

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Анализ отечественного и передового зарубежного опыта по применению энергоэффективных многослойных наружных стен зданий, включая существующую нормативно-техническую базу, с систематизацией основных технических решений.....	4
1.1 Зарубежный опыт строительства и проектирования зданий с наружными стенами из облегченной кладки.....	4
1.2 История строительства и проектирования зданий с наружными стенами из облегченной кладки в России.....	26
2. Обобщение накопленного опыта проектирования, возведения и эксплуатации наружных многослойных каменных зданий повышенной этажности с систематизацией их основных дефектов и повреждений (в период эксплуатации) на основе анализа натурного обследования	76
2.1 Основные причины проявления массовых дефектов наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки.....	76
2.2. Дефекты утепляющего слоя	77
2.3. Дефекты узлов крепления слоев наружных стен	79
2.4. Опирающие на лицевой слой балконов	96
2.5. Массовое проявление дефектов наружных стен облегченных стен зданий, возводимых с конца 1990-х годов	96
2.6.Краткий анализ причин повреждений лицевого слоя стен зданий возводимых с конца 1990-х годов.....	107
3. Обобщение накопленного опыта применения гибких связей.	115
3.1.Рекомендуемые типы многослойных стен с гибкими связями.....	115
3.2.Опыт применения гибких связей. Требования по устройству гибких связей.....	116
3.3. Требования по устройству наружного (лицевого) слоя кладки.....	140
3.4.Требования по устройству горизонтальных и вертикальных деформационных швов в наружном (лицевом) слое кладки	149
3.5. Требования по устройству утепляющего слоя	151
3.6. Требования по производству работ в зимнее время	157
3.7. Требования по совместной работе слоев стен.....	158
Литература.....	159

1. Анализ отечественного и передового зарубежного опыта по применению энергоэффективных многослойных наружных стен зданий, включая существующую нормативно-техническую базу, с систематизацией основных технических решений

1.1. Зарубежный опыт строительства и проектирования зданий с наружными стенами из облегчённой кладки.

Многослойные стены применялись еще в Древних Греции и Риме. В новой истории первой страной, где стали применяться многослойные наружные стены из кирпичной кладки, называют Англию.

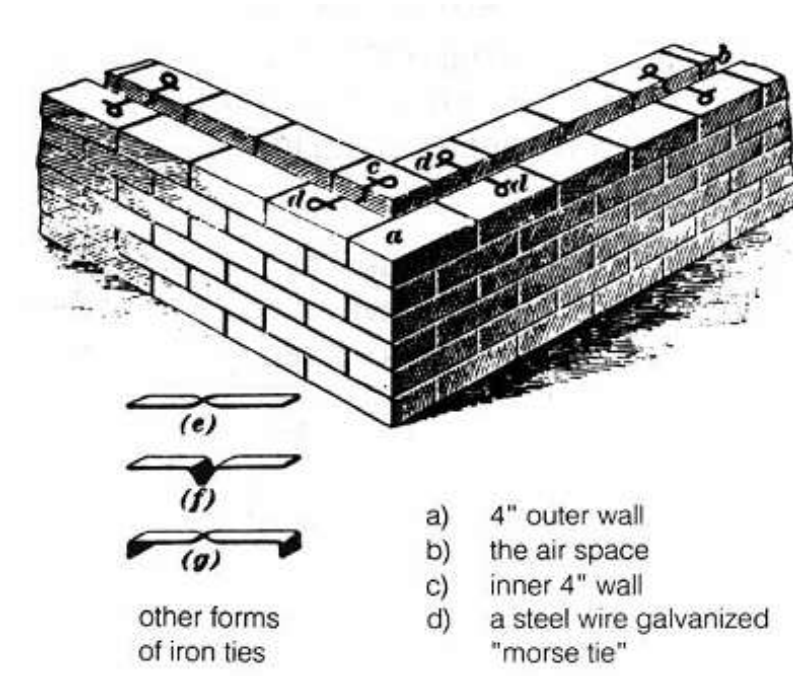
Там появление наружных стен с зазором между слоями кладки (cavity wall) относится к первой половине девятнадцатого века (1806 г.). Благодаря её относительно тёплым зимам наружные стены могли бы возводиться там достаточно тонкие. Однако, стены небольшой толщины не препятствуют проникновению сквозь них дождевых вод, особенно если дожди сопровождаются сильным ветром.

Первые конструкции стен состояли из двух слоев кладки, соединенных тычковыми кирпичами. Зазор между слоями составлял 6 дюймов (152 мм). Воздушная прослойка препятствовала проникновению влаги во внутренний слой стены и способствовала более быстрому высыханию кладки обоих слоев. Широкого применения такие стены в то время не получили.

Соединение слоев металлическими связями из кованного железа (wrought iron) стало осуществляться в Южной Англии лишь после 1850-го года. Забегая вперед, отметим, что использование связей из кованного железа, объединяющих слои стены, началось в России еще в 1828 году (стены Герарда). При этом воздушный прослойка заполнялся местными утеплителями в виде мха и т.п. (см. раздел 1.2).

В Соединенных Штатах Америки наружные стены из многослойной кладки стали применяться только в конце XIX века. В работе /1.1/ имеется ссылка на рисунок, позаимствованный из издания 1899 года /1.2/. На этом рисунке (рис. 1.1) изображена конструкция наружной стены из трехслойной кладки с соединением слоев гибкими связями из кованного железа. Вместе с тем, вплоть до 1937 года описанная выше конструкция стены не

была внесена в официальные нормативные документы США. В это время резко возросло применение в наружных стенах облегченной кладки.



- a) наружный слой из кирпичной кладки толщиной 4 дюйма (112 мм);
- b) воздушный зазор;
- c) внутренний слой из кирпичной кладки толщиной 4 дюйма (112 мм);
- d) гибкими связи из кованного железа.

Рис. 1.1.1. Трехслойная стена (cavity wall) из кирпичной кладки с металлическими связями, США, 1899 г. /1.1/

В первой половине XX века в качестве теплоизоляционного материала, помещаемого внутрь стены, стали использовать конский волос и пробку.

Если раньше облегченная кладка применялась в США только в несущих и самонесущих стенах в малоэтажных зданиях, то начиная с 1940-х годов появилось понимание среди проектировщиков в преимуществах облегченной кладки и для многоэтажных зданий.

Вместе с тем действительно широкому распространению в США облегченной кладки для наружных стен способствовало введенное в середине 1970-х годов эмбарго на

поставки нефти. Нефтяной кризис 1973 года (также известен под названием «нефтяное эмбарго») начался 17 октября 1973 года, когда ОПЕК, в которую входили все арабские страны-члены ОПЕК, а также Египет и Сирия, заявила в ходе Октябрьской войны, что она не будет поставлять нефть странам, поддержавшим Израиль в этом конфликте с Сирией и Египтом. Это касалось прежде всего США и их союзников в Западной Европе. В течение следующего года цена на нефть поднялась с трёх до двенадцати долларов за баррель. Следствием этого явилось ужесточение требований по энергосбережению.

Наиболее популярной стала конструкция наружной стены из трехслойной кладки с гибкими связями (рис. 1.3). Наружный слой выполнялся из кирпичной кладки толщиной 4 дюйма (102 мм), внутренний из пустотных бетонных блоков толщиной 8 дюймов (204 мм). Лицевой слой армируется горизонтальными сетками, укладываемыми с шагом не более 40 см.

В пространство между слоями кладки устанавливался эффективный утеплитель, при этом со стороны наружного слоя оставлялся воздушный зазор толщиной не менее 1,5 дюйма (38 мм). По низу стены выполнялась гидроизоляционная мембрана для отвода влаги, а в кладке лицевого слоя часть вертикальных швов не заполнялась раствором, обеспечивая вентиляцию и отвод накопившейся влаги (рис. 1.1.4.а, 1.1.4.б). При этом расстояние между незаполненными швами должно было быть не более 24 дюймов (61 см).

Стены могли выполняться несущими и самонесущими для зданий небольшой высоты и ненесущими для многоэтажных зданий. На рис. 1.2 в качестве примера показан семиэтажный дом с несущими стенами из трехслойной кладки с гибкими связями в Green Castle (Elmhurst, IL), США /1.2/.



Рис. 1.1.2. Семиэтажный дом в Green Castle (Elmhurst, IL), США с неущими наружными стенами с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных /1.2/.

Конструкция стены, аналогичная примененной на этом доме, приведена на рис. 1.1.3 /1.3/. Ветровая нагрузка в таких зданиях передается на горизонтальные обвязочные балки, передающие нагрузку, в свою очередь, на поперечные стены. Эти балки проходят в уровне низа плит перекрытия. Для их изготовления используются корытообразные бетонные блоки. Армирование балки неразрезное. После укладки арматуры полость в блоках заливается бетоном.

Сборные плиты перекрытия опираются на обвязочные балки через центрирующую прокладку, исключаящую передачу вертикальной нагрузки от плиты на стенки блоков и передающие ее непосредственно на монолитный бетон.

Нижний ряд бетонных блоков в уровне перекрытия каждого этажа анкерится к перекрытиям с помощью отдельных арматурных стержней, заводимых в вертикальные пустоты в блоках и затем заполненные раствором. К перекрытиям эти стержни крепятся путем заводки в вертикальные растворные швы между сборными плитами перекрытий (рис. 1.1.4.а, 1.1.4.б).

Плиты перекрытий могут опираться как на всю толщину внутреннего слоя кладки из бетонных блоков, так и только на ее внутреннюю часть. Здесь рассмотрены два варианта. В одном случае в уровне торца плит перекрытий устанавливается полнотельный бетонный блок толщиной ~10 см (рис. 1.1.4.б). В другом случае также устанавливается бетонный блок, но меньшей толщины (рис. 1.1.4.в). Пространство между блоком и торцом плиты перекрытия заливается раствором. При этом раствор заполняет также горизонтальные отверстия в плитах на глубину 5 см, образуя бетонные шпонки. Для ограничения глубины

проникания раствора и улучшения теплотехнических свойств в пустотах предварительно устраиваются пробки из полистирола.

Перемычки над оконными проемами выполняются из стальных уголков (рис. 1.4.2). Здесь также возможны два варианта. В первом случае стальной уголок устанавливается только в пределах лицевого слоя кладки из кирпича. Внутренний слой при этом устанавливается на неразрезную перевязочную балку или предварительно напряженную железобетонную перемишку. Во втором случае внутренний слой из бетонных блоков устанавливается на второй стальной уголок.

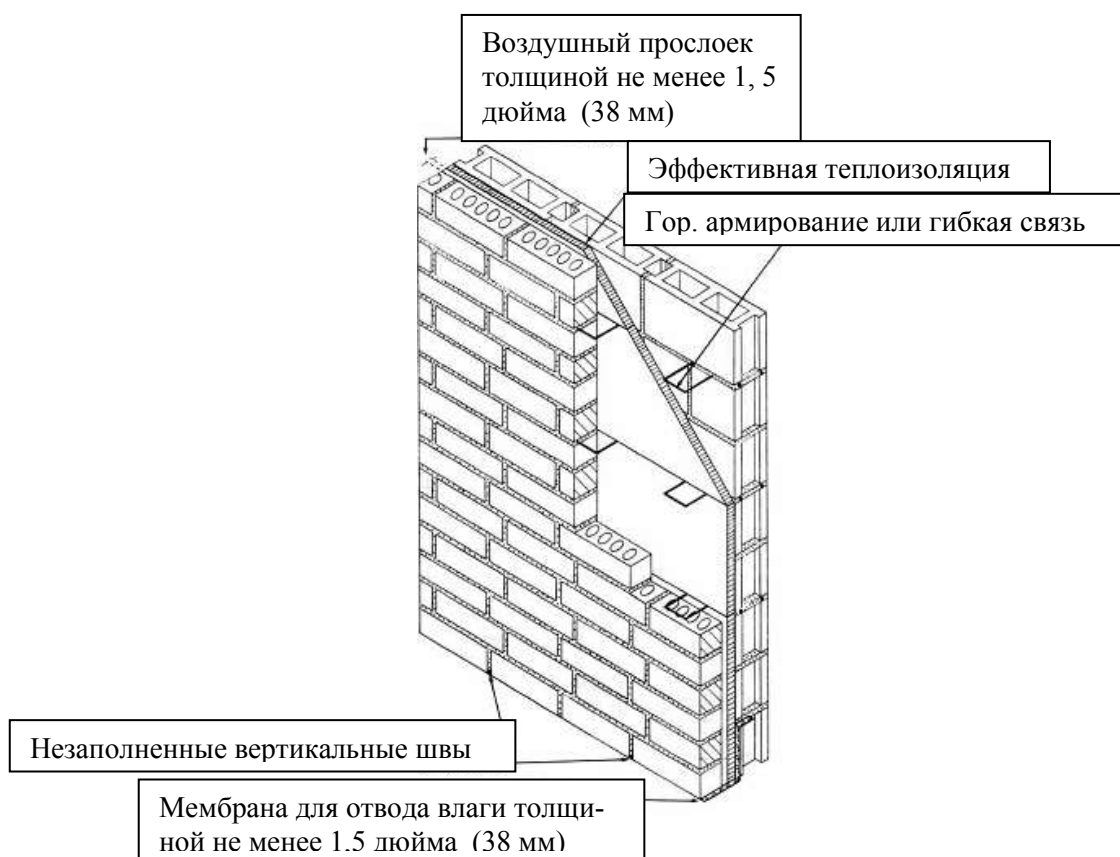


Рис. 1.1.3. Типичная конструкция наружной несущей или самонесущей стены с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных блоков для зданий небольшой высоты /1.3/.

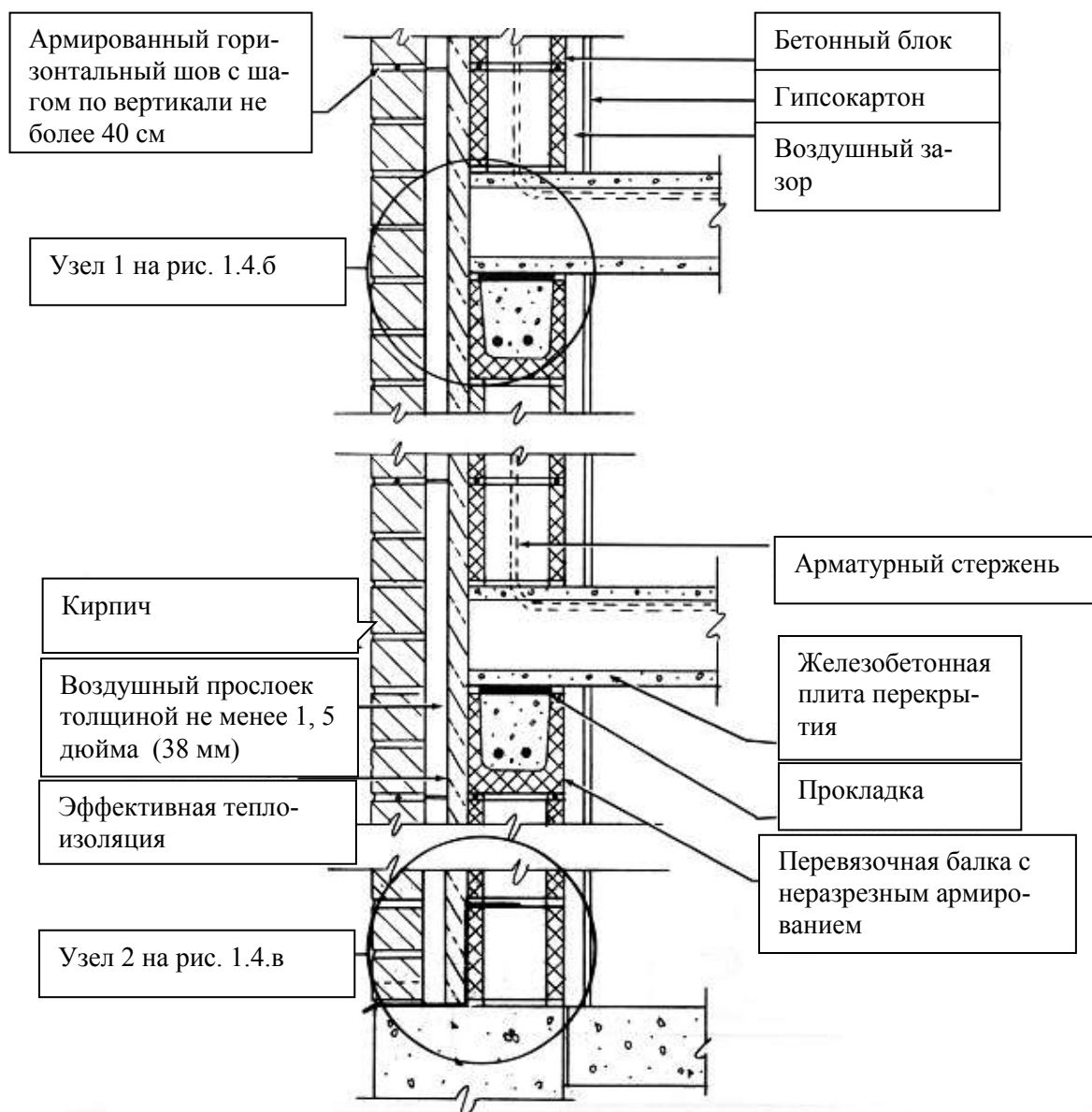


Рис. 1.1.4.а. Вертикальный разрез к наружной несущей стены с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных блоков для зданий небольшой высоты. /1.3/.

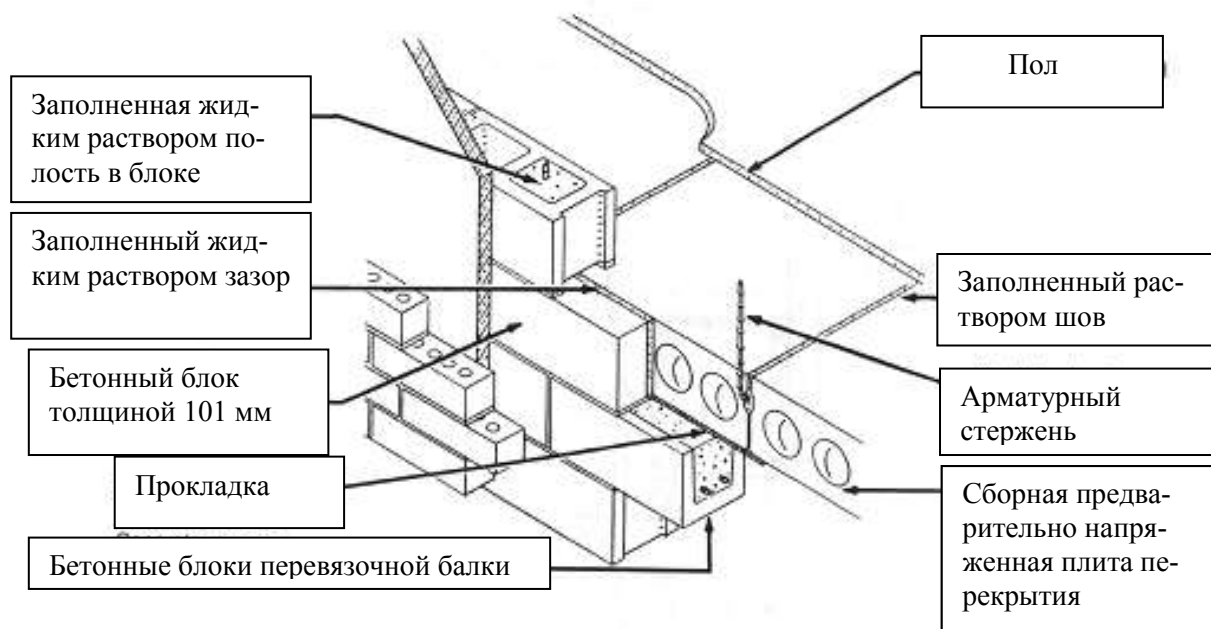


Рис. 1.1.4.б. Наружная несущая стена с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных блоков для зданий небольшой высоты. Узел сопряжения перекрытия со стеной. Вариант 1 /1.3/.

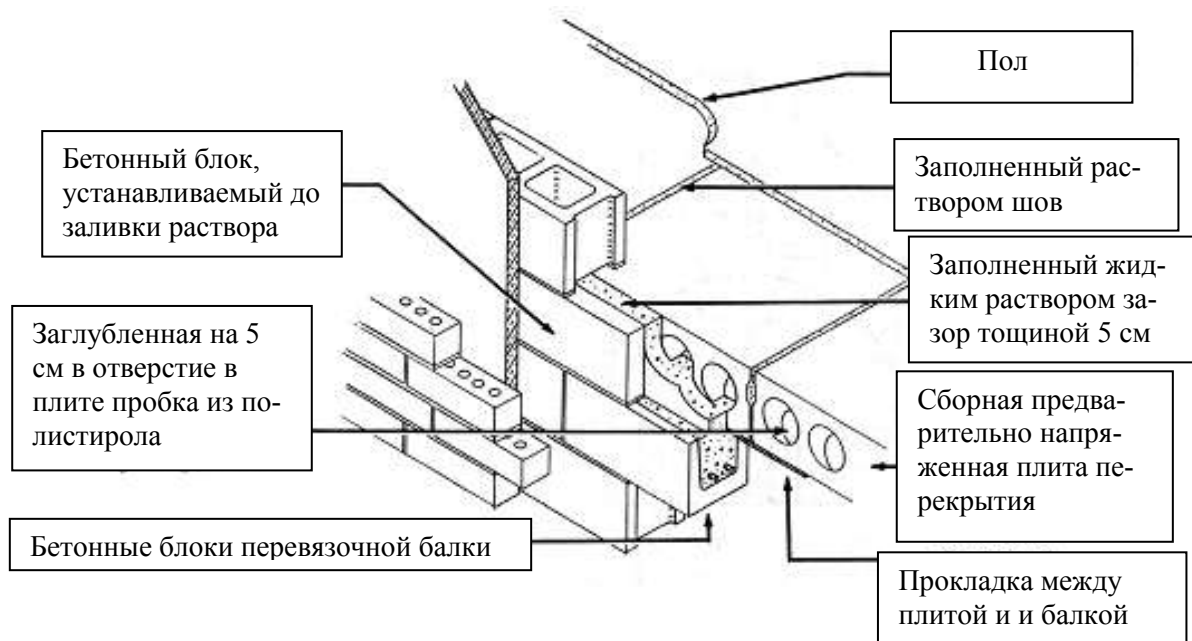


Рис. 1.1.4.в. Наружная несущая стена с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных блоков для зданий небольшой высоты. Узел сопряжения перекрытия со стеной. Вариант 2 /1.3/.

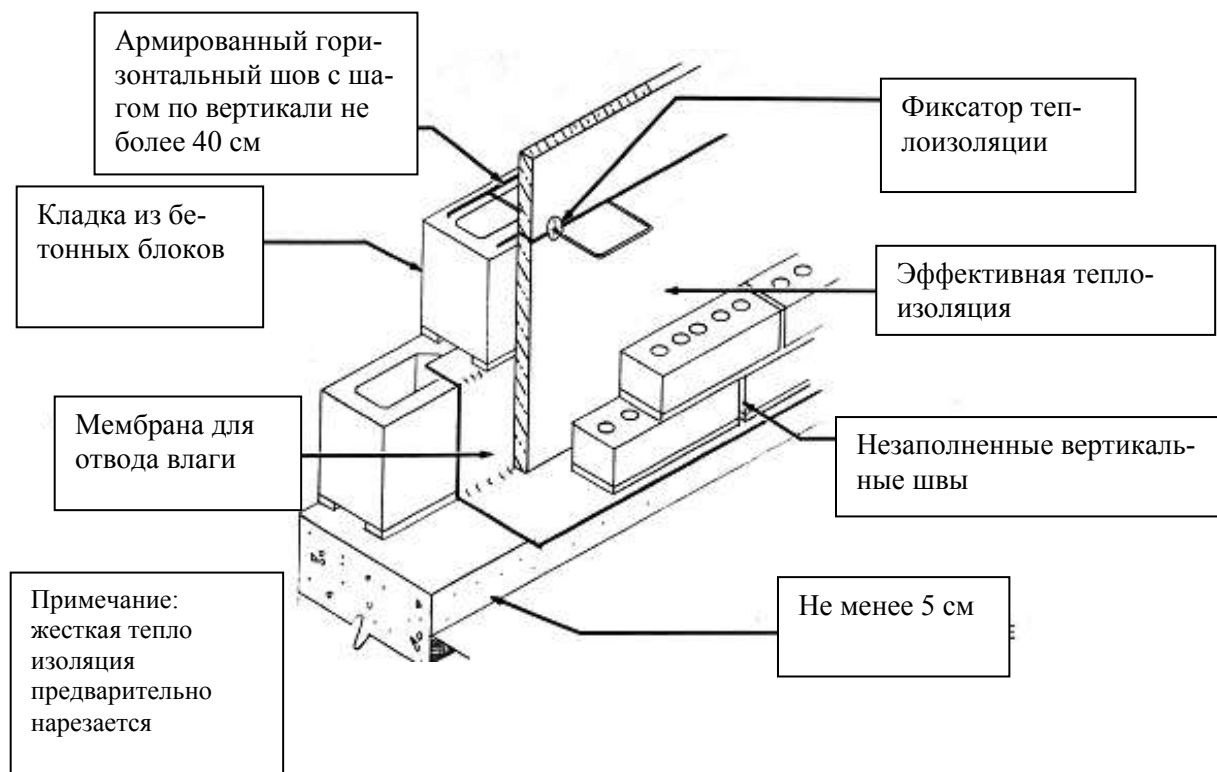


Рис. 1.1.4.г. Наружная несущая стена с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных блоков для зданий небольшой высоты. Нижняя часть стены /1.3/.

