособие распространяется на проектирование стеновых несущих и ограждающих конструкций, возводимых с применением кладочных силикатных изделий, изготовленных на основе модифицированного силикатобетона, которые применяются в зданиях и сооружениях различного назначения, эксплуатируемых в климатических условиях Российской Федерации (при систематическом воздействии температур не выше 50 ^{0}С и не ниже –70 ^{0}С), в среде с неагрессивной степенью воздействия при статическом действии нагрузки с учетом требований Федерального закона №123-ФЗ, СП 15.13330.2012, СП 20.13330.2011, СП 50.13330.2012 и СП 70.13330.2012.

В Пособии приводятся требования к проектированию каменных и армокаменных конструкций, возводимых с применением силикатного кирпича, камней, блоков и плит перегородочных, изготовленных из модифицированного силикатобетона, в том числе для кладки с пазогребневым соединением.

Пособие распространяется на проектирование ограждающих конструкций жилых, общественных и производственных зданий.

В Пособии указаны требования к пожаробезопасности и сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций, даны примеры расчета.

Приведены также требования к конструкциям зданий различного назначения в части обеспечения нормативных параметров акустической среды в производственных, жилых и общественных зданиях; дан порядок расчетов индекса звукоизоляции внутренних стен и перегородок.

Положения данного Пособия допускается применять при проектировании зданий, возводимых на подрабатываемых территориях, вечномерзлых грунтах, в сейсмоопасных районах, а также мостов, труб и тоннелей только при учете требований соответствующих нормативных документов, в том числе: СП 21.13330, СП 25.13330, СП 14.13330, СП 35.13330, СП 122.13330.

Методическое пособие разрабатывается для применения широким кругом специалистов, чья деятельность связана с проектированием и расчетом конструкций с применением кладочных стеновых материалов, в том числе:

- специалистами проектных организаций;

- инженерно-техническими работниками;

- специалистами государственных и иных органов экспертизы и согласования;преподавателями и студентами строительных факультетов технических вузов.

2 Общие положения

2.1 Пособие разрабатывается в развитие положений Федерального закона «123-ФЗ, СП 15.13330.2012, СП 20.13330.2011, СП 50.13330.2012 и СП 70.13330.2012.

2.2 Положения, изложенные в данном Пособии, содержат способы реализации при проектировании требований действующих нормативных документов и стандартов к несущим и ограждающим конструкциям зданий, возводимым с применением кладочных стеновых изделий, изготавливаемых из модифицированного силикатобетона, в том числе из крупных блоков с пазогребневым соединением.

2.3 В целях систематизации указаний по расчету и проектированию конструкций, возводимых из кладочных силикатных изделий, в том числе из модифицированного силикатобетона, в пособии приведены основные положения и таблицы из действующих нормативных документов и стандартов, которые заключены в замкнутый прямоугольник (с указанием нормативных документов).

2.4 При проведении расчетов требования к приведенному сопротивлению теплопередаче приняты по СП 50.13330, значения расчетных и нормативных ветровых нагрузок определены согласно СП 20.13330.

2.5 Основные свойства модифицированных силикатобетонов приведены в разделе 4. Физико-механические характеристики блоков, изготовленных из данного материала, прочностные и теплотехнические характеристики кладки, а также особенности кладочных стеновых изделий из модифицированного силикатобетона, требующие учета при расчете и проектировании, приведены в соответствующих разделах пособия.

2.6 Особенности работы кладки из крупных силикатных блоков из модифицированного силикатобетона с пазогребневым соединением учтены при расчете тонких стен на ветровые нагрузки (приложение Б).

3 Материалы для конструкций из модифицированных силикатных бетонов

3.1 В настоящем пособии рассматриваются как традиционные силикатные изделия, так и изделия из модифицированного силикатного бетона. Изделия из модифицированного силикатного бетона отличаются повышенной плотностью, прочностью и морозостойкостью.

Современные технологии позволяют выпускать силикатные кладочные стеновые изделия с характеристиками, обеспечивающими возможность их применения в различных температурно-влажностных условиях. Использование современного оборудования и контроль технологического процесса на различных этапах производства, начиная от подготовки сырьевой смеси и заканчивая процессом формирования сырца, обеспечивают максимальную плотность упаковки составляющих частиц (зерен песка, извести). На стадии подготовки сырьевой смеси данный эффект достигается подбором компонентов – использованием песков различного гранулометрического состава (с различным модулем крупности) или известково-кремнеземистого вяжущего (продукт совместного помола песка и извести). На стадии приготовления силикатной массы применяются реакторы или силосы, обеспечивающие протекание химической реакции гидратации (гашения) извести до конца, таким образом, в конечной продукции полностью отсутствуют непогасившиеся зерна извести. На стадии формования применяются прессы, обеспечивающие высокое давление прессования.

Изделия из модифицированного силикатобетона при высокой плотности (1800 кг/м^3) обладают повышенными физико-механическими характеристиками: маркой по прочности блоков до М250 – М300 и маркой по морозостойкости до F100.

3.2 Кирпич, камни, блоки и растворы для каменных конструкций, указанных в разделе 7, должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов, указанных в п. 5.1 а), б), в), г) СП 15.13330.

3.3 Проектные марки по морозостойкости каменных материалов для наружной части стен (на толщину 12 см) с внутренним слоем из камней и блоков,

выполненных из модифицированного силикатобетона, и для фундаментов (на всю толщину), возводимых во всех строительно-климатических зонах России, в зависимости от зоны влажности и предполагаемого срока службы конструкций (100, 50 и 25 лет), приведены в таблице 3.1.

Примечание – Проектные марки по морозостойкости устанавливают только для материалов, из которых возводится верхняя часть фундаментов (до половины расчетной глубины промерзания грунта, определяемой в соответствии с СП 22.13330).

Таблица 3.1

Вид конструкций	Зоны влажности территории России	Значения морозостойкости F кладочных материалов при предполагаемом сроке службы конструкций, лет		
		100	50	25
1 Наружные стены из массивной кладки или их облицовка без эффективного утеплителя (двухслойные стены) из кладочных изделий на основе модифицированного силикатобетона	Влажная	–*	–	15
	Нормальная	–*	15	15
	Сухая	–*	15	15
2 Наружные трехслойные стены с эффективным утеплителем:				
а) лицевой слой кладки толщиной 120 мм	Влажная	75	50	25
	Нормальная	50	35	15
	Сухая	35	15	15
б) лицевой слой кладки толщиной 250 мм и более	Влажная	35	25	15
	Нормальная	25	15	15
	Сухая	15	15	15

Примечания.

1 В Северном климатическом районе I (кроме подрайона 1В) марки по морозостойкости, приведенные в позиции 1 и 2а), повышаются на одну ступень, а для облицовочного слоя толщиной 120 мм – на две ступени, но не выше F100.

2 Зоны влажности территории России определяются по карте зон влажности СП 131.13330.

3 Морозостойкость наружного слоя кладки стен не зависит от влажности внутренних помещений.

4 Защиту наружного слоя кладки стен от агрессивных воздействий окружающей среды выполнять в соответствии с требованиями СП 28.13330.

5 "*" – данная конструкция стен не используется для жилых и общественных зданий указанного срока эксплуатации.

4 Физико-механические свойства кладки, возводимой с применением кладочных изделий из модифицированных силикатных бетонов, в том числе с пазогребневым соединением вертикальных швов

Расчетные сопротивления

4.1 Расчетные сопротивления *R* сжатию кладки из сплошных модифицированных силикатных крупных блоков с пазогребневым соединением вертикальных швов с отверстиями для монтажа при высоте ряда кладки 500–1000 мм приведены в таблице 4.1 (СП 15.13330 таблица 5 с учетом дополнительных примечаний №4 и №5).

Таблица 4.1

Класс бетона	Марка блока	Расчетные сопротивления *R*, МПа, сжатию кладки из крупных сплошных силикатных блоков при высоте ряда кладки 500 – 1000 мм							
		при марке раствора							при нулевой прочности раствора
		200	150	100	75	50	25	10	
B22,5	300	7,5	7,2	6,9	6,7	6,5	6,2	5,7	4,4
B20	250	6,7	6,4	6,1	5,9	5,7	5,4	4,9	3,8
B15	200	5,4	5,2	5,0	4,9	4,7	4,3	4,0	3,0
B12	150	4,6	4,4	4,2	4,1	3,9	3,7	3,4	2,4
B7,5	100	–	3,3	3,1	2,9	2,7	2,6	2,4	1,7
B5	75	–	–	2,3	2,2	2,1	2,0	1,8	1,3
B4	50	–	–	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2	0,85
B2,5	35	–	–	–	–	1,1	1,0	0,9	0,6
B2	25	–	–	–	–	0,9	0,8	0,7	0,5

Примечания

1 Расчетные сопротивления сжатию кладки из крупных блоков высотой более 1000 мм принимаются по таблице 5 СП 15.13330 с коэффициентом 1,1.

2 Классы бетона следует принимать по ГОСТ 18105. За марку крупных бетонных блоков следует принимать предел прочности на сжатие, МПа, эталонного образца-куба, испытанного согласно требованиям ГОСТ 10180 и ГОСТ 8462.

3 Расчетные сопротивления сжатию кладки из крупных бетонных блоков, растворные швы в которой выполнены под рамку с разравниванием и уплотнением рейкой (о чем указывается в проекте), допускается принимать по таблице 5 СП 15.13330 с коэффициентом 1,2.

4 Расчетные сопротивления сжатию кладки из крупных блоков из модифицированного силикатобетона на клеевых растворах марки М75 и выше при толщине шва 3÷5 мм допускается принимать как для тяжелого раствора марки М100.

5 Расчетное сопротивление сжатию кладки из силикатных модифицированных блоков на строительной клей-пене со швами в виде двух крайних полос допускается принимать как для нулевой прочности раствора.

4.2 Расчетные сопротивления сжатию кладки из силикатного пустотелого (с круглыми пустотами диаметром не более 52 мм и пустотностью до 25%) кирпича

толщиной 88 мм и камней толщиной 138 мм допускается принимать по таблице 2 СП 15.13330 с коэффициентами:

- на растворах нулевой прочности и прочности 0,2 МПа – 0,8;
- на растворах марок 4, 10, 25 и выше – соответственно 0,85, 0,9 и 1.

4.3 Расчетные сопротивления сжатию кладки при промежуточных размерах высоты ряда от 150 до 200 мм должны определяться как среднее арифметическое значений, принятых по таблицам 2 и 6 СП 15.13330, при высоте ряда от 300 до 500 мм – по интерполяции между значениями, принятыми по таблицам 5 и 6.

[СП 15.13330, пункт 6.1 таблица 2, пункт 6.4 таблица 5, пункт 6.5 таблица 6, пункт 6.11]

4.4 Расчетные сопротивления *R* сжатию кладки из сплошных крупных блоков из модифицированного силикатобетона с отверстиями для монтажа при высоте ряда кладки 200–300 мм приведены в таблице 4.2 (СП 15.13330 таблица 6 с учетом дополнительных примечаний №2 и №3).

Таблица 4.2

Марка камня	Расчетные сопротивления *R*, МПа, сжатию кладки из сплошных модифицированных силикатных блоков с пазогребневым соединением при высоте ряда кладки 200 – 300 мм									
	при марке раствора								при прочности раствора	
	200	150	100	75	50	25	10	4	0,2	нулевой
1000	13,0	12,5	12,0	11,5	11,0	10,5	9,5	8,5	8,3	8,0
800	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	6,8	6,5
600	9,0	8,5	8,0	7,8	7,5	7,0	6,0	5,5	5,3	5,0
500	7,8	7,3	6,9	6,7	6,4	6,0	5,3	4,8	4,6	4,3
400	6,5	6,0	5,8	5,5	5,3	5,0	4,5	4,0	3,8	3,5
300	5,8	4,9	4,7	4,5	4,3	4,0	3,7	3,3	3,1	2,8
200	4,0	3,8	3,6	3,5	3,3	3,0	2,8	2,5	2,3	2,0
150	3,3	3,1	2,9	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,5
100	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0	1,8	1,7	1,5	1,3	1,0
75	–	–	1,9	1,8	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	0,8
50	–	–	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	0,6
35	–	–	–	–	1,0	0,95	0,85	0,7	0,6	0,45
25	–	–	–	–	0,8	0,75	0,65	0,55	0,5	0,35
15	–	–	–	–	–	0,5	0,45	0,38	0,35	0,25

Примечания

1 Расчетные сопротивления сжатию кладки из крупных блоков из модифицированного силикатобетона на клеевых растворах марки М75 и выше при толщине шва 3÷5 мм допускается принимать как для тяжелого раствора марки М100.

2 Расчетное сопротивление сжатию кладки из силикатных модифицированных блоков на строительной клей-пене со швами в виде двух крайних полос допускается принимать как для раствора марки М4.

4.5 Расчетные сопротивления сжатию кладки из силикатных блоков с ровными поверхностями и допусками ±2 мм при кладке на клеевых растворах марки М75 и выше при толщине растворных швов 3÷5 мм следует принимать как для тяжелого раствора марки М100.

4.6 Расчетные сопротивления сжатию *R* кладки из пустотелых блоков из модифицированного силикатобетона пустотностью до 25 % при высоте ряда кладки 200–300 мм приведены в таблице 4.3 (СП 15.13330 таблица 7 с учетом дополнительных примечаний №2 и №3).

Таблица 4.3.

Марка камня	Расчетные сопротивления *R*, МПа, сжатию кладки из модифицированных силикатных крупных блоков с пазогребневым соединением пустотностью до 25 % при высоте ряда кладки 200 – 300 мм							
	при марке раствора						при прочности раствора	
	100	75	50	25	10	4	0,2	нулевой
300	4,9	4,4	4,3	4,1	3,9	3,7	3,1	2,7
200	3,4	3,3	3,0	2,8	2,6	2,4	2,1	1,7
150	2,7	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,7	1,3
125	2,4	2,3	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,1
100	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1	0,9
75	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	0,9	0,7
50	1,2	1,15	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5
35	–	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,55	0,4
25	–	–	0,7	0,65	0,55	0,5	0,45	0,3
15	–	–	–	0,45	0,4	0,35	0,3	0,2

Примечания

1 Расчетные сопротивления кладки из силикатных блоков с ровными поверхностями и допусками ± 2 мм при кладке на клеевых растворах марки М75 и выше при толщине растворных швов 3÷5 мм следует принимать как для тяжелого раствора марки М100.

2 Расчетные сопротивления сжатию кладки из крупных блоков из модифицированного силикатобетона на клеевых растворах марки М75 и выше при толщине шва 3÷5 мм допускается принимать как для тяжелого раствора марки М100.

3 Расчетное сопротивление сжатию кладки из силикатных модифицированных блоков на строительной клей-пене со швами в виде двух крайних полос допускается принимать как для раствора марки М4.

Расчетное сопротивление сжатию *R* кладки из пустотелых блоков пустотностью от 25 до 35 % следует принимать по таблице 4.3 с учетом следующих коэффициентов:

- на растворе марки 50 и выше – 0,8;
- на растворе марки 25 – 0,7;
- на растворе марки 10 и ниже – 0,6.

4.7 Расчетные сопротивления кладки сжатию из силикатных кирпичей и блоков, приведенные в таблицах 2, 5, 6, 7 СП 15.13330, следует умножать на коэффициенты условий работы γ_c, равные:

а) 0,8 – для столбов и простенков площадью сечения 0,3 м^2 и менее;

б) 0,6 – для элементов круглого сечения, выполняемых из обыкновенного (нелекального) силикатного кирпича, не армированных сетчатой арматурой;

в) 1,1 – для блоков и камней, изготовленных из тяжелых силикатных бетонов ($\gamma \geq 1800$ кг/м^3).

г) 1,15 – для кладки после длительного периода твердения раствора (более года);

д) 0,85 – для кладки из силикатного кирпича на растворе с добавками поташа;

е) для зимней кладки, выполняемой способом замораживания,

– на коэффициенты условий работы γ_{c1} по таблице 34 СП.

[СП 15.13330 пункт 6.12 г), д), е)]

4.8 Расчетные сопротивления сжатию кладки из крупных пустотелых силикатных блоков устанавливаются по экспериментальным данным. При отсутствии таких данных расчетные сопротивления следует принимать по таблице 5 СП 15.13330 с коэффициентами:

0,9 – при пустотности блоков ≤ 10% (не считая монтажных отверстий);

0,5 – при пустотности блоков ≤ 30% (не считая монтажных отверстий), где процент пустотности определяется по среднему горизонтальному сечению.

Для промежуточных значений процента пустотности указанные коэффициенты следует определять интерполяцией.

4.9 Расчетные сопротивления кладки из сплошных камней на цементно-известковых, цементно-глиняных и известковых растворах осевому растяжению R_t, растяжению при изгибе R_{tb} и главным растягивающим напряжениям при изгибе R_{tw}, срезу R_{sq} при расчете сечений кладки, проходящих по горизонтальным и вертикальным швам, приведены в таблице 11 СП 15.13330.

Для кладки из пустотелых и полнотелых силикатных камней и блоков расчетные сопротивления, указанные в таблице 11 СП 15.13330, следует принимать с коэффициентом 0,7, на клеевых растворах и клей-пене – по экспериментальным данным.

4.10 Расчетные сопротивления кладки из кирпича и камней правильной формы осевому растяжению R_t, растяжению при изгибе R_{tb}, срезу R_{sq} и главным растягивающим напряжениям при изгибе R_{tw} при расчете кладки по перевязанному сечению, проходящему по кирпичу или камню, приведены в СП 15.13330.

[СП 15.13330 пункт 6.17, таблица 12]

5 Расчет по первой группе предельных состояний конструкций, возводимых из кладочных изделий, выполненных из модифицированных силикатных бетонов

Центрально-сжатые элементы

5.1 При расчете стен зданий, возводимых из кладочных изделий на основе модифицированного силикатобетона, необходимо учитывать, что высокая несущая способность кладки, в том числе кладки с пазогребневым соединением вертикальных швов, позволяет уменьшить толщину стен до 250 мм для несущих и ненесущих конструкций.

При таких толщинах стен отклонение их от вертикали может достигать предельных величин.

При расчете стен зданий на центральное и внецентренное сжатие необходимо учитывать, что независимо от результатов расчетов гибкость стен не должна превышать величин, указанных в пунктах 9.16÷9.20 СП 15.13330, а для стен толщиной 250 мм из силикатных блоков с пазогребневым соединением без заполнения вертикальных швов раствором гибкость не должна превышать $\lambda = 12$.

5.2 Расчет элементов неармированных каменных конструкций при центральном сжатии следует производить в соответствии с требованиями раздела 7 СП 15.13330.

5.3 Коэффициент продольного изгиба φ следует принимать по таблице 19 СП 15.13330 для упругой характеристики кладки из силикатных изделий $\alpha = 750$.

5.4 Расчет несущих и самонесущих стен толщиной 25 см и менее следует выполнять по требованиям п. 7.9 СП 15.13330 как для внецентренно сжатых элементов.

Внецентренно сжатые элементы

5.5. Расчет внецентренно сжатых неармированных элементов каменных конструкций следует производить по формулам 13÷15 СП 15.13330.

5.6 При расчете несущих и самонесущих стен (см. 9.6 СП 15.13330) толщиной 25 см и менее следует учитывать случайный эксцентриситет e_v, который должен суммироваться с эксцентриситетом продольной силы.

Величину случайного эксцентриситета следует принимать равной: для несущих стен – 2 см; для самонесущих стен, а также для отдельных слоев трехслойных несущих стен – 1 см; для перегородок и ненесущих стен, а также заполнений фахверковых стен случайный эксцентриситет допускается не учитывать.

[СП 15.13330 пункт 7.9]

5.7. Эксцентриситет расчетной силы N относительно центра тяжести сечения следует вычислять по формуле

$$e_o = \frac{M}{N} + e_н + e + e_{\min},$$

где M – расчетное значение изгибающего момента от действия нагрузки от перекрытия;

N – расчетное значение вертикальной нагрузки;

$e_н$ – эксцентриситет от действия горизонтальных нагрузок (например, ветра);

e – случайный эксцентриситет, п. 7.9 СП 15.13330;

e_{min} – начальный эксцентриситет на неточность приложения нагрузки, принимается равным H/450 и учитывается при расчете стен толщиной 250 мм и менее при величине глубины опирания перекрытия не более 120 мм.

5.8 Наибольшая величина эксцентриситета (с учетом случайного) во внецентренно сжатых конструкциях без продольной арматуры в растянутой зоне не должна превышать: для основных сочетаний нагрузок – 0,9 y, для особых – 0,95 y; в стенах толщиной 25 см и менее: для основных сочетаний нагрузок – 0,8 y, для особых – 0,85 y, при этом расстояние от точки приложения силы до более сжатого края сечения для несущих стен и столбов должно быть не менее 2 см.

5.9 Элементы, работающие на внецентренное сжатие, должны быть проверены расчетом на центральное сжатие в плоскости, перпендикулярной к плоскости действия изгибающего момента в тех случаях, когда ширина их поперечного сечения $b < h$.

[СП 15.13330 пункты 7.10, 7.11]

Смятие

5.10 Расчет сечений на смятие при распределении нагрузки на части площади сечения следует производить в соответствии с пунктами 7.13÷7.17 СП 15.13330.

Изгибаемые элементы

5.11 Расчет изгибаемых неармированных элементов следует производить по формуле

$$M \le R_{tb} W, \tag{20}$$

M – расчетный изгибающий момент;

W – момент сопротивления сечения кладки при упругой ее работе;

R_{tb} – расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по перевязанному сечению (см. таблицы 11÷13 СП 15.13330).

Расчет изгибаемых неармированных элементов на поперечную силу следует производить по формуле

$$Q \le R_{tw} b z, \tag{21}$$

где R_{tw} – расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям при изгибе, по таблицам 11 и 12 СП 15.13330;

b – ширина сечения;

z – плечо внутренней пары сил, для прямоугольного сечения, $z = \frac{2}{3} h$.

Примечание – Проектирование элементов каменных конструкций, работающих на изгиб по неперевязанному сечению, не допускается.

[СП 15.13330 пункт 7.18]

Расчет на горизонтальные нагрузки конструкций стен, возведенных с применением кладочных изделий, изготовленных из модифицированного силикатобетона с пазогребневым соединением вертикальных швов

5.12 Расчет кладки стен из силикатных изделий, изготавливаемых из модифицированного силикатобетона (без заполнения вертикальных швов) выполняется в соответствии с требованиями приложения Б данного пособия.

При расчете стен толщиной 250 мм и менее следует учитывать, что по сравнению с традиционной кладкой несущая способность рассматриваемого типа кладки по неперевязанному сечению выше, чем по перевязанному сечению.

Пример расчета ненесущих стен с внутренним слоем толщиной 250 мм на горизонтальные нагрузки приведен в приложении Б.

Армокаменные конструкции

5.13 Армирование каменной кладки из силикатных изделий и расчет при высоте ряда не более 150 мм следует производить в соответствии с п. п. 7.30, 7.31 СП 15.13330.

5.14 Расчетное значение прочности (сопротивления сжатию) кладки на клеевых растворах при высоте ряда 250 мм и более из изделий марки М150 и выше пустотностью до 23%, армированной базальтовыми строительными сетками, допускается принимать по табл. 7 СП 15.13330. с повышающим коэффициентом k = 1,3 по графе для раствора М100.

6 Расчет по второй группе предельных состояний конструкций, возводимых из кладочных изделий, выполненных из модифицированных силикатных бетонов

6.1 Расчет элементов конструкций из силикатных кладочных изделий по предельным состояниям второй группы следует производить по требованиям раздела 8 СП 15.13330.

Расчет по деформациям проводят на нормативные нагрузки. Расчет по раскрытию трещин проводят на расчетные или нормативные нагрузки.

6.2 При различии по степени загрузки наружных и примыкающих к ним внутренних стен, выполненных из модифицированного силикатобетона, участки стен, близкие к местам их взаимного примыкания, должны быть рассчитаны на разницу деформаций, а также по образованию и раскрытию трещин.

6.3 В двухслойных несущих стенах с лицевым кирпичным слоем при жестком соединении наружных и внутренних (основных) слоев кладки тычковыми рядами необходима проверка на разницу деформаций между наружным и внутренним слоем.

При высоте зданий от 5, 6, 7, 8 этажей (15÷24 м) предельно допускаемая разница деформаций δ_u не должна превышать 7, 8, 9, 10 мм (соответственно).

В зданиях высотой до 27 м разница деформаций не должна превышать 12 мм, а в зданиях высотой до 36 м – 15 мм.

6.4 Кладку наружных несущих стен с прокладными рядами допускается применять без проведения расчетов по деформациям в проектах зданий до 5 этажей.

6.5 Для исключения возможности появления трещин в зданиях с различной интенсивностью нагружения стен требуется предусмотреть усиление сетками узлов сопряжений стен между собой, сетки должны укладываться с шагом не более 1 м по высоте.

6.6 Расчет разницы деформаций в узлах сопряжений производится по следующим формулам:

$$\delta_1 - \delta_2 \le \delta_u,$$

где δ_1 – абсолютная свободная деформация сжатия одной из стен (или участка стены); δ_2 – то же, второй стены; δ_u – предельная допустимая разница деформаций.