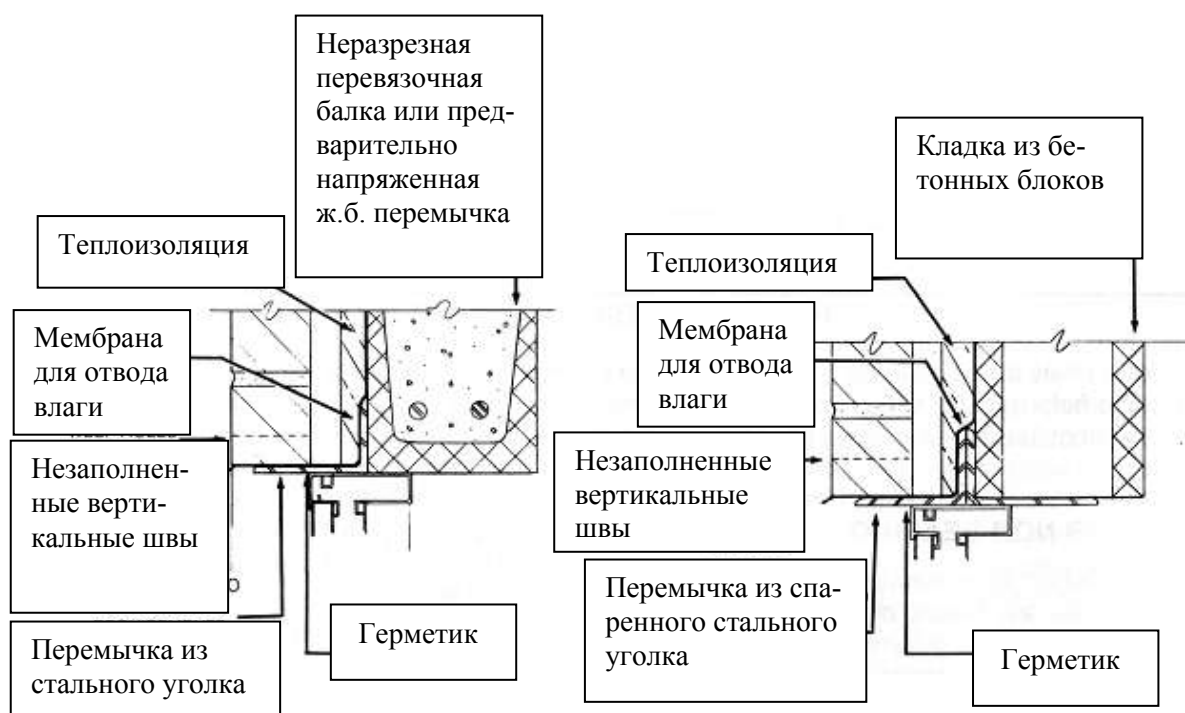


Рис. 1.1.4.д. Наружная несущая стена с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных блоков для зданий небольшой высоты. Надоконный узел. Варианты 1 и 2 /1.3/.

Для многоэтажных зданий конструкция наружных стен принципиально отличается. На рис. 1.1.5.а в качестве примера показан сорока девяти этажный дом с наружными стенами из трехслойной кладки с гибкими связями.



Рис. 1.1.5.а. Сорока девяти этажное здание с наружными стенами из трехслойной кладки с гибкими связями, построенное в Чикаго (США) /1.2/.

Существует два основных конструктивных решения таких стен, каждое из которых имеет свои преимущества и недостатки. При одном из решений опирание наружного лицевого слоя из кирпичной кладки производится на стальной уголок, в другом непосредственно на выступающий торец плиты перекрытия. На рис. 1.5.б изображена стена с опиранием лицевого слоя на стальной уголок. Узел стены в уровне перекрытия приведен на рис. 1.1.5.в.

Расстояние по вертикали между опорными уголками не должно превышать тридцати футов (9,1 м). Фактически можно говорить о том, что опирание лицевого слоя на стальные уголки можно производить через три этажа.

Помимо этого конструктивного ограничения должны быть проверены по несущей способности анкерные крепления уголка и выполняться следующие конструктивные требования.

При толщине лицевого слоя из кирпичной кладки $3\frac{5}{8}$ дюйма (92 мм) свес кирпича с уголка не должен превышать 0,5 дюйма (13 мм). Толщина торца плиты перекрытия, к которому крепится уголок, должна составлять не менее 8 дюймов (203 мм). При этом расстояние от нижнего края стальной закладной детали до низа плиты должно быть не менее 1,5 дюйма (38 мм). Расстояние от внутренней грани лицевого слоя до торца плиты перекрытия не должно превышать $2\frac{7}{8}$ дюйма (73 мм). Пояснения к вышесказанному приведены на рис. 1.1.5.б.

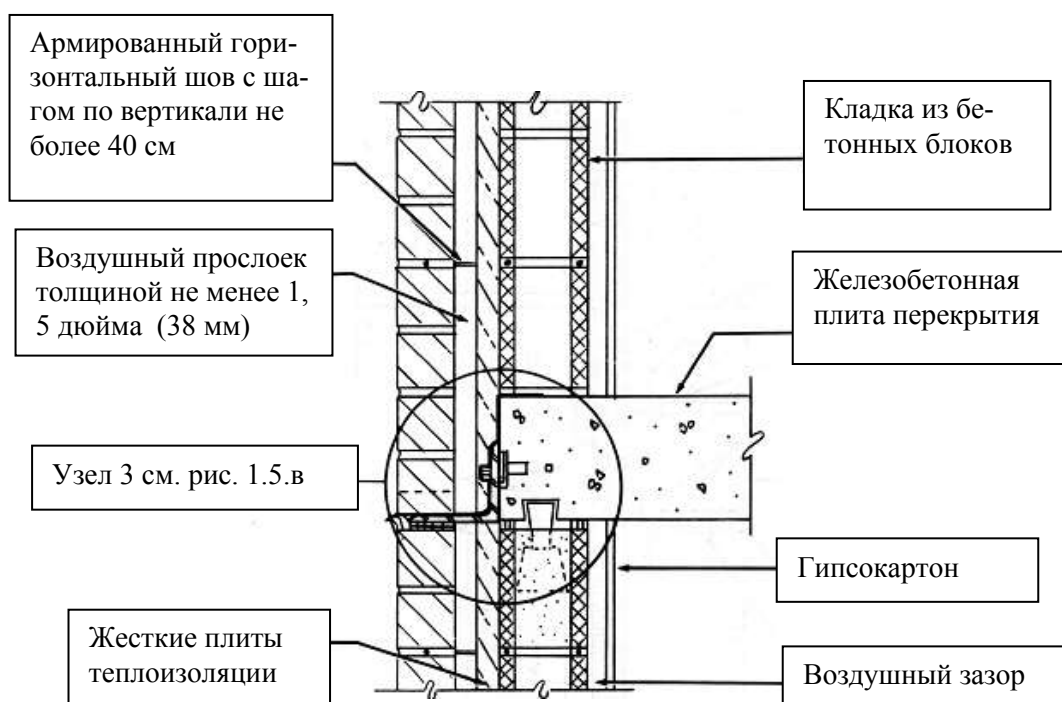


Рис. 1.1.5.б. Вертикальный разрез наружной несущей стены с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных блоков для многоэтажных зданий. Вариант с опиранием лицевого слоя на стальной уголок /1.3/.

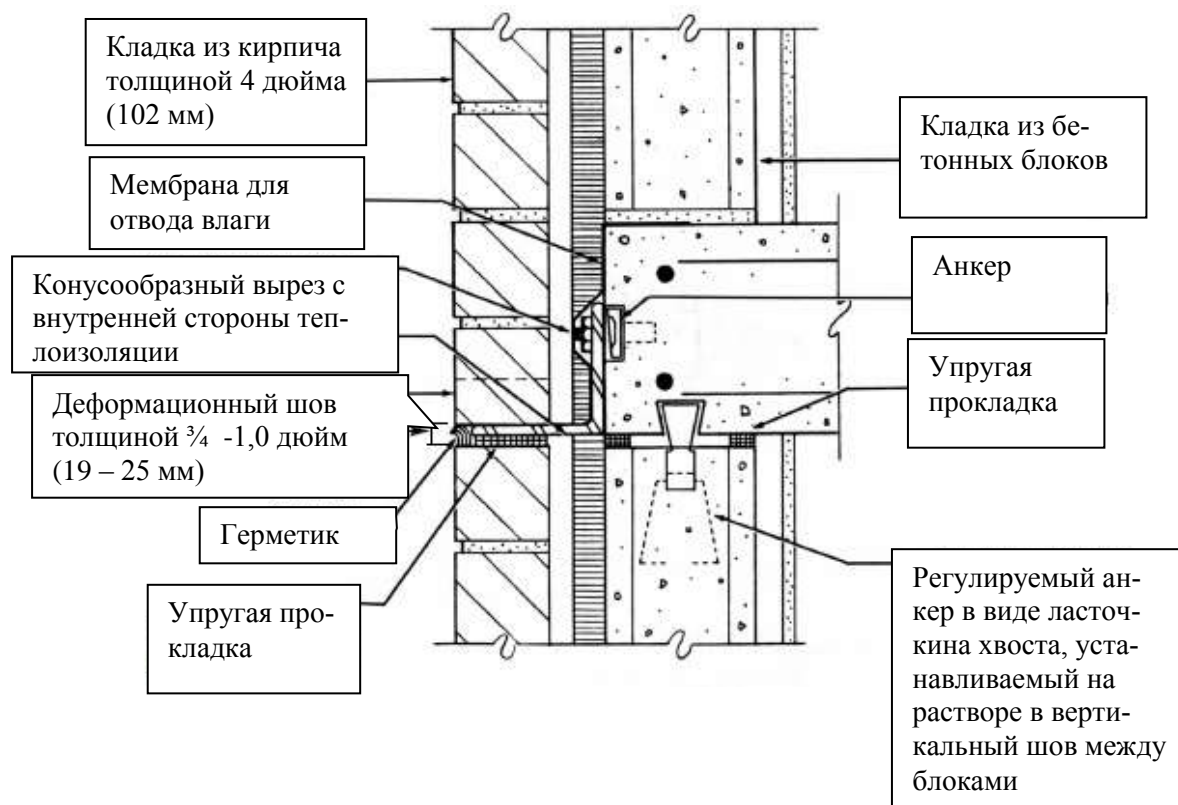


Рис. 1.1.5.в. Вертикальный разрез наружной несущей стены с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных блоков для многоэтажных зданий. Узел опирания лицевого слоя на стальной уголок /1.3/.

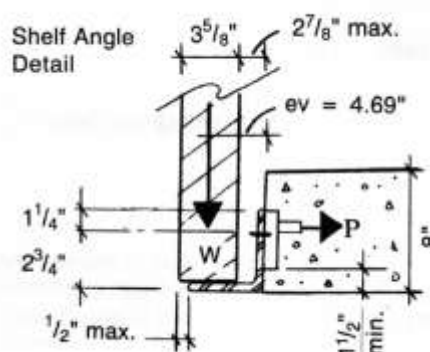


Рис. 1.1.5.г. Деталь опирания лицевого слоя на стальной уголок (к узлу 3) /1.3/.

Вариант стены с опиранием на железобетонную плиту перекрытия приведен на рис. 1.1.5.д.

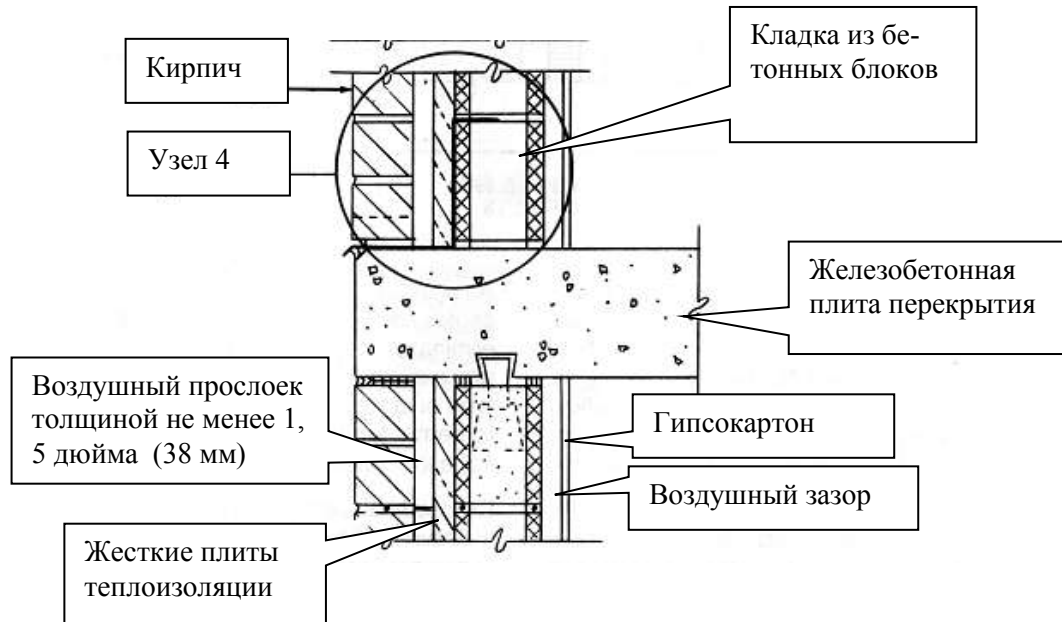


Рис. 1.1.5.д. Вертикальный разрез наружной несущей стены с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных блоков для многоэтажных зданий. Вариант с опиранием лицевого слоя на плиту перекрытия /1.3/.

Как и в случае несущих и самонесущих стен, описанных выше, лицевой слой кладки из кирпича армируется в горизонтальных швах с шагом по вертикали не более 40 см. При этом под и над плитой перекрытия арматура не укладывается.

Преимуществом варианта стены с опиранием на уголок является то, что стена в уровне перекрытия имеет лучшие теплотехнические характеристики по сравнению с вариантом опирания на плиту перекрытия. Но с другой стороны, вариант опирания на плиту перекрытия является более надежным.

Отметим, что в отечественной практике наибольшие дефекты наблюдались как раз в случае опирания лицевого слоя из кирпича на стальные уголки (подробнее об этом см. раздел 2).

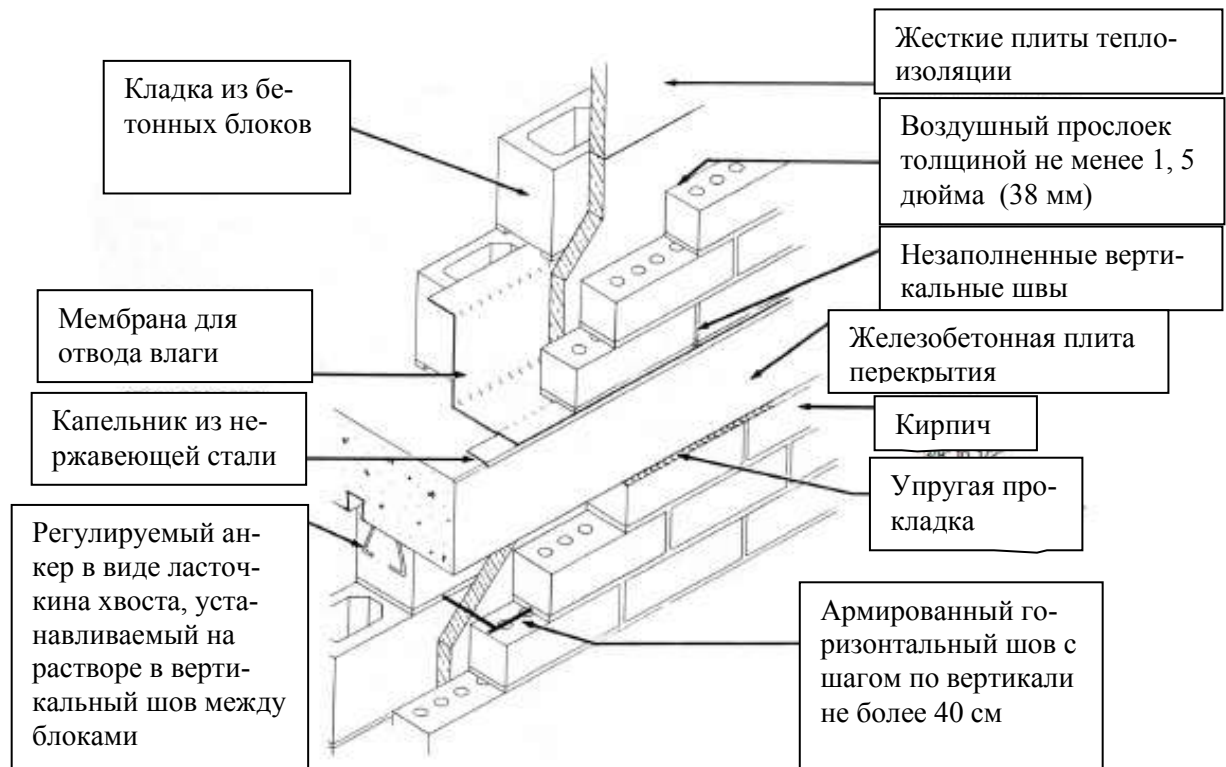


Рис. 1.1.5.е. Детали наружной несущей стены с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных блоков для многоэтажных зданий с опиранием лицевого слоя на плиту перекрытия (узел 4) /1.3/.

Достаточно широкое распространение в США получили стены с вертикальным и горизонтальным армированием (рис. 1.5.ж). Вертикальная арматура устанавливается в отверстия в бетонных блоках внутреннего слоя с последующим заполнением пустот раствором. Горизонтальное армирование расположено в растворных швах. Оно играет одновременно роль продольного армирования слоев кладки из кирпича и бетонных блоков и гибких связей между этими слоями.

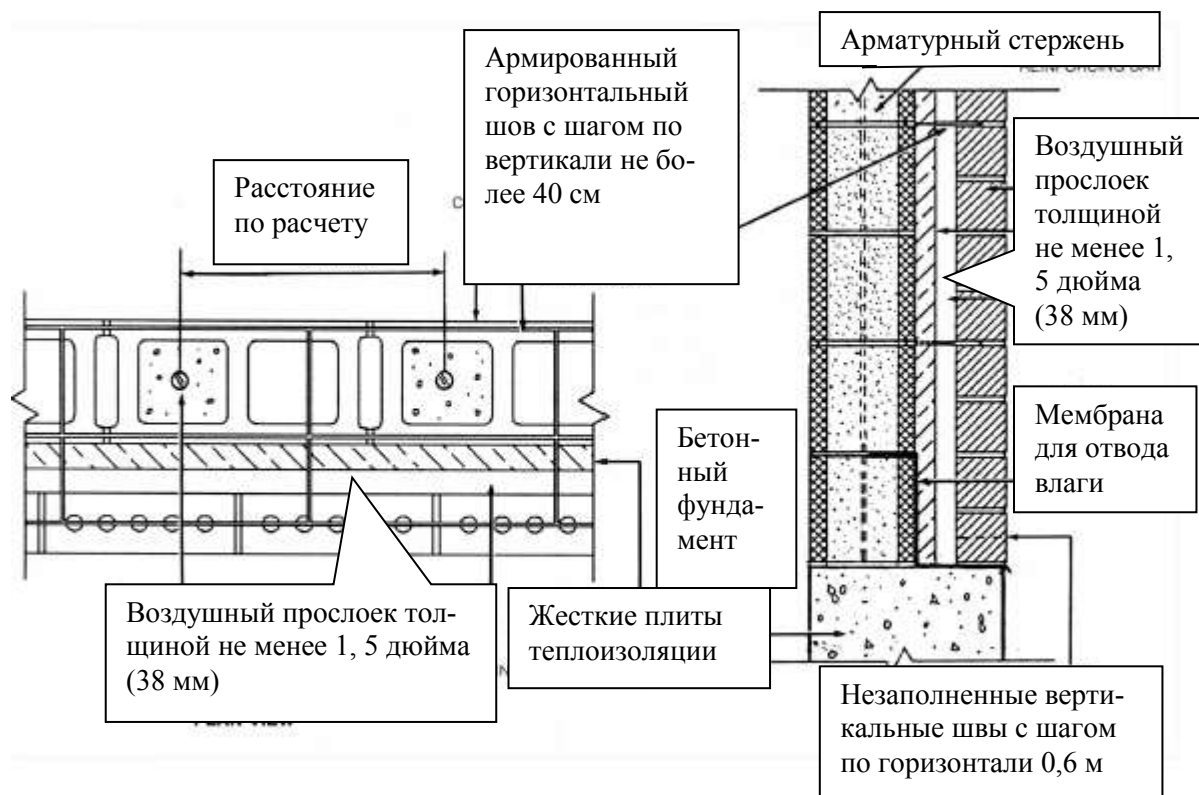


Рис. 1.1.5.ж. Детали наружной несущей стены с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях и внутренним слоем из бетонных блоков для многоэтажных зданий с вертикальным и горизонтальным армированием /1.3/.

Для всех описанных выше типов стен имеются общие конструктивные узлы и детали. Некоторые из них приведены ниже на рис. 1.1.6.а - 1.1.6.б.

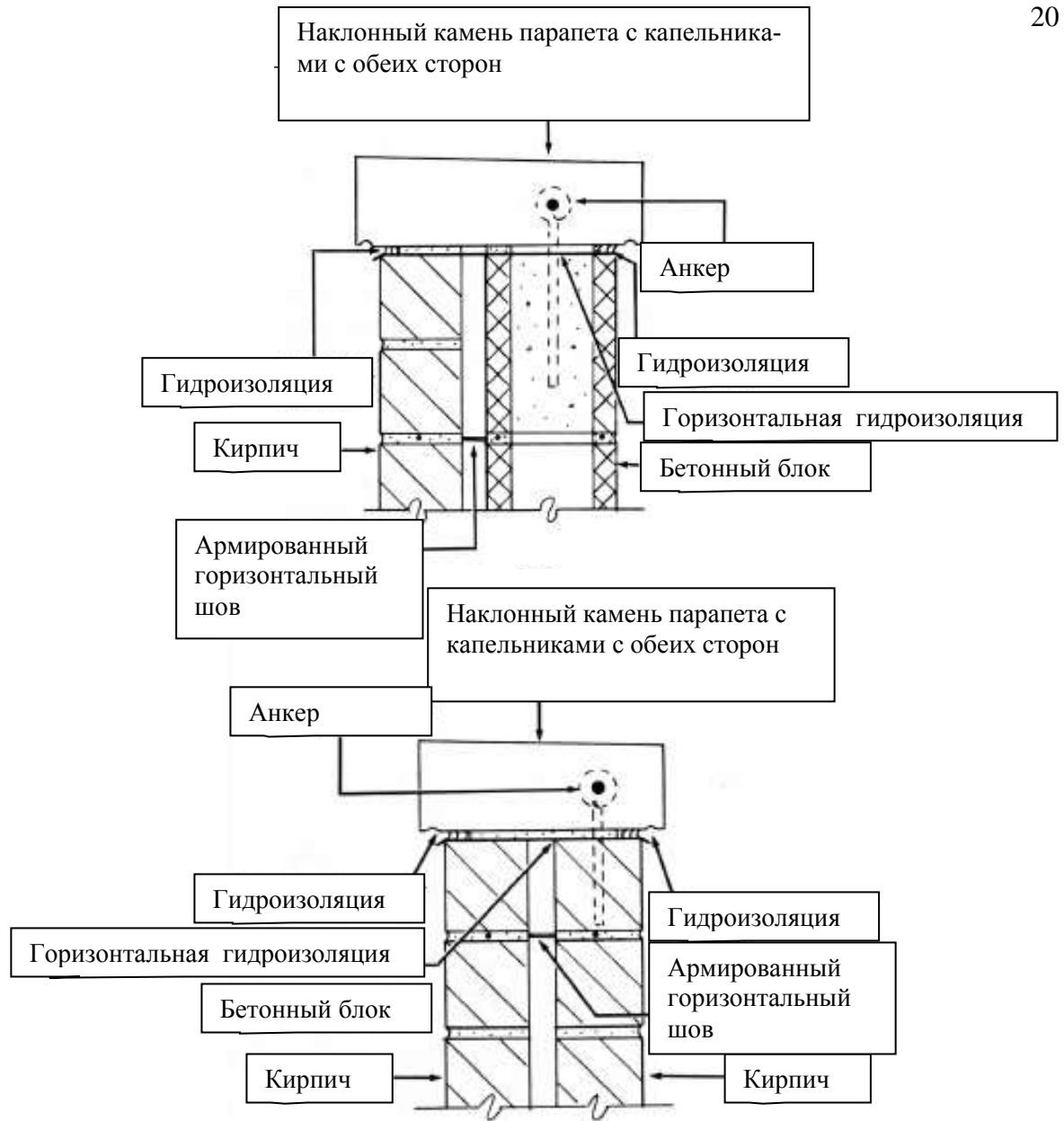
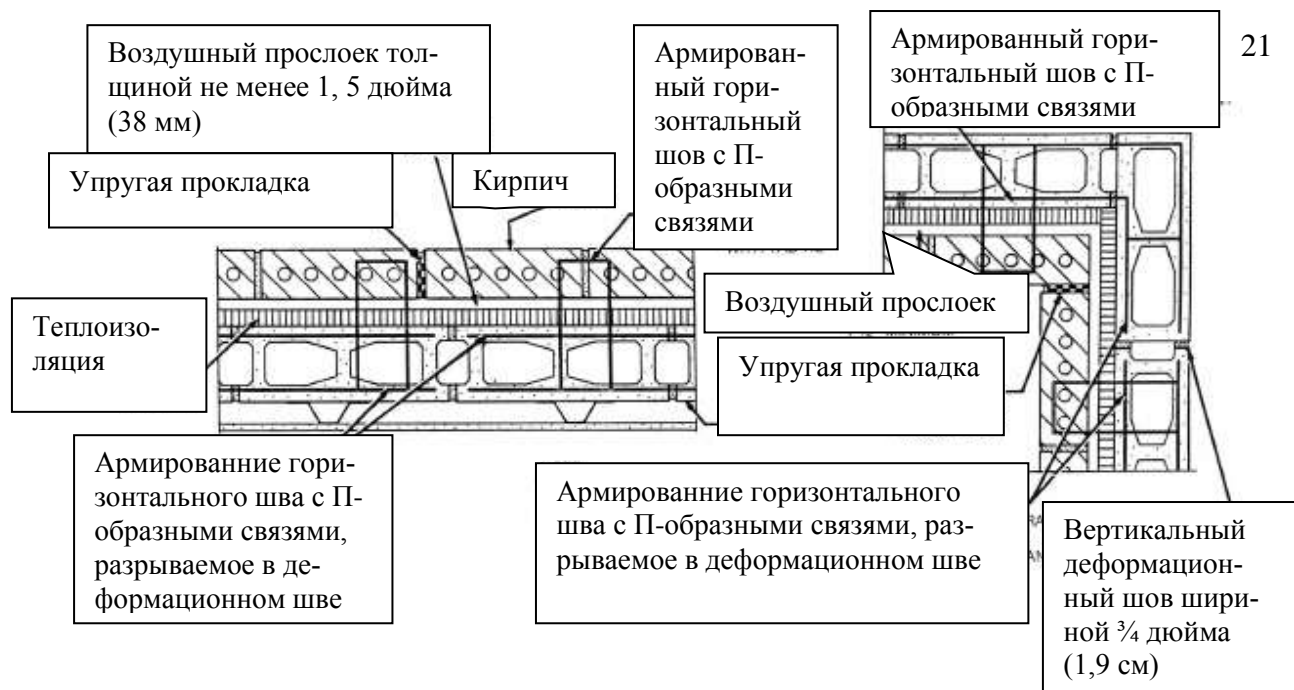


Рис. 1.1.6.а. Детали верха стены с парапетом /1.3/.