Величины свободных деформаций определяются как сумма деформаций кладки во всех этажах здания от уровня верха фундамента до верха стены по формулам:

$$\left.\begin{aligned}\delta_1 &= \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_{1i} h_i}{E_{1i}} + \delta_{sh1} \\ \delta_2 &= \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_{2i} h_i}{E_{2i}} + \delta_{sh2}\end{aligned}\right\},$$

где σ_{1i} – напряжение в кладки первой свободно стоящей стены в i-ом этаже; σ_{2i} – то же, второй стены; E_{1i} – модули деформаций кладки первой стены на i-ом этаже; E_{2i} – то же, второй стены; h_i – высота i-го этажа; δ_{sh1} *и* δ_{sh2} – абсолютные деформации усадки первой и второй стены, вычисленные по относительным значениям усадок материалов, умноженным на высоту соответствующих участков стен; n – число этажей от пола подвала до верхнего или рассматриваемого промежуточного этажа.

Напряжения определяются в середине каждого этажа и вычисляются при расчетных значениях всех длительных нагрузок. Модули упругости Е, входящие в формулы выше, вычисляются по формуле:

$$E_i = \alpha_{1i} R_{iu},$$

где R_{iu} – средний предел прочности кладки первой или второй стены данного этажа, принимаемый по формуле [3] п. 6.21 СП 15.13330; α_{1i} – характеристика деформаций, которая зависит от материала кладки и учитывает полные деформации кладки (без учета деформаций усадки), для летней кладки из силикатного кирпича принимается равной 250, для зимней кладки после затвердевания принимается равной 170.

7. Конструктивные требования к элементам каменных конструкций, возводимых с применением кладочных изделий, выполненных из модифицированных силикатных бетонов

Стены из силикатных блоков

7.1 Стены из блоков, выполненных из модифицированного силикатобетона, могут быть запроектированы однослойными, двухслойными и многослойными.

7.2 На рис. 7.1 представлены следующие типы стен.

Однослойные (тип 1) и двухслойные (тип 2) стены с облицовочным слоем из кирпича используются для неотапливаемых зданий или зданий с температурой внутреннего воздуха до +10 °С для южных районов.

Двухслойные стены с прокладными рядами (тип 4) допускается проектировать высотой не более 5 этажей. При использовании вместо прокладных рядов стальных или базальтопластиковых сеток этажность зданий может быть увеличена и ограничивается только допустимой разницей деформаций между слоями.

Стены с утеплителем (типы 3, 5, 6) следует проектировать с учетом требований СП 15.13330 (изменение 1, п. 9.32).

Крепления элементов навесного фасада (тип 6) осуществляется непосредственно к силикатным блокам при помощи распорных или клеевых анкеров. Количество анкеров и их размеры указываются в конкретном типе навесной системы.

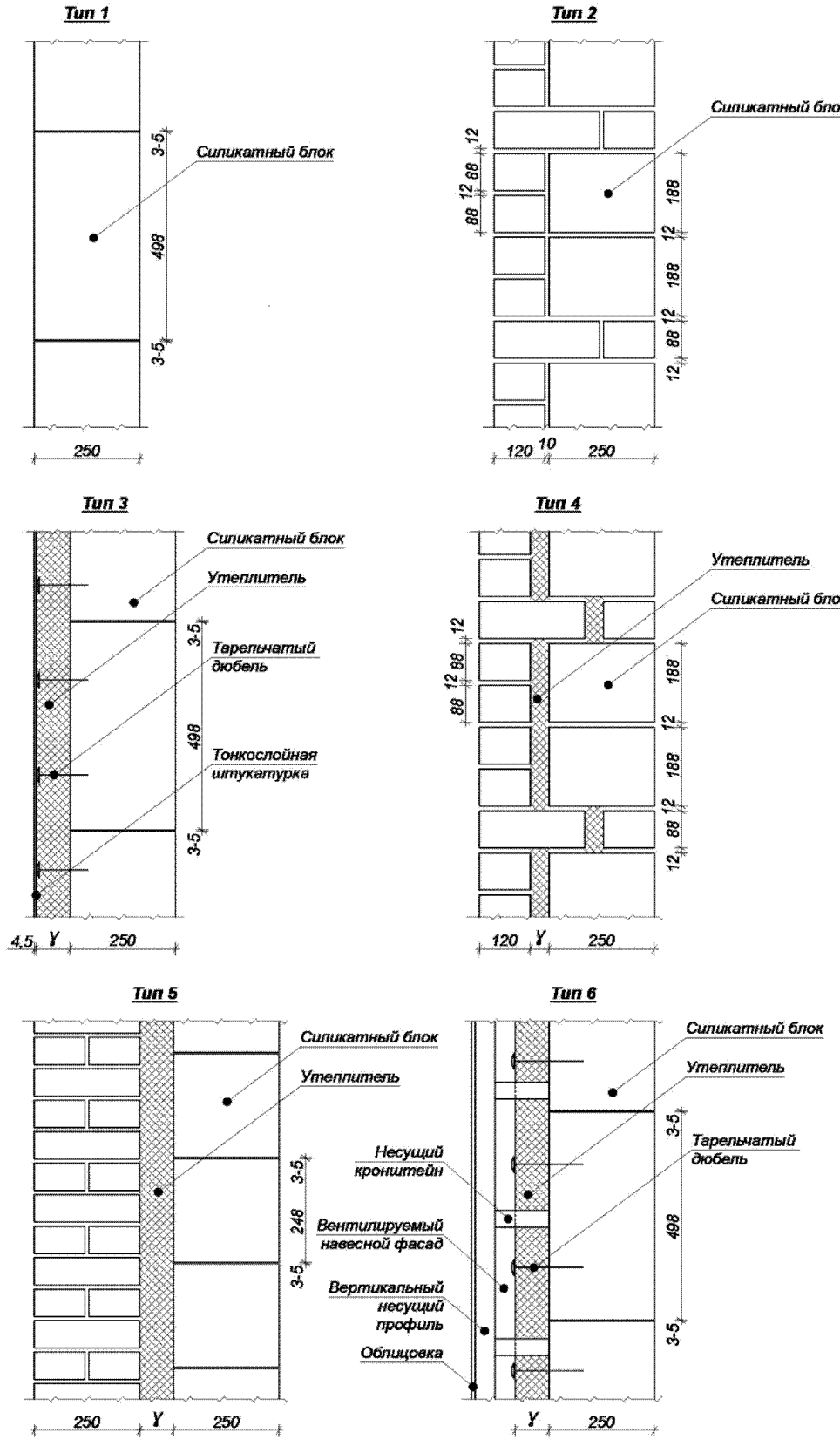


Рисунок 7.1 – Типы стен с применением кладки из силикатных блоков

Стены с самонесущим облицовочным слоем толщиной 250 мм (тип 5) имеют ряд преимуществ по сравнению со стенами с облицовочным слоем толщиной 120 мм. Стены данного типа состоят из внутреннего несущего слоя из силикатных блоков и наружного самонесущего облицовочного слоя толщиной 250 мм, при необходимости с пилястрами толщиной 380 мм для зданий с лоджиями. Крепление анкерами наружного слоя выполняется только в уровне перекрытия.

В наружном слое не требуется:

- выполнять армирование горизонтальных швов сетками;

- предусматривать горизонтальные и вертикальные температурные швы как на прямых участках, так и на углах здания;

- предусматривать вентиляцию утеплителя.

Указанные самонесущие наружные стены толщиной 250 мм могут быть использованы и в конструкций зданий с монолитным или сборным каркасом высотой до 14 этажей.

Узел крепления облицовочного слоя стены к перекрытию приведен на рис. 7.2.

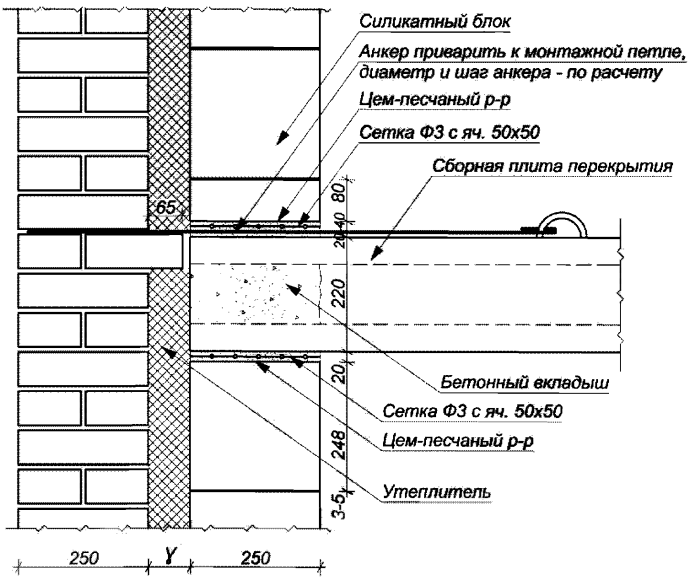


Рисунок 7.2 – Узел анкеровки самонесущего облицовочного слоя в уровне перекрытий

7.3. Однослойные стены или внутренние слои многослойных стен из силикатных блоков должны быть толщиной не менее 250 мм, при этом гибкость несущего слоя стен не должна быть больше 12.

7.4. На рис. 7.3 и рис. 7.4 приведены рекомендуемые конструкции узлов перевязки наружных и внутренних стен.

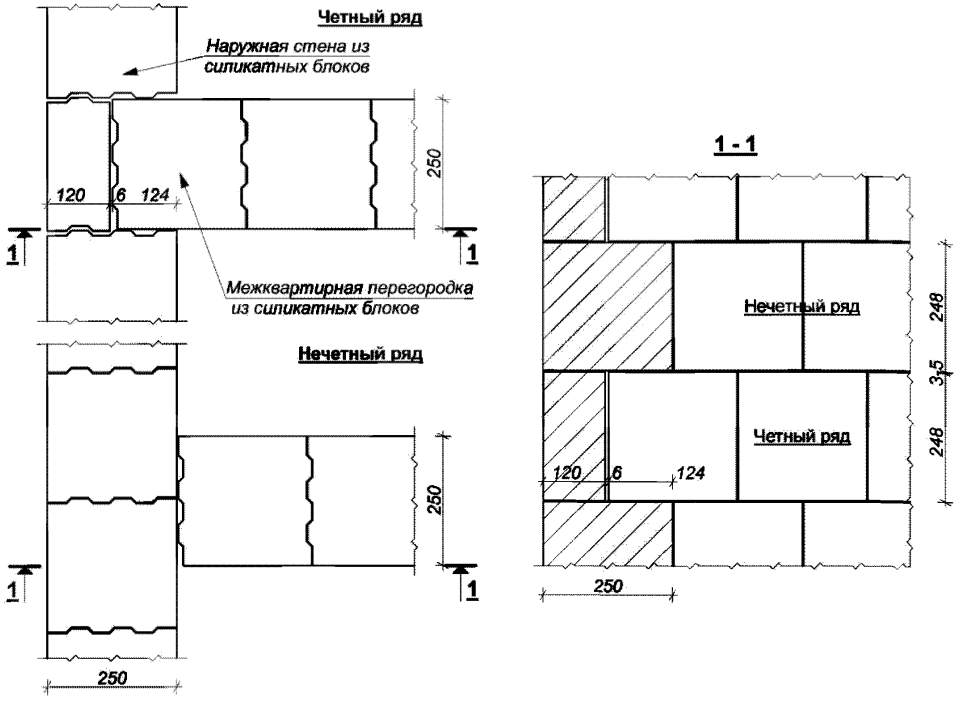


Рисунок 7.3 – Перевязка стен пропускными рядами

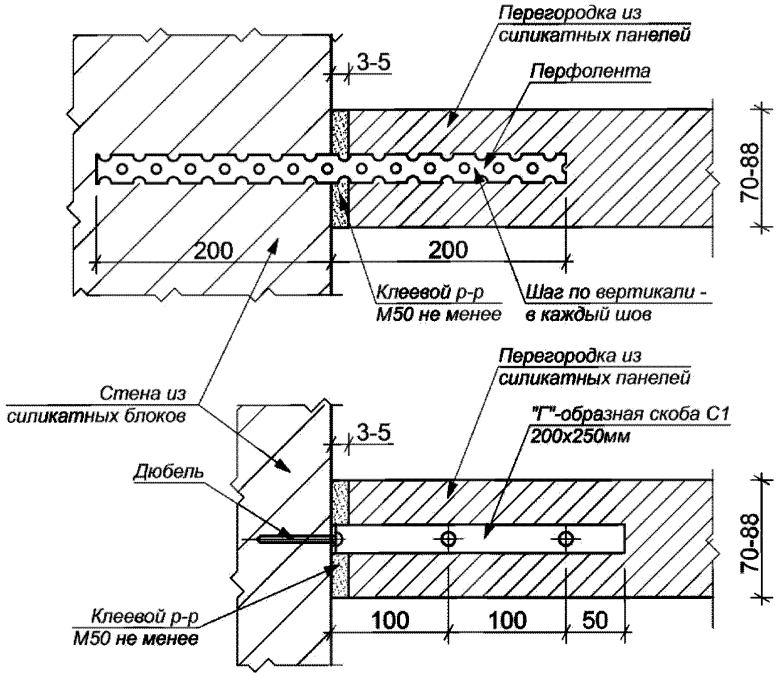


Рисунок 7.4 – Перевязка встык

Вертикальные и горизонтальные штрабы

7.5 Каждая горизонтальная и наклонная борозда должны размещаться в зоне, расположенной выше или ниже перекрытия на 1/8 высоты этажа в свету (рис. 7.5). Общая глубина борозды должна быть менее предельно допустимой (см. таблицу 7.1) при условии, что эксцентриситет действующей в этой зоне расчетной вертикальной нагрузки менее 1/3 толщины стены. При определении глубины борозд следует принимать во внимание борозды и выемки, создаваемые при возведении каменной кладки. При превышении предельных значений глубины борозд несущую способность стены проверяют расчетным путем с учетом уменьшенного за счет борозд поперечного сечения элемента каменной кладки.

Общая глубина штраб должны быть меньше предельно допустимых, указанных в табл. 7.1.

Таблица 7.1 – Размеры горизонтальных и наклонных штраб, допустимых в каменной кладке без расчета

Толщина кладки, мм	Максимальная глубина, мм	
	Неограниченная длина, мм	Длина <1250, мм
115	0	15
250	15	25

Примечания

1 Максимальная глубина борозды должна определяться с учетом любого углубления, образованного при создании штрабы.

2 Расстояние по горизонтали между концом борозды и проемом должно составлять не менее 500 мм.

3 Расстояние по горизонтали между соседними бороздами ограниченной длины, независимо от того, имеются ли они только на одной стороне стены или также на противоположной стороне, должно быть не менее двойной длины самой длинной борозды.

4 В стенах толщиной 250 мм допустимую глубину борозды допускается увеличить на 10 мм, если применяют инструмент, с помощью которого можно точно выдержать необходимую глубину борозды. При применении инструмента для создания борозд глубиной до 10 мм по обеим сторонам стены остаточная толщина стены должна быть не менее 225 мм.

5 Ширина борозды должна быть не более половины остаточной толщины.

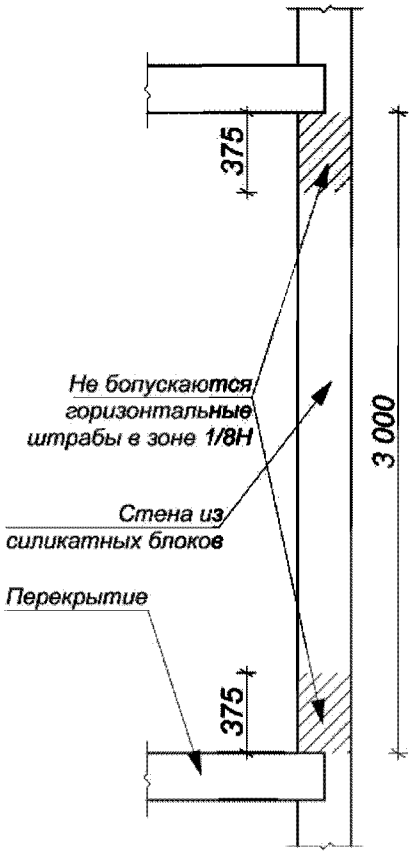


Рисунок 7.5 – Размещение горизонтальных штраб

7.6 Снижение несущей способности стены из-за вертикальных штраб и выемок допускается не учитывать, если размеры их не более указанных в табл. 7.2

Таблица 7.2 – Размеры вертикальных штраб и выемок, допустимых в каменной кладке без расчета

Толщина кладки, мм	Борозды и выемки, выполняемые в готовой кладке, мм		Борозды и выемки, создаваемые при возведении каменной кладки, мм	
	Максимальная глубина, мм	Максимальная ширина, мм	Остающаяся минимальная толщина кладки, мм	Максимальная ширина, мм
115	30	100	70	300
250	30	175	175	300

Примечания

1 Максимальная глубина борозд и выемок должна определяться с учетом любых углублений, образованных при создании борозд и выемок.

2 Вертикальные борозды, которые имеют высоту над перекрытием не более чем на треть этажа, при толщине стены более 225 мм могут иметь глубину до 80 мм и ширину до 120 мм.

3 Расстояние по горизонтали между соседними бороздами или между бороздой и выемкой или проемом должно составлять не менее 225 мм.

4 Расстояние по горизонтали между соседними выемками, независимо от того, имеются ли они только на одной стороне стены или также на противоположной стороне, и между выемкой и проемом должно быть не менее двойной ширины более широкой выемки.

5 Общая ширина вертикальных борозд и выемок должна составлять не более 0,13 значения длины расчетного участка стены

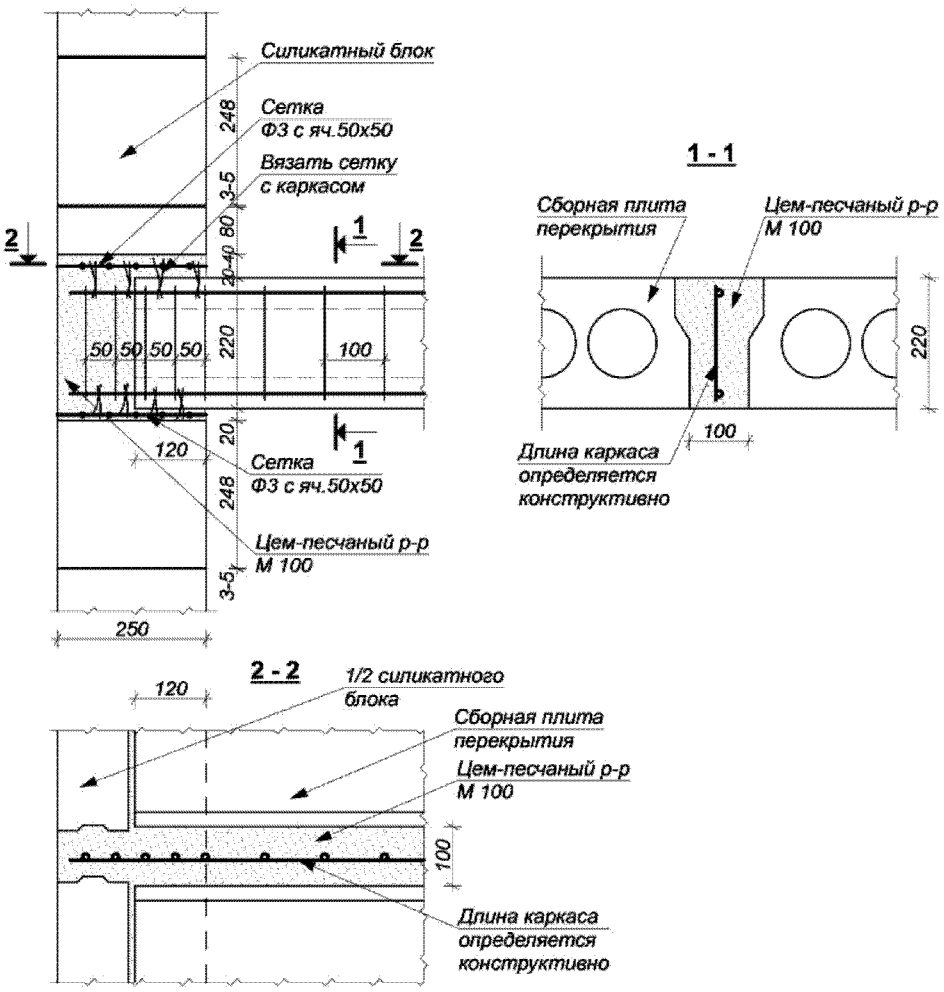
Анкеровка стен

7.7 Стены из силикатных блоков должны крепиться к перекрытиям и покрытиям анкерами сечением не менее 0,5 $см^2$ на 1 п. м.

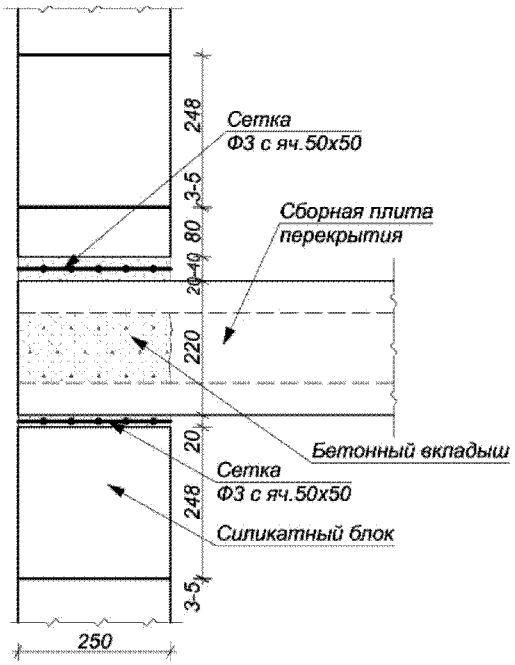
7.8 Расстояние между анкерами перекрытий из сборных панелей, опирающихся на стены, должно быть не более 3 м, анкера должны устанавливаться не реже чем через одну плиту.

7.9 Опирание плит перекрытий на стены толщиной 250 мм в зданиях до трех этажей допускается выполнять на 120 мм. Для зданий более трех этажей – на всю толщину, начиная с нижнего этажа. Опирание плит покрытия и чердачных перекрытий выполнять на 250 мм в обоих случаях.

Схема опирания дана на рис. 7.6.



А) Опирание плит перекрытия для пролетов не более 7,2 м.



Б) Опирание чердачных плит перекрытия и при пролетах более 7,2 м.

Рисунок 7.6 – Схема опирания плит перекрытий

7.10 Опирание элементов конструкций на кладку выполнять в соответствии с требованиями пунктов 9.40÷9.43 СП 15.13330.

Расчет узлов опирания элементов на кладку

7.11 При опирании на стены из силикатных блоков прогонов, балок и настилов кроме расчета на внецентренное сжатие и смятие сечений ниже опорного узла должно быть проверено на центральное сжатие сечение по кладке и железобетонным элементам по формуле (51) и в соответствии с п. п. 9.46, 9.47 СП 15.13330.

7.12 Перегородки. Номенклатура модифицированных силикатобетонных плит, физико-механические характеристики, область применения

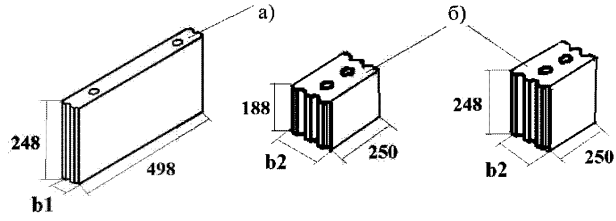
7.12.1 Номенклатура перегородочных плит из модифицированного силикатобетона состоит из двух групп.

К первой группе относятся изделия высотой 248 мм и шириной менее 115 мм.

Ко второй группе – укрупненные блоки и плиты размером 498×998 мм и шириной 115÷380 мм.

7.12.2 Пазогребневые плиты из модифицированного силикатобетона имеют стыковочные и опорные поверхности паз-гребень на вертикальных сторонах.

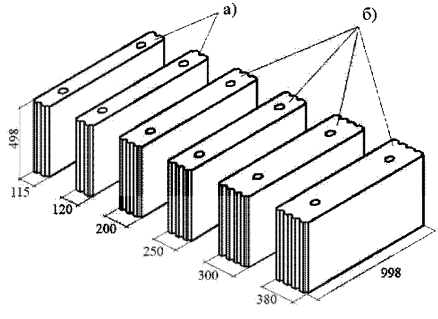
Общий вид перегородочных блоков и плит представлен на рис. 7.7 и 7.8.



b1 = 70, 80, 85, 88 b2 = 248, 250, 300, 380

а) – плита перегородочная; *б)* – блок, *b1* – ширина плиты перегородочной, мм; *b2* – ширина блока, мм

Рисунок 7.7 – Блоки и плиты перегородочные



а) – плита перегородочная; *б)* – блок

Рисунок7.8 – Блоки и плиты перегородочные полноразмерные

СТО НОСТРОЙ 2.9.157-2014

7.12.3 Плиты перегородочные изготавливают в соответствии с ГОСТ 379.

7.12.4 Плиты первой группы, масса которых не более 25 кг, используются для ручной кладки.

Плиты второй группы монтируются краном до устройства перекрытия над данным этажом.

7.12.5 Плиты из модифицированного силикатобетона – влагостойкие, могут быть использованы в качестве перегородок в санузлах (туалетах и душевых).

Перегородки, выполненные из модифицированного силикатобетона, достаточно защитить облицовочной плиткой.

7.12.6 Для устройства конструкций перегородок в соответствии с проектом должны поставляться: крепежные изделия, клеевые растворы, шпаклевочные, грунтовочные составы, эластичные прокладки, уплотнители, строительные ленты и теплоизоляционные материалы.

7.12.7 Монтаж перегородок следует выполнять в соответствии с указаниями СП 70.13330 и СТО «НОСТРОЙ» 2.9.157.

7.12.8 Крепления перегородок к ограждающим конструкциям выполняются с помощью скоб размером 250х200 мм из оцинкованной стали толщиной 2,0 мм или при помощи перфолент (рис. 7.4). Скобы крепятся дюбелями с потайной головкой в предварительно просверленные отверстия.

7.12.9 Кладку перегородок выполнять на клеевом растворе М75 из силикатобетонных плит марки не менее М100.

Допустимые отношения высот перегородок к их толщинам

7.12.10 Отношение высоты перегородки к толщине (ширине) $\beta = H/h$ независимо от результатов расчета для стен без проемов при свободной длине $l \leq 2{,}5$ Н в соответствии с п. 9.17 СП 15.13330 не должно превышать величин, указанных в табл. 29 СП 15.13330.

7.12.11 Кладку из модифицированных силикатобетонных плит М100 и более на клеевых растворах М75 и выше следует относить к первой группе кладки.

7.12.12 Поправочные коэффициенты, указанные в табл. 30 СП 15.13330, следует принимать только для первых трех пунктов таблицы. При длине перегородки $l > 2{,}5$Н следует предусматривать стальные стойки.

7.12.13 Армирование перегородок не следует предусматривать ввиду отсутствия технической возможности его выполнения (тонких растворных швов).

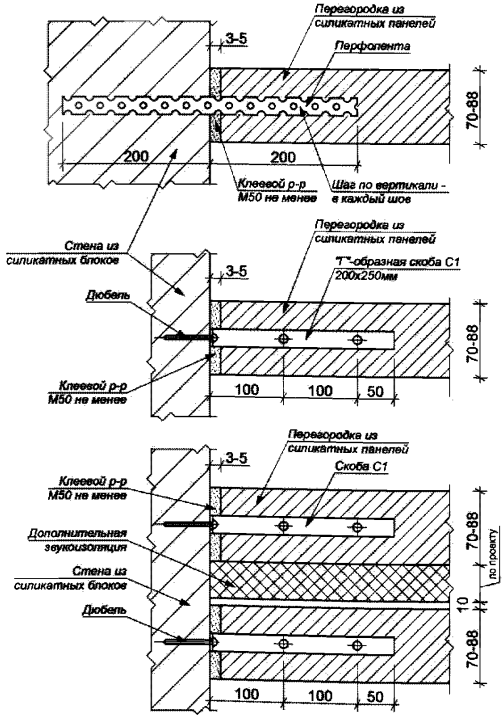
7.12.14 Коэффициент k = 1,8, указанный в табл. 30 п. 1 СП 15.13330 для перегородок при толщине 10 см и менее, принимаются для толщин менее 10 см без интерполяции.

7.12.15 Общий коэффициент снижения отношения β, определяемый путем умножения отдельных коэффициентов, указанных в табл. 30 СП 15.13330, не должен быть менее $k = 0{,}6$.

7.12.16 Учитывая большую плотность изделий (перегородок), выполненных из модифицированного силикатобетона, определение требуемой несущей способности железобетонных плит перекрытий следует производить на наихудший случай загрузки перекрытий, имея ввиду, что в процессе эксплуатации возможны перепланировки.

7.12.17 В соответствии с требованиями п. 9.20 СП 15.13330 необходимо выполнять крепление перегородок к верхним перекрытиям. Шаг крепления элементов – 1,2 м.

7.12.18 Основные узлы крепления перегородок к конструкциям стен и перекрытий даны на рис. 7.9–7.11.



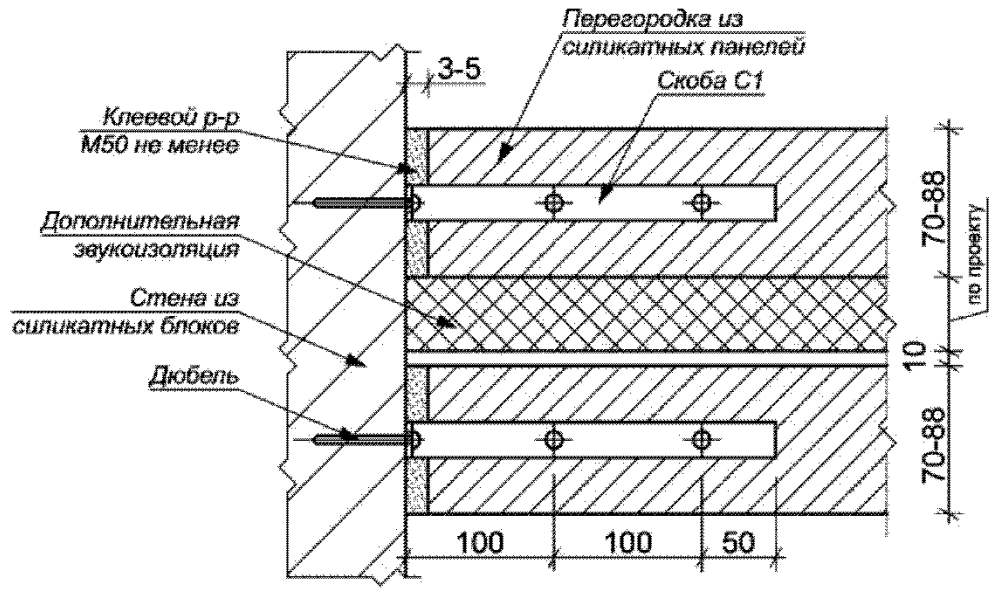
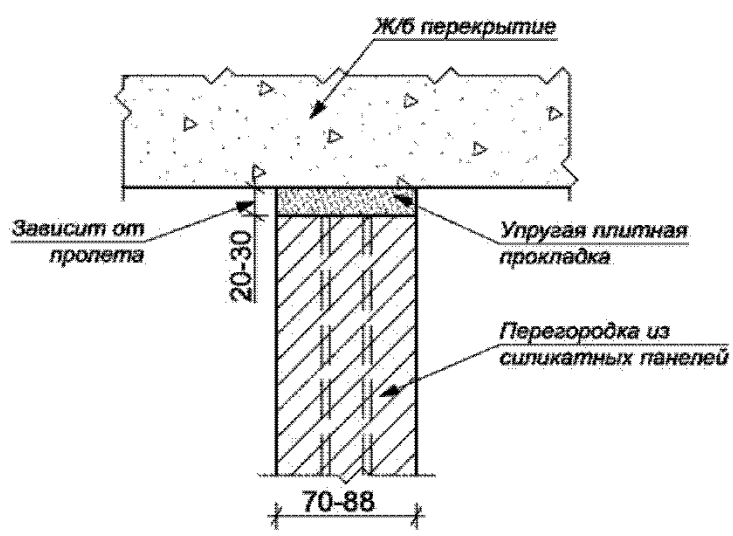
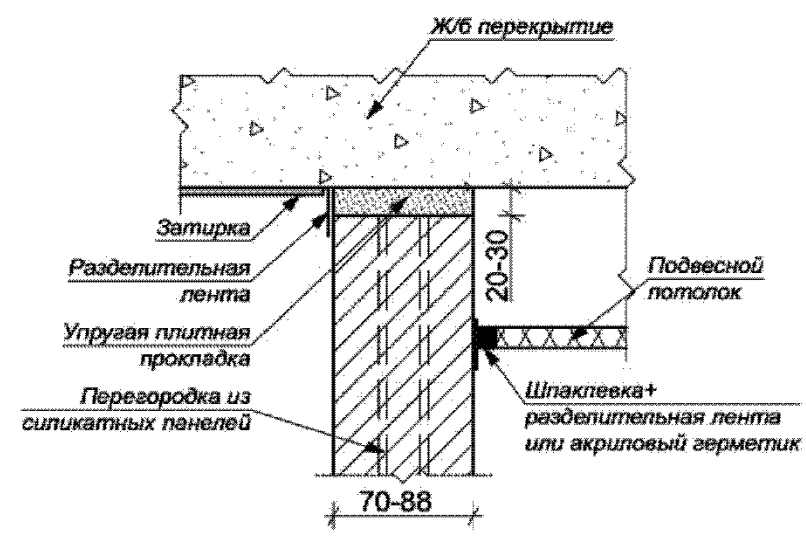
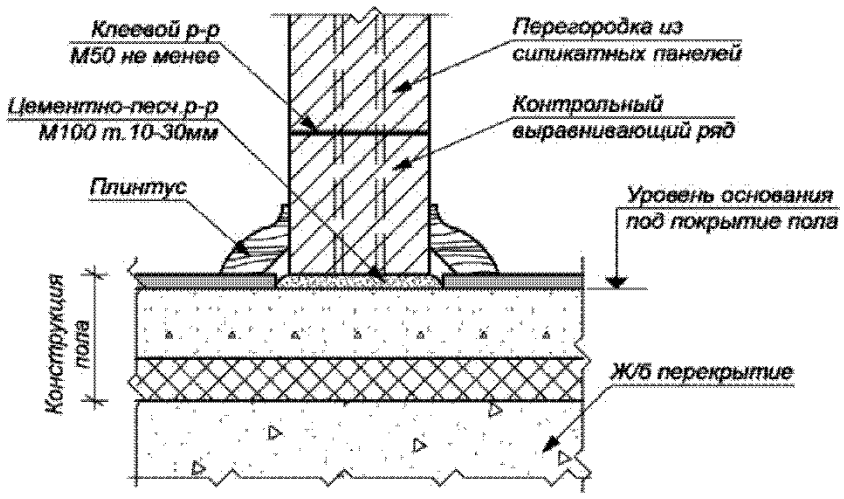
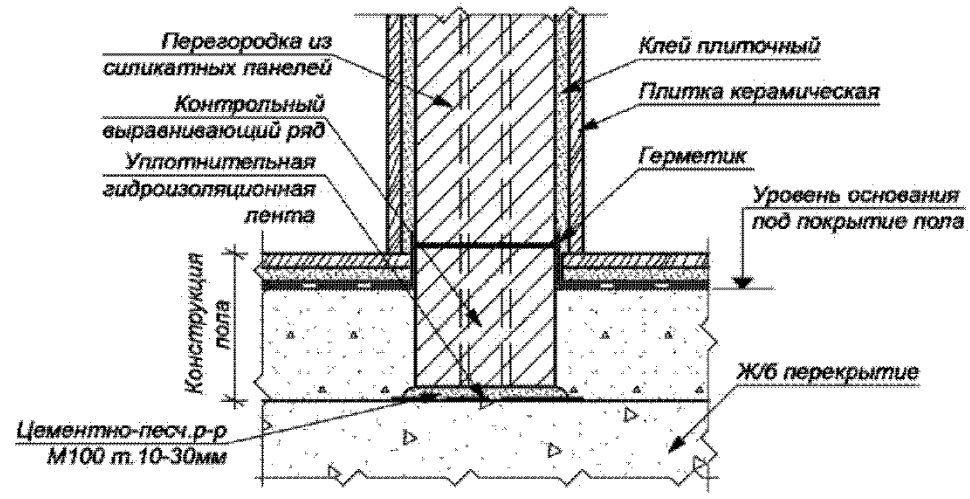


Рисунок 7.9 – Узлы примыкания перегородок к стенам









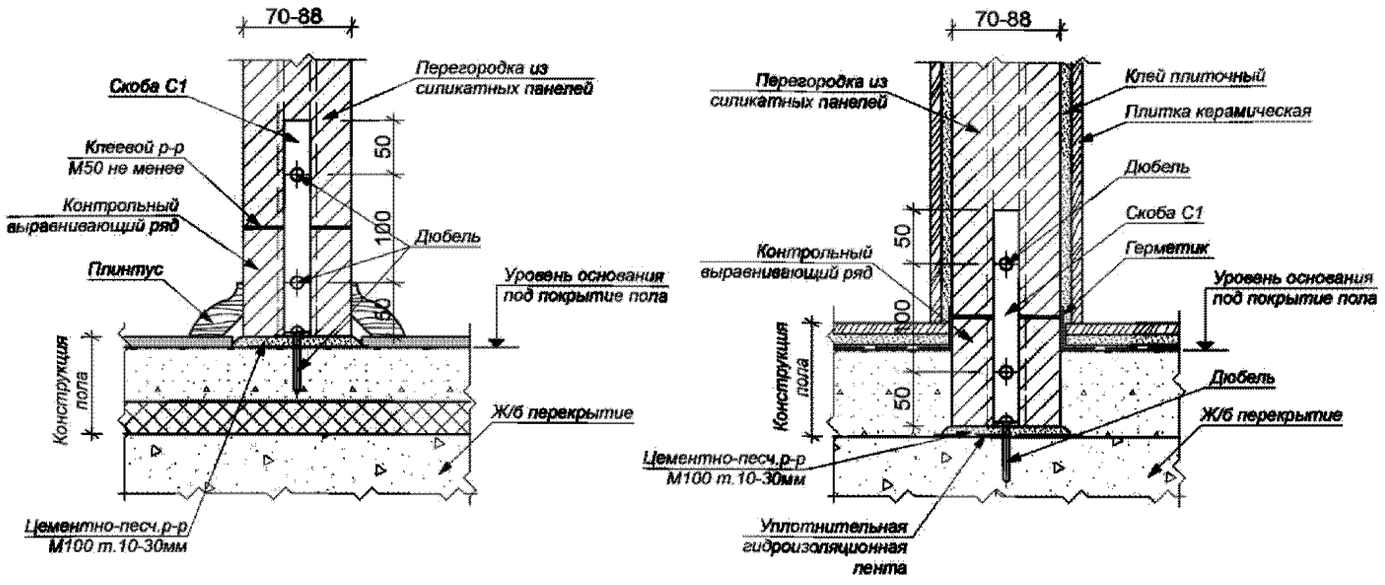


Рисунок 7.10 – Узлы примыкания межкомнатных перегородок к перекрытию

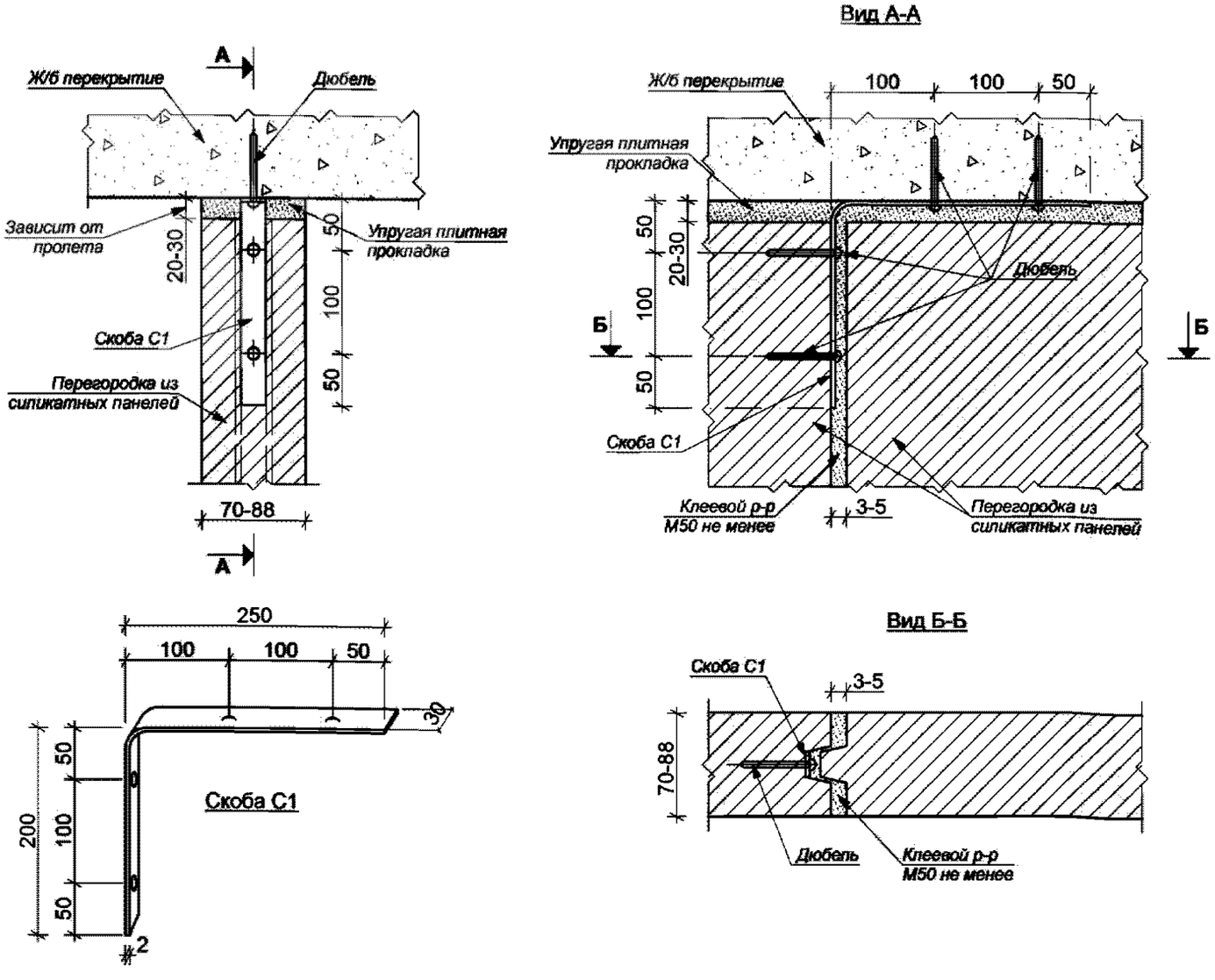


Рисунок 7.11 – Узлы крепления перегородок к перекрытию

Карнизы и парапеты

7.13 Расчет карнизов и парапетов следует производить в соответствии с п. п. 9.54÷9.64 СП 15.13330.

Фасадную часть стен из силикатных изделий ниже парапетов и карнизов на 1,5 м необходимо проектировать с покрытием порошковой краской или гидрофобизирующими составами в заводских условиях. Для зданий высотой 5 этажей и менее разрешается использовать для защиты этой зоны гидрофобизирующие составы.

Стены из силикатных изделий, выступающие выше покрытий (помещения лифтов и выходов на кровлю, вентиляционные трубы), а также стены в местах перепада высот разноэтажных секций, требуется проектировать с гидроизоляцией на высоту выше снежного покрова на 30÷40 см.

Фундаменты и стены подвалов

7.14 Высокая плотность (1800 кг/см^3 и более), прочность до 30 МПа, морозостойкость (F100) кладочных стеновых изделий из модифицированного силикатобетона позволяет использовать их при возведении стен подвалов. Изменения №2 к СП 15.13330, содержащие обязательные требования к фундаментам зданий из полнотелых силикатных блоков, приведены в п. 7.15.

7.15 Фундаменты, стены подвалов и цоколи, возводимые из кладочных стеновых материалов, следует проектировать из крупных и мелких бетонных блоков и камней, природных камней правильной и неправильной формы, монолитного бетона и бутобетона, клинкерного полнотелого керамического кирпича пластического формования.

Полнотелые силикатные блоки прочностью 20,0 МПа и более и морозостойкостью F100 и выше применяются для возведения фундаментов и стен подвалов в зданиях III уровня ответственности при соблюдении следующих требований:

- наличие горизонтальной и вертикальной оклеечной гидроизоляции (не

менее двух слоев);

- заполнение раствором вертикальных швов кладки;

- применение теплоизоляции при возведении стен подвалов;

- отсутствие кислых грунтовых вод и агрессивных сульфатосодержащих грунтов и грунтовых вод;

- кладка фундаментов должна выполняться на тяжелых растворах марки М100 и выше.

Требования к морозостойкости силикатных блоков не относятся к кладке утепленных стен подвалов и фундаментов, находящихся ниже уровня промерзания грунта.

[Изм. №2 к СП 15.13330]

7.16 Использование модифицированных силикатных изделий для фундаментов и цоколей (пустотностью до 10%) допускается для зданий до 4 этажей включительно без подвалов и технических этажей при отсутствии грунтовых вод. Устройство горизонтальной и вертикальной гидроизоляции фундаментов и цоколей обязательно.

7.17 В зонах прокладки коммуникаций водопровода и канализации через стены фундаментов из силикатных изделий проектом необходимо предусматривать устройство футляров из стальных или пластиковых труб, исключающих замачивание фундамента.

По периметру здания необходимо предусматривать асфальтобетонную отмостку, уложенную по бетонной подготовке и армированную дорожной сеткой. Ширина отмостки должна быть не менее 1,0 м. Уклон от здания – не менее 10%.

Цоколь высотой не менее 600 мм необходимо защищать от замачивания гидроизоляцией или облицовкой влагостойкими материалами.

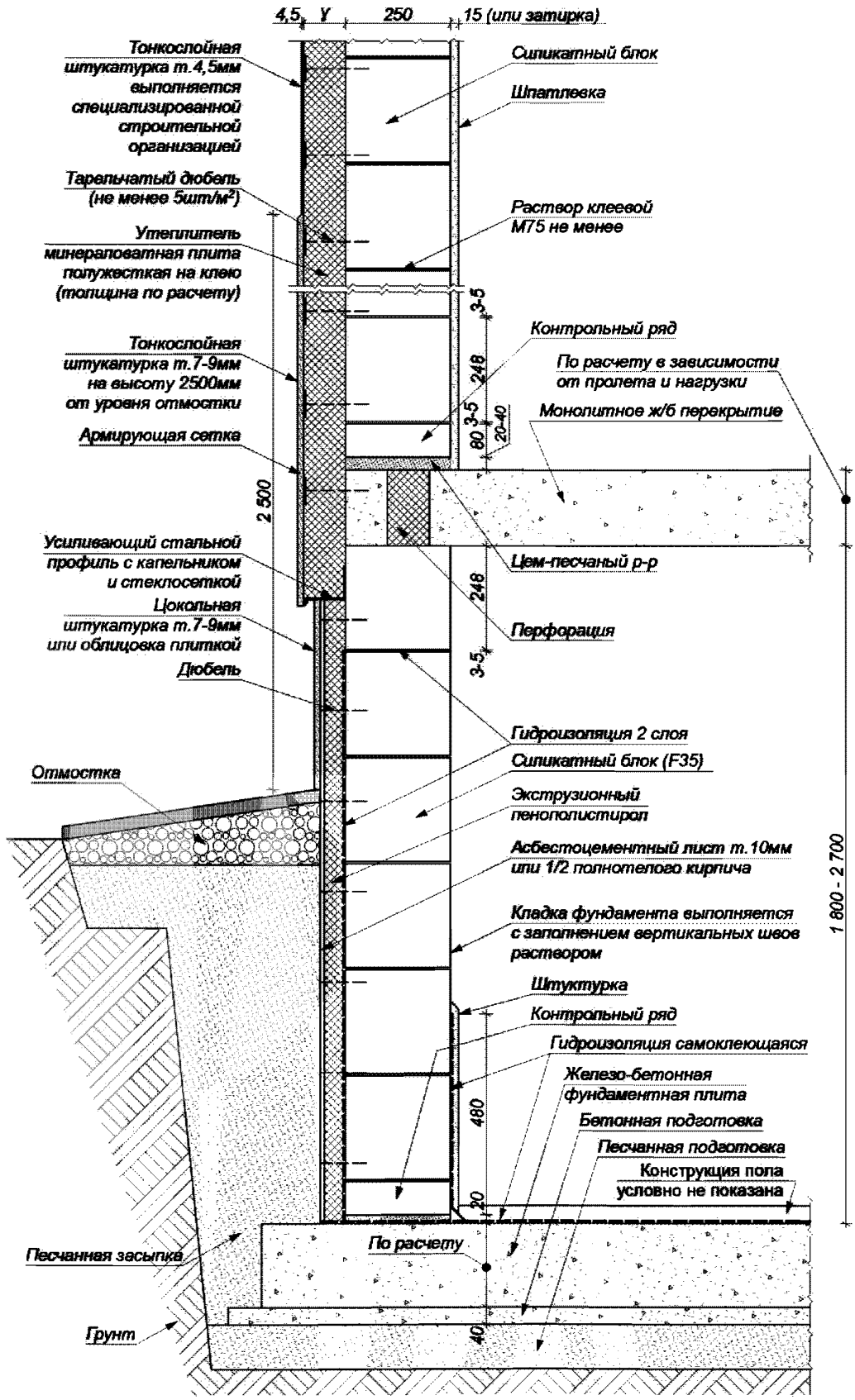


Рисунок 7.12 – Пример конструктивного решения фундаментов из модифицированных силикатных блоков

Примечания по проектированию фундаментов

1 Использование крупных модифицированных силикатных блоков допускается в фундаментах зданий при отсутствии грунтовых вод.