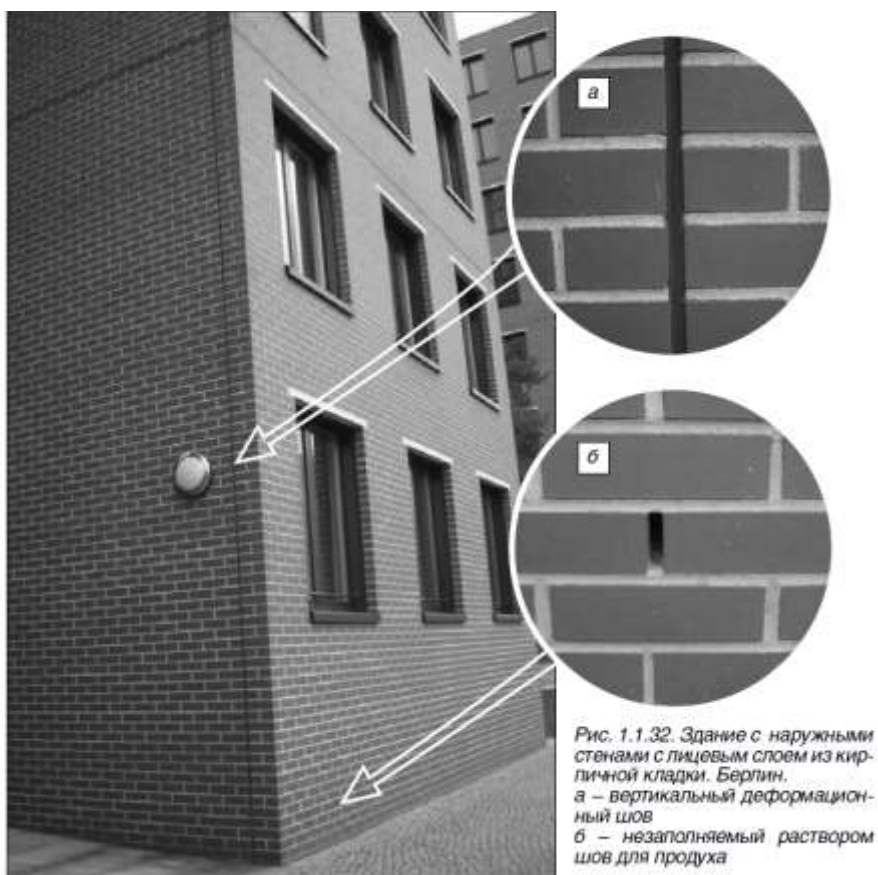


Примечание: деформационный шов во внутреннем слое стены обязателен только в случае кладки из бетонных блоков

Рис. 1.1.6.б. Детали стены с деформационными швами /1.3/.

В европейской практике, а также в ряде других стран, конструкции наружных стен из многослойной кладки с лицевым слоем из кирпича на гибких связях во многом совпадают с описанными выше применительно к северным районам США.

Большое значение при проектировании уделяется устройству горизонтальных и вертикальных деформационных швов. Ниже приведены примеры таких наружных стен см. рис. 1.1.7-1.1.12.



/1.24/



Рис.1.1.8 а, б. Здания из монолитного железобетона с наружными стенами из облегченной кладки, устанавливаемыми на перекрытие. Турция 1998 г.

а- из керамических камней с горизонтальными пустотами

б- из ячеисто-бетонных камней /1.24/

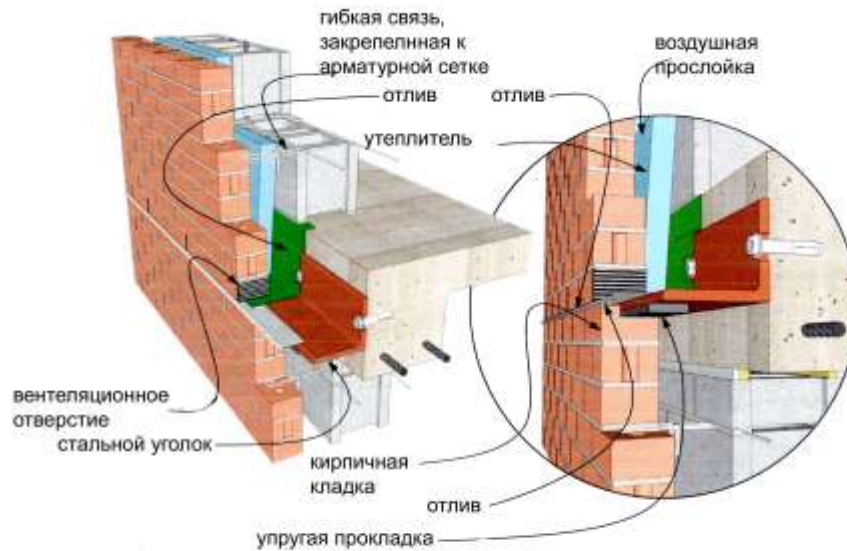


Рис. 1.1.9. Типичная конструкция трехслойной стены с поэтажной разрезкой

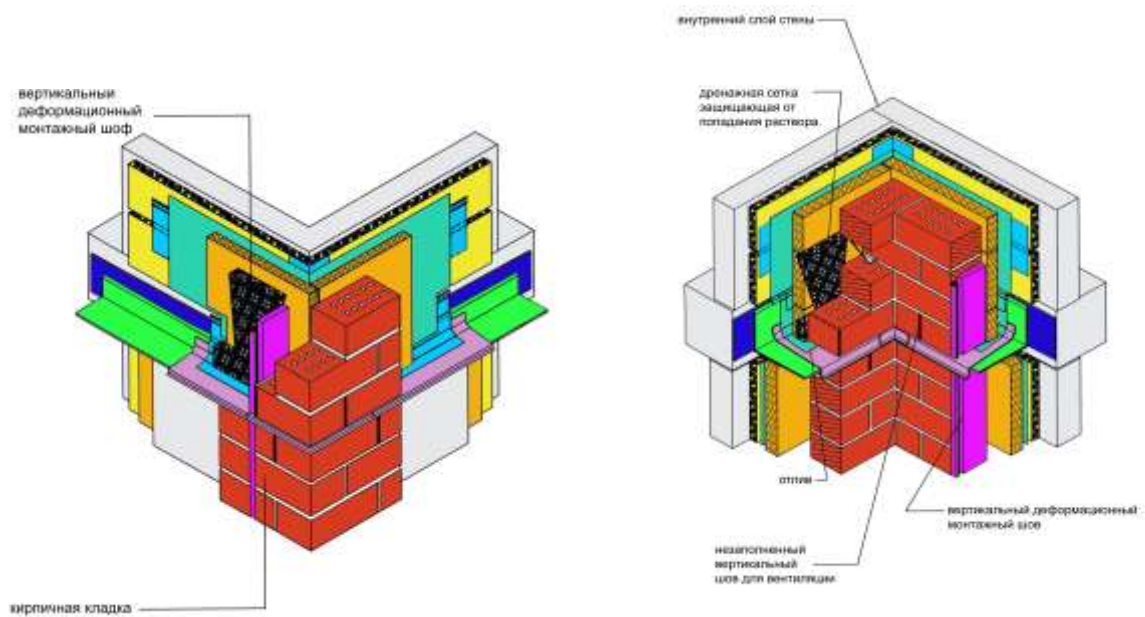


Рис. 1.1.10. Техническое решение конструкции трехслойной стены на внешнем углу

Рис. 1.1.11. Техническое решение конструкции трехслойной стены на внутреннем углу

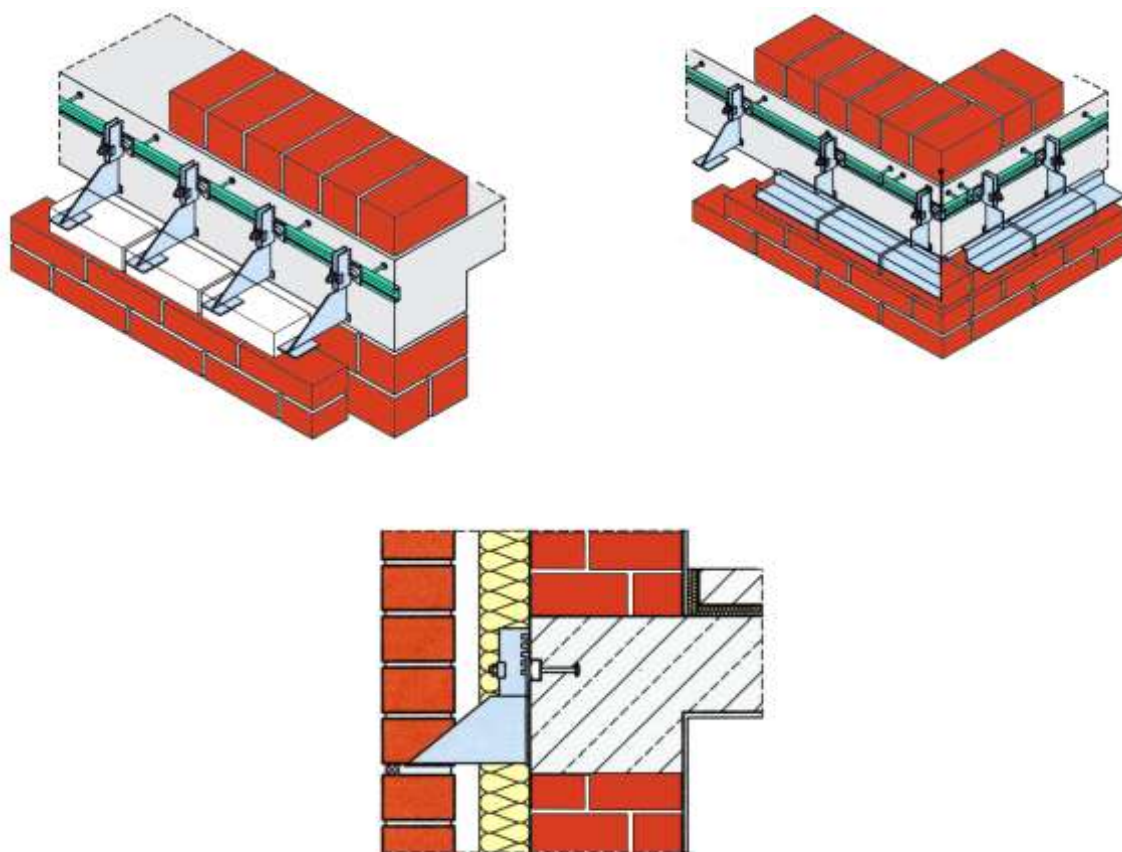


Рис. 1.1.12. Вариант конструкции наружной стены с опиранием лицевого слоя на стальные кронштейны

1.2. История строительства и проектирования зданий с наружными стенами из облегчённой кладки в России.

При составлении настоящего и последующего разделов использовалась монография одного из авторов настоящей работы Ищука М.К. «Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки» /1.24/.

Основным назначением наружных стен зданий является защита внутренних помещений от неблагоприятных внешних воздействий – атмосферных осадков, низкой или, наоборот, высокой температуры воздуха, прямых солнечных лучей, шума, пыли и т.п.

В отечественной практике наружные стены из каменной кладки в большинстве своём совмещали функции ограждающей и несущей конструкции. Это приводило к тому, что наружные стены выполнялись массивными, преимущественно из однослойной кладки. В последнее время наружные стены, особенно в многоэтажных зданиях, выполняются самонесущими. Это позволяет выполнять их из лёгких материалов, обладающих высоким сопротивлением теплопередаче. Чаще всего такие стены выполняются многослойными.

В отечественной технической литературе отсутствует единая терминология, определяющая многослойные стены, выполненные из каменной кладки в сочетании с утеплителем. Так в широко распространенном альбоме [1.6] такие стены называются слоистыми. В англоязычной технической литературе [1.1-1.5] стены с пустотами между слоями называются cavity wall – пустотные стены. Близкими к ним по конструкции оказываются стены с облицовкой, выполненной из штучных материалов, и крепящейся с помощью гибких связей к несущим конструкциям. За облицовкой может располагаться слой утеплителя, отделенный от нее воздушной прослойкой. Такие стены называются veneer – облицовка. В СНиП П-22-81 «Каменные конструкции» и Пособии к нему [1.7, 1.8], а затем в СП 15.13330.2012 /1.23/ многослойные стены, в которых применен эффективный утеплитель или имеется воздушная прослойка, называются стенами из облегчённой кладки. Стены, в которых наружный слой выполнен из штучных стеновых материалов (кирпича, камней, блоков и т. п.), отличающихся по свойствам от материала основного слоя, называются стенами с облицовкой. В настоящей работе этот вид стен не рассматривается, хотя многие расчётные положения могут быть применены и для них. Принятое в [1.7, 1.8] название стен будет сохранено и в настоящей работе.

Впервые в России конструкции стен из облегченной кладки предложил в 1829 г. инженер Герард [1.9]. Первоначально кладка состояла из внутреннего и наружного кир-

пичных слоев, пространство между которыми заполнялось засыпным органическим утеплителем (опилки, торф, мох и т.д.). Слои соединялись между собой металлическими скобами, закрепляемыми в просверленные в кирпиче отверстия. Кроме того, Герардом была предложена стена, состоящая из трех параллельных кирпичных стенок, разделённых воздушными прослойками (рис. 1.2.1а, 1.2.1б). Основным назначением таких стен в условиях холодного климата в России было способствовать увеличению термического сопротивления стен при значительной экономии кирпича и раствора. В тридцатых годах девятнадцатого века было построено небольшое количество одно и двух этажных жилых домов, однако, в дальнейшем их строительство в России практически прекратилось. Одной из причин этого была низкая долговечность применяемых материалов (коррозия металлических связей, просадка утеплителя и др.).

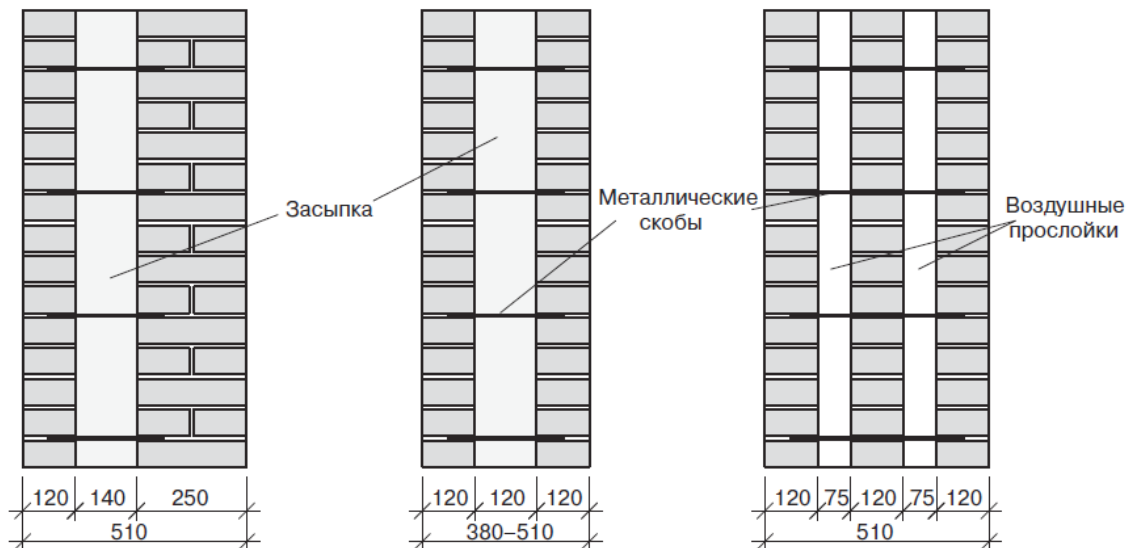


Рис.1.2.1а . Стены системы Герарда (1829 г.)

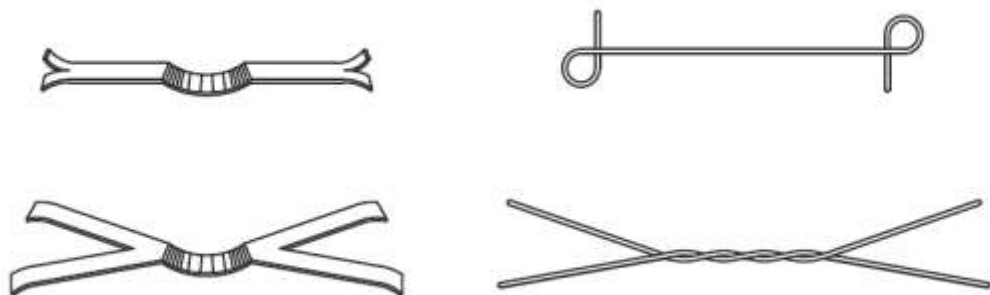


Рис. 1.2.1б. Гибкие связи применявшиеся в стенах Герарда (1829 г.)

В СССР в тридцатые годы прошлого столетия возникла необходимость внедрения в практику строительства экономичных стен вследствие нехватки строительных материалов при больших масштабах строительства. К этому времени появилось уже довольно много технических решений облегчённых стен высотой до пяти этажей. Связь между наружным и внутренним слоями кладки выполнялась в основном гибкими стальными связями либо путём перевязки кирпичом. Но были и такие предложения, когда связи выполнялись из пластин этернита (асбестоцемента), материала, обладающего в отличие от обычной стали, стойкостью к коррозии. Примеры таких стен приведены на рис.1.2.1 в.

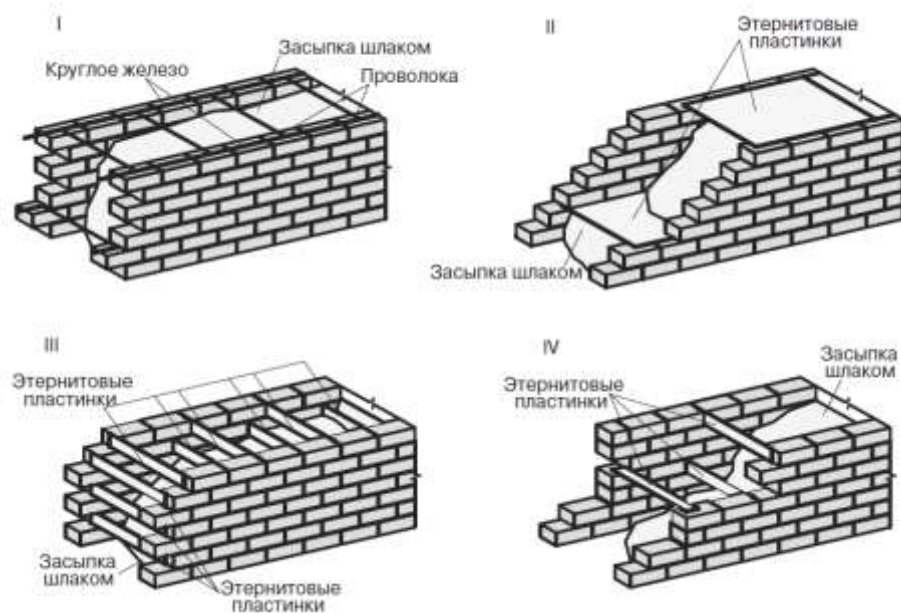


Рис. 1.2.1в. Крепление слоев стены по системе Герарда: I – проволокой; II – этернитовыми пластинками по системе Гвве; III и IV – этернитом по системе Ганау (1930-е г.г.)

В 1939 г. лабораторией каменных конструкций ЦНИПС (ныне ЦНИИСК им. Кучеренко) под руководством Л.И.Онищика на основе проведенных там исследований была разработана инструкция по кладке стен системы Н.С. Попова [1.10]. Система кладки инж. Н.С. Попова рекомендовалась для возведения зданий высотой до 15 м (четырёхэтажных зданий или в четырех верхних этажах многоэтажных зданий, но не выше семи этажей). Стены состояли из наружной и внутренней стенок толщиной в полкирпича, пространство

между которыми заполнялось шлакобетоном или готовыми шлакобетонными вкладышами. Связь наружной и внутренней стенок осуществлялась с помощью тычковых рядов кирпича, входящих в бетон через 3-5 ложковых рядов кладки. Тычковые ряды располагались в одном сквозном ряду или в шахматном порядке. Предельными являлись толщины: минимальная 38 и максимальная 65 см (рис. 1.1.2, в, г, д).

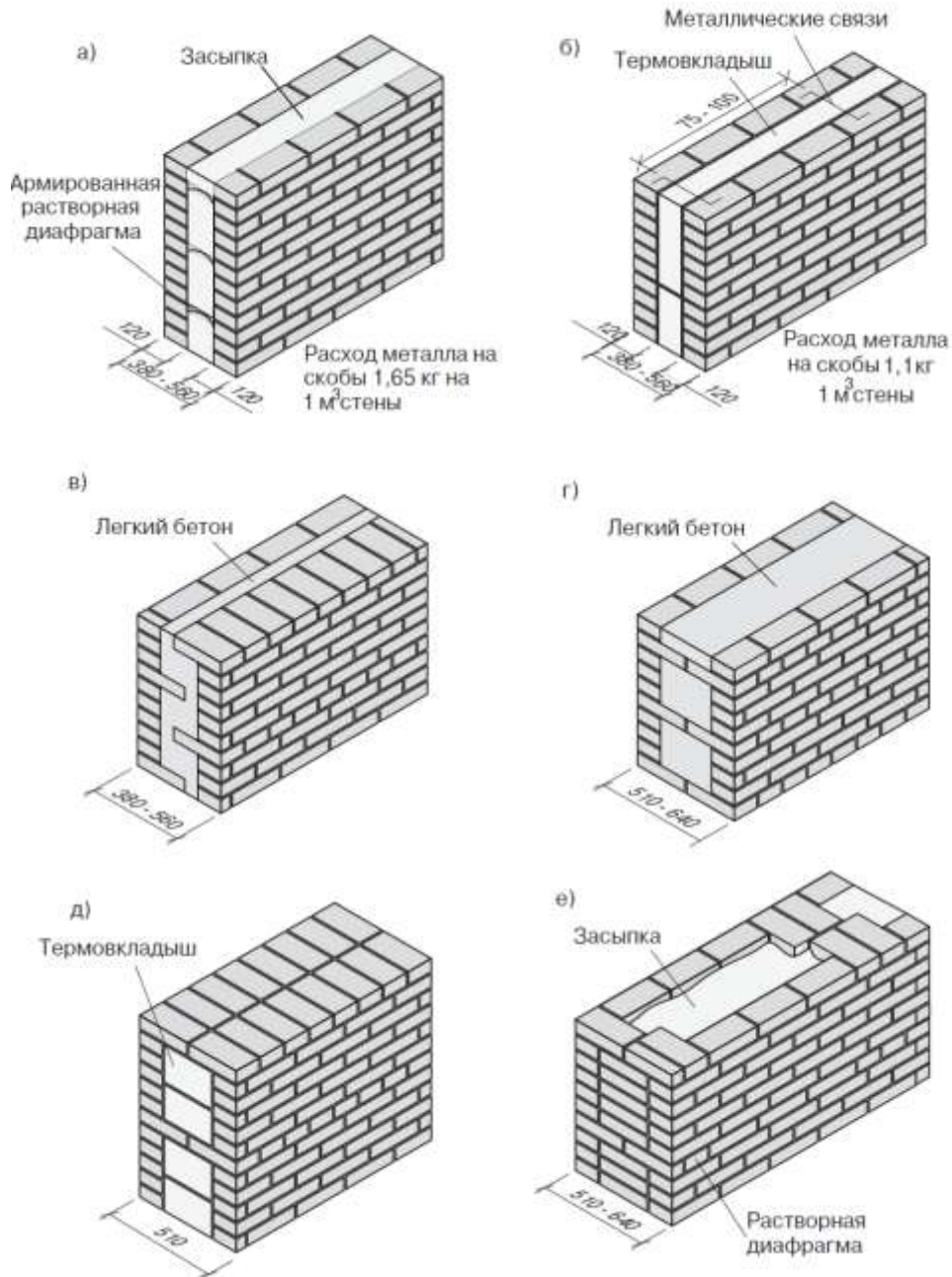


Рис.1.2.2. Стены системы Попова

В той же инструкции были приведены кладки стен системы Попова-Орлянкина. В них в качестве утеплителя предлагались засыпки из шлака и т.п. Наружная и внутренняя стенки толщиной в полкирпича каждая связывались между собой горизонтальными кирпичными диафрагмами. Высота стен системы Попова-Орлянкина рекомендовалась не более 12 м.

В 1942 г. в ЦНИПС была разработана инструкция по кладке облегчённых стен (системы Попова; Попова и Орлянкина; Попова и Поповой) [1.10]. В этой инструкции были представлены как имевшиеся в прежней инструкции [1.11] типы стен, так и новые. Наибольший интерес среди них представляет кладка с армированными растворными диафрагмами (рис. 1.2.2, а). Промежуток между двумя кирпичными стенками заполнялся шлаком или другими минеральными засыпками. Диафрагмы, армированные круглым железом диаметром 5-6 мм, располагались по высоте стены не реже, чем через пять рядов кладки с шагом по горизонтали 50-70 см. Диафрагмы осуществляли связь между кирпичными стенками и одновременно уменьшали просадку утеплителя.