2 Кладка фундаментов производится на цементно-песчаном или клеевом растворе с заполнением вертикальных швов раствором.

3 Гидроизоляция горизонтальных и вертикальных наружных поверхностей выполняется в два слоя.

Внутренняя часть стен подвалов изолируется на высоту 400÷500 мм при наличии трубопроводов водоснабжения.

4 Требования по морозостойкости к силикатным блокам допускается снижать до F35 при наличии утеплителя с наружной стороны стен фундаментов.

5 При проектировании стен подвалов толщиной 250 мм расчет на горизонтальную нагрузку следует выполнять как для плиты, защемленной по четырех сторонам, при этом расстояние между поперечными стенами должно быть не более 2,5H. В этом случае допускается учитывать момент в нижнем сечении стены от растяжения при изгибе по неперевязанному сечению.

Пример расчета однослойной стены толщиной 250 мм из силикатных блоков на клеевом растворе с наружным утеплителем и тонкослойной штукатуркой на внецентренное сжатие (опирание плит перекрытий на стену 120 мм)

Материал стен:

- модифицированные силикатобетонные блоки размером 250×248×248 мм.
- марка – М200, плотность – D1800 кг/м^3.
- раствор клеевой М75.
- наружный слой толщиной 100 мм, плотность – 50 кг/м^3.
- тонкослойная штукатурка толщиной 4,5 мм

Район строительства – г. Москва.

Основные расчетные данные:

- высота этажа – 3,0 м.
- высота здания от пола 1-го этажа до верхней отметки парапета – 18,8 м (6 этажей).
- расстояние между осями смежных оконных проемов – 3,0 м.

- ширина простенка – 1,0 м.

- высота проема – 1,7 м.

- стены – однослойные, толщиной 250 мм.

- расстояние между несущими стенами – 6,0 м.

- перекрытия – сборные железобетонные плиты толщиной 220 мм.

Нагрузки:

- постоянные расчетные нагрузки от веса перекрытия, пола и перегородок:

$$N = 800 \text{ кгс/м}^2.$$

- полезная расчетная нагрузка:

$$q = 150 \times 1{,}3 = 195 \text{ кгс/м}^2 \text{ (СП 20.13330)}$$

- нагрузки на конструкции покрытия условно принимаем равными нагрузкам на перекрытия.

Сбор нагрузок:

Нагрузка на простенок 1-го этажа.

Вес кладки одного этажа за вычетом оконных проемов:

$$N_1 = 1800 \times 1{,}1 \times (3\text{x}3\text{-}2\text{x}1{,}7) \times 0{,}25 = 2772 \text{ кгс},$$

где: 1800 кг/м^3 – объемный вес кладки из силикатных блоков; 1,1 – коэффициент условий работы.

Нагрузка от утеплителя и тонкослойной штукатурки на этаж составляет ~65 кгс (менее 3%), ее можно не учитывать.

Нагрузка от одного перекрытия:

$$N_2 = (800 + 195) \times 3 \times 3 = 8955 \text{ кгс}.$$

Суммарная нагрузка от 6-ти этажей:

$$N = N_1 \times 5 + N_2 \times 6$$

Примечание. Выше рассматриваемого сечения находятся 5-ть этажей кладки и 6-ть перекрытий.

$$N = N_1 \times 5 + N_2 \times 6 = 2772 \times 5 + 8955 \times 6 = 13860 + 53730 = 67590 \text{ кгс}.$$

Вес парапета:

$$N_3 = 0{,}8 \times 1{,}1 \times 1800 \times 3 \times 0{,}25 = 1200 \text{ кгс},$$

где 0,8 – высота парапета.

Суммарная нагрузка в рассматриваемом сечении

$$N_1 + N_2 = 67590 + 1200 = 68790 \text{ кгс}.$$

Расчет внецентренно сжатого неармированного простенка выполняем по формуле 13 (СП 15.13330).

$$N \leq m_g \varphi_1 R A_c \omega,$$

где m_g – коэффициент, учитывающий влияние прогиба сжатых элементов на их несущую способность при длительно действующей нагрузке; φ_1 – коэффициент продольного изгиба; R – расчетное сопротивление кладки сжатию; A_c – площадь сжатой части сечения; ω – коэффициент, определяемый по таблице 20 СП 15.13330.

Рассчитываем эксцентриситет расчетной силы относительно центра тяжести сечения.

При опирании одного перекрытия весом P_2 = 8,955 тс на глубину 0,12 м момент от действия перекрытия будет равен:

$$M = 8{,}955 \times (0{,}25/2 - 0{,}12/3) = 0{,}76 \text{ тс м}.$$

Эксцентриситет действия силы будет равен:

$$e_o = 0{,}76/67{,}59 = 0{,}0112 \text{ м},$$

$$\Sigma e_0 = M / N + e + e_{min},$$

где e – случайный эксцентриситет, равный 20 мм (п. 7.9 СП 15.13330); e_{min} – начальный эксцентриситет, равный H/450 на неточность приложения нагрузки.

$$\Sigma e_0 = 1{,}12 + 2{,}0 + 0{,}66 = 3{,}78 \text{ см},$$

$$A_c = A (1 - 2e_o/h) = 25 \times 100 (1 - (2 \times 3{,}78)/25) = 1750 \text{ см}^2,$$

где 100 – ширина простенка в см.

Рассчитываем гибкость несущего слоя простенка для всего сечения и для сжатой части сечения:

$$\lambda = 3{,}0/0{,}25 = 12; \quad \lambda_c = 3{,}0/0{,}175 = 17{,}14.$$

Коэффициент продольного изгиба определяем по табл. 19 СП 15.13330 для упругой характеристики кладки $\alpha = 750$.

$$\varphi_1 = (\varphi + \varphi_c)/2 = (0{,}79 + 0{,}65)/2 = 0{,}72.$$

Коэффициент ω определяем по таблице 20, п.2. СП 15.13330:

$$\omega = 1 + e_o / h = 1 + 3{,}78 / 25 = 1{,}15 < 1{,}45,$$

$$\omega = 1{,}15.$$

Расчетное сопротивление кладки определяем по табл. 7 (Изменения №2 к СП 15.13330).

Для блока М200 на клеевом растворе М75 принимаем по графе для цементно-песчаного раствора М100 на основании примечания в табл. 7 СП 15.13330

$$R = 34 \text{ кгс/см}^2 \text{ (3,4 МПа).}$$

При этих значениях несущая способность составит

$$N = 1 \times 0{,}72 \times 34 \times 1750 \times 1{,}15 = 49266 \text{ кгс.}$$

Принимаем 4 этажа.

$$\Sigma N = 2772 \times 3 + 8955 \times 4 = 8316 + 35820 = 44136 \text{ кгс} < 49266 \text{ кгс.}$$

Несущая способность обеспечена для здания высотой 4 этажа.

При использовании модифицированных силикатобетонных блоков М300 при R = 4,9 МПа несущая способность простенка составит

$$N = 71000 > 67596 \text{ кгс.}$$

Этажность здания возрастет до 6 этажей.

Пример расчета однослойной стены из силикатных блоков на клеевом растворе с наружным утеплителем и тонкослойной штукатуркой при опирании плит перекрытий на 250 мм

Материал стен:

- модифицированные силикатобетонные блоки размером 250×248×248 мм;
- марка – М200, плотность – D1800 кг/м^3;
- раствор клеевой М75;
- наружный слой толщиной 100 мм, плотность – 50 кг/м^3;
- тонкослойная штукатурка толщиной 4,5 мм.

Район строительства – г. Москва.

Основные расчетные данные:

- высота этажа – 3,0 м;

- высота здания от пола 1-го этажа до верхней отметки парапета – 18,8 м (6 этаж);

- расстояние между осями смежных оконных проемов – 3,0 м;

- ширина простенков – 1,0 м;

- высота проема – 1,7 м;

- стены – однослойные, толщиной 250 мм;

- расстояние между несущими стенами – 6,0 м;

- перекрытия – сборные железобетонные плиты толщиной 220 мм.

Нагрузки:

- постоянные расчетные нагрузки от веса перекрытия, пола и перегородок:

$$N = 800 \text{ кгс/м}^2.$$

- полезная расчетная нагрузка:

$$q = 150 \times 1{,}3 = 195 \text{ кгс/м}^2 \text{ (СП 20.13330)}$$

- нагрузки на конструкции покрытия условно принимаем равными нагрузкам на перекрытия.

Сбор нагрузок:

Нагрузка на простенок 1-го этажа.

Вес кладки одного этажа за вычетом оконных проемов:

$$N_1 = 1800 \times 1{,}1 \times (3 \times 3 - 2 \times 1{,}7) \times 0{,}25 = 2772 \text{ кгс},$$

где: 1800 кг/м^3 – объемный вес кладки из силикатных блоков; 1,1 – коэффициент условий работы.

Нагрузка от утеплителя и тонкослойной штукатурки на этаж составляет ~65 кгс (менее 3%), ее можно не учитывать.

Нагрузка от одного перекрытия:

$$N_2 = (800 + 195) \times 3 \times 3 = 8955 \text{ кгс}.$$

Суммарная нагрузка от 6-ти этажей:

$$N = N_1 \times 5 + N_2 \times 6.$$

Примечание. Выше рассматриваемого сечения находятся 5 этажей кладки и 6 перекрытий.

$$N = N_1 \times 5 + N_2 \times 6 = 2772 \times 5 + 8955 \times 6 = 13860 + 53730 = 67590 \text{ кгс}.$$

Вес парапета:

$N_3 = 0{,}8 \times 1{,}1 \times 1800 \times 3 \times 0{,}25 = 1200$ кгс, где 0,8 – высота парапета.

Суммарная нагрузка в рассматриваемом сечении

$$N_1 + N_2 = 67590 + 1200 = 68790 \text{ кгс}.$$

Расчет внецентренно сжатого неармированного простенка определяем по формуле 13 (СП 15.13330).

$$N \leq \mathrm{m_g}\, \varphi_1\, R\, A_c\, \omega$$

где m_g – коэффициент, учитывающий влияние прогиба сжатых элементов на их несущую способность при длительно действующей нагрузке; φ_1 – коэффициент продольного изгиба; R – расчетное сопротивление кладки сжатию; A_c – площадь сжатой части сечения; ω – коэффициент, определяемый по таблице 20 СП 15.13330.

Рассчитываем эксцентриситет расчетной силы относительно центра тяжести сечения. При опирании одного перекрытия весом P_2 = 8,955 тс на глубину 0,25 м момент от действия перекрытия будет равен:

$$M = 8{,}955 \times (0{,}25/2 - 0{,}25/3) = 0{,}376 \text{ тс м}.$$

Нагрузка от веса 6 этажей N = 67596 кгс

$$\Sigma e_0 = \mathrm{M} / \mathrm{N} + e + e_{\min},$$

где e – случайный эксцентриситет, равный 20 мм; $e_{\min}$ – равный H/450, при опирании плиты перекрытия на 250 мм не следует учитывать.

$$\Sigma e_0 = 0{,}376/67{,}59 + 0{,}02 = 0{,}55 + 2 = 2{,}55 \text{ см}.$$

Определяем сжатую зону сечения:

$$\mathrm{A_c} = \mathrm{A}\,(1 - 2e_o/h) = 25 \times 100\,(1 - (2 \times 2{,}55 / 25) = 2000 \text{ см}^2.$$

Рассчитываем гибкость несущего слоя простенка для всего сечения и для сжатой части сечения:

$$\lambda = 3{,}0/0{,}25 = 12;\ \lambda_c = 3{,}0/0{,}2 = 15.$$

Коэффициент продольного изгиба определяем по табл. 19 СП 15.13330 для упругой характеристики кладки α = 750.

$$\varphi_1 = (\varphi + \varphi_c)/2 = (0{,}79 + 0{,}7)/2 = 0{,}745.$$

Коэффициент ω определяем по таблице 20, п.2. СП 15.13330:

$$\omega = 1 + e_o / h = 1 + 2{,}55 / 25 = 1{,}1 < 1{,}45,\ \omega = 1{,}1.$$

Расчетное сопротивление кладки определяем по табл. 7 СП 15.13330.

Для блока М200 на клеевом растворе М75 принимаем по графе для цементно-песчаного раствора М100 на основании примечания в табл. 7 СП 15.13330

$$R = 34 \text{ кгс/см}^2 \text{ (3,4 МПа)}.$$

Несущая способность простенка определяем по формуле

$$N \le m_g \varphi_1 R A_c \omega,\ N = 1 \times 0{,}745 \times 34 \times 2000 \times 1{,}1 = 55726 \text{ кгс} < 67596 \text{ кгс}.$$

Несущая способность простенка соответствует нагрузкам здания высотой 5 этажей.

В результате увеличения опирания плит перекрытий на 250 несущая способность стены возросла, что позволило увеличить высоту здания до 5 этажей.

При проектировании зданий следует также учитывать, что чердачное перекрытие для стен толщиной 250 мм следует в любом случае опирать на 250 см, ввиду малой площади сжатой зоны за счет небольшой вертикальной нагрузки.

Для предварительных расчетов рекомендуемая этажность зданий в зависимости от используемых материалов, расчетного сопротивления кладки и пролетов перекрытий для простенков шириной 1,0 м для зданий с жесткой конструктивной схемой может быть определена по таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Количество этажей по результатам расчетов по прочности в зданиях при кладке на клеевом растворе М75 и более из модифицированных силикатобетонных блоков М200 (R= 3,4 МПа) (опирание плит 120 мм)

Пролет перекрытия, м	Толщина наружной стены, мм		
	250	300	380
6,0	4	6	7
7,2	3	5	6

Примечание. При проектировании зданий выше 3 этажей следует также учитывать указания пункта 7.9 данного пособия.

Приложение А

Нормативные ссылки

В настоящем своде правил используются нормативные ссылки на следующие документы:

СП 15.13330.2012	Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*
СП 20.13330.2011	Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*
СП 22.13330.2011	Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*
СП 50.13330.2011	Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»
СП 51.13330.2011	Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003
СП 70.13330.2012	Несущие и ограждающие конструкции
СП 131.13330.2011	Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99
СП 230.13330.2015	Конструкции ограждающие зданий. Характеристика теплотехнических неоднородностей
СНиП 21-01-97*	Пожарная безопасность зданий и сооружений
ГОСТ 4.206–83	СПКП. Строительство. Материалы стеновые каменные. Номенклатура показателей
ГОСТ 4.2332–86	СПКП. Растворы. Номенклатура показателей
ГОСТ 379–2015	Кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные силикатные. Общие технические условия
ГОСТ 5802–86	Растворы строительные. Методы испытаний
ГОСТ 8462–85	Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе
ГОСТ 10180–2012	Бетоны. Методы определения прочности по контрольными образцам
ГОСТ 18105–2010	Бетоны. Правила контроля и оценки прочности
ГОСТ 28013–98*	Растворы строительные. Общие технические условия
ГОСТ 30459–2008	Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности
СТО «НОСТРОЙ» 2.9.157-2014	«Кладка из силикатных изделий (кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные). Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ

Термины и определения

В настоящем пособии используются термины, приведенные в ГОСТ 379 и следующие термины и соответствующие им определения:

1 **Модифицированный силикатобетон:** специально подобранная сырьевая смесь песков различного гранулометрического состава и извести или известково-кремнеземистого вяжущего (продукт совместного помола песка и извести), из которой изготавливают силикатную массу с применением специальных технологий, обеспечивающих полное протекание реакции гидратации извести (т.е. полное отсутствие на выходе непогашенных зерен извести).

2 **Кладочное изделие из модифицированного силикатобетона:** блок или камень повышенной плотности не менее 1800 кг/м^3 с маркой по прочности не менее М150 и маркой по морозостойкости не менее F50.

3 **пазогребневое соединение в кладке:** соединение элементов кладки, при котором гребень (вертикальный выступ) на тычке или ложке одного блока или камня входит в вертикальный паз на тычке или ложке другого блока или камня.

4 **Индекс изоляции воздушного шума:** величина, служащая для оценки одним числом звукоизолирующей способности ограждающей конструкции.
[СП 51.13330.2011, приложение А]

Основные буквенные обозначения величин

A_{st} – площадь сечения арматуры;
A_k – площадь сечения кладки;
A – расчетная площадь сечения элемента;
площадь сечения полки (участка продольной стены, учитываемого в расчете);
поперечное сечение перемычки;
суммарная площадь сечения кладки и железобетонных элементов в опорном узле в пределах контура стены или столба, на которые уложены элементы;
A_c – площадь сжатой части сечения при прямоугольной эпюре напряжений; площадь смятия, на которую передается нагрузка;
A_n – расчетная площадь сечения нетто;
площадь нетто горизонтального сечения стены;
A_{red} – площадь приведенного сечения;
$A_{c,\,red}$ – площадь сжатой части приведенного сечения;
A_{st} – сечение арматуры;
A_b – площадь брутто горизонтального сечения стены;
суммарная площадь опирания железобетонных элементов в узле;
E_0 – модуль упругости (начальный модуль деформаций) кладки;
E – модуль деформаций кладки;
потеря целостности стены при оценке предела огнестойкости;
E_b – начальный модуль упругости бетона;
E_s – модуль упругости стали;
G – модуль сдвига кладки;
H – расстояние между перекрытиями или другими горизонтальными опорами;
высота этажа;
H_1 – высота верхнего участка стены;
расстояние над верхней гранью рандбалки;
H_0 – высота эквивалентного по жесткости рандбалке условного пояса кладки;
I – момент инерции сечения стен относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения стен в плане;
потеря теплоизолирующей способности стен при оценке предела огнестойкости;
I_s – момент инерции сечения стальной рандбалки;
$K0$ – класс пожарной опасности;
L – размер сечения элементов при расчете на смятие;
M – расчетный изгибающий момент;
наибольший изгибающий момент от расчетных нагрузок;
изгибающий момент от расчетных нагрузок в уровне перекрытия или покрытия в местах опирания их на стену на ширине, равной расстоянию между анкерами;
N – расчетная продольная сила;

расчетная осевая сила при растяжении;
расчетная нормальная сила в уровне расположения анкера на ширине, равной расстоянию между анкерами;

N_g – расчетная продольная сила от длительных нагрузок;

N_c – продольная сжимающая сила от местных нагрузок;

N_{cc} – расчетная несущая способность;

N_s – расчетное усилие в анкере;

Q – расчетная поперечная сила;
расчетная поперечная сила от горизонтальной нагрузки в середине высоты этажа;
расчетная поперечная сила от горизонтальной нагрузки, воспринимаемая поперечной стеной в уровне перекрытия, примыкающего к рассматриваемым перемычкам;
расчетная нагрузка от веса балки и приложенных к ней нагрузок;

R – расчетные сопротивления сжатию кладки;
потеря несущей способности стен при оценке предела огнестойкости;
критерий потери несущей способности;

R_k – расчетное сопротивление сжатию виброкирпичной кладки на тяжелых растворах;

$R_0^{\text{пр}}$ – приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции;

$R_0^{\text{усл}}$ – условное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции;

R_{tb} – расчетное сопротивление растяжению при изгибе кладки;

R_{tw} – расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям;

R_{sq} – расчетные сопротивления при срезе кладки;

R_s – расчетные сопротивления арматуры;

R_u – временное сопротивление (средний предел прочности) сжатию кладки;

R_{sku} – временное сопротивление (средний предел прочности) сжатию армированной кладки из кирпича или камней;

R_{sn} – нормативное сопротивление арматуры в армированной кладке;

R_c – расчетное сопротивление кладки при смятии;

R_i – расчетное сопротивление любого другого слоя стены;

R_{sk} – расчетное сопротивление кладки с сетчатым армированием при осевом, центральном сжатии;

R_1 – расчетное сопротивление сжатию неармированной кладки в рассматриваемый срок твердения раствора;

R_{25} – расчетное сопротивление кладки при марке раствора 25;

R_{skb} – расчетное сопротивление армированной кладки при внецентренном сжатии;

R_{stq} – расчетное сопротивление скалыванию кладки, армированной продольной арматурой в горизонтальных швах;

R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию;

R_w – индекс изоляции воздушного шума;

S_0 – статический момент части сечения, находящейся по одну сторону от оси, проходящей через центр тяжести сечения;

S – длина участка эпюры распределения давления в каждую сторону от грани опоры;

S_1 – длина участка распределения треугольной эпюры давления над крайними опорными рандбалками, а также над опорами однопролетных рандбалок от грани опоры;

T – сдвигающее усилие в пределах одного этажа;

V_s – объем арматуры;

V_k – объем кладки;

W – момент сопротивления сечения кладки при упругой ее работе;

a, b, c, c_1, h – геометрические размеры сечения элементов при расчете на смятие (местном сжатии) в соответствии со схемами рисунка 1;

a – глубина заделки балки в кладку;
длина опоры (ширина простенка);
длина термовкладыша;

b – ширина сжатой полки или толщина стенки таврового сечения в зависимости от направления эксцентриситета;
фактическая ширина слоя при расчете многослойных стен;
ширина сечения элемента;
ширина полок балки;
расстояние между термовкладышами;

b_c – ширина балки;

b_{red} – приведенная ширина слоя;

c – размер квадратной ячейки сетки;
расстояние от точки приложения силы Q до плоскости стены;

c_b, c_h – расстояния от точки приложения силы Q до ближайших границ прямоугольного сечения элемента;

ct – отношение суммарной толщины внутренних перегородок и внешних стенок к толщине изделия;

$d_{кл}$ – толщина кладки основного слоя при расчете сопротивления теплопередаче наружных стен;

d_n – толщина плиты перекрытия;

d_p – толщина рамы;

d_t – толщина термовкладыша;

e – случайный эксцентриситет;

e_{min} – начальный эксцентриситет;

e_0 – эксцентриситет действия расчетной нагрузки;
эксцентриситет расчетной силы относительно середины заделки;

e_{og} – эксцентриситет действия длительных нагрузок;

h – меньший размер прямоугольного сечения:
меньшая сторона прямоугольного сечения столба:
толщина стены;
высота сечения;

t – толщина поперечной стены;
h – высота перемычки в свету;
h_{c1}, h_{c2} – высоты сжатой части элементов в сечениях с максимальными изгибающими моментами;
h_{red} – условная толщина стен, столбов сложного сечения;
h_0 – расстояние от сжатого края сечения стены до оси анкера (расчетная высота сечения);
h_c – высота сжатой части поперечного сечения A_c в плоскости действия изгибающего момента;
h_F – толщина стены, обеспечивающая заданный предел огнестойкости;
i_b ,i_h – радиусы инерции при косом внецентренном сжатия прямоугольного сечения элемента соответственно сторонам;
i_{c2}, i_{c2} – радиусы инерции сжатой части элементов в сечениях с максимальными изгибающими моментами;
k – поправочные коэффициенты;
k_p – коэффициент для столбов;
l_0 – расчетная высота (длина) стен и столбов;
l_{01} – расчетная высота верхнего участка стены;
l – длина поперечной стены в плане; пролет перемычки в свету; свободная длина стены;
l_c – основание треугольной эпюры распределения над крайними опорами рандбалок, а также над опорами однопролетных рандбалок;
$l_б$ – расстояние между термовкладышами;
l_y – длина термовкладыша в перфорации;
m – коэффициент использования прочности слоя, к которому приводится сечение при расчете многослойной стены;
m_g – коэффициент, учитывающий влияние длительного воздействия нагрузки;
m_i – коэффициент использования прочности любого другого слоя стены;
n – эмпирический коэффициент, используемый при расчете на срез;
p – коэффициент, зависящий от типа пустот в железобетонном элементе;
p_1 – коэффициент, зависящий от пустотности кирпича (камня) при определении расчетного сопротивления армированной кладки;
r – коэффициент теплотехнической однородности;
s – расстояние между сетками по высоте;
ν – коэффициент неравномерности касательных напряжений в сечении;
y – расстояние от центра тяжести сечения элемента в сторону эксцентриситета до сжатого его края;
расстояние от оси продольной стены до оси, проходящей через центр тяжести сечения стен в плане;
y_b, y_h – расстояния от центра тяжести элемента прямоугольного сечения до его края в сторону эксцентриситета, соответственно сторонам, при косом внецентренном сжатии;
z – плечо внутренней пары сил;
α – упругая характеристика кладки;

α' – отношение фактической нагрузки к расчетной;

α_{red} – приведенная упругая характеристика кладки;

α_{sk} – упругая характеристика кладки с сетчатым армированием;

α_t – коэффициент линейного расширения кладки;

α_1, α_2 – упругие характеристики слоев кладки в многослойной стене и соответственно их толщины;

β – отношение высоты этажа к толщине стены или меньшей стороне прямоугольного сечения столба;

γ_c – коэффициент условий работы кладки;

γ_{c1} – коэффициент условий работы для зимней кладки; коэффициент условий работы кладки в стадии оттаивания;

γ_{cs} – коэффициент условий работы арматуры;

γ – плотность;

γ_r – коэффициент условий работы кладки при расчете по раскрытию трещин;

γ_{cs1} – коэффициент условий работы сетчатой арматуры при расчете кладки в стадии оттаивания;

ε – относительная деформация кладки;

$\varepsilon_и$ – предельная относительная деформация;

λ_h, λ_i – гибкость элементов соответственно прямоугольного сечения и сечения произвольной формы;

λ_{h1c}, λ_{h2c} – гибкости сжатой части элементов в сечениях с максимальными изгибающими моментами;

$\lambda_{кам}$ – теплопроводность камня, блока;

μ – процент армирования сетчатой арматурой кладки по объему; процент армирования по вертикальному сечению стены;

$\mu_{тр}$ – коэффициент трения;

ν – коэффициент, учитывающий влияние ползучести кладки;

ρ – плотность кирпича, камня, блока;

σ – напряжение в кладке, при котором определяется ε;

σ_0 – среднее напряжение сжатия при наименьшей расчетной нагрузке, определяемой с коэффициентом перегрузки 0,9;

σ_c – максимальное напряжение над опорой рандбалки;

φ – коэффициент продольного изгиба;

φ_c – коэффициент продольного изгиба сжатой части сечения элемента;

φ_1 – коэффициент продольного изгиба при внецентренном сжатии элемента;

χ – удельные потери теплоты (точечные);

ψ – коэффициент полноты эпюры давления от местной нагрузки; удельные потери теплоты (линейные).