В инструкции были также предложены кирпичные ребристые кладки, в которых наружные стенки выполнялись из кирпича на ребро, блоков, специальных плиток (рис. 1.2.3). С целью экономии материалов в военное время рекомендовалось также широкое использование «половняка» и армирование горизонтальных диафрагм деревянной дранкой. Высота стен для всех типов кладок не превышала двух-трёх этажей для большинства видов кладок и пяти этажей для кирпично-бетонных кладок и кладок со вкладышами.

Следующим этапом на пути развития конструкций облегчённых стен в нашей стране явилась "Инструкция по применению пустотных стен", подготовленная С.А.Семенцовым [1.12].

Помимо уже описанных выше кладок в неё были включены стены системы Попова, выполняемые по типу стен Герарда. Аналогичные конструкции стен были предложены Всероссийским обществом гражданских инженеров ещё в 1925 году.

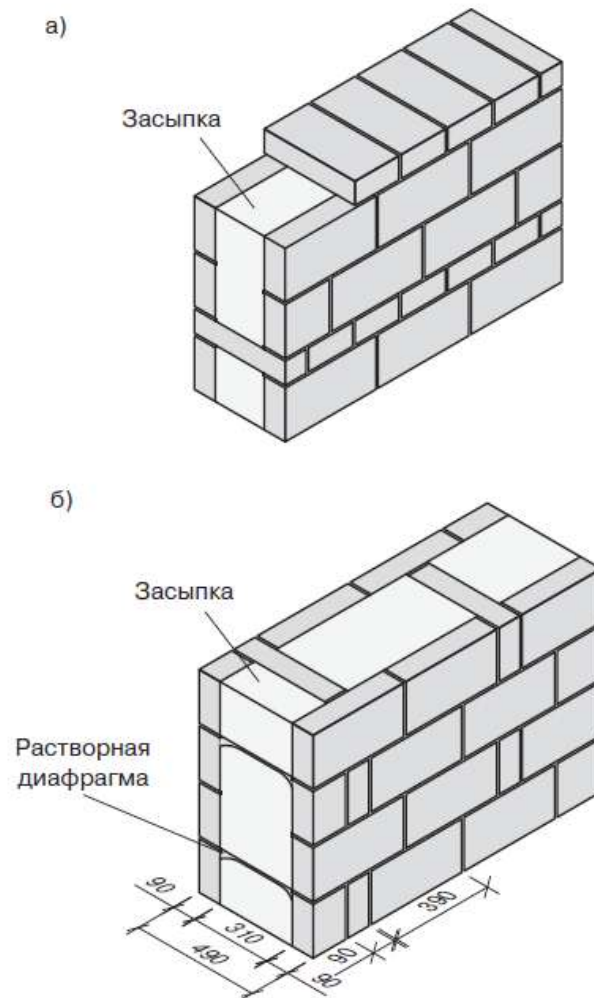


Рис. 1.2.3. Кладка из кирпича и камней (блоков) на ребро.1942 г.

Эти стены состояли из двух стенок в полкирпича, связанных между собой вертикальными диафрагмами из тычковых кирпичей. В случае применения засыпки для исключения её просадки через 5-6 рядов по высоте выполнялись горизонтальные растворные диафрагмы. Высота таких стен ограничивалась тремя этажами.

В 1951 г. под руководством С.А. Семенцова была разработана новая, значительно расширенная "Инструкция по проектированию и возведению облегчённых стен из кирпича и бетонных камней" [1.13]. Среди новых конструкций в неё были внесены стены из

колодцевой кладки толщиной 51-56 см с вертикальными кирпичными диафрагмами толщиной 12 см (рис. 1.2.14, а, б) и толщиной по 25 см (рис. 1.2, е); стены из кладки с внутренней воздушной прослойкой, в которых внутренний слой кладки толщиной 12 или 25 см соединялся с наружным слоем толщиной 12 см металлическими гибкими связями или горизонтальными кирпичными диафрагмами (см. рис. 1.2.2б; 1.2.4в, г). Кроме кирпичных кладок были широко представлены стены из бетонных камней как с облицовкой кирпичом, так и без нее (рис. 1.2.5-1.2.9).

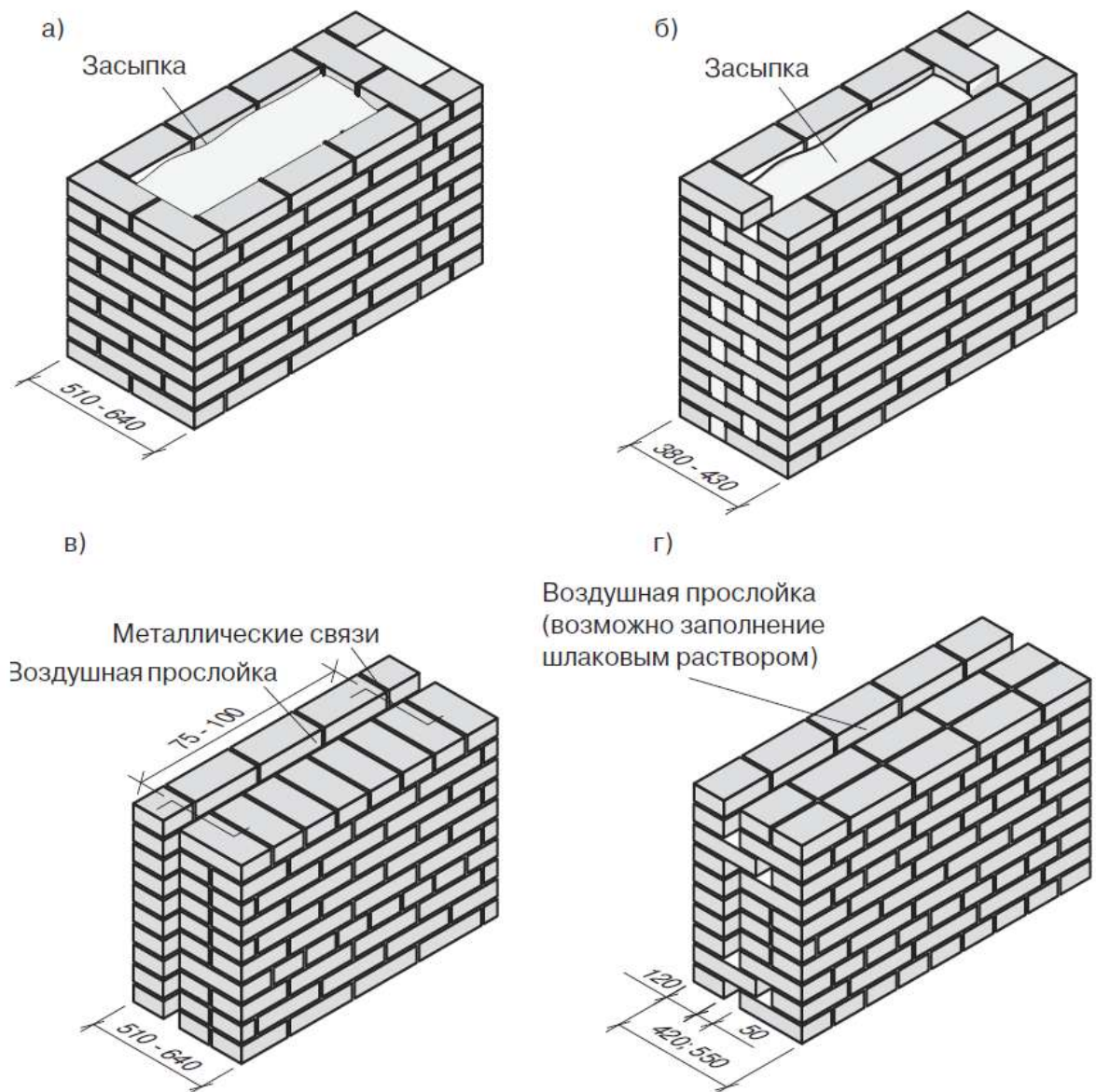


Рис.1.2.4. Стены : а, б – из колодцевой кладки; а, б, в – на гибких связях;
г – с уширенным швом

При участии ЦНИИСК им. Кучеренко (бывший ЦНИПС) был разработан ряд новых нормативных документов по проектированию и возведению стен из облегченной кладки, в которых в основном применялись описанные выше конструкции. Так при участии А.И. Рабиновича были разработаны типовые серии узлов и деталей наружных стен из облегченной кладки [1.14, 1. 1.15] Из описанных выше конструкций им были отобраны колодцевые кладки с вертикальными диафрагмами с шириной колодца 16 и 25 см (рис.1.2.4 а,б), кладки с уширенным швом, заполненным утеплителем, кладки из легкобетонных и ячеистобетонных камней с облицовкой и без облицовки кирпичом и кладки с расположением эффективного утеплителя с внутренней стороны стены (рис.1.2.10 а,б).

В 1987 году при участии автора настоящей работы была подготовлена серия 2.130.8 вып.0 и 1 «Детали стен и перегородок жилых зданий» [1.16-1.20], базирующаяся на упомянутых выше сериях.

В [1.16] были применены более эффективные с точки зрения теплотехники узлы. Так была исключена средняя надоконная перемычка, под подоконником вместо кирпичной диафрагмы была принята растворная и др. (рис. 1.2.11)

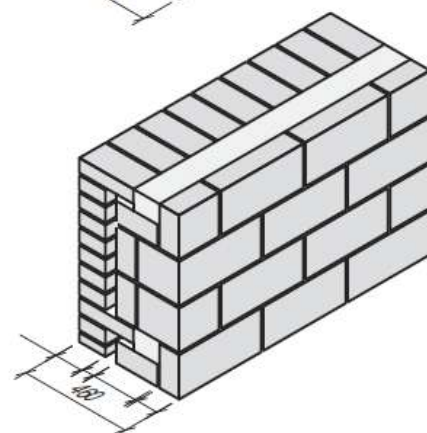
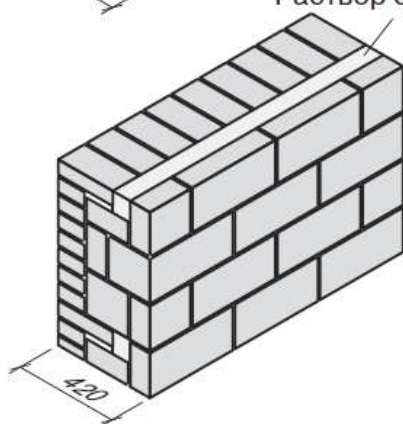
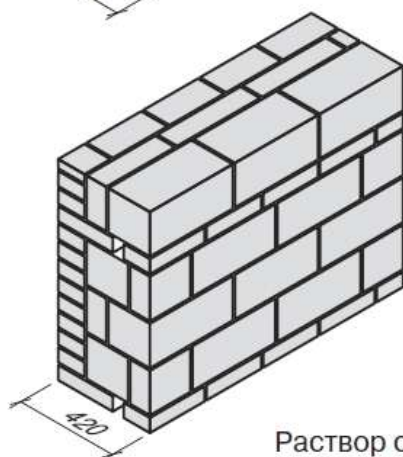


Рис.1.2.5. Кладка из бетонных камней (блоков) с лицевым слоем из кирпича

Рис. 1.2.6. Кладка из бетонных камней (блоков) с лицевым слоем из кирпича с воздушной прослойкой

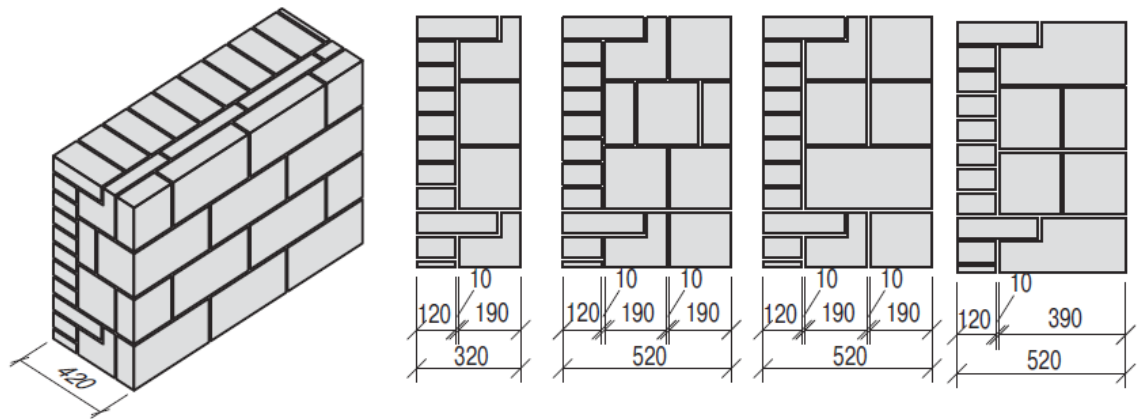


Рис. 1.2.7. Кладка из бетонных камней (блоков) с четвертью с облицовкой кирпичом. 1951 г.

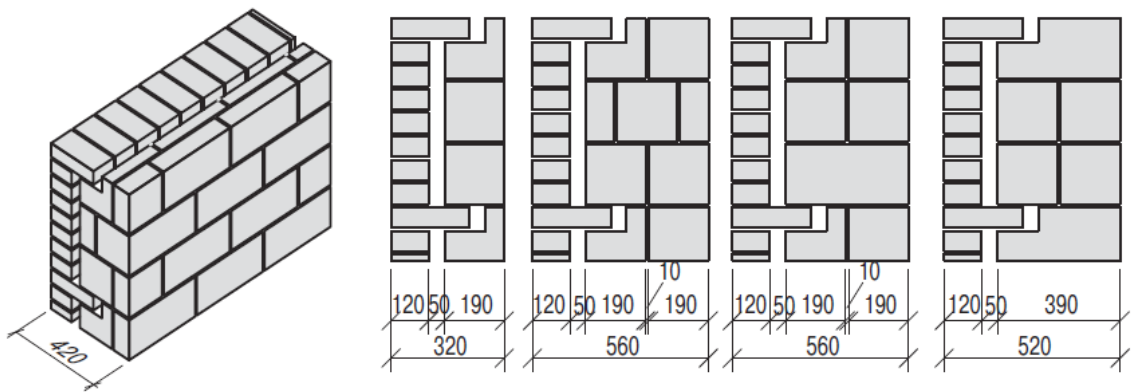


Рис. 1.2.8. Кладка из бетонных камней (блоков) с облицовкой кирпичом с воздушной прослойкой. 1951 г.

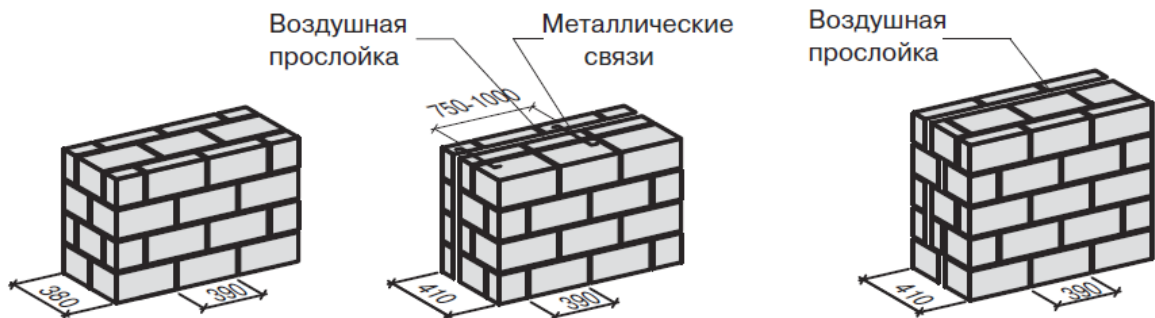


Рис. 1.2.9. Кладка из бетонных камней (блоков). 1951 г.

В тоже время из серии была исключена кладка с утеплителем типа цементно-стружечного фибролита или минераловатных плит, устраиваемых с внутренней стороны стены. Такие стены наименее эффективны с точки зрения теплотехники и в большинстве случаев требуют устройства пароизоляции изнутри помещений. Кроме того, при такой кладке довольно сложно оказалось обеспечить необходимое сопротивление теплопередаче в местах пересечений стен, примыкания перекрытий. Во многих зданиях, где была принята такая кладка, на стенах наблюдалась сырость.

Все описанные выше нормативные документы предусматривали возведение стен из облегченной кладки высотой не более двух-пяти этажей в зависимости от типа кладки и применяемых материалов.

В последующее время на базе разработанных в ЦНИИСК материалов рядом организаций были разработаны альбомы технических решений стен из облегченной кладки. Наиболее распространенными из них в середине и конце 90-х годов являлся альбом, разработанный НТК «ЦЕНТР», распространяемый с сопроводительным письмом Госстроя РФ. Разработчики альбома взяли за основу материалы ЦНИИСК до семидесятых годов с ограничением высоты зданий до 4-5 этажей. Впоследствии наибольшее распространение получил альбом ЦНИИЭПжилица [1.21]. Его авторы наряду с разработками ЦНИИСК им. Кучеренко использовали применявшиеся в зарубежной практике решения многослойных несущих наружных стен с поэтажной разрезкой, устанавливаемых на монолитное железобетонное перекрытие. Представляет интерес их предложение по опиранию наружного слоя стены на керамзитобетонную консольную балку, заземленную во внутреннем слое кладки

В настоящее время основным альбомом по проектированию наружных трехслойных стен с гибкими связями для многоэтажных каркасных зданий является альбом технических решений, разработанный совместно ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко и ЦНИИЭПжилица / 1.25/.

На протяжении многих лет у нас велась разработка новых и совершенствование существовавших ранее конструкций наружных стен из облегченной кладки [1.6; 1.7– 1.19 и др.]. Вместе с тем, несмотря на наличие технических решений стен из облегченной кладки и нормативной литературы по их применению, строительство зданий с такими стенами в Советском Союзе по многим причинам сдерживалось. В середине тридцатых годов некоторое распространение получили стены системы Попова с заполнением легким

бетоном и легкобетонными камнями марки 10 (рис. 1.2.2в, г). Так как связь между кирпичными стенками обеспечивалась только тычковыми кирпичами, заведенными в бетон, и существовала вероятность его размораживания, то применение таких стен вызывало некоторое опасение. Во время обследования стен здания театра им. Станиславского и Немировича-Данченко, пострадавшего во время пожара в 2005 году, автору довелось наблюдать, что шлакобетонные камни в верхней части стен, возведенных в 1930-е годы, практически полностью разморозились, вследствие чего связь между кирпичными стенками отсутствовала (рис. 1.2.12).

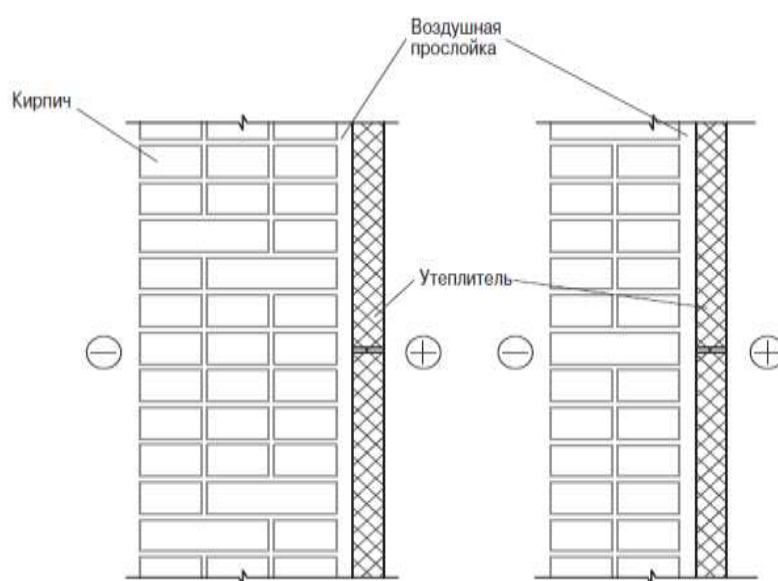


Рис.1.2.10. Стены с расположением утеплителя с внутренней стороны стены

В начале тридцатых годов относительно широко строились дома со стенами с уширенным вертикальным швом, заполненным шлаковым раствором, на котором велась и основная кладка (рис. 1.2.3, г). Вследствие недостаточного сопротивления теплопередаче такие стены толщиной в полтора кирпича вскоре были запрещены.

Известно множество случаев возведения зданий с наружными стенами из облегченной многослойной кладки различных типов на территории России и бывшего СССР, но в общем объеме строительство их было невелико и в отдельные годы доходило до единичных случаев. На территории СССР наибольшее число зданий с наружными стенами из облегченной кладки было построено в республиках Прибалтики. Чаще это были

стены с кладкой с уширенным швом или из колодезной кладки. В качестве утеплителя обычно применялись минераловатные плиты. Наружный слой утеплителя защищался пергамином или строительным картоном, а внутренний, соответственно, толем или пергамином, что обеспечивало необходимое сопротивление паропрооницанию стены (рис. 1.1.3).

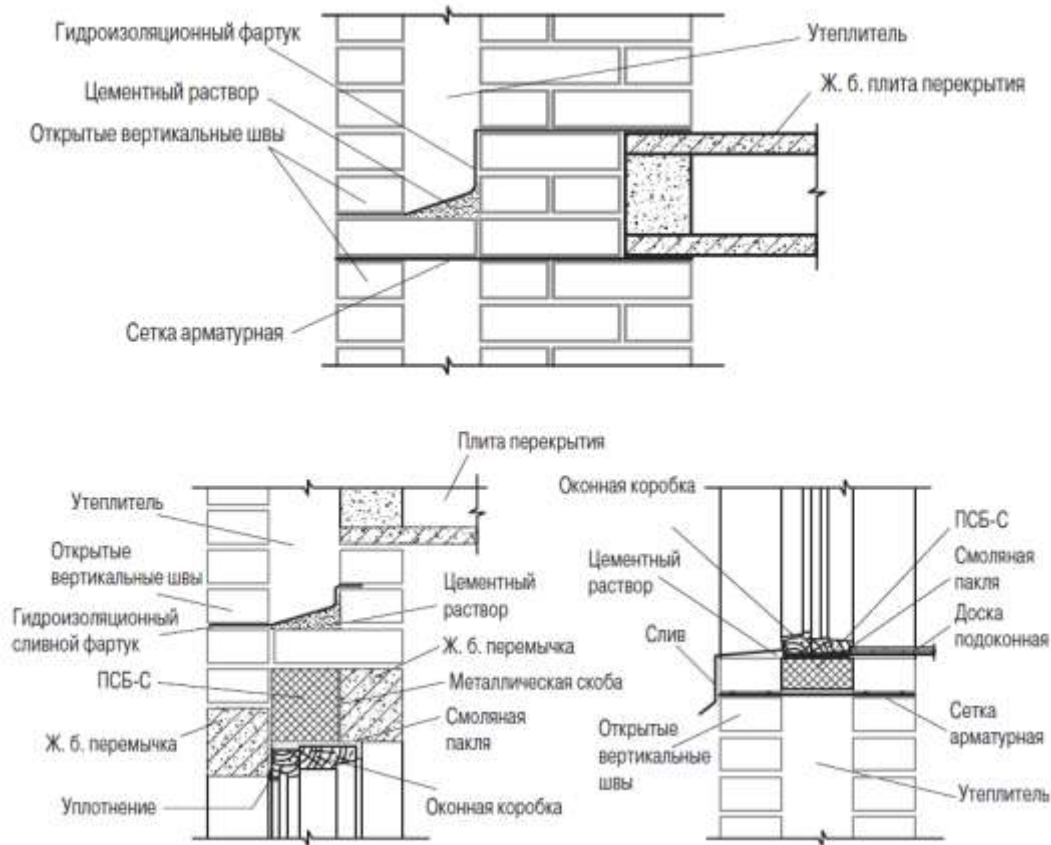


Рис.1.2.11. Узлы наружных стен. 1987 г.

Много сил на внедрение стен из многослойной облегчённой кладки затратил сотрудник ЦНИИСК им. Кучеренко А.И. Рабинович. Основным типом им была выбрана колодезная кладка. В семидесятые-восьмидесятые годы в ряде городов Московской области (Электростали, Волоколамске, Сходне и др.) при участии ЦНИИСК им. Кучеренко Мосгипросельстроем, Мосгражданпроектом и др. были запроектированы экспериментальные пятиэтажные жилые дома с наружными стенами из облегчённой кладки (рис. 1.2.14 -1.2.18). Наружные стены в этих домах выполнялись из колодезной кладки, состоящей из двух кирпичных слоёв толщиной в полкирпича каждый. Наружная и внутренняя

кирпичные стенки связывались между собой вертикальными поперечными диафрагмами, расстояние между которыми не превышало 1,2 м. Пространство между слоями в зависимости от вида утеплителя заполнялось им на всю толщину или частично.

В качестве утеплителей применялись минераловатные плиты, керамзитовый гравий, заливочный утеплитель, мочевино-формальдегидный пенопласт МФП-2. Плитный утеплитель (полужёсткие минеральные плиты) располагался внутри стен между поперечными кирпичными диафрагмами с образованием воздушной прослойки между ним и наружной кирпичной стенкой, что улучшало условия эксплуатации стены. Для уменьшения влияния "мостиков холода" в поперечных стенках устраивались воздушные прослойки шириной 3 см. Фиксация плит утеплителя, вплотную примыкающего к внутренней стенке, в первых проектах производилась с помощью скоб из арматуры, устанавливаемых в горизонтальные швы кладки наружной кирпичной стенки.



Рис. 1.2.12. Кладка наружных стен с внутренним слоем из шлакобетонных камней. Музыкальный театр им. К.С.Станиславского и В.И. Немировича-Данченко, 1930-е гг. Фото 2005 г.



Рис.1.2.13. Наружная стена из колодцевой кладки семиэтажного жилого дома в Таллине. Фото 1986 г.



Рис. 1.2.14 Общий вид пятиэтажного жилого дома с наружными стенами из кладки. Электросталь. 1973 г.



Рис.1.2.15. Облегченная кладка наружной стены пятиэтажного жилого дома серии 85 (Волоколамское СМУ треста Мособлстрой-18). 1978 г.



Рис.1.2.16. Наружная стена, утепленная минераловатной плитой, пятиэтажного жилого дома в Электростали. 1973 г.



Рис.1.2.17. Строительство пятиэтажного жилого дома серии 85 в Волоколамске. Облегченная кладка кирпичных стен, утепленных керамзитовым гравием (Волоколамское СМУ треста Мособлстрой-18). 1978



Рис.1.2.18. Заливка утеплителем МФП-2 облегченной кирпичной наружной стены пятиэтажного жилого дома в Электростали. 1973

Защита скоб от коррозии осуществлялась путём погружения их в расплавленный битум на 2-3 минуты. Для опирания плит утеплителя в каждом этаже в уровне перекрытий выполнялись горизонтальные диафрагмы, образованные тычковыми рядами кирпича.

Наружные стены выполнялись как самонесущими, так и несущими. При этом, в пятиэтажном доме с несущими стенами в нижних двух этажах толщина внутренней кирпичной стенки увеличена до одного кирпича. Кладка облегчённых наружных стен во всех этажах производилась на растворе М50.

При применении заливочного утеплителя МФП-2 и керамзитового гравия конструкция стен сохранялась такой же, как и при плитных утеплителях. При этом утеплители МФП-2 или керамзитовый гравий заполняли весь промежуток между наружным и внутренним слоями кладки шириной 16 см. Приготовление МФП-2 производилось на строительной площадке путём смешивания компонентов в специальной установке, оборудованной насосами. Через несколько часов после заливки МФП-2 теряет подвижность и даёт при этом небольшую усадку. Заливка МФП-2 производилась при помощи шланга на высоту всего этажа. Состав и технология производства работ были предложены ВНИИСС (Всесоюзным научно-исследовательским институтом синтетических смол, г. Владимир), Мособлоргтехстроем, ЦНИИСК им. Кучеренко.

В середине восьмидесятых годов по заданию Госстроя СССР в ЦНИИСК им. Кучеренко при участии авторов настоящей работы были разработаны технические решения наружных многослойных стен из высокопустотных керамических камней и кирпича с вертикальным и горизонтальным расположением пустот. Для этого были использованы материалы проведенных в институте экспериментальных исследований.

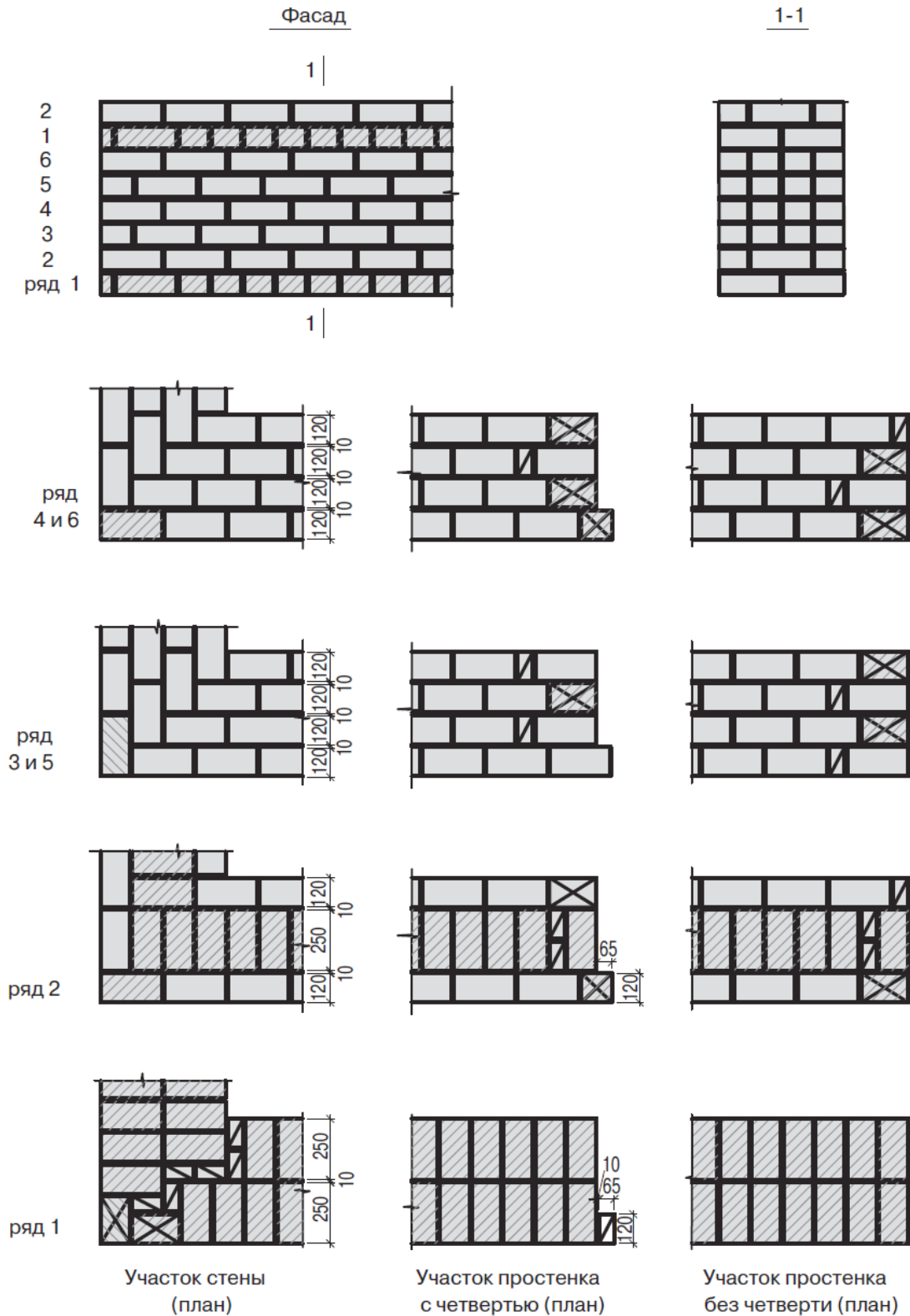
Основная проблема применения кладки из высокопустотной керамики состояла в сложности её возведения, попадании в большом количестве в пустоты раствора. Последнее не только увеличивало расход материалов, но и существенно снижало теплотехнические характеристики стены. Поэтому акцент в разработке стен был сделан на многослойные кладки из кирпича и камня с горизонтальным расположением пустот. Ниже приведены некоторые из предлагавшихся в то время технических решений стен, (рис.1.2.19-1.2.24).

В середине восьмидесятых годов также остро встал вопрос о необходимости разработки технических решений наружных стен из многослойной облегчённой кладки для зданий высотой более пяти этажей. Разработанные ранее для зданий высотой не более

двух-пяти этажей технические решения нельзя было напрямую применять в более высоких зданиях. Одной из причин этого является возможность среза или вырыва связей, соединяющих слои кладки. В колодцевых кладках и кладках с уширенным швом возможен срез кирпичных диафрагм вследствие разности вертикальных перемещений слоев от силовых и температурно-влажностных деформаций. Для многоэтажных зданий, являющихся, как правило, более капитальными по сравнению с малоэтажными, требования к долговечности материалов также ужесточались.

В середине восьмидесятых годов в ЦНИИСК им. Кучеренко под руководством автора были проведены экспериментальные и расчётно-теоретические исследования работы вертикальных кирпичных диафрагм на сдвиг и разработана методика их расчёта.

С целью проверки этой методики в г. Воскресенске Московской области в 1993 г. был построен первый в России экспериментальный дом высотой девять этажей с наружными трехслойными самонесущими стенами толщиной 40 см с вертикальными диафрагмами и утеплителем из керамзитового гравия (рис. 1.2.25). В начале 2000-х годов эта работа была продолжена при исследовании стен с диафрагмами из ячеистобетонных камней /



Перевязочный кирпич с вертикальными пустотами обозначен штриховкой

Рис. 1.2.19. Стена толщиной 51 см из кирпича с горизонтальными пустотами (пустотность 42%) и перевязочными рядами из кирпича с вертикальными пустотами. Система перевязки много-рядная. 1979 г.

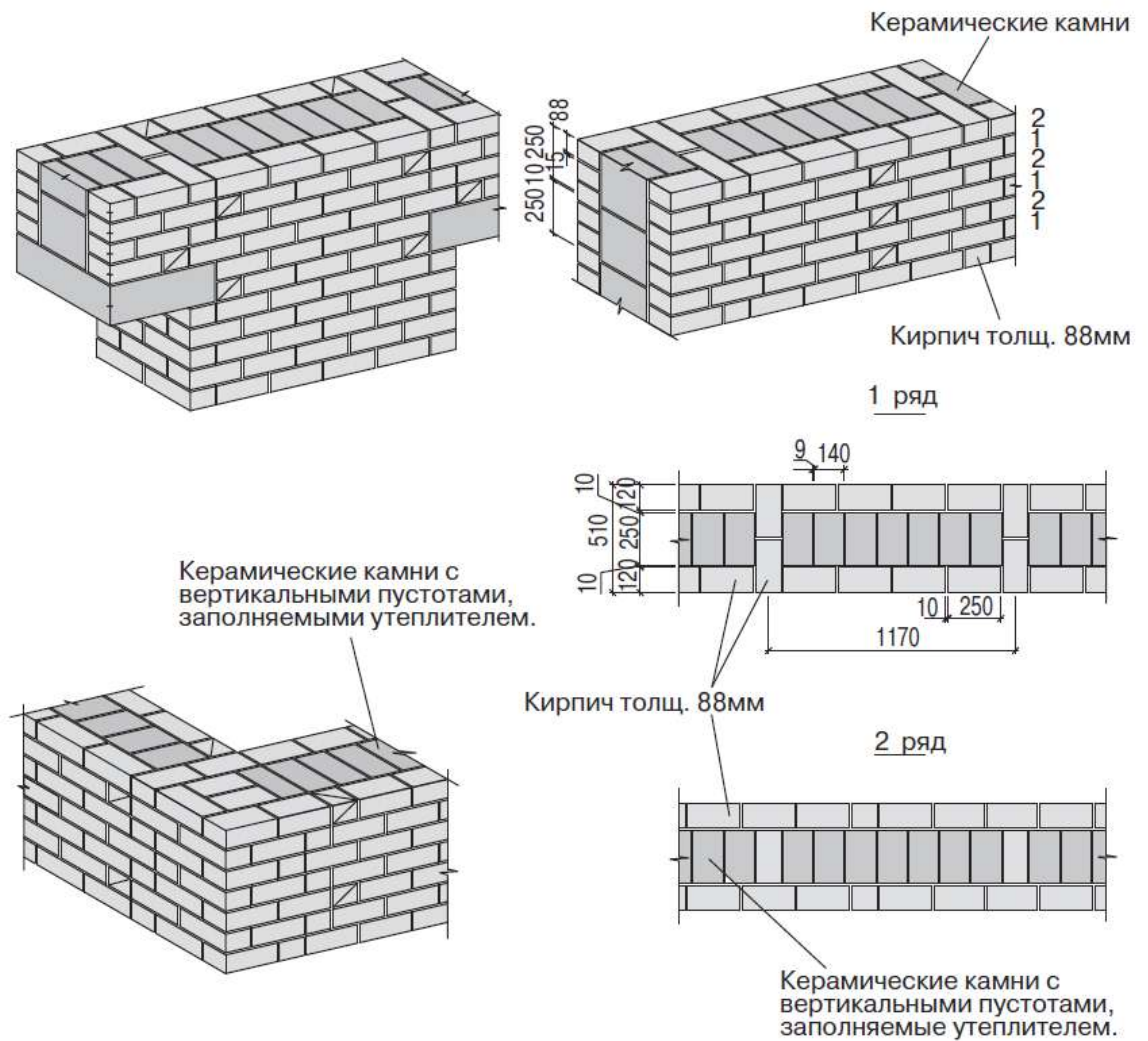
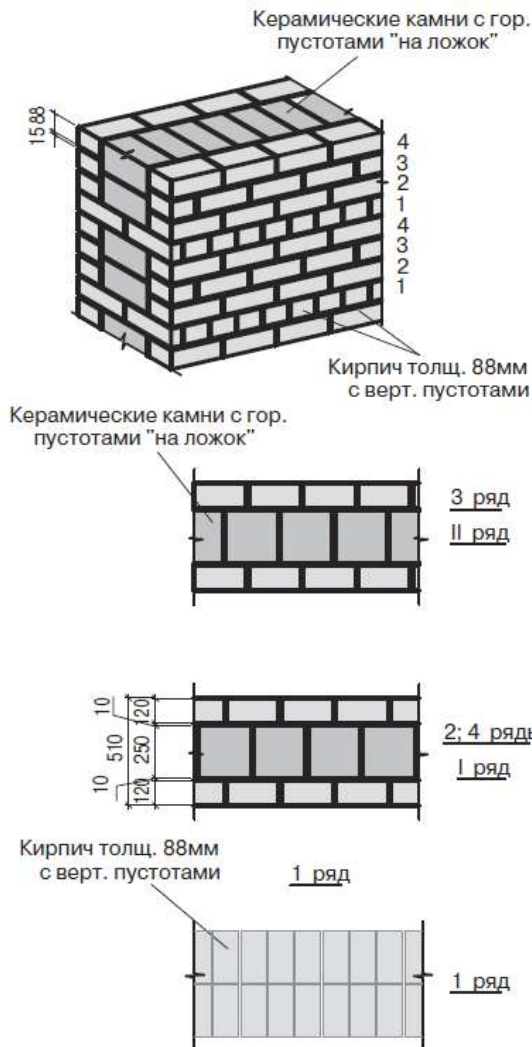


Рис.1.2.20. Примеры технических решений стен комбинированной кладки с внутренним слоем из 11-пустотных керамических камней с вертикальным расположением пустот (пустотность 45%) и внешними слоями из кирпича с вертикальными пустотами . 1986 г.



Примечания:

1. Римскими цифрами, обозначены ряды из керамических камней, уложенных "плашмя".
2. Арабскими цифрами обозначены ряды из кирпича толщ. 88мм.

Рис.1.2.21. Кладка с соединением слоев горизонтальными диафрагмами

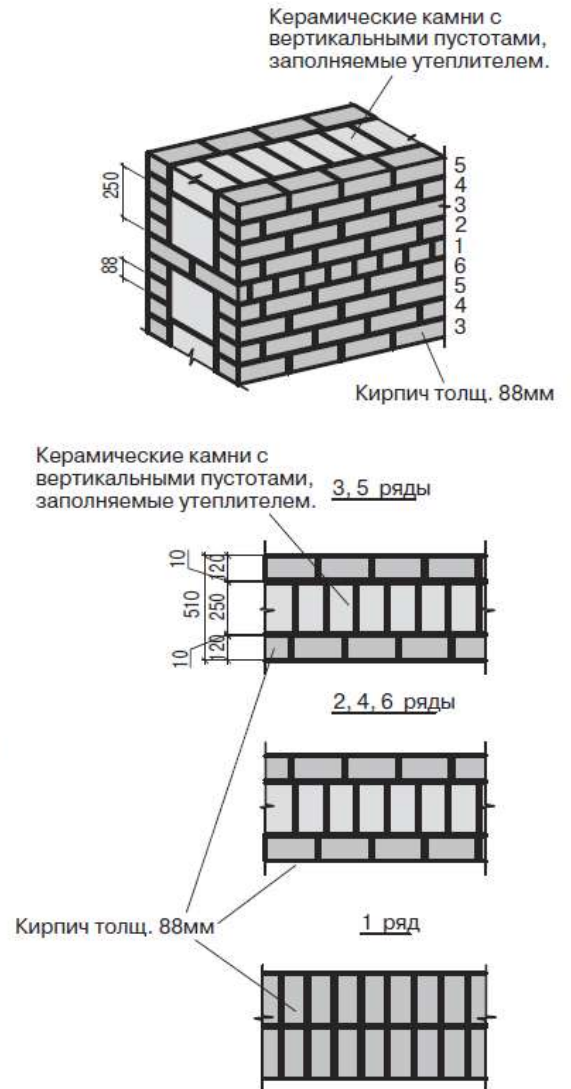
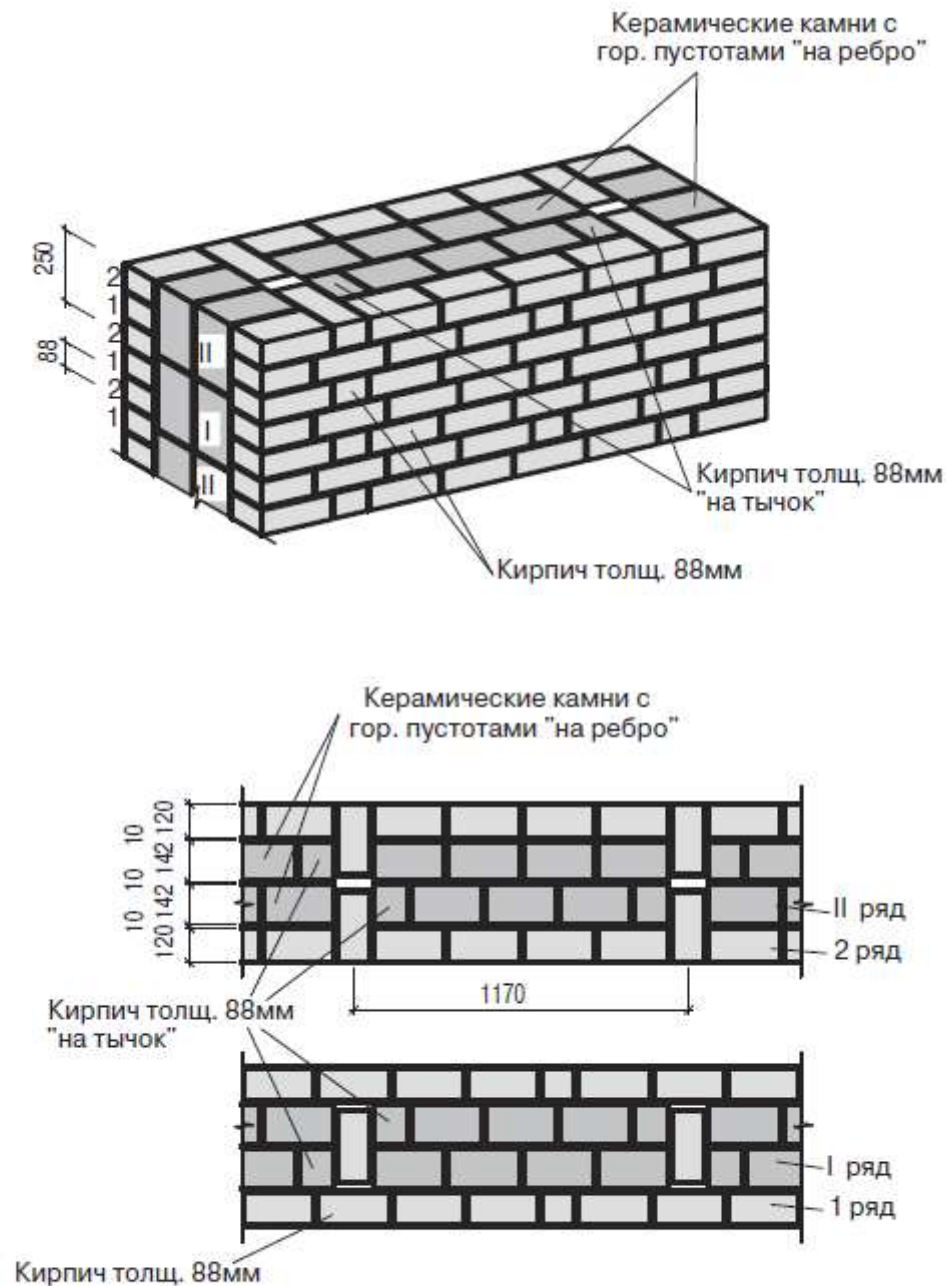


Рис.1.2.22. Кладка с соединением слоев горизонтальными диафрагмами



Примечания:

1. Римскими цифрами, обозначены ряды из керамических камней с размерами 142x250x250мм с горизонтальными пустотами кирпича, устанавливаемого "на тычок".
2. Арабскими цифрами обозначены ряды из кирпича толщиной 88мм.

Рис. 1.2.23. Кладка с соединением слоев вертикальными диафрагмами с перевязкой вертикальных швов внутреннего слоя.

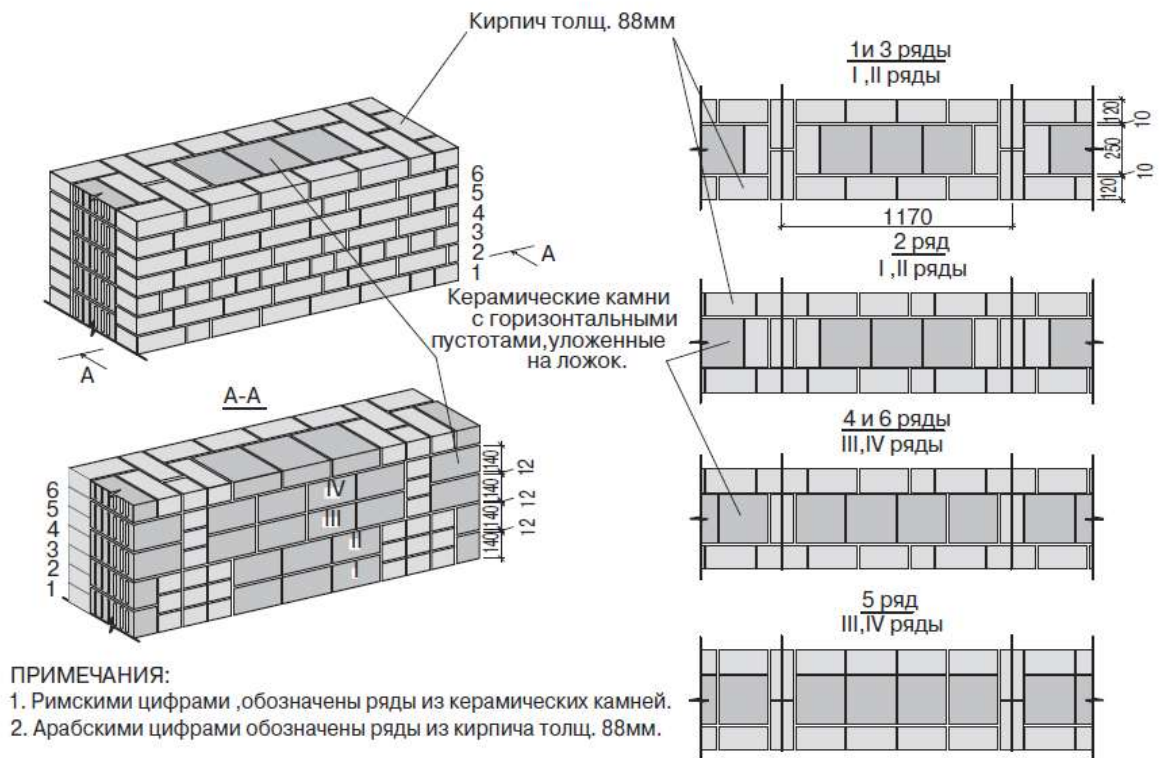


Рис.1.2.24. Примеры технических решений стен из комбинированной кладки с внутренним слоем из 11-пустотных керамических камней с горизонтальным расположением пустот и внешними слоями из кирпича с вертикальными пустотами. 1986 г.

В 1990 году впервые России в г. Апатиты Мурманской области был построен двенадцатиэтажный жилой дом с несущими наружными стенами из кладки с уширенным швом, заполненным плитами из пенополистирола (рис. 1.1.26). Проект здания был выполнен в соответствии с техническими решениями автора.

За всё время до начала 90-х годов на территории России были известны лишь отдельные случаи возведения зданий с наружными стенами из облегчённой кладки, однако, массового применения эти конструкции не нашли. Причин тому было много. Это и отсутствие в достаточном количестве эффективных утеплителей, связей из нержавеющей стали или хотя бы покрытых антикоррозийными составами. Но главная причина - это нежелание строительных организаций возводить такие стены, требующие более высокой культуры производства и качества работ. При этом не помогали административные за-

преты на строительство зданий со стенами из сплошной кладки, если это не требовалось по расчёту на прочность (такая запись существовала на протяжении многих лет в СНиП по каменным конструкциям [1.7]). Ситуация резко изменилась лишь в конце 1995 года, когда были повышены требования по термическому сопротивлению ограждающих конструкций. На первом этапе, закончившемся в 2000 г., термическое сопротивление должно было возрасти примерно в два, а впоследствии и в три раза. В результате толщина стены из сплошной кладки должна была бы достичь 1,5-2 и более метров в зависимости от региона строительства. Это заставило отказаться в большинстве случаев от возведения зданий с наружными стенами из сплошной кладки. Поэтому в настоящее время в России, как и во всем мире, ведётся бурное проектирование и строительство зданий с наружными стенами из облегчённой кладки.

В 90-е годы в России применение новых конструкций стен в силу ограниченности базы строительной индустрии и недостаточного опыта проектирования в общем объёме, за исключением, пожалуй, г. Москвы и некоторых регионов, было относительно невелико (рис. 1.1.25; 1.1.26; 1.1.34-1.1.39). Кроме того, применяемые технические решения и материалы, их номенклатура также во многом отличались от зарубежных аналогов (см. подробнее в разделе 1.1), причем часто не в лучшую сторону.

В конце 1990-х годов довольно широко стали применяться ненесущие стены из ячеистобетонных камней, облицованных кирпичом (рис.1.1.34). Толщина 40 см внутреннего слоя из ячеистого бетона была тогда достаточной для обеспечения требуемого сопротивления теплопередаче для Москвы. Соединение слоёв из ячеистого бетона и лицевого кирпича часто осуществлялось арматурными сетками. Крепление внутреннего слоя к поперечным стенам или колоннам из монолитного железобетона производилось с помощью горизонтальных арматурных стержней, устанавливаемых в просверленные в бетоне отверстия и швы кладки. Для предотвращения промерзания в плитах перекрытий в местах опирания на них наружной стены устраиваются отверстия, заполняемые эффективным утеплителем – минераловатными плитами или пенополистиролом (рис. 1.1.36). В местах сопряжения лицевой кладки с конструкциями каркаса между ними также помещается эффективный утеплитель (рис.1.1.34г).

С целью уменьшения толщины наружных стен между слоями из ячеистобетонных камней толщиной 20 см и лицевого кирпича толщиной 12 см помещался эффективный утеплитель из минераловатных плит или пенополистирола. В качестве примера на рис.