Приложение Б

Расчет на горизонтальные нагрузки конструкций стен, возведенных с применением кладочных изделий, выполненных из модифицированных силикатных бетонов, с пазогребневым соединением без заполнения вертикальных швов раствором

Б.1 Методика расчета ненесущих стен на горизонтальные нагрузки

Расчет ненесущих стен на горизонтальные нагрузки производится только для кладки стен, выполненных из модифицированных силикатобетонных блоков толщиной 250 мм и менее с пазогребневым соединением.

Расчет на горизонтальные нагрузки следует выполнять, учитывая особенности стен с пазогребневым соединением, несущая способность которых по неперевязанному сечению выше, чем по перевязанному сечению.

При изгибе ненесущих 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. Испытания выполняются специализированными организациями для кладки из силикатных блоков отдельных производителей на принятом виде кладочного (клеевого) раствора.

При отсутствии опытных данных значения R_{tb1}, R_{tb2} могут приниматься по таблице 11 и 12 СП 15.13330.

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

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

$$M = R_{tb} \cdot W, \qquad (Б1)$$

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:

$$M_1 = d_1 \cdot w \cdot l^2, \qquad \text{(Б2)}$$

- для изгиба в горизонтальной плоскости:

$$M_2 = d_2 \cdot w \cdot l^2, \qquad \text{(Б3)}$$

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 таблице Б.А1 ниже для однослойной стены при толщине 250 мм и менее, как пример в случае заполнения вертикальных швов раствором:

$$d_1 = \mu\, d_2,$$

где μ – отношение прочности на изгиб по неперевязанному к перевязанному сечению 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:

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

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;

$$z = h_0 \cdot (1 - 0.5\frac{A_{st} R_s}{b \cdot h_0 \cdot R}) \le 0.95 \cdot h_0 \qquad (Б5)$$

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 $M \le 0{,}3 \cdot R_s \cdot b \cdot h_0^2$.

Случай, когда прочность кладки по неперевязанному сечению выше прочности по перевязанному сечению, т.е. $R_{tb1} > R_{tb2}$, следует рассматривать для кладки с пазогребневым соединением с заполнением вертикальных швов раствором:

- величину d_2 необходимо принимать по таблицам Б.А2 ÷ Б.L2, 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;

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

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

- для изгиба в вертикальной плоскости:

$$M_1 = d_2 \cdot w \cdot h^2, \qquad (Б7)$$

- для изгиба в горизонтальной плоскости:

$$M_2 = d_1 \cdot w \cdot h^2, \qquad (Б8)$$

где $d_{1,2}$ – коэффициенты к изгибающим моментам в зависимости от вида закрепления 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}, $R_{tb2}/R_{tb1,app}$, $R_{tb2,app}/R_{tb1}$;

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

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

Условные обозначения закрепления опор, указанных в таблицах Б-А.1, Б-А2÷ Б-L2.

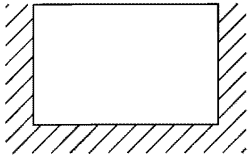


M_1 – в вертикальной плоскости; максимальный в середине пролета и на неразрезной опоре определяется по формуле (Б2);

M_2 – в горизонтальной плоскости в середине пролета и на неразрезной опоре определяется по формуле (Б3).

Определение коэффициентов d_2 в зависимости от вида закрепления фрагмента стены по краям при отношении 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

Определение коэффициентов d_2 для случая, когда прочность кладки по неперевязанному сечению больше прочности по перевязанному сечению при отношении длины стены к высоте

Таблица Б-А2

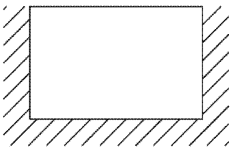
Вид закрепления	$\mu_c = R_{th2} / R_{th1}$	Значение коэффициента d_2 при l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,045	0,059	0,071	0,085	0,094
	0,7	0,051	0,066	0,077	0,091	0,098
	0,5	0,056	0,073	0,083	0,095	0,102
	0,3	0,067	0,082	0,091	0,101	0,107
	0,2	0,075	0,089	0,097	0,105	0,111

Таблица Б-В2

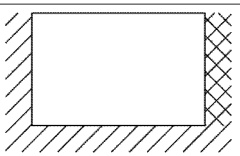
Вид закрепления	$\mu_c = R_{th2} / R_{th1}$	Значение коэффициента d_2 при l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,035	0,046	0,053	0,062	0,068
	0,7	0,039	0,051	0,058	0,066	0,07
	0,5	0,044	0,055	0,061	0,069	0,072
	0,3	0,051	0,061	0,066	0,072	0,075
	0,2	0,056	0,065	0,069	0,074	0,078

Таблица Б-С2

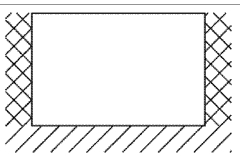
Вид закрепления	$\mu_c = R_{th2} / R_{th1}$	Значение коэффициента d_2 при l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,028	0,037	0,042	0,048	0,051
	0,7	0,032	0,04	0,044	0,05	0,053
	0,5	0,035	0,043	0,047	0,052	0,054
	0,3	0,04	0,046	0,05	0,054	0,056
	0,2	0,043	0,049	0,052	0,055	0,058

Таблица Б-D2

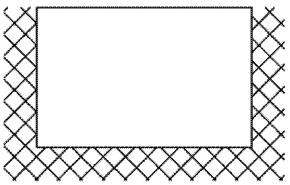
Вид закрепления	$\mu_c = R_{th2} / R_{th1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,021	0,029	0,035	0,043	0,047
	0,7	0,025	0,033	0,039	0,045	0,049
	0,5	0,028	0,037	0,042	0,048	0,051
	0,3	0,034	0,041	0,046	0,051	0,053
	0,2	0,038	0,044	0,048	0,053	0,055

Таблица Б-E2

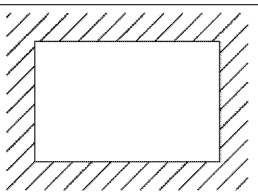
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,018	0,03	0,042	0,059	0,071
	0,7	0,023	0,037	0,049	0,067	0,078
	0,5	0,028	0,044	0,057	0,074	0,085
	0,3	0,038	0,055	0,068	0,08	0,093
	0,2	0,046	0,064	0,076	0,09	0,099

Таблица Б-F2

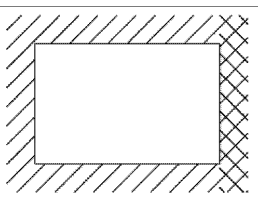
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2				
		При l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,016	0,026	0,034	0,046	0,054
	0,7	0,02	0,031	0,039	0,051	0,058
	0,5	0,024	0,036	0,044	0,056	0,062
	0,3	0,031	0,044	0,052	0,062	0,067
	0,2	0,037	0,049	0,057	0,066	0,07

Таблица Б-G2

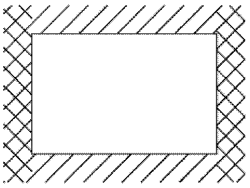
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2 при l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,014	0,022	0,028	0,037	0,042
	0,7	0,017	0,026	0,032	0,04	0,045
	0,5	0,021	0,03	0,036	0,043	0,048
	0,3	0,026	0,035	0,041	0,047	0,051
	0,2	0,031	0,039	0,044	0,05	0,054

Таблица Б-H2

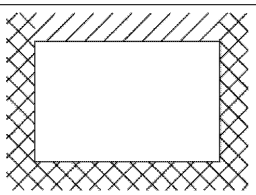
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2 при l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,011	0,018	0,024	0,033	0,039
	0,7	0,014	0,022	0,028	0,037	0,042
	0,5	0,017	0,025	0,032	0,04	0,045
	0,3	0,022	0,031	0,037	0,044	0,049
	0,2	0,027	0,035	0,041	0,047	0,052

Таблица Б-I2

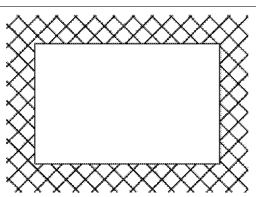
Вид закрепления	$\mu_c = R_{tb2} / R_{tb1}$	Значение коэффициента d_2 при l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,009	0,015	0,021	0,03	0,036
	0,7	0,011	0,019	0,025	0,033	0,039
	0,5	0,014	0,022	0,028	0,037	0,042
	0,3	0,019	0,028	0,034	0,042	0,046
	0,2	0,023	0,032	0,038	0,045	0,05

Таблица Б-J2

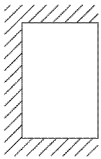
Вид закрепления	$\mu_c = R_{th2} / R_{th1}$	Значение коэффициента d_2 при l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,023	0,046	0,071	0,122	0,18
	0,7	0,032	0,06	0,091	0,156	0,227
	0,5	0,042	0,077	0,113	0,195	0,28
	0,3	0,062	0,108	0,16	0,269	0,381
	0,2	0,083	0,142	0,208	0,344	0,488

Таблица Б-K2

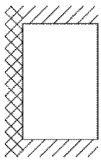
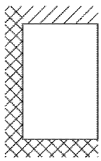
Вид закрепления	$\mu_c = R_{th2} / R_{th1}$	Значение коэффициента d_2 при l/h				
		2,0	1,5	1,0	0,75	0,5
	1,0	0,021	0,038	0,056	0,091	0,123
	0,7	0,028	0,049	0,07	0,11	0,145
	0,5	0,035	0,061	0,085	0,13	0,167
	0,3	0,05	0,082	0,112	0,162	0,202
	0,2	0,064	0,103	0,136	0,19	0,234

Таблица Б-L2

Вид закрепления	$\mu_c = R_{th2} / R_{th1}$	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

Б.2 Определение величин ветровой нагрузки на высоте 20; 40; 60 и 80 м для зданий прямоугольной формы с учетом аэродинамического коэффициента

А. Расчетные ветровые нагрузки в процессе эксплуатации здания

Данный расчет проведен с учетом аэродинамического коэффициента *«с»*, снижающего величину давления на 20%, при определении пульсационной составляющей ветровой нагрузки.

Б.2.1 Расчетная ветровая нагрузка определяется согласно п. 11.1 (СП 20.13330).

Б.2.2 Нормативное значение ветровой нагрузки w согласно п. 11.1.2 (СП 20.13330) следует определять как сумму средней w_m и пульсационной w_p составляющих

$$w = w_m + w_p. \qquad (11.1).$$

Б.2.3 Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью земли следует определять по формуле

$$w_m = w_o\, k\,(z_e)\, c, \qquad (11.2),$$

где w_o – принимается для I-го ветрового района по таблице 11.1 СП 20.13330;

$k\,(z_e)$ – определяется по таблице 11.2 СП 20.13330 в зависимости от высоты z_e;

c – аэродинамический коэффициент принимаем равным $c = 0{,}8$, как для прямоугольного здания в плане в соответствии с таблицей Д2 приложения 2 СП 20.13330.

Б.2.4. Определяем нормативное значение ветровой нагрузки:

а) на высоте 20 м при значениях

- $w_o = 0{,}23$ кПа;
- $k\,(z_e) = 0{,}85$ по таблице 11.2 СП 20.13330

$$w_m = w_o\, k\,(z_e)\, c = 0{,}23 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}8 = 0{,}156 \text{ кПа};$$

б) на высоте 40 м при значениях

– $w_o = 0{,}23$ кПа;

– $k\,(z_e) = 1{,}1$

$$w_m = 0{,}23 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}8 = 0{,}202 \text{ кПа};$$

в) на высоте 60 м при значениях

- w_o = 0,23 кПа;

- $k\ (z_e)$ = 1,3

$$w_m = 0{,}23 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}8 = 0{,}239 \text{ кПа};$$

г) на высоте 80 м при значениях

- w_o = 0,23 кПа;

- $k\ (z_e)$ = 1,45

$$w_m = 0{,}23 \cdot 1{,}45 \cdot 0{,}8 = 0{,}266 \text{ кПа}.$$

Б.2.5. Определяем нормативные значения пульсационной составляющей по формуле

$$w_p = w_m\, \zeta\ (z_e)\ \nu \cdot c,$$

где w_m = 0,23 кПа;

$\zeta\ (z_e)$ – принимается по таблице 11.4 СП 20.13330;

ν – коэффициент пространственной корреляции пульсации давления ветра (см. 11.1.11 СП 20.13330).

Значения $\zeta\ (z_e)$ в зависимости от $h\ (z)$

Высота z_e, м	Коэффициент пульсации ζ
	B
20	0,92
40	0,80
60	0,74
80	0,70

Для определения значений коэффициентов корреляции ν необходимо в каждом конкретном случае принимать заданную в проекте ширину фасада здания b (см. рис. 11.2 11 СП 20.13330).

Для примеров решения, которые будут рассмотрены далее, принимаем значение b = 20 м (длина фасада в плане).

Таблица 11.6 (СП 20.13330) будет выглядеть следующим образом:

ρ, м	Коэффициент ν при χ, м, равном			
	20	40	60	80
20	0,76	0,73	0,70	0,68

а) Пульсационная составляющая на высоте 20 м

$$w_p = 0{,}156 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}76 \cdot 0{,}8 = 0{,}087 \text{ кПа};$$

б) Пульсационная составляющая на высоте 40 м

$$w_p = 0{,}202 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}73 \cdot 0{,}8 = 0{,}094 \text{ кПа};$$

в) Пульсационная составляющая на высоте 60 м

$$w_p = 0{,}239 \cdot 0{,}74 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}8 = 0{,}099 \text{ кПа};$$

г) Пульсационная составляющая на высоте 80 м

$$w_p = 0{,}266 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}68 \cdot 0{,}8 = 0{,}101 \text{ кПа}.$$

Б.2.6. Определяем расчетные значения ветровой нагрузки с учетом пульсационной составляющей

$$w = (w_m + w_p) \cdot 1{,}4,$$

где 1,4 – коэффициент надежности (см. 11.1.121 СП 20.13330).

а) на высоте 20 м

$$w = (0{,}156 + 0{,}087) \cdot 1{,}4 = 0{,}340 \text{ кПа};$$

б) на высоте 40 м

$$w = (0{,}202 + 0{,}094) \cdot 1{,}4 = 0{,}414 \text{ кПа};$$

в) на высоте 60 м

$$w = (0{,}239 + 0{,}099) \cdot 1{,}4 = 0{,}473 \text{ кПа};$$

г) на высоте 80 м

$$w = (0{,}256 + 0{,}101) \cdot 1{,}4 = 0{,}499 \text{ кПа}.$$

Б.3. Расчетные ветровые нагрузки в процессе строительства

Б.3.1. Расчетная ветровая нагрузка определяется согласно п. 11.1 СП 20.13330.

Б.3.2. Нормативное значение ветровой нагрузки w (п. 11.1.2 СП 20.13330) следует определять как сумму средней w_m и пульсационной w_p составляющих

$$w = w_m + w_p . \quad (11.1)$$

Б.3.3. Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью земли следует определять по формуле

$$w_m = w_o k\,(z_e)\, c, \quad (11.2)$$

где w_o – принимается для I-го ветрового района по таблице 11.1 СП 20.13330;

$k\,(z_e)$ – определяется по таблице 11.2 СП 20.13330в зависимости от высоты z_e;

c – аэродинамический коэффициент принимаем равным с = 0,8 и с = –0,5, как для прямоугольного здания в плане в соответствии с таблицей Д2 приложения 2 СП 20.13330.

Б.3.4. Определяем нормативное значение ветровой нагрузки:

а) на высоте 20 м при значениях

– w_o = 0,23 кПа;

– $k\,(z_e)$ = 0,85 по таблице 11.2 СП 20.13330

$$w_m = w_o k\,(z_e)\, c = 0{,}23 \cdot 0{,}85\,(0{,}8 + 0{,}5) = 0{,}253 \text{ кПа};$$

б) на высоте 40 м при значениях

– w_o = 0,23 кПа;

– $k\,(z_e)$ = 1,1

$$w_m = 0{,}23 \cdot 1{,}1\,(0{,}8 + 0{,}5) = 0{,}328 \text{ кПа};$$

в) на высоте 60 м при значениях

– w_o = 0,23 кПа;

– $k\,(z_e)$ = 1,3

$$w_m = 0{,}23 \cdot 1{,}3\,(0{,}8 + 0{,}5) = 0{,}388 \text{ кПа};$$

г) на высоте 80 м при значениях

– w_o = 0,23 кПа;

– $k\,(z_e)$ = 1,45

$$w_m = 0{,}23 \cdot 1{,}45\,(0{,}8 + 0{,}5) = 0{,}433 \text{ кПа};$$

Б.3.5 Определяем нормативные значения пульсационной составляющей по формуле

$$w_p = w_m \zeta (z_e) \ \nu \cdot c,$$

где w_m = 0,23 кПа;

$\zeta (z_e)$ – принимается по таблице 11.4 СП 20.13330;

ν – коэффициент пространственной корреляции пульсации давления ветра (см. 11.1.11 СП 20.13330).

Значения $\zeta (z_e)$ в зависимости от h (z)

Высота, z_e, м	Коэффициент пульсации, ζ
	B
20	0,92
40	0,80
60	0,74
80	0,70

Для определения значений коэффициентов корреляции ν необходимо в каждом конкретном случае принимать заданную в проекте ширину фасада здания b (см. рис. 11.2 11 СП 20.13330).

Для примеров решения, которые будут рассмотрены далее, принимаем значение b = 20 м (длина фасада в плане).

Таблица 11.6 (СП 20.13330) будет выглядеть следующим образом

ρ, м	Коэффициент ν при χ, м, равном			
	20	40	60	80
20	0,76	0,73	0,70	0,68

а) Пульсационная составляющая на высоте 20 м

$$w_p = 0{,}253 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}76 \ (0{,}8 + 0{,}5) = 0{,}23 \text{ кПа};$$

б) Пульсационная составляющая на высоте 40 м

$$w_p = 0{,}328 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}73 \cdot 1{,}3 = 0{,}249 \text{ кПа};$$

в) Пульсационная составляющая на высоте 60 м

$$w_p = 0{,}388 \cdot 0{,}74 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}3 = 0{,}26 \text{ кПа};$$

г) Пульсационная составляющая на высоте 80 м

$$w_p = 0{,}433 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}68 \cdot 1{,}3 = 0{,}267 \text{ кПа}.$$

Б.3.6 Определяем расчетные значения ветровой и пульсационной составляющих

$$w = (w_m + w_p) \cdot 1{,}4,$$

где 1,4 – коэффициент надежности (см. 11.1.12 СП 20.13330).

а) на высоте 20 м

$$w = (0{,}253 + 0{,}23) \cdot 1{,}4 = 0{,}676 \text{ кПа};$$

б) на высоте 40 м

$$w = (0{,}328 + 0{,}249) \cdot 1{,}4 = 0{,}807 \text{ кПа};$$

в) на высоте 60 м

$$w = (0{,}388 + 0{,}26) \cdot 1{,}4 = 0{,}907 \text{ кПа};$$

г) на высоте 80 м

$$w = (0{,}439 + 0{,}267) \cdot 1{,}4 = 0{,}98 \text{ кПа}.$$

Примечание. В соответствии с п. 11.2 СП 20.13330 в дополнение к данному расчету узлы крепления и элементы ограждения должны быть проверены на пиковые положительные (w_+) и отрицательные (w_-) воздействия ветровой нагрузки по формуле 11.10 СП 20.13330.

Б.4. Подбор сечений однослойных ненесущих стен

Б.4.1. Выбор расчетных сечений в стене без проемов

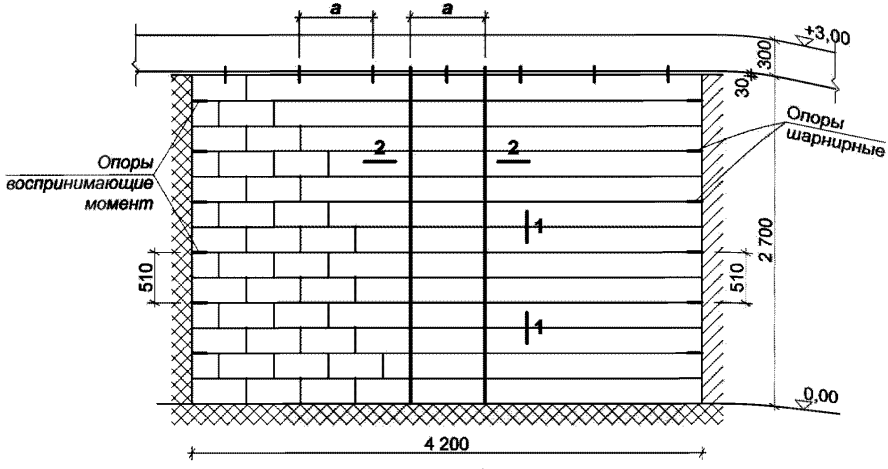


Рисунок Б.4.1 – Фасад стены без проема

Ширину грузовой площади принимают равной расстоянию между опорами.

Опоры могут быть выполнены:

- воспринимающими опорный момент

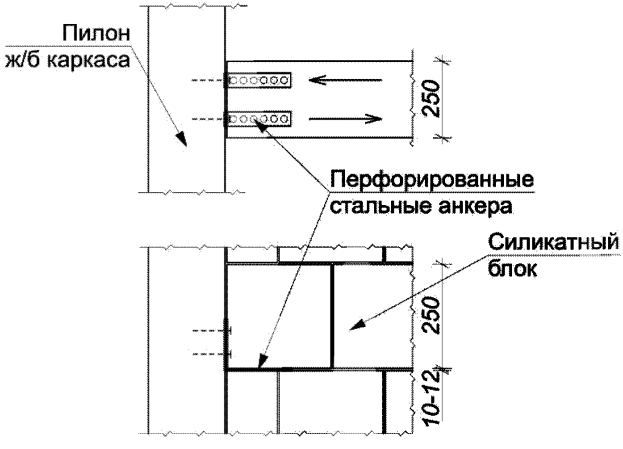


Рисунок Б.4.2 – Опора, воспринимающая опорный момент

- не воспринимающими опорный момент.

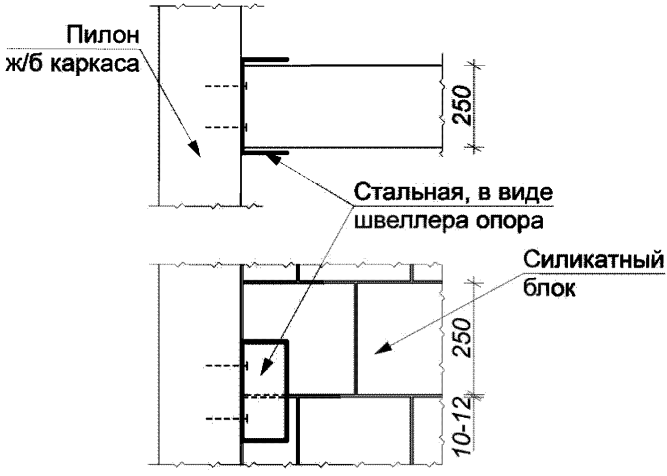


Рисунок Б.4.3 – Опора, не воспринимающая опорный момент

Опоры должны быть рассчитаны на восприятие опорных реакций от действия ветровой нагрузки на принятую грузовую площадь.

В верхней части фрагмента стены опоры могут быть только шарнирные, не воспринимающие моменты, или отсутствовать (шарнирными или в виде свободной грани) и не препятствовать возможному изгибу вышерасположенного перекрытия.

Верхние опоры должны быть рассчитаны на восприятие опорной реакции принятой грузовой площади. Блоки проверяются на смятие под опорами.