1.1.35 показан жилой 6-ти этажный дом, построенный в 1999 году на ул. Молодогвардейская в г. Москве. Соединение слоёв кладки осуществлялось арматурными сетками. Для обеспечения совпадения горизонтальных швов кладки из ячеистого бетона и лицевого кирпича в кладку из камней в отдельных местах добавлялись ряды из глиняного кирпича (рис. 1.1.35 б). К недостаткам принятого решения следует отнести применение в качестве гибких связей сеток из обычной арматурной проволоки, не защищённой от коррозии. Кроме того, теплотехнические характеристики стены явно не соответствуют требуемым значениям в силу наличия «мостиков холода» из глиняного кирпича и арматурных сеток. Скорее всего, в теплотехническом расчёте их наличие просто не учитывалось.



Рис. 1.2.25. Возведение первого в России девятиэтажного жилого дома с наружными самонесущими стенами из облегченной кладки с вертикальными диафрагмами в г. Воскресенске Московской области. Технические решения. 1991 г.

Лаборатория реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений
ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко НИЦ «Строительство»
8 499 174 79 96; 8 499 174 79 83; 8 926 535 20 32
<http://kamkon.nethouse.ru> <http://www.tsniisk.ru/info/object/>
<http://ishchuk-mk.narod.ru> <http://www.kamkon.narod.ru/>



Рис.1.2.26. Возведение первого в России жилого дома высотой 12 этажей с наружными несущими стенами с кладкой с уширенным швом, заполненным эффективным (плиты из пенополистерола) утеплителем, г. Апатиты. Технические решения 1990 г.

Лаборатория реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений
ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко НИЦ «Строительство»

8 499 174 79 96; 8 499 174 79 83; 8 926 535 20 32

<http://kamkon.nethouse.ru>

<http://www.tsniisk.ru/info/object/>

<http://ishchuk-mk.narod.ru>

<http://www.kamkon.narod.ru/>

Часто при строительстве зданий из монолитного железобетона наружные стены выполняются двух типов: первый - из трёхслойной облегчённой кладки и второй - с внутренним слоем из монолитного железобетона, облицованного кирпичом. Между этими слоями размещается утеплитель. Лицевой слой кладки устанавливается либо на балконные плиты, либо на консоли, являющиеся продолжением плит перекрытий. В качестве примера такой конструкции на рис.1.1.36 показан 22-этажный жилой дом, построенный в 1999 г. на Рублёвском шоссе в г. Москве.

В конце 90-х годов продолжали возводиться здания с наружными стенами из колодезной кладки, где наружный и внутренний слои выполнялись из кирпича. Соединение слоёв осуществлялось вертикальными кирпичными диафрагмами. Пространство между слоями заполнялось плитами из минеральной ваты или пенополистирола. В многоэтажных зданиях в уровне перекрытий каждого этажа предполагалось, как правило, устройство горизонтальных швов. Для этого наружный слой кладки устанавливался либо на перекрытие, либо на опору из стального уголка, швеллера и т.п. Примером такого здания могут служить 22-этажные здания, построенные на Молодогвардейской улице вблизи Рублёвского шоссе в г. Москве (рис. 1.1.37).

Достаточно широкое распространение в конце 90-х годов получили и здания с наружными стенами с утолщенным швом (толщина шва около 5 см), заполняемым в отличие от прошлых лет эффективным утеплителем аналогично описанному выше экспериментальному дому, запроектированному по рекомендациям авторов для г. Апатиты в 1990 году.

Довольно активно в конце девяностых годов велось строительство зданий с наружными самонесущими стенами с гибкими связями. Особенно широкое применение они получили в коттеджном строительстве, а также при строительстве общественных зданий небольшой высоты. На рис. 1.1.39 показано строящееся здание англо-американской школы в Москве (1999 г.). Там наружный и внутренний слои кладки соединялись стальными гибкими связями. Утеплитель из минераловатных плит устанавливался с воздушным зазором, который получался благодаря фиксации плит утеплителя горизонтальными деревянными брусками. В цокольной части наружный слой выполнялся из бетонных камней.

В регионах, где недостаточно развито монолитное домостроение, применение нашли разработанные ЦНИИЭПЖилища стены, когда наружный слой кладки толщиной в

полкирпича устанавливался на железобетонную балку, зацементированную во внутреннем несущем или самонесущем слое стены. Много таких зданий возводилось и в Москве. В последнее время произошло вытеснение подобных технических решений другими, в первую очередь, стенами с лицевым слоем из кирпича на гибких связях.

Во второй половине девяностых годов многими заказчиками выдвигались требования по сохранению для них относительно традиционных методов производства работ, исключая широкое применение монолитного железобетона и т.п. При разработке многих таких проектов принимали участие авторы настоящей работы в сотрудничестве с Котиным М.В. (ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко), по программе которого в пространственной постановке выполнялись теплотехнические расчёты. Некоторые из этих решений представлены ниже.

Всё более широкое применение находят у нас здания, в которых утеплитель располагается с наружной стороны стены. Довольно широко конструкция стен с расположением утеплителя с наружной стороны применяется при реконструкции старых зданий. Конструкции таких стен можно разделить на два основных типа - с устройством вентилируемой прослойки между лицевым слоем и без неё. Первые принято называть стенами с вентилируемыми фасадами.

Отметим, что вентилируемыми могут быть и почти все описанные выше виды наружных стен при выполнении между слоем утеплителя и лицевым слоем кладки вентилируемой воздушной прослойки.

Вместе с тем, основным предметом настоящей работы являются стены из многослойной кладки, поэтому рассмотрение стен с расположением утеплителя с наружной стороны стены далее не производилось.

Вследствие отсутствия достаточного опыта проектирования и возведения облегчённых стен при строительстве многих зданий были допущены и, к сожалению, продолжают допускаться серьёзные ошибки. Среди них следует отметить некачественную укладку утеплителя и отсутствие, либо некачественное исполнение горизонтальных и вертикальных деформационных швов. Часть ошибок удавалось исправить ещё в процессе строительства. Но значительная часть дефектов стала проявляться спустя несколько лет после окончания возведения. На ряде зданий произошло обрушение облицовки. Только в Москве количество зданий с выявленными дефектами лицевого слоя из кирпичной кладки составило несколько десятков. Если не предпринять меры по устранению дефектов, в

дальнейшем число аварий может многократно увеличиться. Это может произойти как на уже возведённых зданиях, так и по мере строительства новых.



a)



б)

Рис. 1.2.27. Строительство 15-этажного жилого дома с наружными ненесущими стенами из облегченной кладки, устанавливаемыми на перекрытие; г. Одинцово Московской области, 1998 г.

а- общий вид здания;

б- конструкция наружной стены из ячеисто-бетонных камней с облицовкой кирпичом



Рис. 1.2.27в. Выпуски арматуры из наружного слоя кладки для заделки во внутренний слой из ячеисто-бетонных камней



Рис. 1.2.27г. Установка эффективного утеплителя между лицевым слоем и железобетонной колонной

а)



б)



Рис. 1.2.28. Жилой шестиэтажный дом с наружными стенами из трехслойной облегченной кладки, устанавливаемыми на перекрытия;
ул. Молодогвардейская, Москва, 1999 г.
а- общий вид;
б- фрагменты наружной стены

а)



б)



в)



Рис. 1.2.29 а, б, в. Возведение жилого дома с наружными несущими стенами из облегченной кладки, устанавливаемыми на перекрытие. Москва, Рублевское шоссе, 1999 г.
 а- общий вид;
 б- балконная плита с отверстиями под утеплитель;
 в- железобетонные консоли с отверстиями под утеплитель для установки наружного слоя кладки



Рис. 1.2.30. Строительство 22-этажного жилого дома с наружными стенами из колодезной кладки. Опираение внутреннего слоя стены производится на перекрытие, наружного слоя – на стальной уголок, ул. Молодогвардейская, Москва, 1999 г.

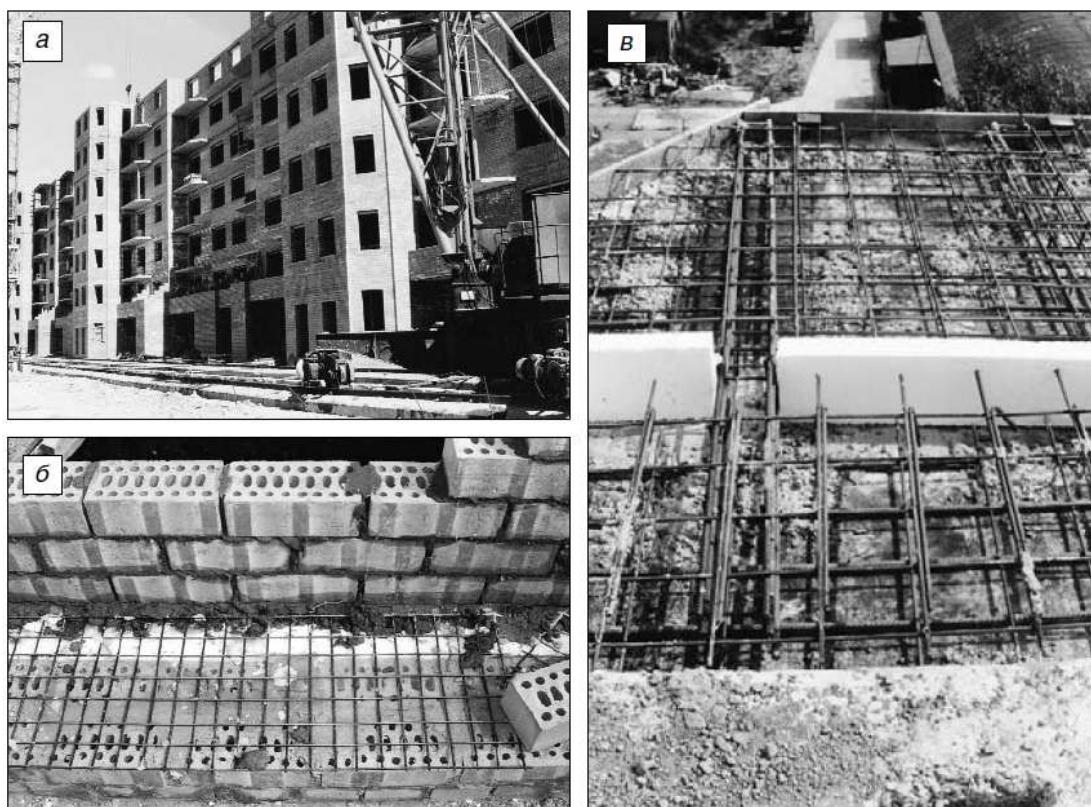


Рис. 1.2.31а, б, в. Строительство 10-этажного жилого дома с наружными стенами из многослойной кладки в г. Красногорске Московской области, 1999
 а-общий вид;
 б- устройство горизонтальной армированной диафрагмы в наружной стене;
 в- устройство шпонок из утеплителя между плитами перекрытия балкона

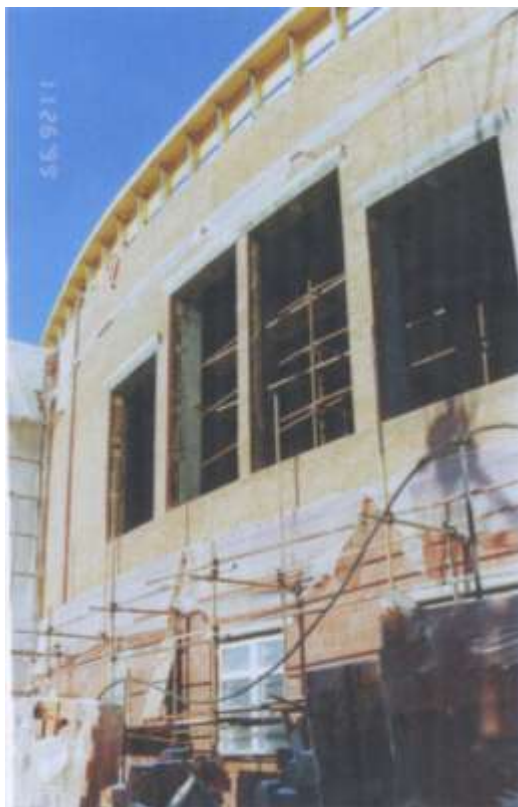


Рис.1.2.32. Строительство здания англо-американской школы с наружными стенами из кладки с гибкими связями, Москва, 1999 г.
 а- фрагмент фасада;
 б- простенок с внутренним слоем из кирпичной кладки усиленной стальными уголками;
 в- простенок с внутренним слоем из монолитного железобетона ;
 г- стена с внутренним слоем из кирпичной кладки.

Примеры решения наружных стен из многослойной кладки в 1990-е годы

Пример комбинированного применения кладки с вертикальными диафрагмами для простенков и с гибкими связями в междуоконных поясах в пятиэтажного жилом доме в г. Бронницы Московской области.

Проект здания выполнен ВТК “МОСОБЛСТРОЙ-5”. Технические решения стен разработаны автором. План стен первого этажа приведён на рис.1.2.33а.

Для простенков предложена кладка с вертикальными диафрагмами толщиной 64 см с толщиной наружного и внутреннего слоев кладки 25 см и шириной колодца 14 см. Соединение слоёв кладки осуществляется вертикальными кирпичными диафрагмами толщиной 12 см. В местах пересечений стен в ряде узлов принята спаренная диафрагма толщиной 25 см.

Чтобы выйти на значение требуемого сопротивления теплопередаче ($1,79 \text{ м}^2 / \text{°СхВт}$), в местах междуоконных поясов выполняется более эффективная с точки зрения теплотехники кладка с гибкими связями. Связи выполнялись из арматурных сеток, устанавливаемых в слое цементно-песчаного раствора.

В качестве утеплителя принят плитный пенополистирол, устанавливаемый с внутренней стороны пространства между слоями кладки. В местах сопряжения плит утеплителя с кирпичными диафрагмами устанавливаются вертикальные полосы из пенополистирола шириной 10 см и толщиной 4 см с целью фиксации плит утеплителя к кладке.

В междуоконном поясе полости между наружным и внутренним слоями кладки в тёплое время года заполняются монолитным ячеистым бетоном.

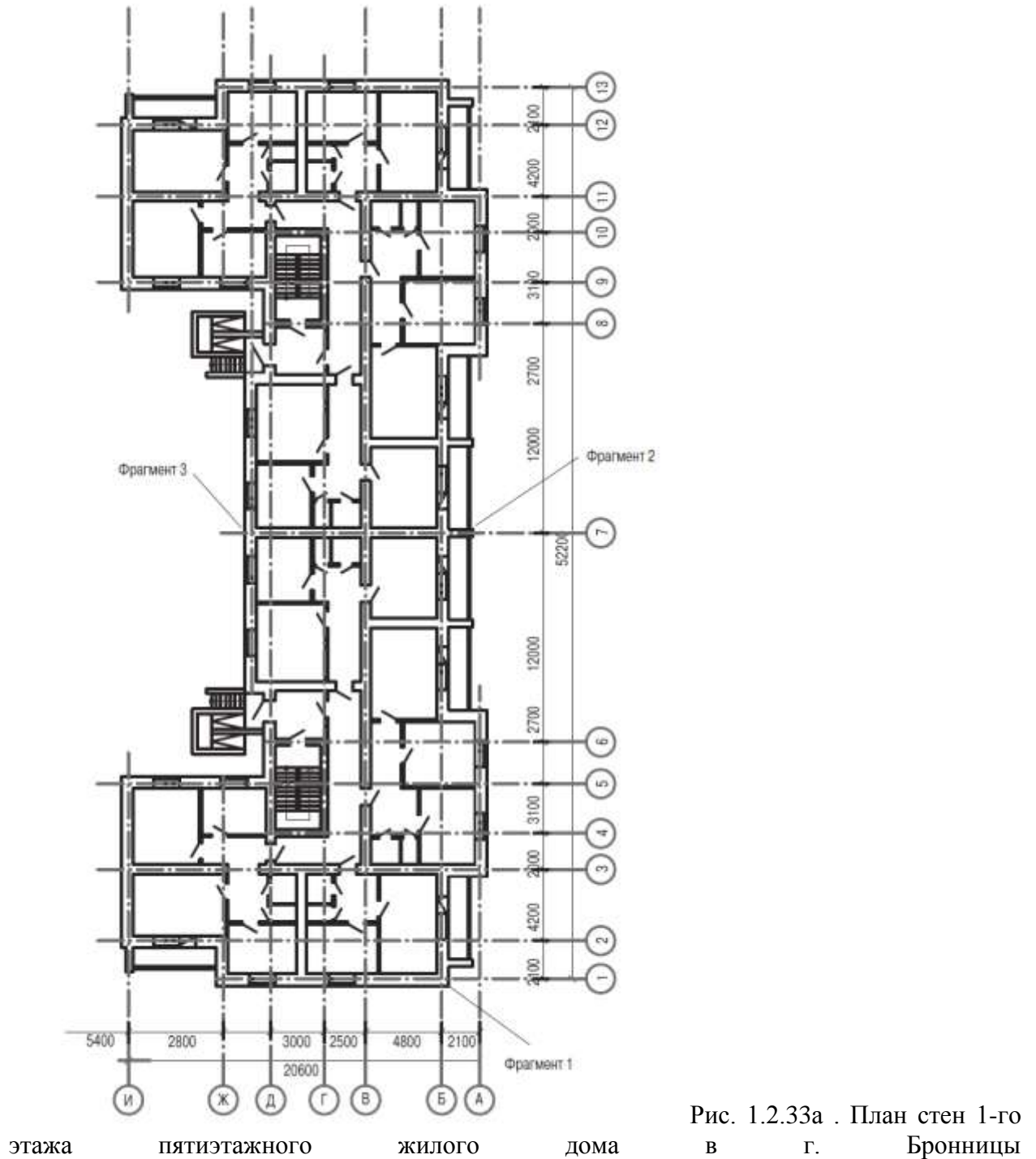
Фрагменты стены и узлы приведены на рис.1.2.33 б -1.2.33 д.

Теплотехнические расчёты стен выполнены Котиным М.В.

Рассматривались варианты с различной толщиной утеплителя. Было установлено, что с увеличением толщины утеплителя поток тепла через диафрагму увеличивается, что приводит к некоторому снижению температуры на её внутренней поверхности. При этом температура на внутренней поверхности стены в стороне от диафрагмы, естественно, возрастает.

Начиная с некоторой толщины утеплителя, индивидуальной для каждого случая, изменение расстояния между диафрагмами оказывает большее влияние на сопротивление теплопередаче, чем увеличение эффективности слоя утеплителя.

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен составило $2,16 \text{ м}^2 / ^\circ\text{С} \times \text{Вт}$, что выше требуемого в то время значения $R_{\text{тр}} = 1,79 \text{ м}^2 / ^\circ\text{С} \times \text{Вт}$. Температуры на поверхности стены оказались всюду выше 14°С .



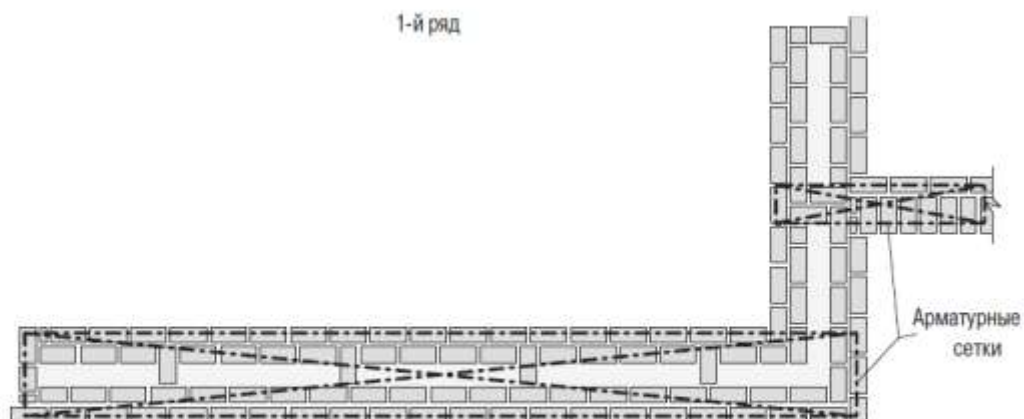


Рис. 1.2.1 б. Фрагмент 1. Армирование сетками



Рис.1.2.33 в. Фрагмент 1. Армирование диафрагм.

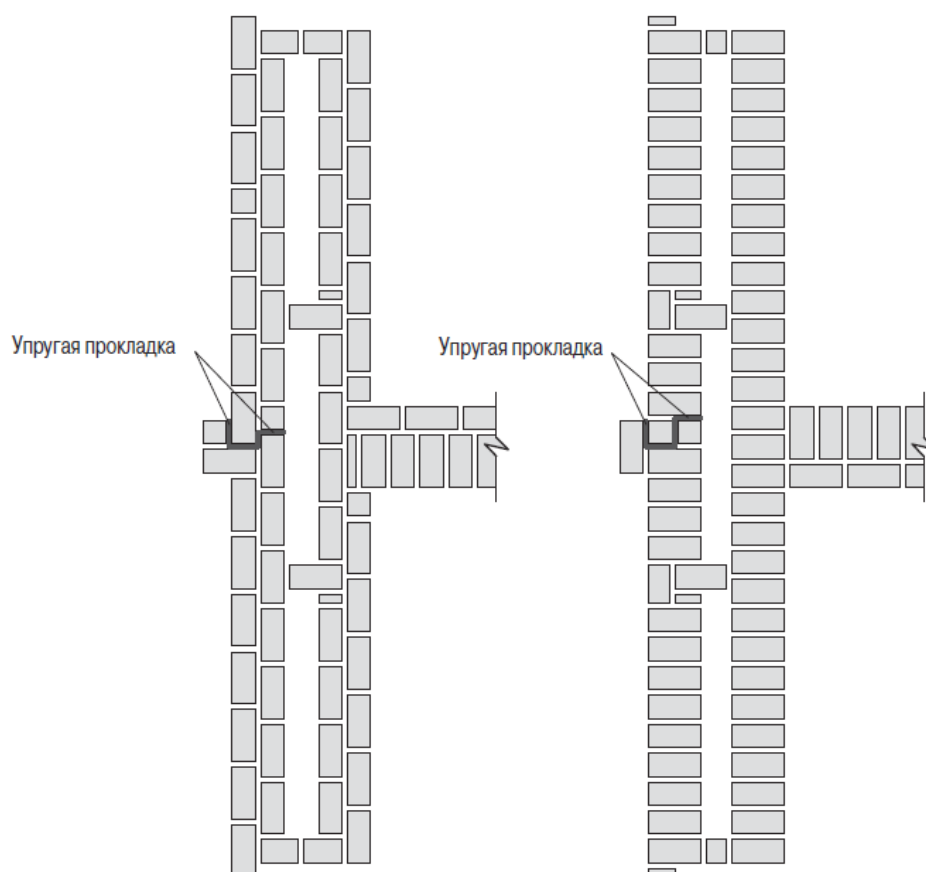


Рис. 1.2.33 г. Фрагмент 2. Деформационный шов

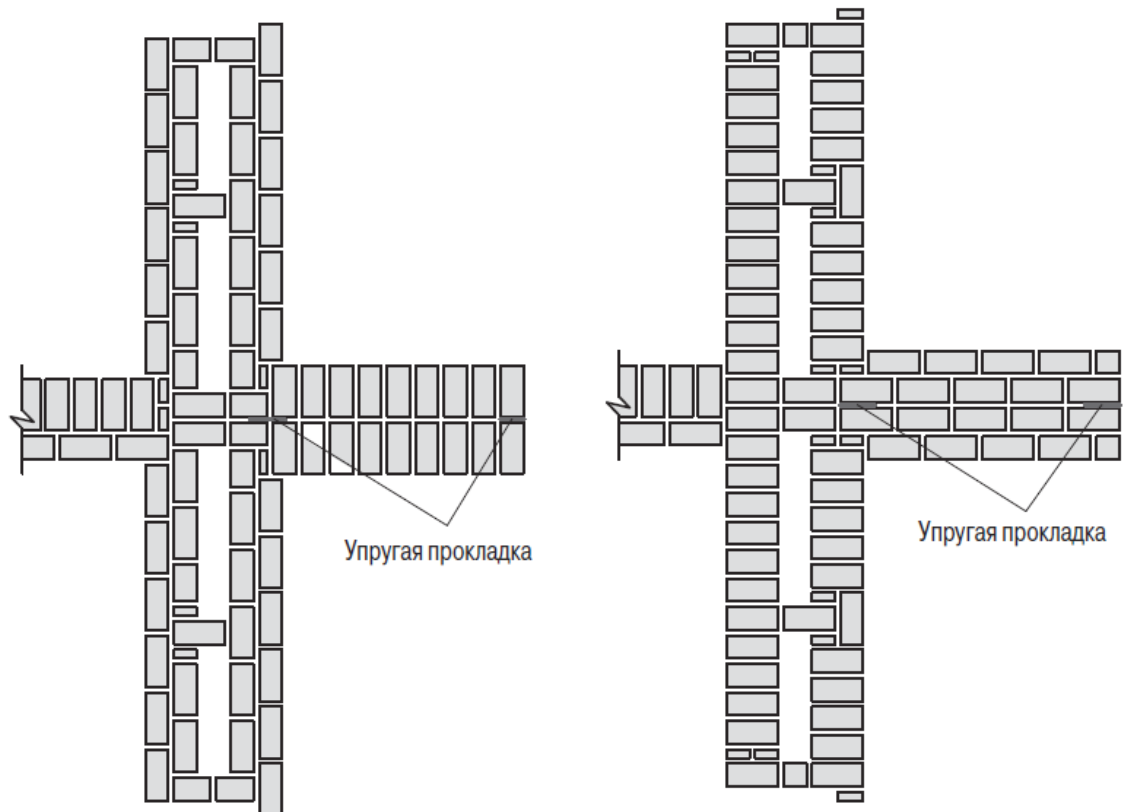


Рис. 1.2.33 д. Фрагмент 3. Деформационный шов.

Пример комбинированного применения кладки с уширенным швом для несущих и кладки с вертикальными диафрагмами для самонесущих стен в десятиэтажном жилом доме в г. Кашира Московской области.

Работа выполнялась по заданию института Серпуховгражданпроект в 1997 году. Заказчиком были представлены поэтажные планы, планы перекрытий и разрезы здания.

Проектируемое здание имеет высоту десять этажей. Конструктивная схема здания с наружными и внутренними несущими стенами. План типового этажа показан на рис. 1.2.34, а.

Для несущих наружных стен была принята кладка с уширенным швом (рис.1.2.34 б, в), заполняемым утеплителем. Положительный опыт возведения такой кладки в многоэтажных зданиях к этому времени уже имелся (см. раздел 1.1, рис, 1.1.21). Толщина внутреннего слоя кладки была принята 51 см, наружного 12 см и слоя утеплителя – 6 см. Уве-

личение толщины утеплителя было невозможно по конструктивным соображениям. Слои кладки соединяются горизонтальными армированными кирпичными диафрагмами, располагаемыми с шагом через пять рядов кладки. В качестве утеплителя был предложен пенополиуретан с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,03 \text{ Вт/м}^2\text{°С}$, технология приготовления которого имеется в ЦНИИСК им. Кучеренко. Заливка утеплителя осуществляется в построечных условиях в тёплое время года через оставляемые во внутреннем слое кладки патрубки из плотной бумаги.

Самонесущие стены было предложено выполнять из более эффективной с точки зрения теплотехники кладки с вертикальными диафрагмами. Толщина внутреннего слоя кладки принята 25 см, наружного 12 см, расстояние между слоями – 14 см. Слои кладки соединяются между собой вертикальными кирпичными диафрагмами толщиной 12 см, располагаемыми с шагом 51 см (в свету). Армирование диафрагм осуществляется горизонтальными Z и [- образными стержнями из арматуры $\text{Ø}8\text{A1}$, располагаемыми с шагом через шесть рядов кладки по высоте. В уровне верха и низа оконных проёмов на всю длину стен устраиваются горизонтальные растворные диафрагмы толщиной 3 см, армированные сетками из $\text{Ø}5\text{Bp1}$ с ячейкой 15x15 см.

Междооконные пояса выполнялись из трёхслойной кладки. Наружный слой имеет толщину 12 см, внутренний слой выше плиты перекрытия выполняется толщиной 12 см и утоплен на 13 см, образуя подоконную нишу, а под плитой перекрытия толщина внутреннего слоя составляет 25 см. В верхней части кладки междооконного пояса на один ряд ниже его верха, а также над перемычками устраиваются растворные диафрагмы толщиной 30 мм, армированные сетками и являющиеся продолжением сеток простенков.

С целью улучшения теплотехнических характеристик стен две средние подоконные железобетонные перемычки не устанавливаются. При этом в пределах пространства над оконным блоком утеплитель заливается непосредственно на оконный блок, а за его пределами устраивается железобетонная перемычка толщиной 4 см. В местах пересечений наружных и внутренних стен выполняются арматурные связевые сетки в уровне низа перекрытий и низа оконных проёмов.

Теплотехнические расчёты зданий выполнялись Котиным М.В. Температуры в горизонтальных сечениях фрагмента стены показаны на рис. 1. 2.34 г -1.2.34 ж.



Рис.1.2.34 а . План типового этажа 10-этажного жилого дома в г. Кашира.1997 г.

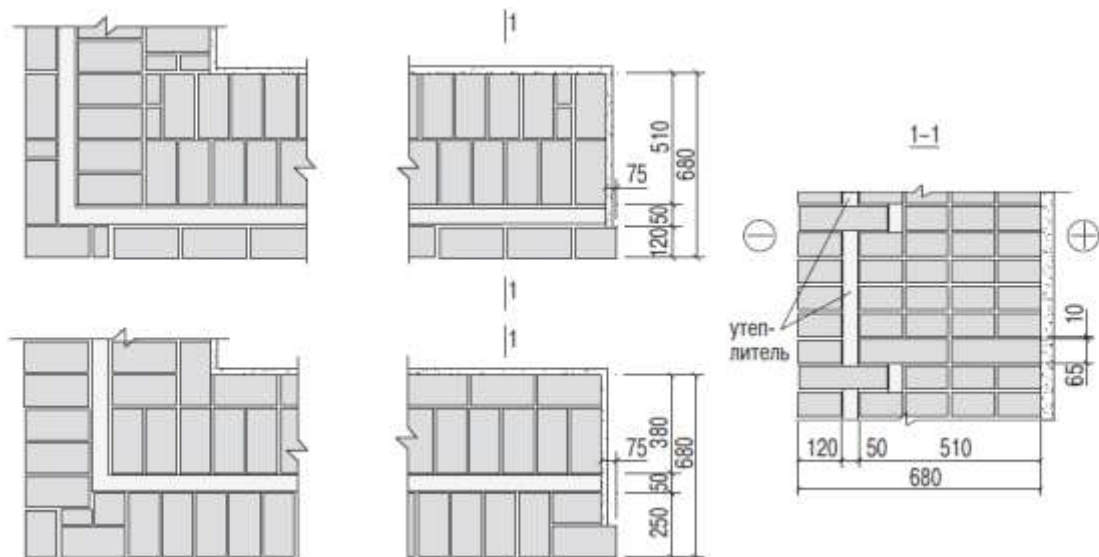


Рис.1. 2.34б. Фрагменты стен из кладки с уширенным швом

Рис. 1.2.34 в. Разрез стены из кладки с уширенным швом

Лаборатория реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений
 ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко НИЦ «Строительство»
 8 499 174 79 96; 8 499 174 79 83; 8 926 535 20 32

<http://kamkon.nethouse.ru>

<http://www.tsniisk.ru/info/object/>

<http://ishchuk-mk.narod.ru>

<http://www.kamkon.narod.ru/>

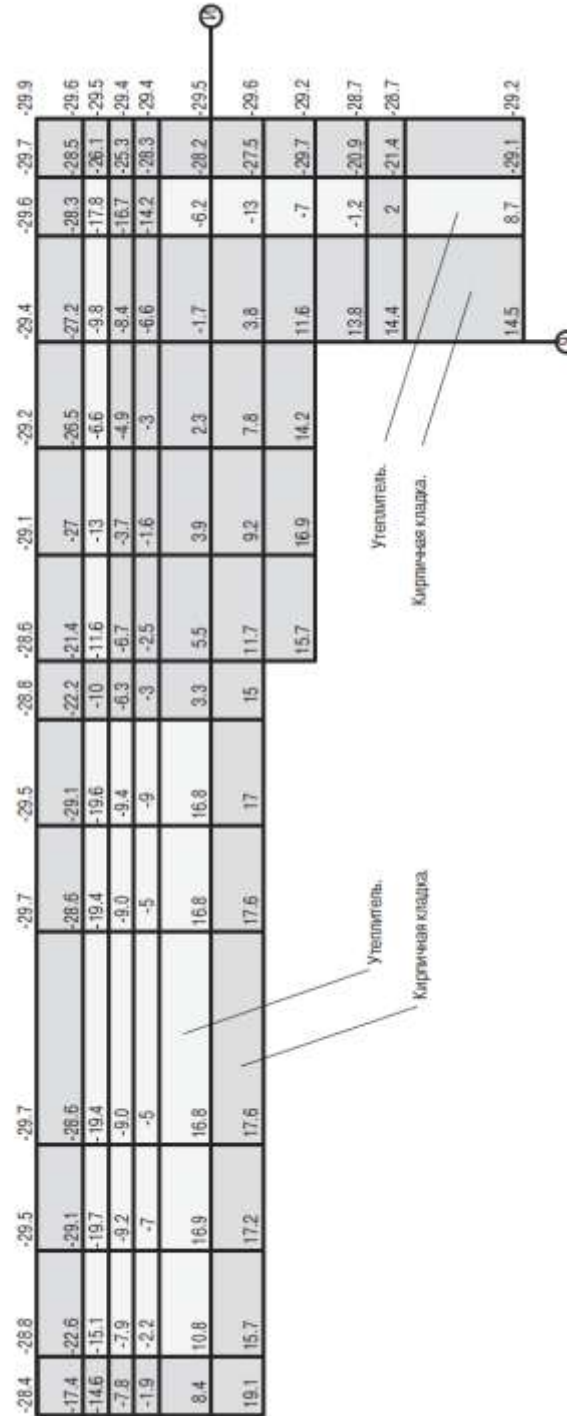


Рис. 1.2.34 г. Узел 1. Температура в сечении под оконным проемом

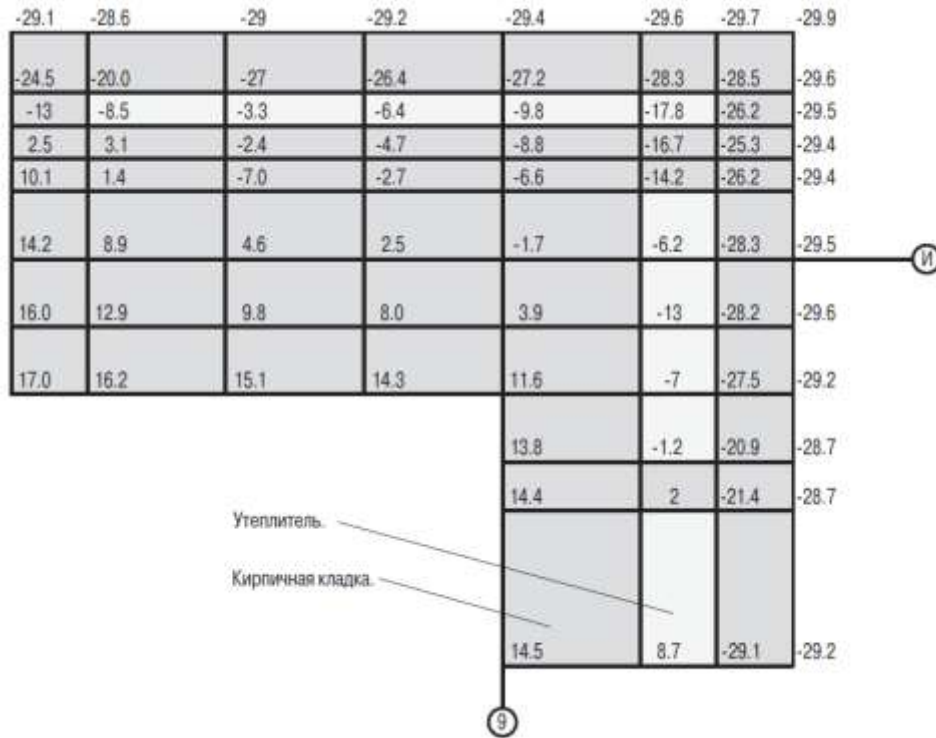


Рис. 1.2.34 д. Узел 1. Температура в сечении в уровне середины оконного проема

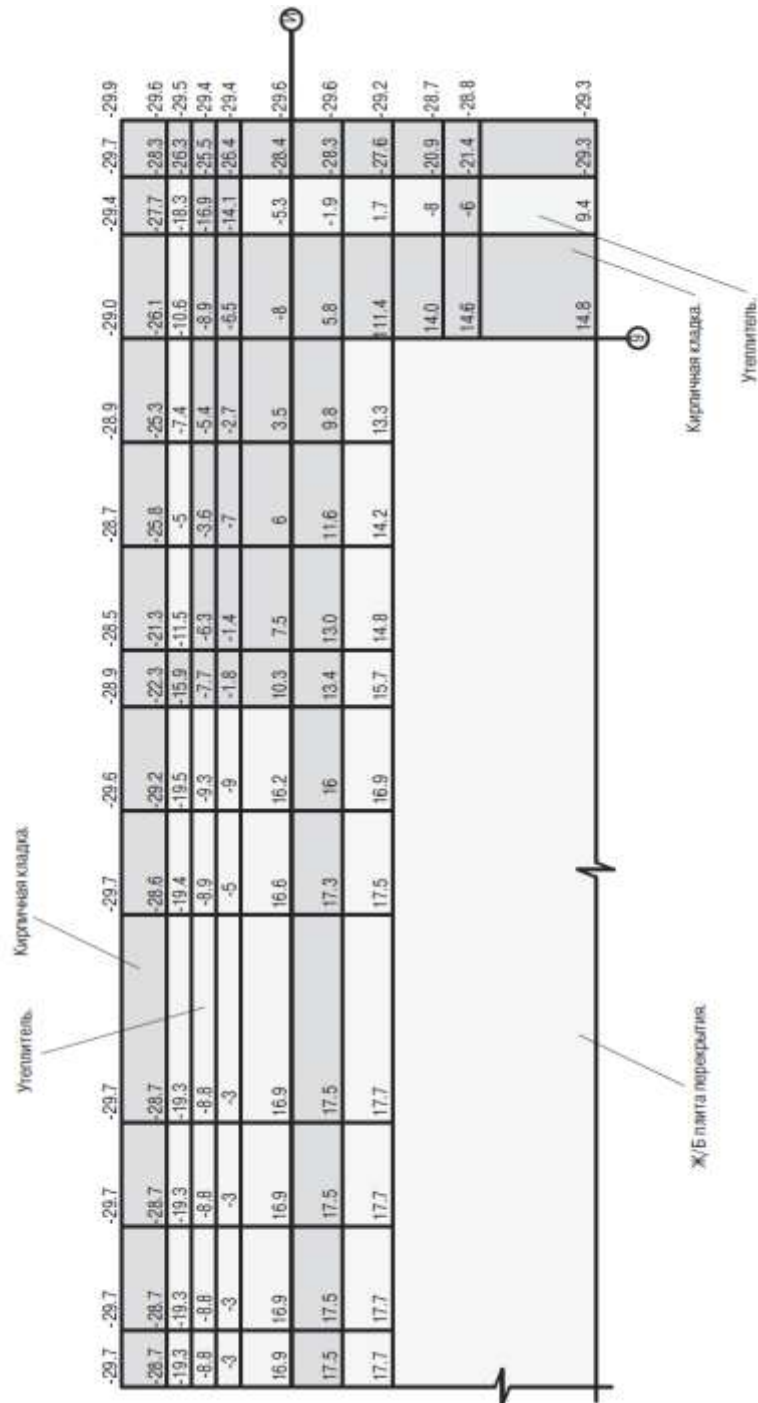


Рис. 1.2.34 е. Узел 1. Температура в сечении в уровне опирания плит перекрытия

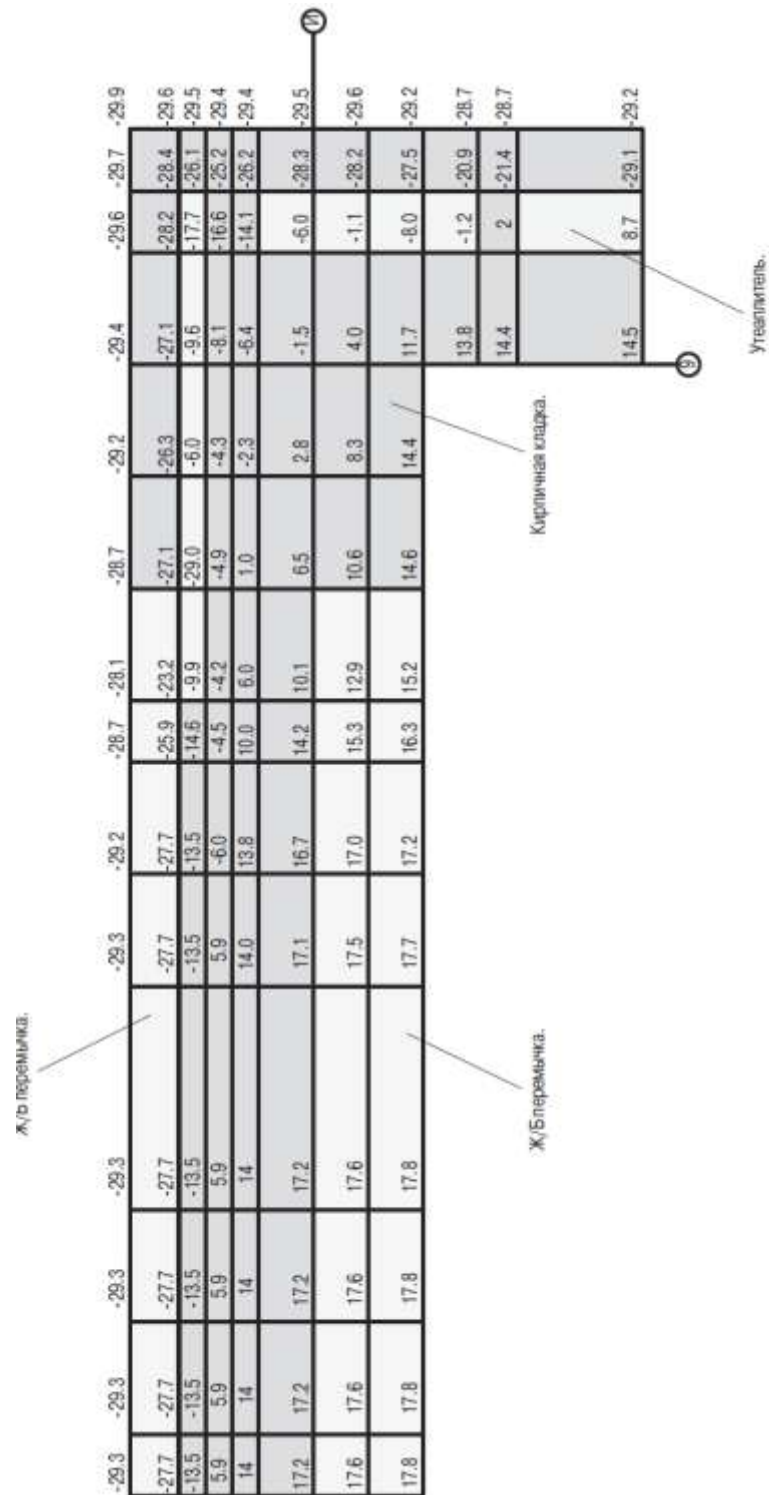


Рис. 1.2.34 ж. Температура в сечении в уровне растворной диафрагмы и надоконной перемычки

Пример решения узлов сопряжения внутренних и наружных несущих стен из трёхслойной кладки с вертикальными диафрагмами для жилого дома в г. Раменское Московской области.

Совместно с институтом «Гражданпроект» в г. Жуковский были разработаны технические решения наружных несущих и самонесущих стен из облегчённой кладки с вертикальными диафрагмами, включая узлы сопряжений с внутренними стенами (рис.1.2.35). Толщина внутреннего слоя кладки была принята 38 см, а наружного – 12 см. В качестве утеплителя принимался плитный пенополиуретан.

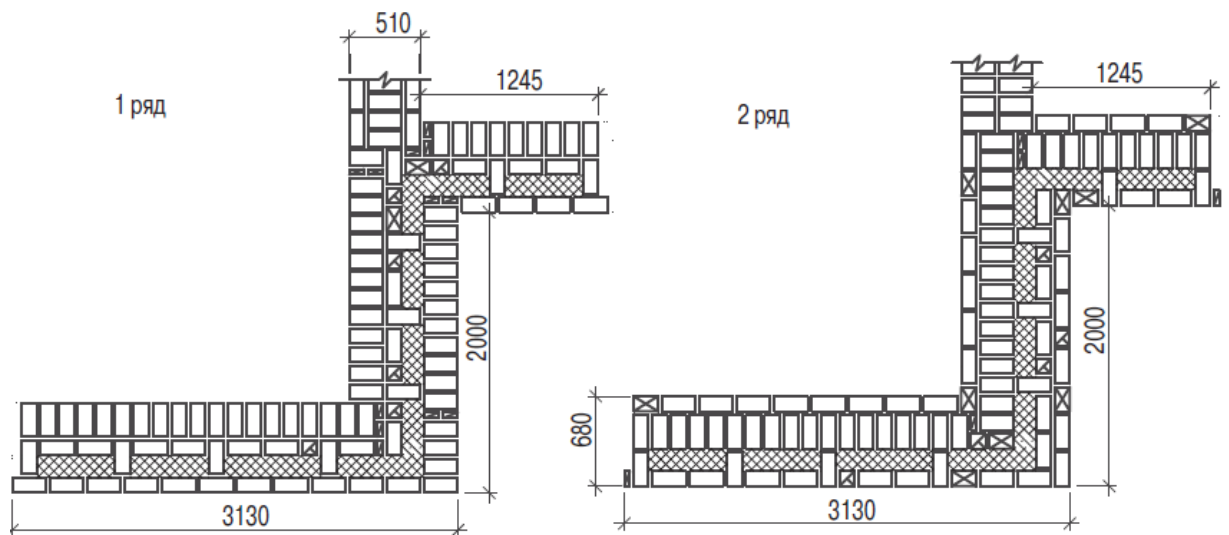


Рис. 1.2.35. Фрагмент стен жилого дома с несущими и самонесущими наружными стенами в г. Раменское.

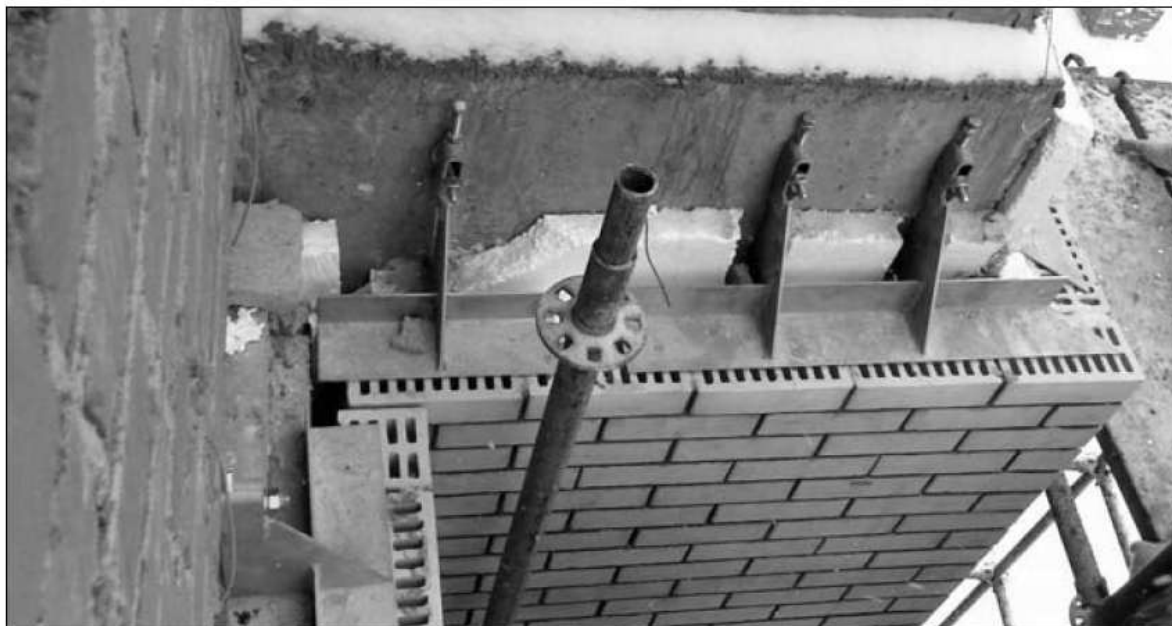


Рис.1.1.33. Опираие лицевого слоя на стальные кранштейны немецкой фирмы «Халфен-Деха» . Москва, ул.Пырьева, 2008 г.

2. Обобщение накопленного опыта проектирования, возведения и эксплуатации наружных многослойных каменных зданий повышенной этажности с систематизацией их основных дефектов и повреждений (в период эксплуатации) на основе анализа натурного обследования

2.1. Основные причины проявления массовых дефектов наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки.

Во второй половине девяностых годов в отечественном домостроении начались революционные изменения, в первую очередь связанные с необходимостью значительного повышения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Это потребовало от проектировщиков и строителей применения принципиально новых технических решений. *Часть проектных и строительных оказались к этому не готовы.*

Основными причинами здесь являются:

- Отсутствие высокой культуры строительства, когда для возведения технически более сложных многослойных стен требуется и более высокая квалификация строителей всех уровней от каменщика до инженерно-технических работников. У нас же, наоборот, произошла значительная деградация, особенно, среди каменщиков. Часто работникам не хватает не только умения, но и понимания того, что многослойные стены требуют более тщательного исполнения.
- Отсутствие в достаточном количестве и по номенклатуре материалов для кладки – связей из нержавеющей стали и базальтового и стекловолокна, заливочных безусадочных утеплителей, плитных утеплителей, устанавливаемых «в паз-гребень» и др.
- Неразвитая база монолитного домостроения.

Отсутствие опыта возведения многослойных стен сказалось и на качестве проектов, принятые решения не всегда удовлетворяют требованиям по обеспечению прочностных, деформационных и теплотехнических характеристик стен.

Остановимся на наиболее часто встречающихся дефектах стен из многослойной облегченной кладки.

2.2. Дефекты утепляющего слоя.

Одним из основных требований к утепляющим слоям является отсутствие в них сквозных зазоров, вызываемых как некачественной укладкой утеплителя, так и свойствами самого материала – усадкой и просадкой в течение какого-то времени.

При укладке плитного утеплителя его нарезка осуществляется в построечных условиях по месту. В большинстве обследуемых случаев подгонка плит, особенно из пенополистирола, производится некачественно. Зазоры между плитами часто достигают нескольких сантиметров. Нередко швы между утеплителем заполняются кладочным раствором (рис.2.2.1а, б). Часто зазоры между низом плиты перекрытия и утеплителем, либо кладкой внутреннего слоя из ячеистобетонных камней достигают нескольких сантиметров (рис..2.2.1, в, г).

Плиты утеплителя из минваты легче подогнать друг к другу или конструкциям стены. Однако, в случае использования плит недостаточной жёсткости они со временем могут проседать с образованием горизонтальных пустот. То же относится и к засыпным и заливочным утеплителям. В последнем случае следует также опасаться усадки утеплителя.

В 70-е годы были известны случаи, когда утеплитель из ФРП давал в полости стены столь значительную усадку, что приходилось впоследствии закачивать в образовавшиеся полости через просверленные в стене отверстия дополнительный утеплитель. В настоящее время разработаны достаточно эффективные заливочные утеплители, усадка которых незначительна. Технология производства и закладки в стены таких утеплителей имеется в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

Казалось бы, с применением кладки из легкобетонных и ячеистобетонных камней можно было бы избежать перечисленных выше недостатков. Однако и здесь авторам приходилось наблюдать, как в результате некачественного заполнения вертикальных растворных швов, откалывания камней вместо их распиловки образовывались значительные щели.

При возведении стены утеплитель устанавливается, как правило, в колодец между слоями кладки. При этом кладочный раствор попадает на дно колодца и слой раствора толщиной в несколько сантиметров образует «мостики холода». Кроме того, этот рас-

творный шов очень неровный, что также препятствует качественной укладке на него плитного утеплителя.