а) Расчетное сечение кладки по перевязанному сечению принимать по сечению 1-1

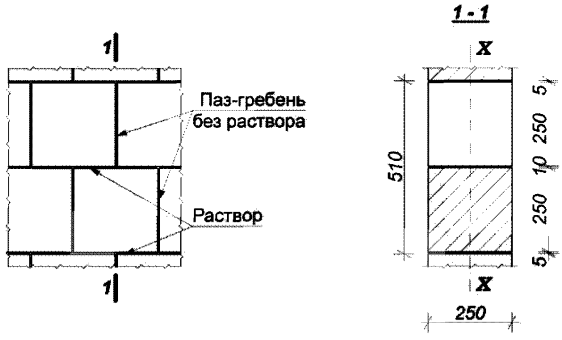


Рисунок Б.4.4 – Расчетное сечение кладки

Расчетный момент M_2 определяем по формуле

$$M_2 = d_2 \cdot w \cdot l^2,$$

Ветровая нагрузка w принимается в зависимости от высоты расположения рассчитываемого участка стены на ширину расчетного сечения 510 мм (в рассматриваемом случае).

Проверка несущей способности по перевязанному сечению на растяжение при изгибе выполняется по формуле

$$M = (R_{tb} \cdot W_p + R_{tb} \cdot W_k) \leq M_2,$$

где R_{tb} по раствору – принимать по табл. 11 СП 15.13330.;

R_{tb} по блоку – принимать по табл. 12 СП 15.13330.

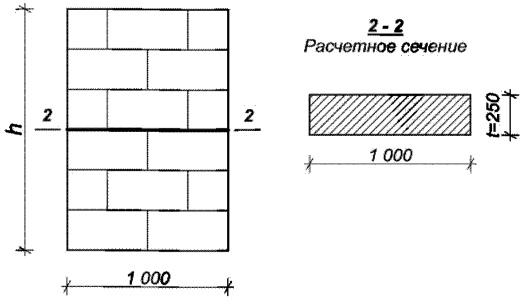
Проверка несущей способности по перевязанному сечению на срез от действия опорной реакции Q_p

$$Q = R_{sq} \cdot F_p + R_{sq} \cdot F_k \leq Q_p,$$

где R_{tb} по раствору – принимать равной 0,12 * 0,7 = 0,084 мПа;

R_{tb} по блоку – принимать по табл. 12 СП 15.13330 для блока проектной марки.

б) Расчетное сечение кладки по неперевязанному сечению принимать по сечению 2-2



Момент сопротивления по камню (блоку)

$$W_к = \frac{b \cdot t^2}{6},$$

Момент сопротивления по раствору

$$W_р = \frac{a \cdot 25^2}{6}$$

Несущая способность проверяется по формулам раздельно для блока и для раствора

$$M_к = R_{tb} \cdot W_k \leq M_1$$
$$M_p = R_{tb} \cdot W_p \leq M_1$$

Оба условия должны быть выполнены

где R_{tb} по блоку принимать (по табл. 12 СП 15.13330);

R_{tb} по раствору принимать равной 0,12 мПа по табл. 11, примечание 2 с понижающим коэффициентом k = 0,7 СП 15.13330.

Проверка несущей способности на срез от действия опорной реакции Q_p:

по блоку $Q = R_{sq} \cdot F_k \leq Q_p$;

по раствору $Q = R_{sq} \cdot F_p \leq Q_p$.

где Q_b – расчетное значение, определяемое как для однопролетной балки с соответствующим закреплением на опорах.

При невыполнении одного из условий сечение не проходит на срез.

Б.4.2. Типы опор и основные положения их расчетов

Опоры подразделяются на:

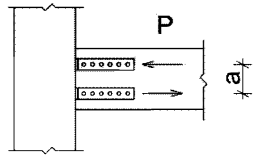
- воспринимающие опорный момент;

- не воспринимающие опорный момент.

а) Опоры, рассчитанные на восприятие момента.

В этом случае расчету подлежит каждый анкер на растягивающее усилие, равное расчетному моменту на опоре, деленному на плечо внутренней пары (а)

$$P = \frac{M}{a}$$

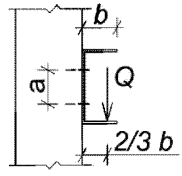


Сечение стального (перфорированного) анкера проверяется на осевое растяжение от силы Р. Анкера крепления к пилону проверяются на вырыв из бетона.

б) Опоры типа «швеллер» рассчитываются на изгиб от действия перерезывающей силы Q (опорная реакция)

Анкера рассчитываются на вырыв от силы

$$N = \frac{2\,b\,Q}{3a}$$



Кладка в месте опирания на «швеллер» должна быть проверена на смятие.



Величины расчетных сопротивлений кладки должны определяться на основании испытаний фрагментов кладки на изгиб по перевязанному и неперевязанному сечениям (см. раздел 2).

При отсутствии указанных испытаний и расчетных характеристик в целом по кладке следует расчетные характеристики принимать по таблицам Б.4-1 и Б.4-2 отдельно для блока и раствора.

Расчетное сопротивление кладки, изготовленной из модифицированного силикатобетона не следует принимать с коэффициентом 0,7 в соответствии с табл. 11 СП 15.13330.

Таблица Б.4-1

Вид напряженного состояния	Обозначения	Расчетные сопротивления R, МПа , кладки из сплошных камней на цементно-известковых, цементно-глиняных и известковых растворах осевому растяжению, растяжению при изгибе, срезу и главным растягивающим напряжениям при изгибе при расчете сечений кладки, проходящих по горизонтальным и вертикальным швам				
		при марке раствора				при прочности раствора 0,2
		50 и выше	25	10	4	
А Осевое растяжение	R_t					
1 По неперевязанному сечению для кладки всех видов (нормальное сцепление; рисунок 1)		0,08	0,05	0,03	0,01	0,005
2 По перевязанному сечению (рисунок 2):						
а) для кладки из камней правильной формы		0,16	0,11	0,05	0,02	0,01
б) для бутовой кладки		0,12	0,08	0,04	0,02	0,01
Б Растяжение при изгибе	R_{th} (R_{tw})					
3 По неперевязанному сечению для кладки всех видов и по косой штрабе (главные растягивающие напряжения при изгибе)		0,12	0,08	0,04	0,02	0,01
4 По перевязанному сечению (рисунок 3):						
а) для кладки из камней правильной формы		0,25	0,16	0,08	0,04	0,02
б) для бутовой кладки		0,18	0,12	0,06	0,03	0,015
В Срез	R_{sq}					
5 По неперевязанному сечению для кладки всех видов (касательное сцепление)		0,16	0,11	0,05	0,02	0,01
6 По перевязанному сечению для бутовой кладки		0,24	0,16	0,08	0,04	0,02

Примечания

1 Расчетные сопротивления отнесены по всему сечению разрыва или среза кладки, перпендикулярному или параллельному (при срезе) направлению усилия.

2 Расчетные сопротивления кладки, приведенные в таблице 11, следует принимать с коэффициентами:

для невибрированной кирпичной кладки на жестких цементных растворах без добавки глины или извести – 0,75;

для кладки из полнотелого и пустотелого силикатного кирпича – 0,7, а из силикатного кирпича, изготовленного с применением мелких (барханных) песков – по экспериментальным данным.

При расчете по раскрытию трещин по формуле (33) расчетные сопротивления растяжению при изгибе R_{tb} для всех видов кладки следует принимать по таблице 11 без учета коэффициентов, указанных в настоящем примечании.

3 При отношении глубины перевязки кирпича (камня) правильной формы к высоте ряда кладки менее единицы расчетные сопротивления кладки осевому растяжению и растяжению при изгибе по перевязанным сечениям принимаются равными величинам, указанным в таблице 11, умноженным на значения отношения глубины перевязки к высоте ряда.

4 Расчетные сопротивления кладки из силикатных и блоков на клеевых составах для всех видов напряженного состояния, приведенных в столбце 1 таблицы 11, определяются по экспериментальным данным.

[СП 15.13330 таблица 11]

Пункт 3 примечания касается данных по перевязанному сечению для кладки с заполнением вертикальных швов раствором.

Таблица Б.4-2

Вид напряженного состояния	Обозначение	Расчетные сопротивления R, МПа, кладки из кирпича и камней правильной формы осевому растяжению, растяжению при изгибе, срезу и главным растягивающим напряжениям при изгибе при расчете кладки по перевязанному сечению, проходящему по кирпичу или камню, при марке изделия								
		200	150	100	75	50	35	25	15	10
1 Осевое растяжение	R_t	0,25	0,2	0,18	0,13	0,1	0,08	0,06	0,05	0,03
2 Растяжение при изгибе и главные растягивающие напряжения	R_{tb} (R_{tw})	0,4	0,3	0,25	0,2	0,16	0,12	0,1	0,07	0,05
3 Срез	R_{sq}	1,0	0,8	0,65	0,55	0,4	0,3	0,2	0,14	0,09

Примечания

1 Расчетные сопротивления осевому растяжению R_t, растяжению при изгибе R_{tb} и главным растягивающим напряжениям R_{tw} отнесены ко всему сечению разрыва кладки.

2 Расчетные сопротивления срезу по перевязанному сечению R_{sq} отнесены только к площади сечения кирпича или камня (площади сечения нетто) за вычетом площади сечения вертикальных швов.

[СП 15.13330 таблица 12]

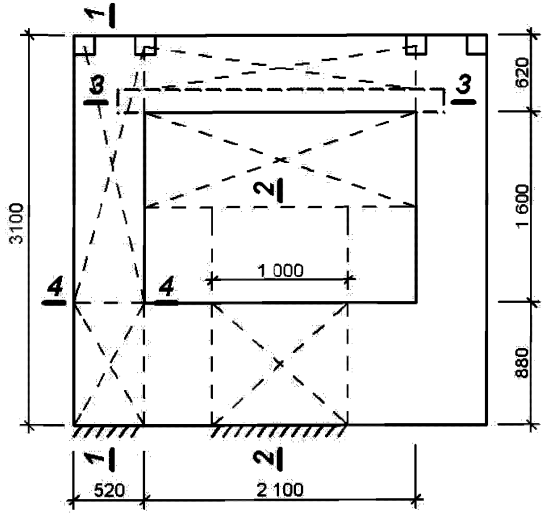
Б.4.4. Расчет ненесущей многослойной стены с оконным проемом

При расчете многослойных стен на ветровую нагрузку следует считать, что наружные слои (облицовочный кирпичный или штукатурный слои) передают всю нагрузку на внутренний слой. При этом условии упрощается расчетная схема передачи нагрузок.

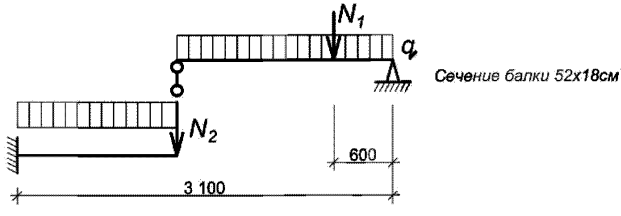
В расчете принята марка блока М100, марка раствора – М50 и более.

Расчет навесных стен с оконными проемами выполняется по схеме, в которой принята балочная разрезка стены (рис. Б.4.4):

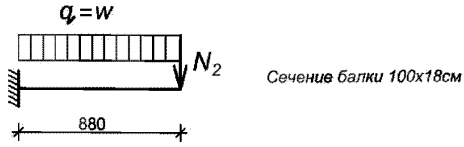
- консольные стены, примыкающие к оконному проему;
- однопролетные балки на двух опорах.



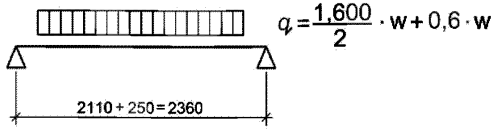
Расчетная схема 1-1



Расчетная схема 2-2



Расчетная схема 3-3



Расчетная схема 4-4

Рисунок Б.4.4 – Расчетные схемы по сечениям 1-1, 2-2, 3-3, 4-4

В расчетах принято, что фактическое напряжение в сечении не должно превышать как в пролете, так и на опоре значения

$$R = \frac{M}{W} \le R_{tb} = 0{,}12 \text{ МПа} * 0{,}7 = 0{,}084 \text{ МПа},$$

Где R_{tb}= 0,12 МПа для раствора М50 и более по неперевязанному сечению (СП 15.13330, табл. 11 k = 0,7 с учетом примечания п. 2); $W = \frac{bh^2}{6} = \frac{52 \cdot 23^2}{6} = 4584\ см^3$ для сечения 1-1; $W = \frac{100 \cdot 23^2}{6} = 8816\ см^3$ для сечения 2-2.

Примечание. Высота шва принята за вычетом 2 см (незаполненные швы по краям раствора).

Распределение ветровой нагрузки, действующей на оконный проем, происходит в вертикальном направлении за счет передачи нагрузки створками окон на верхнюю и нижнюю части оконной рамы.

Расчет следует начинать с сечения 3-3. Учитывая, что перемычки практически используют стальные (из-за трудности смонтировать сборные железобетонные), необходимо их рассчитывать на вертикальные (от собственного веса) и ветровые нагрузки.

Реакцию от ветровой нагрузки следует учесть при расчете по схеме 1-1, рис Б.4.4.

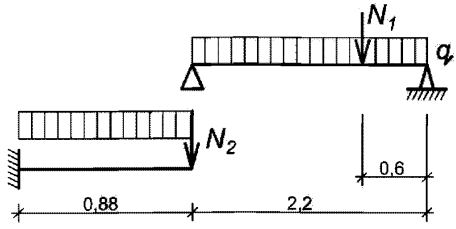


Рисунок Б.4.4 – Расчет участка стены по схеме 1-1

Сечение балки принято 52 × 23 см.

Ветровые нагрузки q = w · 0,52 = 47,3 · 0,52 = 24,59 кг/пог. м = 0,246 кПа.

Для определения численного значения сосредоточенной силы «N_1» необходимо выполнить сбор ветровых нагрузок, действующих на перемычку.

Сбор ветровых нагрузок, действующих на перемычку (схема 3-3, рис Б.4.4).

Нагрузка встровая, передаваемая от окна.

$$q_1 = \frac{1,6}{2} \cdot w = 0,8 \cdot 47,3 = 37,84 \text{ кг/п. м.}$$

Нагрузка на плоскость стены выше перемычки

$$q_2 = 0,6 \cdot w = 0,6 \cdot 47,3 = 28,38 \text{ кг/п. м.}$$

(принято 0,62 – 0,02 = 0,6, где 20 мм – зазор между стеной и перекрытием).

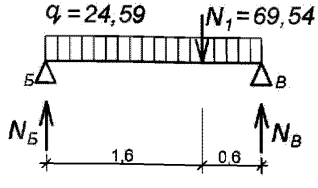
Суммарная нагрузка на 1 пог. м.

$$\Sigma q = q_1 + q_2 = 37,85 + 28,38 = 66,23 \text{ кг/м.}$$

Опорная реакция от данной нагрузки

$$N_1 = 66,23 \cdot \frac{2,1}{2} = 69,54 \text{ кг, где 2,1 размер окна.}$$

Подставляем N_1 в расчетную схему 1-1 в пролет Б-В.



Определяем опорные реакции $N_Б$ и $N_В$

$$N_В = \frac{69{,}54 \cdot 1{,}6}{2{,}2} = 50{,}57 \text{ кгс.}$$

$$N_Б = 69{,}54 - 50{,}57 = 19{,}17 \text{ кг.}$$

С учетом равномерно распределенной нагрузки $N_Б = 19{,}17 + 24{,}59 \cdot 1{,}1 = 43{,}76$ кг.

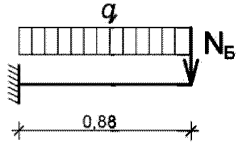


Рисунок Б.4.4 – Расчетная схема консоли схемы 1-1

$$N_Б = 43{,}76 \text{ кг,}$$

где $q = 47{,}3 \cdot 0{,}52 = 24{,}59$ кг/п. м.

Определяем расчетный момент на опоре

$$M_A = \frac{ql^2}{2} + N_Б \cdot 0{,}88 = \frac{24{,}59 \cdot 0{,}88^2}{2} + 43{,}76 \cdot 0{,}88 = 9{,}52 + 38{,}5 = 48{,}02 \text{ кг м} > 38{,}50 \text{ кг м.}$$

Допустимый момент

$$M_q = 0{,}84 \cdot 4584 = 38{,}50 \text{ кг м.}$$

где: $W = \frac{52 \cdot 23^2}{6} = 4584 \text{ см}^3$.

Удерживающий момент от собственного веса

Вес столба кладки сечением 0,52 × 0,25 м, плотностью D = 1800 кг/м^3.

$$0{,}52 \cdot 3{,}1 \cdot 0{,}25 \cdot 1{,}80 = 0{,}725 \text{ тс.}$$

Удерживающий момент от собственного веса

$$M = 725 \cdot 0{,}125 = 90{,}6 \text{ кг м.}$$

Суммарный удерживающий момент с учетом момента в заделке

$$\Sigma M = 90{,}6 + 38{,}5 = 129{,}12 \text{ кг м} > 48{,}02 \text{ кг м.}$$

Проверка сечения 4-4 балки на перерезывающую силу

Расчетное сечение – 52 × 23 см.

Перерезывающая сила $Q = N_Б = 43{,}76$ кгс.

По данным таблицы 11 СП 15.13330 расчетное сопротивление срезу раствора М50 и более составляет $R_{sq} = 0,16 \cdot 0,7 = 0,11$ МПа.

Площадь среза

$$A = 52 \cdot 23 = 1196 \text{ см}^2.$$

Несущая способность сечения на срез

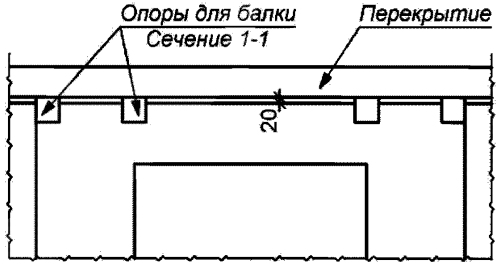
$$Q = R_{sq} \cdot A = 1,1 \cdot 1196 = 1351,6 > 43,76 \text{ кгс}.$$

Расчет верхней опоры для схемы нагрузки 1-1 Рис Б.4.4

Реакция на верхней опоре N_B с учетом равномерно распределяемой нагрузки $q = 24,59$ кг м составляет

$$N_B = 50,57 + 24,59 \cdot 1,1 = 77,56 \text{ кгс}.$$

Данная нагрузка будет восприниматься двумя опорами, установленными под перекрытием



Нагрузка, воспринимаемая одной опорой

$$\frac{N_B}{2} = \frac{77,56}{2} = 38,78 \text{ кгс}$$

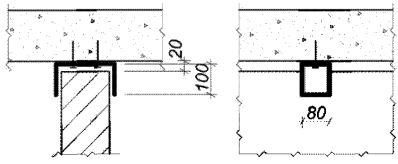
Несущая способность блока перпендикулярно плоскости стены 10 МПа.

Расчетное сопротивление блока на смятие

$$R_{см} = \frac{10}{2} = 5,0 \text{ МПа} = 50 \text{ кгс/см}^2.$$

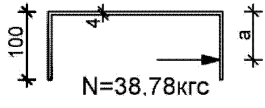
Требуемая площадь опорной части закладной детали (уголки, скобки)

$$A = 38,78 : 50 = 0,77 \text{ см}^2.$$



Конструктивно принимаем опорную часть швеллера 100 × 80 мм.

Проверяем несущую способность швеллера на изгиб от действия опорной реакции равной 38,78, кгс по следующей схеме



Момент $M = N \cdot a$, где $a = \frac{2}{3} 8{,}0 + 2 = 7{,}3$ см.

$$M = 38{,}78 \cdot 7{,}3 = 283 \text{ кг см.}$$

Момент сопротивления сечения при толщине швеллера 4 мм

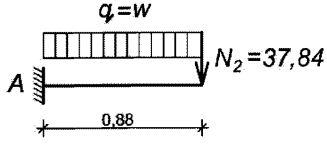
$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{8 \cdot 0{,}4^2}{6} = 0{,}21 \text{ см}^3.$$

Напряжение в сечении

$$R = \frac{M}{W} = \frac{283}{0{,}21} = 1347 \text{кгс/см}^2 < 2500 \text{ кгс/см}^2.$$

Принятое сечение швеллера достаточно при проверке его на изгиб.

Пример расчета схемы 2-2



Ветровая нагрузка для 1-го ветрового района на высоте 60 м.

$w = q$ = 0,473 кПа (47,3 кгс/м^2).

Момент в точке А

$$M_A = \frac{ql^2}{2} + N_2 \cdot l = \frac{47{,}3 \cdot 0{,}88^2}{2} + 37{,}84 \cdot 0{,}88 = 51{,}6\ кгм < 70{,}52 \text{ кг м},$$

где $N_2 = q\frac{1{,}6}{2} = 47{,}3 \cdot 0{,}8 = 37{,}84$ кгс.

Момент, воспринимаемый сечением кладки по раствору

$$M = R_{tb} \cdot W = 0{,}08 \cdot 8816 = 705{,}28 \text{ кг м},$$

где $R_{tb} = 0{,}12 \cdot 0{,}7 = 0{,}08$ МПа.

Следует выполнить расчет сечения по блоку.

Марка блока – М100.

Растяжение при изгибе R_{tb} = 0,25 МПа (по таблице 12 СП 15.13330);

$$M = R_{tb} \cdot W;$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{100 \cdot 23^2}{6} = 8816 \text{ см}^3.$$

$$M = 2{,}5 \cdot 8816 = 22040 \text{ кг см} = 220{,}4 \text{ кг м} > 64{,}8 \text{ кг м}.$$

Момент, воспринимаемый сечением по блоку, больше чем воспринимаемый раствором, следовательно, дополнительной проверки прочности по блоку не требуется.

Приложение В

Требования к огнестойкости стен, возводимых с применением кладочных силикатных изделий из модифицированного силикатобетона

Требования огнестойкости и пожарной безопасности к конструкциям стен и перегородок зданий, возводимых, в т.ч. с применением кладочных стеновых изделий, приведены в табл. 21 и 22 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и в табл. 4 и 5 СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

В данном приложении приведены значения пределов огнестойкости конструкций стен, перегородок и колонн, возводимых с применением кладочных стеновых изделий из модифицированного силикатобетона с пустотностью до 29% в зависимости от плотности и прочности стеновых изделий из модифицированного силикатобетона, толщины, пустотности, значений воздействующих нагрузок и эксцентриситета их приложения, вида и механических характеристик растворов для кладки, наличия или отсутствия защитной отделки (штукатурки).

Несущие конструкции кладки из кирпича, камня, блоков и перегородочных плит, изготовленных из модифицированного силикатобетона, должны быть запроектированы и возведены таким образом, чтобы они сохраняли несущую способность в течение соответствующей продолжительности воздействия пожара.

В Российской Федерации в соответствии с действующими нормативными документами пределы огнестойкости строительных конструкций характеризуются следующими основными видами предельных состояний:

- потеря несущей способности вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций (критерий R);

- потеря целостности в результате образования в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя (критерий E);

- потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных для данной конструкции значений (критерий I).

В зависимости от функционального назначения конструкций пределы огнестойкости конструкций могут оцениваться по следующим критериям:

- только по несущей способности критерий R;
- только по целостности критерий E;
- по целостности и теплоизолирующей способности критерии EI;
- по несущей способности, целостности и теплоизолирующей способности критерии REI.

Численные значения критериев оценки устанавливаются действующими строительными нормами (нормативные требования) или, в обоснованных случаях, определяются на основе данных, полученных путем расчетов динамики развития пожара, а также по результатам экспериментальных испытаний фрагментов конструкций с учетом эквивалентной продолжительности пожара.

В соответствии с действующими в Российской Федерации противопожарными требованиями строительные конструкции должны соответствовать определенным требованиям по огнестойкости и пожарной опасности.

Пожарная опасность строительных конструкций характеризуется классами пожарной опасности.

Класс пожарной опасности конструкций, возводимых из силикатных кладочных изделий (кирпича, камня, блоков и перегородочных плит) по критериям оценки ГОСТ 30403 соответствует К0.

Предел огнестойкости конструкций из силикатных кладочных изделий зависит:

- от формы пустот, процента пустотности, типа применяемых растворов;

- величины нагрузки и несущей способности стены, гибкости стены, эксцентриситета приложения нагрузки, плотности камня, конструкции стены, отделки поверхности.

Конструктивные требования к стенам, возведенным из кладочных силикатных изделий

1. При проектировании зданий перекрытия или покрытия должны использоваться для обеспечения устойчивости, если устойчивость стены не обеспечивается другими конструктивными элементами, например: контрфорсами или специальными связями.

2. Сопряжения между стенами и другими огнестойкими ограждающими элементами, должны быть запроектированы и выполнены так, чтобы была обеспечена требуемая огнестойкость стен.

3. При наличии противопожарной теплоизоляции требуется устройство подвижных стыков, в которых необходимо предусматривать материалы на минеральной основе с температурой плавления не менее 1000^0С. Любые соединения должны быть надежно уплотнены так, чтобы при подвижках стены они не влияли на огнестойкость. При использовании других материалов требуется проведение испытаний для подтверждения соответствия стыка критериям E и I.

Ниши и отверстия для прокладки коммуникаций

При проектировании зданий из кладочных силикатных изделий необходимо учитывать следующие требования для прокладки коммуникаций:

1. В ненесущих стенах на участках устройства вертикальных ниш и каналов остаточная толщина стены, включая отделку и штукатурку, повышающую огнестойкость кладки, должна составлять не менее 2/3 от требуемой минимальной толщины стены по противопожарным требованиям, но не менее 60 мм.

2. Горизонтальные и наклонные ниши и каналы в ненесущих стенах должны быть запроектированы и выполнены так, чтобы оставшаяся часть стены составила не менее 5/6 от минимальной толщины стены, включая отделку, проектируемую для повышения огнестойкости стены. Не допускается по противопожарным требованиям располагать горизонтальные и наклонные ниши и каналы в средней трети высоты стены. Их ширина не должна быть более удвоенной минимальной требуемой толщины стены включая отделку, выполняемую для повышения огнестойкости.

3. Толщина кладки h_F, обеспечивающая предел огнестойкости, может быть принята по таблицам В1÷В5 для конкретного типа стен с учетом действующих нагрузок, вида кладочного раствора и конструктивных особенностей камня.

Устройство огнезащитной облицовки

Некоторые типы наружных стен из пустотелых кладочных изделий, а также стен из облегченной кирпичной кладки с эффективным утеплителем, металлические конструкции и др. требуют повышения огнестойкости. Для повышения предела огнестойкости строительных конструкций широко используются силикатные кладочные изделия в виде облицовки конструктивных элементов.

Кирпичные облицовки применяют для защиты вертикально расположенных элементов стального каркаса (колонн, стоек).

Для устройства огнезащитной облицовки применяют кирпич и камни силикатные при соблюдении следующих требований:

- марка кирпича должна быть не ниже М75;

- марка цемент-песчаного раствора не ниже М50;

- устройство огнезащитной облицовки из пустотелого кирпича допускается при толщине кладки не менее 120 мм. Горизонтальные и вертикальные швы кладки огнезащитной облицовки следует тщательно заполнять раствором с последующей разделкой их с расшивкой снаружи. Толщина вертикальных швов не должна превышать 10 мм;

- при примыкании колонн к стенам для надежного соединения кирпичной кладки огнезащитной облицовки, а также для обеспечения герметизации между стеной и облицовкой в стенах устанавливают анкеры и арматуру кирпичной кладки приваривают к анкерам;

- горизонтальные и вертикальные швы в местах сопряжений кирпичной кладки с другими конструкциями должны полностью заполняться раствором с расшивкой швов заподлицо.

При возведении кирпичной кладки огнезащитной облицовки и при ее эксплуатации не допускается устройство в ней отверстий, борозд, ниш и крепления оборудования, не предусмотренных проектом. При огнезащитной облицовке

кирпичной кладкой не требуется дополнительных работ по оштукатуриванию. При необходимости вполнения отделочных штукатурных работ кирпичную кладку выполняют впустошовку с глубиной незаполненного шва с лицевой стороны не более 10 мм.

В таблицах В1÷В5 указаны требования к минимальной толщине и длине (табл. В4) несущих и ненесущих стен для различных пределов огнестойкости.

Использование табличных данных может применяться только для стен, соответствующих требованиям данного пособия как по типу стены, так и по ее функциональному назначению (ненесущие, несущие).

Толщина стен, указанная в таблице В1 для ненесущих кладок, т.е. для кладок, классифицируемых по предельным состояниям EI, применима только для стен, имеющих отношение высоты к толщине равное или менее 40 (9 см и более).

Таблица В1 – Минимальная толщина кладки ненесущих ограждающих стен, возводимых из силикатных изделий (целостность и теплоизолирующие свойства – EI)

Характеристика материалов: R_l, Н/мм^2 ρ, кг/м^3 ct, %		Пределы огнестойкости, $t_{fi,d}$, минуты						
		30	45	60	90	120	180	240
Раствор: цементно-песчаный $\rho = 600÷2400$								
		Минимальная толщина слоя стены, h_F, мм						
В1-1	Без штукатурки	70	70÷90	70÷90	100	100÷140	140÷170	140÷200
В1-2	Со штукатуркой	50	70	70	90	90÷140	140	170
Раствор: для тонкошовной кладки $\rho = 600÷2400$								
В1-1	Без штукатурки	70	70÷90	70÷90	100	100÷140	140÷170	140÷200
В1-2	Со штукатуркой	50	70	70	100	100÷140	140	170

Таблица В2 – Минимальная толщина кладки несущих ограждающих однослойных стен, возводимых из силикатных изделий (несущая и теплоизолирующая способность, целостность – REI)

Характеристика материалов: R_1, Н/мм^2 ρ, кг/м^3 ct, %		Пределы огнестойкости, $t_{fi,d}$, минуты						
		30	45	60	90	120	180	240
Раствор: цементно-песчаный $R_1 = 12÷75$, $\rho = 1700÷2400$								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
В2-1	$\alpha = 0,61÷1,0$ без штукатурки	Минимальная толщина слоя стены, h_F, мм						
		90	90	90	100	100÷170	170	140÷190
В2-2	$\alpha = 0,61÷1,0$ со штукатуркой	90	90	90	90÷100	100÷140	170	140÷190
В2-3	$\alpha \leq 0,6$ без штукатурки	90	90	90	100	100÷170	170	140÷190
В2-4	$\alpha \leq 0,6$ со штукатуркой	90	90	90	90÷100	100÷140	170	140÷190
Раствор для тонкошовной кладки $R_1 = 12÷15$, $\rho = 1700÷2400$								
В2-5	$\alpha = 0,61÷1,0$ без штукатурки	90	90	90	100	100÷170	170	140÷190
В2-6	$\alpha = 0,61÷1,0$ со штукатуркой	90	90	90	90÷100	100÷140	170	140÷190
В2-7	$\alpha' \leq 0,6$ без штукатурки	90	90	90	100	100÷10	170	140÷190
В2-8	$\alpha' \leq 0,6$ со штукатуркой	90	90	90	90÷100	100÷140	170	140÷190

Продолжение таблицы В2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Группа 1								
Раствор: цементно-песчаный $R_1 = 12 \div 75$, $\rho = 1400 \div 2400$								
В2-9	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	90÷100	90÷100	90÷100	100	140÷200	190÷240	190÷240
В2-10	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	90÷100	90÷100	90÷100	90÷100	140	170÷190	140
В2-11	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	90÷100	90÷100	90÷100	100	120÷40	170÷200	190÷200
В2-12	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	90÷100	90÷100	90÷100	100	100	140	140
Раствор для тонкошовной кладки $R_1 = 12 \div 75$, $\rho = 1400 \div 2400$								
В2-13	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	90÷100	90÷100	90÷100	100	140÷200	190÷240	190÷240
В2-14	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	90÷100	90÷100	90÷100	90÷100	140	170÷190	140
В2-15	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	90÷100	90÷100	90÷100	100	120÷40	170÷200	190÷200
В2-16	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	90÷100	90÷100	90÷100	100	100	140	140
Группа 2								
Раствор цементно-песчаный $R_1 = 6 \div 35$, $\rho = 700 \div 1600$								
В2-17	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	100	100	100	100÷140	200	240	-
В2-18	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	190	-
В2-19	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	100	100	100	100	140	200	-
В2-20	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	100	100	100	100	100	140	-
Раствор: для тонкошовной кладки $R_1 = 6 \div 35$, $\rho = 700 \div 1600$								
В2-21	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	100	100	100	100÷140	200	240	-
В2-22	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	190	-
В2-23	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	100	100	100	100	140	200	-
В2-24	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	100	100	100	100	100	140	-

Таблица В3 – Минимальная толщина кладки неограждающих несущих однослойных стен длиной более 1 м (l> 1м) (несущая способность– R)

Характеристика материалов: R_1, Н/мм^2 ρ, кг/м^3 ct, %		Пределы огнестойкости, $t_{fi,d}$, минуты						
		30	45	60	90	120	180	240
Раствор: цементно-песчаный $R_1 = 15 \div 75$, $\rho = 1700 \div 2400$								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Минимальная толщина слоя стены, h_F, мм						
В3-1	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	100	100	100	100÷140	200	240	-
В3-2	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	190	-
В3-3	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	100	100	100	100÷140	170	200	-
В3-4	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	170	-
Раствор для тонкошовной кладки $R_1 = 15 \div 75$, $\rho = 1700 \div 2400$								
В3-5	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	100	100	100	100÷140	200	240	-
В3-6	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	190	-
В3-7	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	100	100	100	100÷140	170	200	-
В3-8	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	170	-
Группа 1								
Раствор: цементно-песчаный $R_1 = 12 \div 75$, $\rho = 1400 \div 2400$								
В3-9	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	100	100	100	140	200	240	-
В3-10	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	190	-
В3-11	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	100	100	100	100÷140	170	200	-
В3-12	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	100	100	100	100	100	170	-
Раствор для тонкошовной кладки $R_1 = 12 \div 75$, $\rho = 1400 \div 2400$								
В3-13	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	100	100	100	100÷140	200	240	-
В3-14	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	190	-
В3-15	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	100	100	100	100÷140	170	200	-
В3-16	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	100	100	100	100	100	170	-

Продолжение таблицы В3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Группа 2								
Раствор: цементно-песчаный $R_1 = 6 \div 35$, $\rho = 700 \div 1600$								
В3-17	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	100	100	100	140	200	240	-
В3-18	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	200	-
В3-19	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	100	100	100	140	170	200	-
В3-20	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	100	100	100	100	100	170	-
Раствор для тонкошовной кладки $R_1 = 6 \div 35$, $\rho = 700 \div 1600$								
В3-21	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	100	100	100	140	200	240	-
В3-22	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	200	-
В3-21	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	100	100	100	140	170	200	-
В3-22	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	100	100	100	100	100	170	-

Таблица В4 – Минимальная длина неограждающих несущих однослойных стен длиной < 1,0 м по критерию несущей способности *R*

Характеристика материалов: R_1, Н/мм^2 ρ, кг/м^3 *ct*, %		Толщина стены (мм)	Пределы огнестойкости, *R*, минуты						
			30	45	60	90	120	180	240
Раствор: цементно-песчаный $R_1 = 6 \div 35$, $\rho = 700 \div 1600$									
В4-1	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	100	490	630	630	990	1000	1000	1000
В4-2	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой		365	490	490	730	990	-	-
В4-3	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	140	365	490	490	730	990	1000	1000
В4-4	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой		300	365	365	630	730	-	-
В4-5	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	150	365	490	490	730	990	1000	1000
В4-6	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой		300	365	365	630	730	-	-
В4-7	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	170	240	240	240	300	300	490	-
В4-8	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой		240	240	240	240	240	300	-
В4-9	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	200	240	240	240	300	300	490	-
В4-10	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой		240	240	240	240	240	300	-
В4-11	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	240	170	170	170	240	240	365	-
В4-12	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой		-	-	-	170	170	-	-
В4-13	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	300	170	170	170	170	170	300	-
В4-14	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой		-	-	-	-	-	200	-
В4-15	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	365	-	170	170	170	170	240	-
В4-16	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой		100	-	-	-	-	-	-
В4-17	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	100	365	490	490	730	1000	1000	-
В4-18	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой		300	365	365	615	990	-	-
В4-19	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатуркой	140	300	300	300	615	730	990	-
В4-20	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой		240	300	300	490	615	730	-
В4-21	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	150	300	300	300	615	730	990	-
В4-22	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой		240	300	300	490	615	730	-
В4-23	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатуркой	170	240	240	240	240	240	365	-
В4-24	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой		240	240	240	240	240	365	-

Продолжение таблицы В4

В4-25	$\alpha \le 0,6$ без штукатурки	200	240	240	240	240	240	365	-
В4-26	$\alpha \le 0,6$ со штукатуркой		240	240	240	240	240	365	-
В4-27	$\alpha \le 0,6$ без штукатуркой	240	170	170	170	170	170	300	-
В4-28	$\alpha \le 0,6$ со штукатуркой		-	-	-	-	-	-	-
В4-29	$\alpha \le 0,6$ без штукатурки	300	170	170	170	170	170	240	-
В4-30	$\alpha \le 0,6$ со штукатуркой		-	-	-	-	-	-	-
В4-31	$\alpha \le 0,6$ без штукатуркой	365	170	170	170	170	170	170	-
В4-32	$\alpha \le 0,6$ со штукатуркой		-	-	-	-	-	-	-

Таблица В5 – Минимальная толщина каждого слоя ограждающих несущих пустотелых стен при однослойном наружном слое (критерий: несущая и теплоизоляционная способность)

Характеристика материалов: R_1, Н/мм^2 ρ, кг/м^3 ct, %		Пределы огнестойкости, $t_{fi,d}$, минуты						
		30	45	60	90	120	180	240
Раствор: цементный, известковый, сложный, легкий и растворы для кладки на тонких швах $R_1 = 12÷35$, $\rho = 1700÷2400$								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
В5-1	$\alpha = 0,61÷1,0$ без штукатурки	Минимальная толщина слоя стены h_F, мм,						
		90	90	90	100	140÷170	170	190
В5-2	$\alpha = 0,61÷1,0$ со штукатуркой	90	90	90	90÷100	100÷140	170	190
В5-3	$\alpha \le 0,6$ без штукатурки	90	90	90	100	140÷170	170	190
В5-4	$\alpha \le 0,6$ со штукатуркой	90	90	90	90÷100	100÷140	170	190
Раствор: цементный, известковый, сложный, легкий и растворы для кладки на тонких швах $R_1 = 12÷35$, $\rho = 1700÷2400$								
В5-5	$\alpha = 0,61÷1,0$ без штукатурки	90	90	90	100	140÷170	170	190
В5-6	$\alpha = 0,61÷1,0$ со штукатуркой	90	90	90	90÷100	100÷140	170	190
В5-7	$\alpha \le 0,6$ без штукатурки	90	90	90	100	140÷170	170	190
В5-8	$\alpha \le 0,6$ со штукатуркой	90	90	90	90÷100	100÷140	170	190
Группа 1								
Раствор: цементный, известковый, сложный, легкий и растворы для кладок на тонких швах $R_1 = 8÷48$, $\rho = 1400÷2400$								
В5-9	$\alpha = 0,61÷1,0$ без штукатурки	90÷100	90÷100	90÷100	100	140÷200	190÷240	190÷240
В5-10	$\alpha = 0,61÷1,0$ со штукатуркой	90÷100	90÷100	90÷100	90÷100	140	170÷190	-
В5-11	$\alpha \le 0,6$ без штукатурки	90÷100	90÷100	90÷100	100	140	170÷200	190÷200
В5-12	$\alpha \le 0,6$ со штукатуркой	90÷100	90÷100	90÷100	100	100	140	-
Раствор: цементный, известковый, сложный, легкий и растворы для кладки на тонких швах $R_1 = 8÷48$, $\rho = 1400÷2400$								
В5-13	$\alpha = 0,61÷1,0$ без штукатурки	90÷100	90÷100	90÷100	100	140÷200	190÷240	190÷240
В5-14	$\alpha = 0,61÷1,0$ со штукатуркой	90÷100	90÷100	90÷100	90÷100	140	170÷190	-
В5-15	$\alpha \le 0,6$ без штукатурки	90÷100	90÷100	90÷100	100	120÷140	170÷200	190÷200
В5-16	$\alpha \le 0,6$ со штукатуркой	90÷100	90÷100	90÷100	100	100	140	-

Продолжение таблицы В5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Группа 2								
Раствор: цементный, известковый, сложный, легкий и растворы для кладки на тонких швах $R_1 = 6 \div 35$, $\rho = 700 \div 1000$								
В5-17	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	100	100	100	100	200	240	-
В5-18	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	190	-
В5-19	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	100	100	100	100	140	200	-
В5-20	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	100	100	100	100	100	140	-
Раствор: цементный, известковый, сложный, легкий и растворы для кладки на тонких швах $R_1 = 6 \div 35$, $\rho = 700 \div 1000$								
В5-21	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ без штукатурки	100	100	100	100	200	240	-
В5-22	$\alpha = 0{,}61 \div 1{,}0$ со штукатуркой	100	100	100	100	170	190	-
В5-23	$\alpha \le 0{,}6$ без штукатурки	100	100	100	100	140	200	-
В5-24	$\alpha \le 0{,}6$ со штукатуркой	100	100	100	100	100	140	-

Приложение Г

Теплотехнические требования к ограждающим конструкциям стен, возводимых с применением кладочных силикатных изделий из модифицированного силикатобетона

В данном приложении приведены основные характеристики, необходимые для расчета температурных полей типовых решений стыковых соединений ограждающих конструкций и теплопроводных включений – удельные потери теплоты ψ (Вт/(м ^{0}С) и χ (Вт/ ^{0}С).

В каждом подразделе приложения приводятся характеристики узлов при различном выборе стен из силикатного кирпича и блоков с изменениями параметров, влияющих на тепловые потери.

Представлены следующие группы узлов:

- сопряжения плит перекрытия со стенами (таблицы Г1-Г5);
- углы стен (таблица Г6);
- примыкания оконных блоков к стене (таблицы Г7-Г9);
- примыкание стен к фундаменту;
- сопряжения стен с совмещенным кровельным покрытием.

Каждый узел сопровождается описанием, перечислением основных параметров, влияющих на тепловые потери, и основных особенностей.

Сопряжение плит перекрытия со стеной

Для снижения тепловых потерь через стыки плиты требуется перфорация перекрытий и закладные несущие теплоизоляционные элементы или проводятся иные теплозащитные мероприятия. Для эффективности теплозащитных мероприятий важно, чтобы перфорация по расположению совпадала с расположением слоя наиболее эффективного утеплителя в стене. В противном случае происходит огибание тепловым потоком перфорации по материалам стены.

Современные требования по тепловой защите стеновых конструкций выполняются с применением эффективных теплоизоляционных материалов с низкой теплопроводностью. В таких конструкциях узлы без перфорации плиты

перекрытия и других теплозащитных элементов не применяются. Значения удельных потерь теплоты для таких узлов включены в таблицы, для сведения экспертов и научных работников.

Для сопряжений с плитой перекрытия минимальные температуры на внутренней поверхности стены зависят в первую очередь от толщины стены и наличия перфорации, или иных теплозащитных мероприятий. Как правило, промерзание узлов данного вида практически не происходит. Опасность промерзания возможна в трех случаях:

а) отсутствует перфорация плиты перекрытия или НТЭ;

б) общая толщина стены менее 300 мм;

в) расположение перфорации не совпадает со слоем утеплителя в конструкции стены.

В вышеперечисленных случаях промерзание может происходить, хотя и редко. В связи с этим необходимо проводить отдельную проверку перечисленных узлов.

В настоящем разделе предполагается, что плита перекрытия перфорируется в соответствии со схемой, приведенной на рисунке Г.1. Важными параметрами, характеризующими перфорацию, являются: отношение длины термовкладышей к расстоянию между ними *a/b*, в соответствии с обозначениями на рисунке Г.1, и толщина перфорируемого слоя или термовкладыша d_m. Далее отношение длины термовкладышей к расстоянию между ними приведено в безразмерном виде. Например, перфорация 3/1 обозначает, что $a/b = 3/1$.

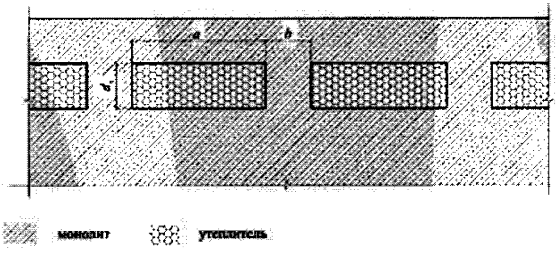


Рисунок Г1 – Схема перфорации плиты перекрытия

Удельный геометрический показатель сопряжения плиты перекрытия со стеной на практике колеблется в пределах от 0 до 0,6 м/м^2. Для предварительной оценки эффективности различных решений узла далее будет использоваться наиболее распространенная удельная протяженность 0,4 м/м^2 для кладок и трехслойных стен и 0,12 м/м^2 для вентилируемых и штукатурных фасадов.

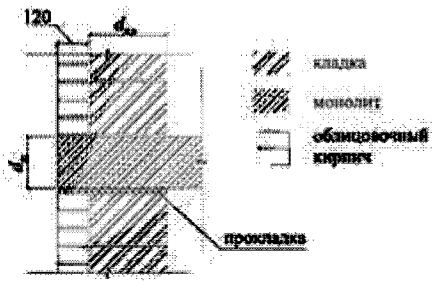
Кладка из силикатных блоков с облицовкой кирпичом

Параметры, влияющие на потери теплоты через узел:

- толщина кладки $d_{кл}$, мм;
- теплопроводность камня $\lambda_{кам}$, Вт/(м·°С);
- перфорация плиты перекрытия;
- эффективная толщина плиты перекрытия d_n, мм.

Толщина перфорации 160 мм.

Таблица Г1 – Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м ^{0}С), для узла сопряжения плиты перекрытия со стеной. Кладка из силикатных блоков с облицовкой кирпичом. Без перфорации



	$d_п$ = 160 мм				
	$\lambda_{кам}$ = 0,6	$\lambda_{кам}$ = 0,76	$\lambda_{кам}$ = 0,81	$\lambda_{кам}$ = 0,87	$\lambda_{кам}$ = 1,06
$d_{кл}$ = 200	0,270	0,170	0,140	0,105	0,020
$d_{кл}$ = 300	0,230	0,150	0,125	0,910	0,017
$d_{кл}$ = 500	0,180	0,120	0,093	0,071	0,014
	$d_п$= 210 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,370	0,260	0,230	0,165	0,085
$d_{кл}$ = 300	0,310	0,210	0,181	0,141	0,055
$d_{кл}$ = 500	0,240	0,165	0,140	0,110	0,031

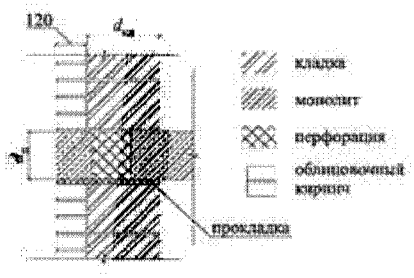
Примечания

1 Плита перекрытия без перфорации или иного теплозащитного мероприятия приводит к низким температурам на внутренней поверхности стены и неэффективным потерям тепловой энергии. Среди приведенных в таблице вариантов узла половина промерзает в типовых условиях.

2 Для рассмотренных вариантов узла максимально достижимое целевое сопротивление теплопередаче 2,5 м^2 ^{0}С/Вт.

3 В настоящей таблице приведен узел, который используют только в качестве базы интерполяции для расчета значений Ψ.

Таблица Г2 – Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м ^{0}С), для узла сопряжения плиты перекрытия со стеной. Кладка из силикатных блоков с облицовкой кирпичом. Перфорация 1/1



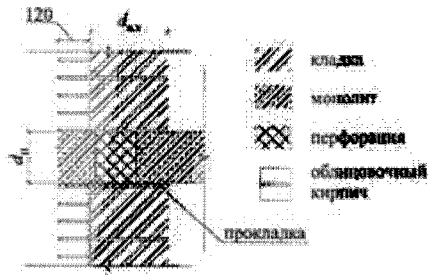
	$\lambda_{кам}$ = 0,6	$\lambda_{кам}$ = 0,76	$\lambda_{кам}$ = 0,81	$\lambda_{кам}$ = 0,87	$\lambda_{кам}$ = 1,06
	$d_п$ = 160 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,180	0,165	0,151	0,141	0,140
$d_{кл}$ = 300	0,170	0,150	0,145	0,135	0,120
$d_{кл}$ = 500	0,160	0,140	0,130	0,125	0,110
	$d_п$= 210 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,240	0,175	0,170	0,160	0,150
$d_{кл}$ = 300	0,210	0,170	0,160	0,150	0,130
$d_{кл}$ = 500	0,190	0,165	0,153	0,143	0,115

Примечания

1 Даже сравнительно небольшая перфорация плиты перекрытия, использованная в узлах, приводит к уменьшению удельных тепловых потерь через узел в среднем в 1,5 раза и практически исключает промерзание в стандартных условиях. Опасность промерзания сохраняется только для стен с толщиной кладки 200 мм и теплопроводностью камня 0,1 Вт/(м ^{0}С),

2 Для рассмотренных вариантов узла максимально достижимое в разумных конструкциях целевое сопротивление теплопередаче 2,9 м^2 ^{0}С/Вт.

Таблица Г3 – Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м ^{0}С), для узла сопряжения плиты перекрытия со стеной. Кладка из силикатных блоков с облицовкой кирпичом. Перфорация 3/1



	$\lambda_{кам}$ = 0,6	$\lambda_{кам}$ = 0,76	$\lambda_{кам}$=0,81	$\lambda_{кам}$ = 0,87	$\lambda_{кам}$ = 1,06
	$d_п$ = 160 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,091	0,026	0,024	0,017	0,010
$d_{кл}$ = 300	0,071	0,048	0,043	0,026	0,017
$d_{кл}$ = 500	0,049	0,059	0,051	0,047	0,021
	$d_п$ = 210 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,110	0,023	0,019	0,011	0,051
$d_{кл}$ = 300	0,074	0,049	0,047	0,029	0,025
$d_{кл}$ = 500	0,059	0,076	0,074	0,057	0,048

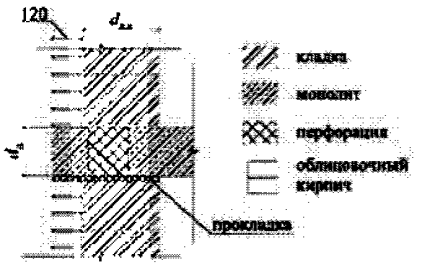
Примечания

1 Соотношение пустоты/бетонные перемычки 3/1 – типовое для современного строительства. Оно эффективней, чем соотношение пустот 1/1, примерно в 1,5 раза и позволяет достигать минимально допустимые значения приведенного сопротивления теплопередаче в большинстве практически важных случаев. Опасность промерзания практически отсутствует.

2 Выбранный тип перфорации вполне эффективен для стен с целевым сопротивлением теплопередаче до 3,0 м^2 ^{0}С/Вт. Максимально достижимое в разумных конструкциях целевое сопротивление теплопередаче 3,3 м$^2 \cdot$ °С/Вт.

3 Для перспективных энергоэффективных конструкций рассмотренное решение узла может оказаться недостаточным. Дальнейшие меры по снижению тепловых потерь через выбранный элемент могут заключаться в дальнейшем усилении перфорации или в увеличении толщины перфорируемого слоя, или в переходе к принципиально иным теплозащитным мероприятиям.

Таблица Г4 – Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м ^{0}С), для узла сопряжения плиты перекрытия со стеной. Кладка из силикатных блоков с облицовкой кирпичом. Перфорация 5/1



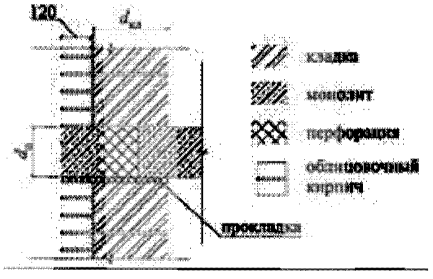
	$\lambda_{кам}$ = 0,6	$\lambda_{кам}$ =0,76	$\lambda_{кам}$=0,81	$\lambda_{кам}$ = 0,87	$\lambda_{кам}$ = 1,06
	$d_п$ = 160 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,071	0,011	0,009	0,007	0,005
$d_{кл}$ = 300	0,061	0,025	0,023	0,021	0,019
$d_{кл}$ = 500	0,025	0,052	0,049	0,045	0,041
	$d_п$ = 210 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,076	0,011	0,021	0,019	0,014
$d_{кл}$ = 300	0,047	0,026	0,024	0,023	0,019
$d_{кл}$ = 500	0,031	0,051	0,049	0,048	0,043

Примечания

1 Как видно из таблицы дальнейшее наращивание перфорации все слабее и слабее сказывается на удельных потерях теплоты. Рассмотренный уровень перфорации (5/1) вполне достаточен для эффективного обеспечения целевых сопротивлений теплопередаче.

2 Максимально достижимое в разумных конструкциях целевое сопротивление теплопередаче 3,5 м^2 ^{0}С/Вт.

Таблица Г5 –Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м ^{0}С), для узла сопряжения плиты перекрытия со стеной. Кладка из силикатных блоков с облицовкой кирпичом. Перфорация 3/1, толщина перфорации увеличена до 220 мм



	$\lambda_{кам}$ = 0,6	$\lambda_{кам}$= 0,76	$\lambda_{кам}$=0,81	$\lambda_{кам}$ = 0,87	$\lambda_{кам}$ = 1,06
	$d_ц$ = 160 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,025	0,013	0,011	0,009	0,004
$d_{кл}$ = 300	0,045	0,026	0,024	0,023	0,019
$d_{кл}$ = 500	0,063	0,049	0,047	0,045	0,041
	$d_п$= 210 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,025	0,013	0,011	0,090	0,050
$d_{кл}$ = 300	0,052	0,031	0,027	0,025	0,023
$d_{кл}$ = 500	0,081	0,054	0,050	0,048	0,043

Примечание. Увеличение толщины перфорируемого слоя оказывается менее эффективным, чем повышение уровня перфорации.

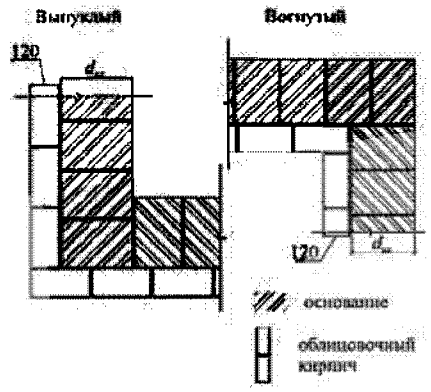
Кладка из силикатных блоков с облицовкой кирпичом

Параметры, влияющие на потери теплоты через узел:

– толщина кладки $d_{кл}$, мм;

– теплопроводность камня $\lambda_{кам}$, Вт/(м ^{0}С).

Таблица Г6 – Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м °С), для угла кладки



	$\lambda_{кам}$ = 0,6	$\lambda_{кам}$= 0,76	$\lambda_{кам}$=0,81	$\lambda_{кам}$ = 0,87	$\lambda_{кам}$ = 1,06
Выпуклый угол					
$d_{кл}$ = 200	0,225	0,269	0,271	0,301	0,325
$d_{кл}$ = 300	0,235	0,277	0,290	0,311	0,337
$d_{кл}$ = 500	0,249	0,291	0,311	0,324	0,351
Вогнутый угол					
$d_{кл}$ = 200	-0,661	-0,760	-0,790	-0,780	-0,850
$d_{кл}$ = 300	-0,663	-0,740	-0,770	-0,800	-0,870
$d_{кл}$ = 500	-0,666	-0,728	-0,750	-0,820	-0,890

Примечание. Из таблицы видно, что определяющее влияние на удельные потери теплоты через узел оказывает теплопроводность внутреннего слоя. Причем, удельные потери теплоты зависят от теплопроводности внутреннего слоя почти прямо пропорционально.

Кладка из силикатных блоков с облицовкой кирпичом

Параметры, влияющие на потери теплоты через узел:

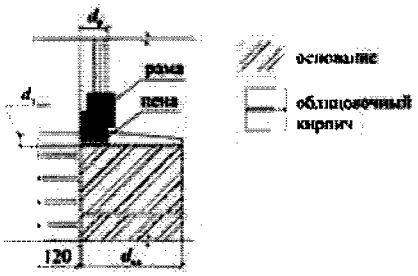
– толщина кладки $d_{кл}$, мм;

– теплопроводность камня $\lambda_{кам}$, Вт/(м ^{0}С);

– толщина рамы $d_р$, мм;

– наличие зуба при установке окна $d_з$, мм.

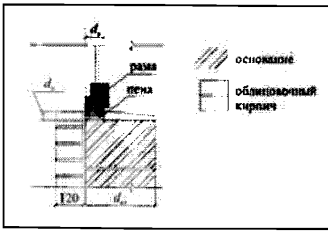
Таблица Г7 – Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м ^{0}С), для узла примыкания оконного блока к стене. Кладка из силикатных блоков с облицовкой кирпичом. Рама – 60 мм



	$\lambda_{кам}$ = 0,6	$\lambda_{кам}$= 0,76	$\lambda_{кам}$=0,81	$\lambda_{кам}$ = 0,87	$\lambda_{кам}$ = 1,06
$d_з$ = 0 мм					
$d_{кл}$ = 200	0,121	0,139	0,151	0,177	0,181
$d_{кл}$ = 300	0,171	0,181	0,189	0,201	0,202
$d_{кл}$ = 500	0,225	0,239	0,251	0,269	0,291
$d_з$ = 60 мм					
$d_{кл}$ = 200	0,091	0,117	0,223	0,127	0,149
$d_{кл}$ = 300	0,135	0,151	0,169	0,173	0,175
$d_{кл}$ = 500	0,207	0,225	0,231	0,239	0,245

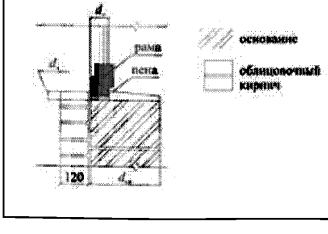
Примечание. Для выбранного вида стен влияние толщины рамы на удельные потери теплоты очень велико. Толщина рамы в 60 мм и менее не позволяет достичь высоких приведенных сопротивлений теплопередаче стены, кроме того, малая толщина рамы повышает вероятность промерзания узла. Для жилых домов большинства климатических зон РФ установка окон с такой рамой без дополнительного утепления узла примыкания к стене не допустима.

Таблица Г8 – Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м ^{0}С), для узла примыкания оконного блока к стене. Кладка из силикатных блоков с облицовкой кирпичом. Рама – 80 мм



	$\lambda_{кам}$ = 0,6	$\lambda_{кам}$= 0,76	$\lambda_{кам}$=0,81	$\lambda_{кам}$ = 0,87	$\lambda_{кам}$ = 1,06
	d_3 = 0 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,098	0,123	0,127	0,135	0,159
$d_{кл}$ = 300	0,143	0,170	0,175	0,180	0,212
$d_{кл}$ = 500	0,223	0,251	0,275	0,249	0,299
	d_3 = 60 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,079	0,105	0,112	0,123	0,151
$d_{кл}$ = 300	0,117	0,161	0,145	0,152	0,171
$d_{кл}$ = 500	0,181	0,212	0,217	0,225	0,243

Таблица Г9 – Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м ^{0}С), для узла примыкания оконного блока к стене. Кладка из силикатных блоков с облицовкой кирпичом. Рама – 120 мм



	$\lambda_{кам}$ = 0,6	$\lambda_{кам}$ = 0,76	$\lambda_{кам}$=0,81	$\lambda_{кам}$ = 0,87	$\lambda_{кам}$ = 1,06
	d_3 = 0 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,067	0,101	0,081	0,097	0,121
$d_{кл}$ = 300	0,103	0,126	0,141	0,147	0,163
$d_{кл}$ = 500	0,191	0,225	0,231	0,239	0,251
	d_3 = 60 мм				
$d_{кл}$ = 200	0,049	0,063	0,071	0,076	0,095
$d_{кл}$ = 300	0,077	0,105	0,112	0,117	0,181
$d_{кл}$ = 500	0,151	0,175	0,195	0,199	0,211

Приложение Г.1

Пример расчета сопротивления теплопередаче наружной стены

Г.1 Описание конструкции стены

Для примера расчета сопротивления теплопередаче выбрана наружная двухслойная несущая стена из силикатных блоков, изготовленная из модифицированного силикатобетона с облицовкой из керамического кирпича (разница теплотехнических характеристик между силикатным и керамическим кирпичом в лицевом слое не учитывается, так как она незначительна). Здание 6-этажное с несущими стенами возводится в г. Сочи.

Конструкция наружных стен включает:

- внутренняя штукатурка толщиной $d_{кл}$ = 20 мм, коэффициент теплопроводности λ = 0,93 вт/м ^{0}С;

- кладка из силикатных блоков $d_{кл}$ = 500 мм, коэффициент теплопроводности λ=0,76 вт/м °С;

- кладка из облицовочного керамического кирпича $d_{шт}$ = 120 мм, коэффициент теплопроводности λ = 0,50 вт/м °С;

- кладка возведена с уширенным швом (6,0 см) между облицовкой и основным слоем, заполнение керамзитовым гравием, коэффициент теплопроводности 0,11 вт/м °С.

Толщина кладки из крупноформатных блоков из модифицированного силикатобетона уточняется расчетом.

Необходимое сопротивление теплопередаче наружных стен принято равным $R_{тр}$ = 1,35 м^2 ^{0}С/вт в соответствии с требованиями по удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию раздела «Энергоэффективность» СП 50.13330 (для одного из районов Большого Сочи).

Г.2 Элементы конструкции стены

При проведении теплотехнических расчетов для стен из силикатных блоков требуется учитывать следующие элементы кладки:

- сопряжение кладки с плитами перекрытий или балконными плитами;

- стыки с оконными блоками;

- сопряжение с поперечными и продольными стенами и перегородками;

- примыкание к цокольному ограждению.

Плоский элемент 1 – кладка из силикатных блоков.

Линейный элемент 1:

- стык стены с плитой перекрытия – плита перекрытий толщиной 160 мм перфорированная (соотношение пустоты/бетонные перемычки 5/1).

Линейный элемент 2:

- стык стены с оконным блоком (рама толщиной 80 мм, кирпичная кладка выполнена с «зубом»).

Линейный элемент 3:

– выпуклые углы зданий.

Г.3 Геометрические характеристики элементов

Весь фасад здания, включая светопроемы, имеет общую площадь 2740 м^2. Фасад содержит следующие светопроемы: 2400х2000 мм – 60 шт., 1200×2000 мм – 60 шт., 1200×1200 мм – 204 шт. Суммарная площадь светопроемов – 611 м^2.

Площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции для расчета $R^{пр}_{o}$ составляет

$$A = 2740 - 611 = 2129 \text{ м}^2.$$

Суммарная протяженность торцов перекрытий на фасаде составляет 822 м. Удельная геометрическая характеристика равна:

$$l_1 = \frac{489}{2129} = 0{,}229 \text{ м}^{-1}.$$

Общая длина проекции оконного откоса определяется по экспликации оконных проемов и равна:

$$L_2 = (2\times 2{,}4 + 2\times 2{,}0)\times 60 + (2\times 1{,}2 + 2\times 2{,}0)\times 60 + (2\times 1{,}2 + 2\times 1{,}2)\times 20 = 1008 \text{ м}.$$

Длина проекции откосов, приходящаяся на 1 м^2 площади фрагмента, равна

$$l_2 = \frac{1008}{2129} = 0{,}473 \text{ м}^{-1}$$

Суммарная протяженность четырех выпуклых углов здания – 80 м. Удельная геометрическая характеристика равна

$$l_3 = \frac{80}{2129} = 0{,}038 \text{ м}^{-1}.$$

Г4 Расчет удельных потерь теплоты с учетом характеристик составляющих элементов

Удельные потери теплоты линейных элементов определяются по таблицам.

Для плоского элемента теплотехнические характеристики определяются по формулам СП 50.13330.

$$R_0^{усл} = \frac{1}{\lambda_{вп}} + \frac{\delta_ш}{\lambda_ш} + \frac{\delta_{ос}}{\lambda_{ос}} + \frac{\delta_{уш}}{\lambda_{кп}} + \frac{\delta_{лк}}{\lambda_к} + \frac{1}{\lambda_п} =$$

$$= \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}87} + \frac{0{,}5}{0{,}76} + \frac{0{,}06}{0{,}11} + \frac{0{,}12}{0{,}052} + \frac{1}{23} =$$

$$= 0{,}115 + 0{,}023 + 0{,}658 + 0{,}55 + 0{,}231 + 0{,}043 = 1{,}62 \frac{м^2 \cdot {}^0C}{вт}$$

$$U_1 = \frac{1}{R^{усл}} = \frac{1}{1{,}62} = 0{,}62 \frac{вт}{м^2 \cdot {}^0C}.$$

Удельные потери теплоты линейного элемента 1 принимаются по таблице Г1 данного Пособия. При толщине перекрытия 160 мм – ψ_1 = 0,121 вт/м^2 °С.

Удельные потери теплоты линейного элемента 2 принимаются по таблице Г7.

При толщине перекрытия 160 мм – ψ_1 = 0,209 вт/м^2 °С.

Удельные потери теплоты линейного элемента 3 принимаются по таблице Г6 данного Пособия. При толщине стены $d_{ст}$ =500 мм – ψ_2 = 0,291 вт/м^2 °С.

Таблица Г.5 – Расчет приведенного сопротивления теплопередаче стены

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	A =1 м^2/м^2	U_1 = 0,62 вт/(м^2 ^{0}C)	U_1a_1 = 0,62 вт/(м^2 ^{0}C)	78,0
Линейный элемент 1	l_1 = 0,229 м/м^2	ψ_1 = 0,052 вт/(м^2 ^{0}C)	ψ_1 l_1 = 0,012 вт/(м^2 ^{0}C)	5,4
Линейный элемент 2	l_2 = 0,478 м/м^2	ψ_2 =0 ,175 вт/(м^2 ^{0}C)	ψ_2 l_2 = 0,084 вт/(м^2 ^{0}C)	15,1
Линейный элемент 3	L_3 = 0,038 м/м^2	ψ_2 = 0,291 вт/(м^2 ^{0}C)	ψ_2 l_2 = 0,011 вт/(м^2 ^{0}C)	1,3
Итого			1/R^{пр} = 0,727 вт/(м^2 ^{0}C)	100

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции рассчитывается по формуле СП 50.13330.2012 :

$$R_0^{np} = \frac{1}{0{,}62 + 0{,}012 + 0{,}084 + 0{,}011} = 1{,}37 \frac{\text{м}^2 \cdot {}^0\text{C}}{\text{вт}}.$$

Сопротивление теплопередаче кладки стен из крупноформатных блоков из модифицированного силикатобетона для здания, возводимого в г. Сочи, обеспечено.

При строительстве жилых зданий в других регионах необходимо предусмотреть утепление наружных стен с использованием одной из систем наружной теплоизоляции – с воздушным зазором или с тонким штукатурным слоем. Расчет толщины утеплителя при применении наружных систем теплоизоляции следует выполнять по СП 230.1325800.

Применение кладки стен из силикатобетона без использования дополнительного утепления возможно для районов с теплыми климатическими условиями или для возведения производственных зданий, не требующих повышенной теплозащиты наружных стен.

Приложение Д

Защита от шума

Методика по определению индекса изоляции воздушного шума ограждающих конструкций, возведенных с применением кладочных изделий на основе модифицированного силикатобетона

Д.1 Нормирование звукоизоляции ограждающих конструкций, возведенных с применением кладочных изделий на основе модифицированного силикатобетона

Д.1.1 Нормируемыми параметрами звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, а также вспомогательных зданий производственных предприятий являются индексы изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями R_w, дБ (рассчитывается для стен и перегородок).

Д.1.2 Нормативные значения индексов изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями R_w для жилых и общественных зданий приведены в СП 51.13330 .

Д.2 Проектирование ограждающих конструкций, обеспечивающих нормативную звукоизоляцию

Д.2.1 Расчет индексов изоляции воздушного шума.

Индекс изоляции воздушного шума однослойными ограждающими конструкциями из силикатных материалов определяется по формулам:

$R_w = 13 \cdot lg\, m_э + 15$, дБ при $m_э < 200$ кг/м^2;

$R_w = 23 \cdot lg\, m_э - 8$, дБ при $m_э \geq 200$ кг/м^2.

Эквивалентная поверхностная плотность

$$m_э = K \cdot m, \text{ кг/м}^2,$$

где K – коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости поризованных (пустотелых) перегородок из силикатобетона с легкими заполнителями по отношению к конструкции из модифицированного силикатобетона с той же поверхностной плотностью определяют как произведение коэффициентов:

$$K = к1 \cdot к2,$$

где к1 – коэффициент, учитывающий увеличение изгибной жесткости за счет уменьшения плотности материала.

Для кладки стен из модифицированного силикатобетона:

$$\rho \geq 1700 \text{ кг/м}^3 \quad к1 = 1,0,$$

$$1500 \text{ кг/м}^3 < \rho < 1700 \text{ кг/м}^3 \quad к1 = 1,05,$$

к2 – коэффициент, учитывающий наличие пустот.

Для перегородок из полнотелых изделий и изделий с долей пустот до 20% к2 = 1,0, для перегородок из изделий с долей пустот 20% и более к2 = 1,15.

Поверхностная плотность материала или масса единицы поверхности ограждения

$$m = \rho \cdot h, \text{ кг/м}^2 \qquad (1),$$

где ρ – плотность материала, кг/м^3, h – толщина перегородки, м.

Таблица Д.1 – Расчетные индексы изоляции воздушного шума для кладки из блоков на основе модифицированного силикатобетона

Поверхностная плотность m, кг/м^2	Индекс изоляции воздушного шума R_w, дБ					
	Полнотелые изделия и пустотелые с долей пустот до 20%			Пустотелые изделия с долей пустот 20% и выше		
	ρ≤1500кг/м^3	1500<ρ<1700	ρ≥1700кг/м^3	ρ≤1500кг/м^3	1500<ρ<1700	ρ≥1700кг/м^3
100	42	41	41	42	42	42
150	44	44	43	45	44	44
200	46	45	45	47	47	46
250	48	48	47	49	49	49
300	50	49	49	51	51	50
350	51	51	51	53	52	52
400	53	52	52	54	54	53
450	54	54	53	55	55	54

Д.2.2 Методика определения индекса изоляции воздушного шума перегородок, проектируемых из кладочных изделий, изготавливаемых из модифицированного силикатобетона.

а) Определяем поверхностную плотность m для проектируемой толщины перегородки по формуле (1).

б) Определяем индекс изоляции воздушного шума R_w проектируемой перегородки по таблице Д.2 в зависимости от плотности материала и поверхностной плотности.

в) Ожидаемый индекс изоляции воздушного шума однослойной конструкции следует сравнить с нормативным индексом, определенным по таблице Д.1. Должно выполняться условие $R_{w,расч.} \geq R_{w,треб.}$ Если условие не выполняется, необходимо либо увеличить толщину перегородки, либо использовать изделия пустотелое изделие. Расчет повторяется вновь до тех пор, пока не будет соблюдаться указанное условие.

Д.3 Рекомендации по повышению звукоизоляции ограждающих конструкций, возводимых из кладочных изделий, изготавливаемых из модифицированного силикатобетона

Д.3.1 Применение двойного ограждения со связью по контуру

В зданиях плиты двойных ограждений связаны между собой через примыкающие к ним конструкции. Помимо прямой передачи звука через двойное ограждение важное значение для звукоизоляции такими конструкциями имеет распространение колебаний от одной плиты ограждения к другой через связь по контуру. Поскольку в зданиях плиты двойных ограждений связаны примыкающими к ним конструкциями, сколько-нибудь значительному повышению звукоизоляции при установке второй плиты препятствует косвенная передача шума, учет которой играет решающую роль при оценке фактической звукоизоляции двойным ограждением такого типа. Приближенный индекс изоляции воздушного шума двойным ограждением в жилых зданиях можно определять по формуле $R_w = R_{w1} + \Delta R_w$, где R_{w1} – индекс изоляции воздушного шума однослойным ограждением из силикатных изделий; $\Delta R_w \approx 8$ дБ. Звукоизоляционные качества двойных ограждений из разных плит выше, чем у ограждений из одинаковых плит. Если плиты изготовлены из одного материала, то оптимальными являются соотношения толщин плит 2–4. Однако наибольший звукоизоляционный эффект достигается при использовании плит равной толщины, но с различными жесткостями при изгибе. Подобные конструкции изготавливаются из материалов с

разными плотностями, что позволяет при неодинаковых толщинах получать одинаковые массы составляющих плит. Повышение звукоизоляции такими двойными ограждениями в области, где звукоизоляция определяется главным образом явлением волнового совпадения, связано с тем, что ограждения, составленные из разных плит, при одной частоте звука имеют различные углы совпадения, при которых происходит наибольшая передача звука. Поэтому при любом совпадении звуковой волны явление волнового совпадения может возникнуть только в одной из плит. Дополнительное повышение звукоизоляции двойным ограждением из плит одинаковой массы, но с различными цилиндрическими жесткостями, составляет около 10 дБ. Таким образом, тонкие плиты двойных ограждений, например, стекла, при общей толщине остекления до 10÷14 мм, следует изготовлять одинаковыми, а толстые плиты (двойные стены) – разными.

Д.3.2 Применение облицовки на относе

Для увеличения изоляции воздушного шума стеной или перегородкой, выполненной из блоков, плит перегородочных, кирпича, в ряде случаев целесообразно использовать дополнительную обшивку на относе. В качестве материала обшивки могут использоваться: гипсокартонные или гипсоволокнистые листы, твердые древесноволокнистые плиты и подобные листовые материалы, прикрепленные к стене с помощью специальных звукоизолирующих креплений, по деревянным рейкам, по линейным или точечным маякам из гипсового раствора. Применение эластичных креплений обеспечивает низкую резонансную частоту конструкции и, как следствие, приводит к высоким показателям звукоизоляции. Воздушный промежуток между стеной и обшивкой целесообразно выполнять толщиной 40–50 мм и заполнять мягким звукопоглощающим материалом (минераловатными или стекловолокнистыми плитами, матами и т.п.).

Д.3.3 Слоистые конструкции

Для повышения звукоизолирующей способности межквартирных стен, а также снижения их массы вместо однородных конструкций, состоящих из одного материала или из нескольких слоев разнородных материалов, жестко связанных между собой (например, оштукатуренная кирпичная стена и т.п.), применяются раздельные

слоистые конструкции, выполненные из отдельных слоев материалов, резко отличающихся по своим физическим свойствам. Многослойная конструкция, состоящая из листов разных материалов, между которыми находится воздушная полость. Возникающие вибрации затухают быстрее, чем в однородном материале. Звукоизоляционные свойства слоистой стеновой конструкции сравнительно небольшой плотности сопоставимы со свойствами монолитной стены.

gost.e-ecolog.ru