Значительно затрудняется производство работ по укладке утеплителя в зимнее время. Наибольшей опасностью является попадание снега и образование льда на дне колодца, куда помещается утеплитель (рис. 2.2.2). После их таяния образование незаполненных утеплителем полостей также неизбежно.

Помимо технологических дефектов утепляющего слоя, нередки случаи, вызванные ошибками при проектировании, когда промерзание стены обусловлено недостаточным сопротивлением теплопередаче. Не имея достаточного опыта и базы для выполнения теплотехнических расчётов, некоторые проектировщики назначают толщину утепляющего слоя без учёта потерь тепла через различные вертикальные и горизонтальные диафрагмы, стальные связи между слоями, являющиеся «мостиками холода». Кроме того, в местах расположения этих включений в первую очередь наряду с оконными откосами и углами возможно образование конденсата. Во избежание этого теплотехнические расчёты предпочтительно выполнять по программе, реализующей метод конечных элементов в пространственной постановке.



Рис.2.2.1а,б. Пример некачественной укладки плитного утеплителя из пенополистирола в наружной стене г. Красногорск. 1999 г:
а- в месте примыкания наружного слоя к железобетонной колонне;
б- в трехслойной кладке.



Рис.2.2.1в. Продуваемый зазор между низом перекрытия и верхом кладки внутреннего слоя из ячеисто-бетонных камней (дом на улице Петрозаводской). 2007 г.



Рис.2.2.1г. Неплотное прилегание плит утеплителя к низу плиты перекрытия (дом на улице Петрозаводской). 2007 г.



Рис. 2.2.2. Попадание снега и мусора в полость для утеплителя. 1991 г.

2.3. Дефекты узлов крепления слоёв наружных стен.

Дефекты узлов опирания наружного слоя из кирпичной кладки

Вертикальные и горизонтальные деформации кладки наружного и внутреннего слоёв наружных стен могут значительно отличаться друг от друга вследствие различных температурно-влажностных условий, в которых находятся эти слои, различий в свойствах самих материалов и неодинаковой нагрузки на эти слои. Чем выше и протяженнее здание, тем больше разность деформаций слоев стены и тем больше вероятность отрыва одного слоя от другого (подробнее см. главы 7 – 9 /1.24/).

Во избежание этого, наружные стены разрезаются вертикальными и горизонтальными деформационными швами. Сейчас наиболее распространено техническое решение, когда в многоэтажных зданиях горизонтальные швы делаются, как правило, в уровне перекрытий каждого этажа. При этом наружный слой устанавливается либо на стальной уголок, крепящейся к плите перекрытия или каркасу, а внутренний слой кладки устанавливается на плиту перекрытия.

Известно много случаев с некачественным выполнением узлов опирания слоёв кладки. Наиболее часто стали встречаться случаи, когда наружный слой кладки толщиной в полкирпича (12 см) свешивается со стального уголка больше, чем на 4 см. Известны случаи, когда наружный слой свешивался и на 15 см (рис.2.3.1-2.3.3). Ясно, что ни о каком горизонтальном деформационном шве в этом случае не может быть и речи, так как каменщик вместо упругого материала деформационного шва вынужден укладывать кладочный раствор и бой кирпича (рис.2.3.4).

Известны случаи, когда непродуманное проектное решение не позволяет выполнить горизонтальный деформационный шов качественно. Так было при строительстве дома на

Бакунинской улице в г. Москве (2003 год). По проекту наружный слой должен был поэтажно опираться на консольную балку из армированной кладки высотой в несколько рядов кирпича (рис. 2.3.5). Устройство горизонтальных деформационных швов, разрезающих наружный слой кладки в уровне каждого этажа, предусмотренных проектом, там практически не выполнялось. Причиной тому было то, что в случае устройства шва свежая кладка опорной консольной балки не смогла бы воспринимать нагрузку от веса вышележащей кладки наружного слоя.

В 2007 г. произошло частичное обрушение лицевого слоя кладки на доме по ул. Петрозаводская в г. Москве (рис. 2.3.6, а, б). Проектом было предусмотрено поэтажное опирание лицевого слоя кладки, имеющего толщину 12 см, на монолитные железобетонные перекрытия (рис.2.3.6, в). По проекту кладка лицевого слоя должна была свешиваться на 4 см. Торцы плиты перекрытия закрывались снаружи распиленными в продольном направлении кирпичами. Под распиленными кирпичами горизонтальный шов заполнялся кладочным раствором. Таким образом, горизонтальный деформационный шов устраивался под плитой перекрытия не на всю толщину лицевого слоя (12 см), а только на 8 см. В

действительности же во многих местах свес кладки лицевого слоя превысил проектное положение. В месте обрушения лицевой слой был полностью смещён с опоры.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что *дефекты узлов опирания наружного слоя из кирпичной кладки вызваны не только некачественным исполнением работ, но и недоработками самих проектов.* Более того, *известно много случаев, когда горизонтальные деформационные швы проектом вообще не предусматривались.*



Рис. 2.3.1. Смещение несущего наружного слоя кладки в сторону улицы, исключаяющее устройство горизонтального деформационного в г. г.Одинцово.1999 г.



Рис. 2.3.2. Свес наружного слоя кладки на 7 см в сторону улицы. Г. Москва, ул. Молодогвардейская. 1999 г.



Рис. 2.3.4 Заполнение горизонтального деформационного шва кладочным раствором. Москва, 1999 г.



Зазор между плитой перекрытия и уголком 8 см с креплением уголка через пластину

Смещенный на 15 см лицевой слой



Рис. 2.3.3. Жилой дом на ул. Молодогвардейская в Москве, 1999 г. а – свес наружного слоя кладки со стального уголка на 15 см вместо 4-х по проекту; б – некачественное крепление стального опорного уголка; в – подведение под опорный уголок стальных кронштейнов в ходе ремонта

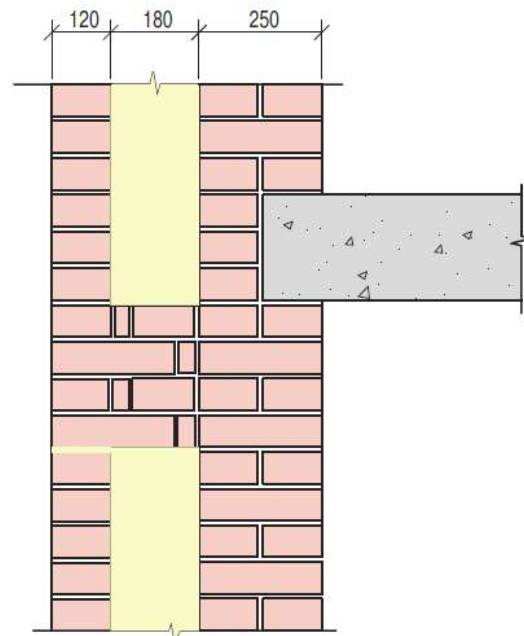


Рис. 2.3.5 Узел опирания лицевого слоя на кирпичную консоль в доме на Бакунинской улице в Москве, 2003 г.



Рис. 2.3.6 а, б, в. Дом на ул. Петрозаводской в Москве .2007 г.

а- общий вид здания;

б- фрагмент фасада после обрушения кладки лицевого слоя наружной стены ;

в- узел опирания лицевого слоя кладки на плиту опирания

Лаборатория реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений
ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко НИЦ «Строительство»
8 499 174 79 96; 8 499 174 79 83; 8 926 535 20 32

<http://kamkon.nethouse.ru>

<http://www.tsniisk.ru/info/object/>

<http://ishchuk-mk.narod.ru>

<http://www.kamkon.narod.ru/>

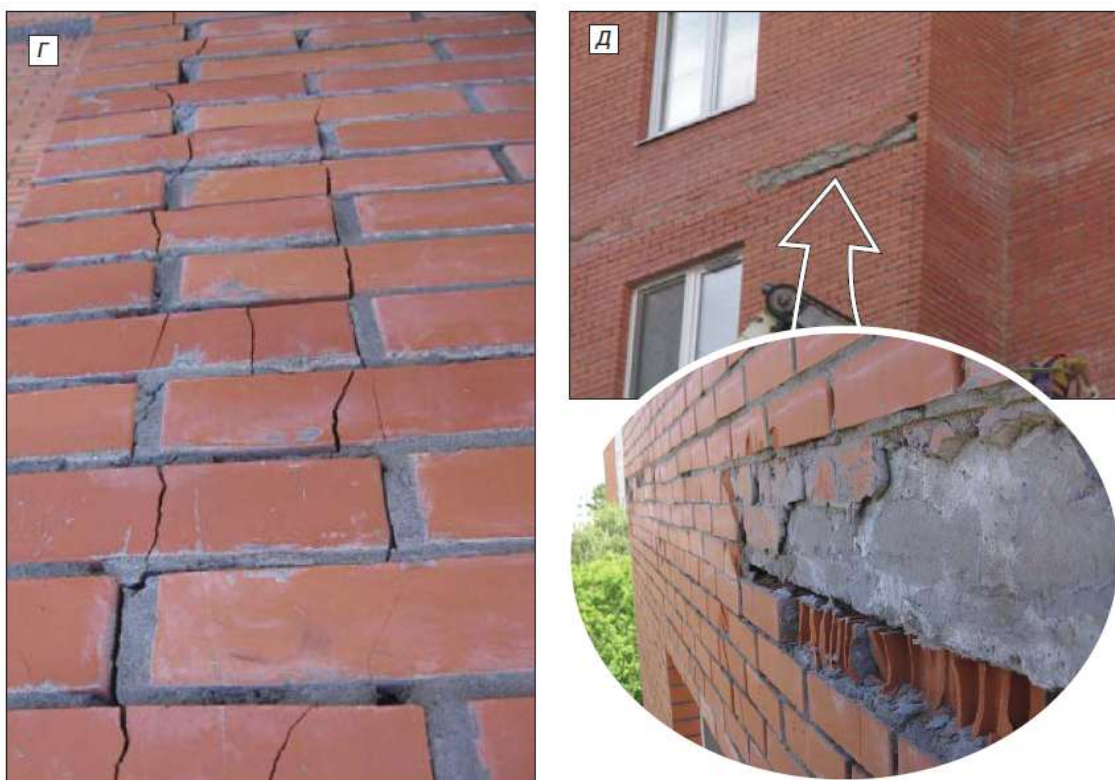


Рис. 2.3.6 г, д. Дом на ул. Петрозаводской в г. Москве, 2007 г.

г – вертикальные температурные трещины в наружном слое кладки на углу здания;
д-разрушение кладки из распиленных по толщине кирпичей, облицовывающих торец плиты

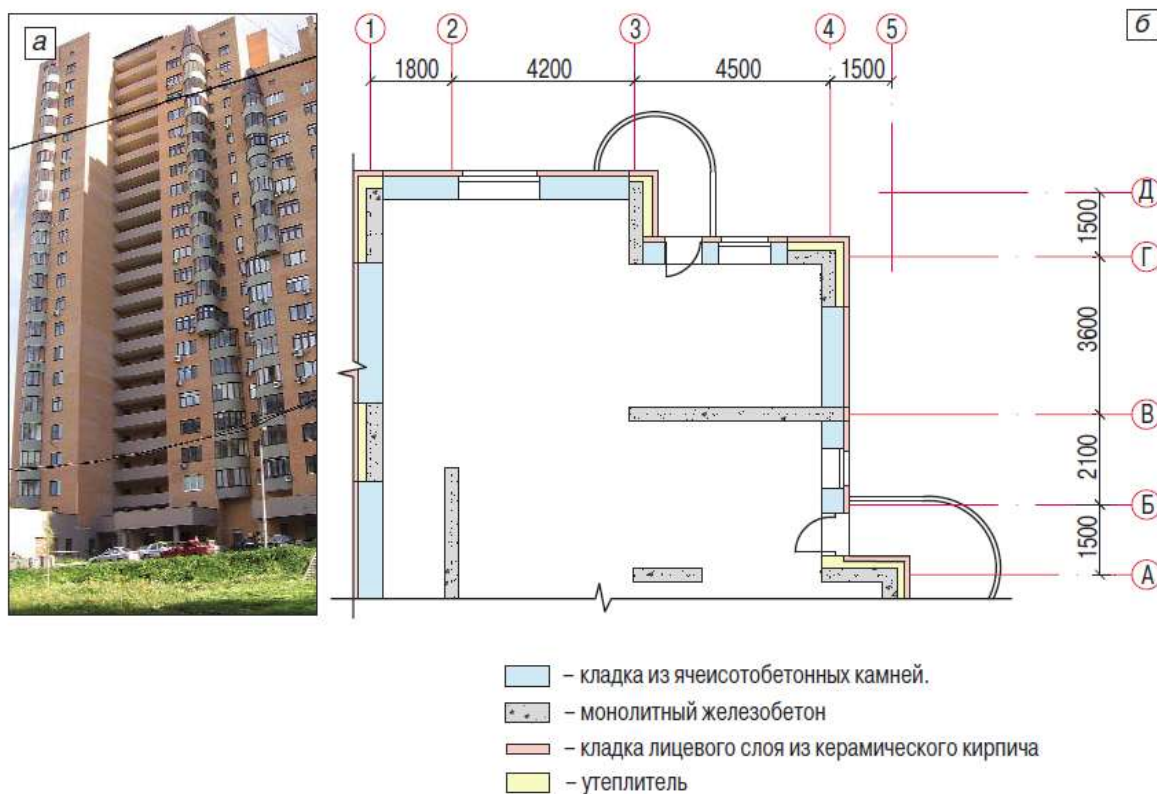


Рис.2.3.7 а, б. Дом на Магнитогорской в Москве, 2006г.: а- общий вид здания;
 б – фрагмент плана типового этажа

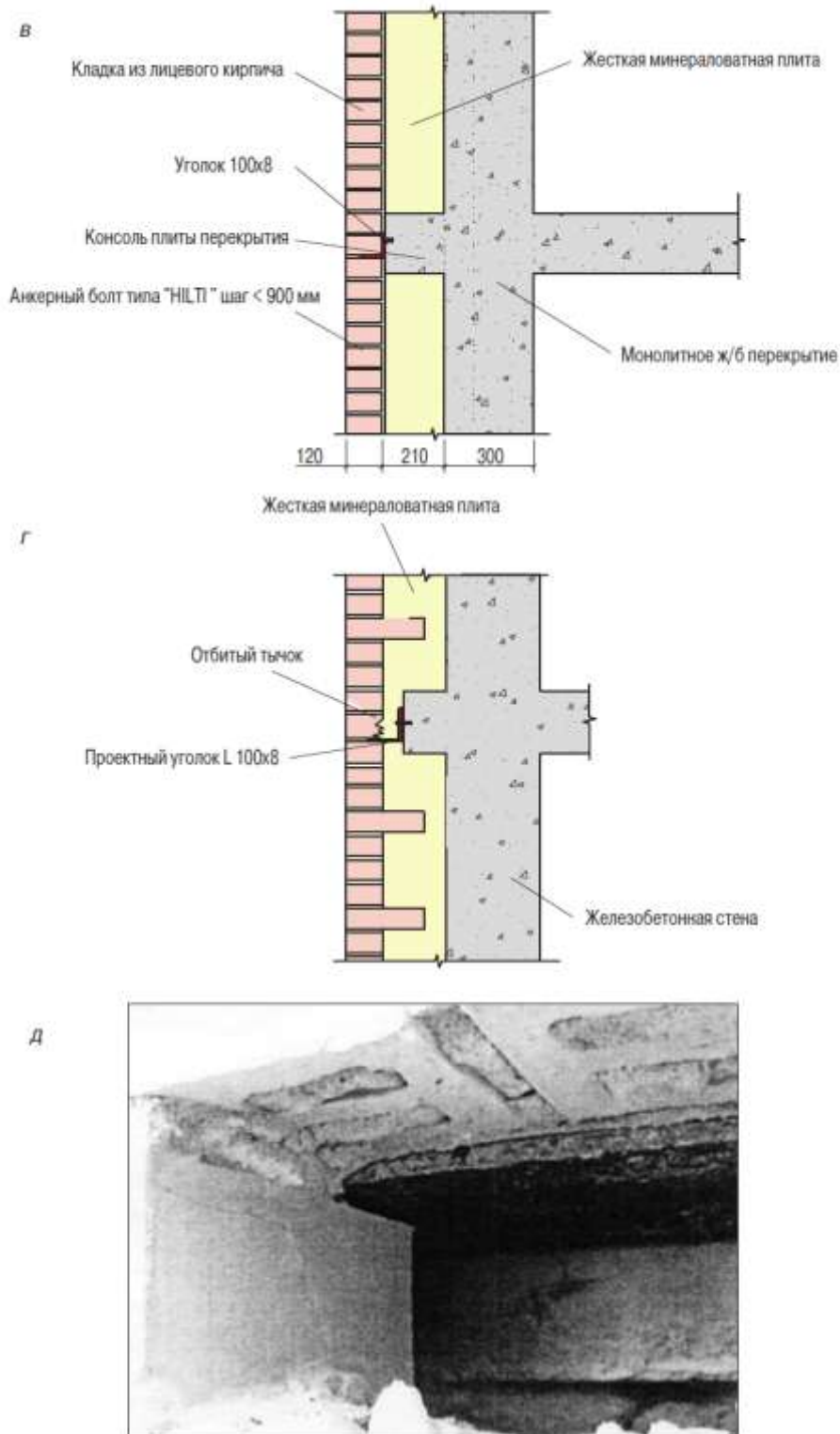


Рис. 2.3.7 в, г, д. Жилой дом на ул. Магнитогорской в г. Москве: в- проектное решение узла крепления лицевого слоя кладки наружной стены к монолитной железобетонной стене; г- узлы опирания лицевого слоя по результатам обследования; д- свес кирпича со стального уголка



Рис.2.3.7 е-и. Жилой дом на ул. Магнитогорской в Москве: е- отсутствие перевязки кладки в уровне верха плиты перекрытия; ж- фрагмент стены в осях 4/Г. Вертикальные трещины в уровне 4-6- го этажей; з- вертикальная трещина на углу стены между 3-м и 4-м этажами.

Лаборатория реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений
 ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко НИЦ «Строительство»
 8 499 174 79 96; 8 499 174 79 83; 8 926 535 20 32
<http://kamkon.nethouse.ru> <http://www.tsniisk.ru/info/object/>
<http://ishchuk-mk.narod.ru> <http://www.kamkon.narod.ru/>



Рис. 2.3.7 к, л. Жилой дом на ул. Магнитогорской в Москве:

к- раздробление кирпичей лицевого слоя в уровне перекрытия на 2-м этаже;
л- ремонт кладки наружного (лицевого) слоя в месте образования вертикальных трещин



Рис.2.3.8. Раздробление кирпичей под плитой перекрытия вследствие отсутствия горизонтального деформационного шва. Москва, 2000 г.

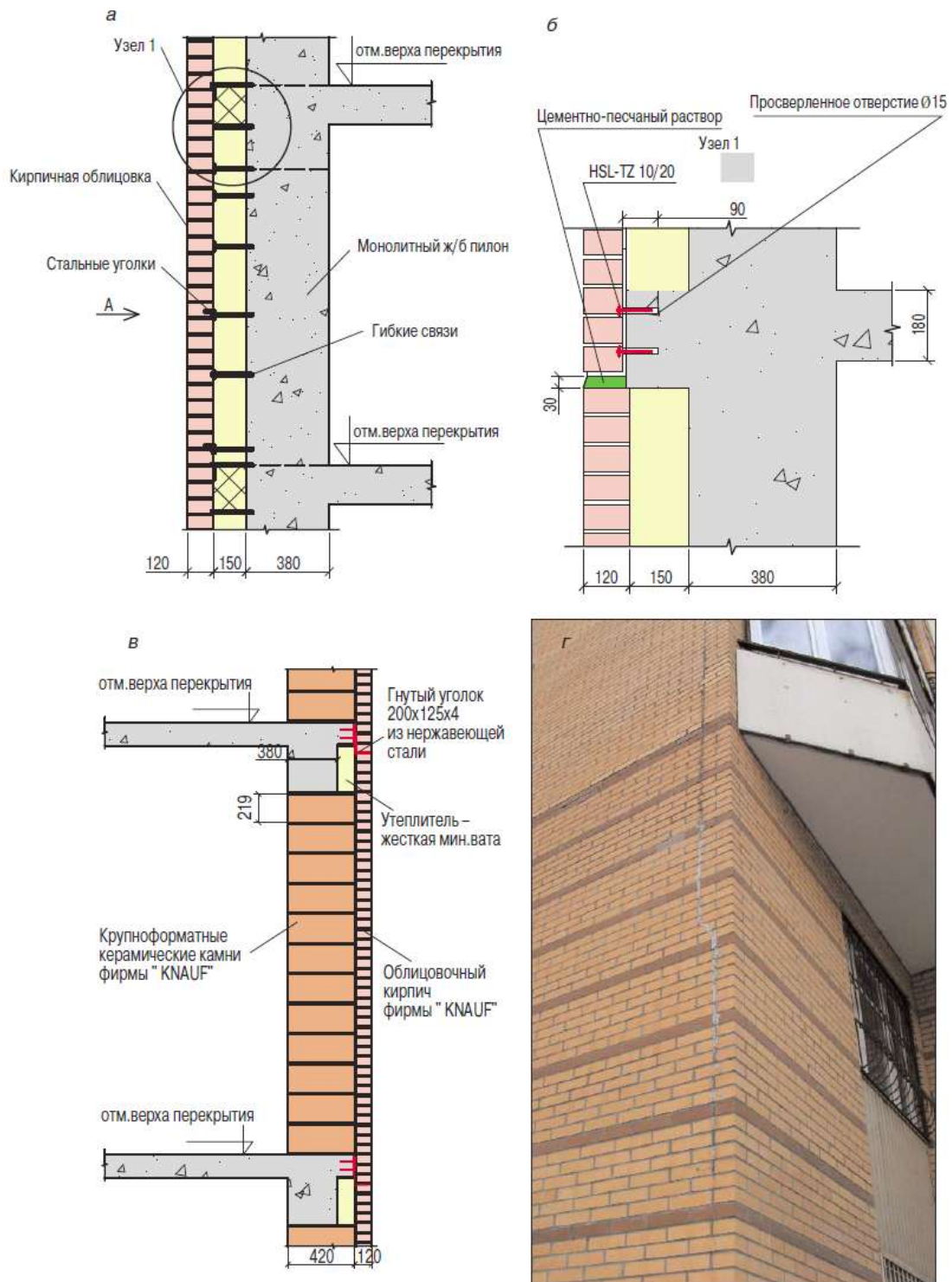


Рис.2.3.9. Жилой дом на ул.Зоологической в Москве:

- а- фрагмент крепления кирпичной облицовки к монолитному железобетонному пилону;
 б- узел крепления стального опорного уголка к железобетонной плите перекрытия;
 в- вертикальный разрез по наружной стене с внутренним слоем из крупноформатных керамических камней производства «Победа Кнауф»;
 г- вертикальная трещина в лицевом слое кладки на углу здания.



Рис. 2.3.10. Жилой дом на ул. Старослободской в Москве, 2006г. а- общий вид; б- вертикальные трещины на углу стен и разрушение кладки в уровне перекрытия ; в- стальные кронштейны для опирания на них кладки наружного слоя; г- армирование наружного слоя стены отдельными стержнями; д- температурные трещины в лицевом слое наружной стены одноэтажного въезда в гараж

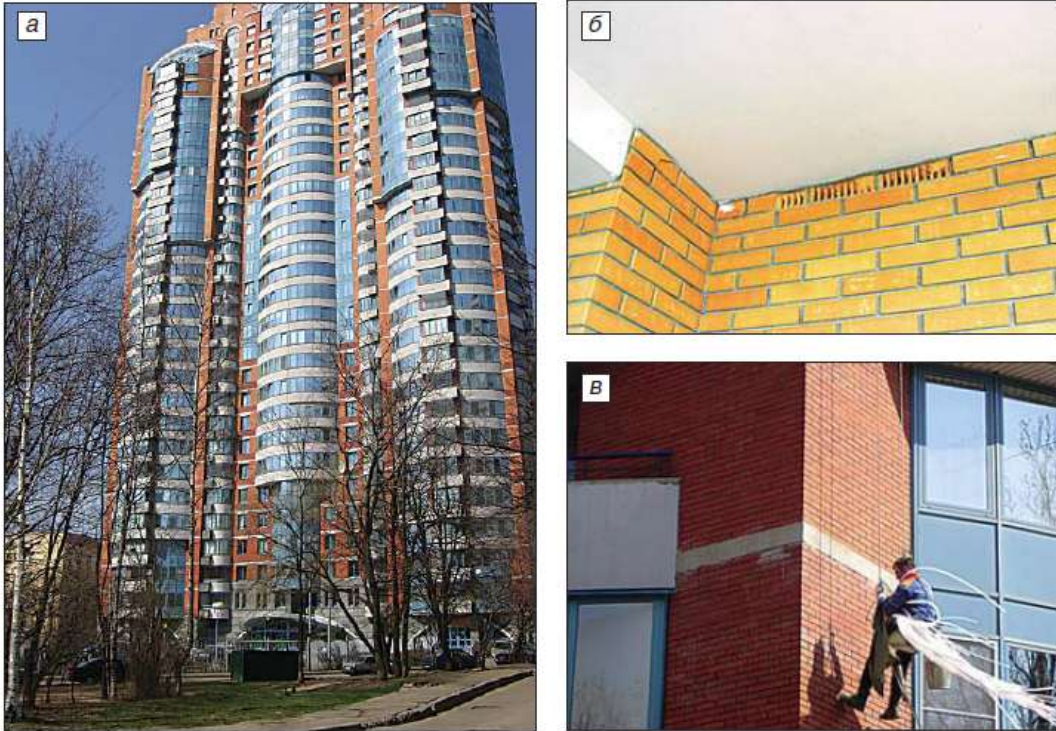


Рис.2.3.11. Раздробление кирпичей в уровне перекрытия вследствие некачественного выполнения горизонтальных деформационных швов: а- общий вид здания; б- раздробление кирпичей под плитой лоджии; в- ремонт швов путем их расшивки и заполнения упругим герметиком, Ленинский проспект, Москва, 2008 г.



Рис. 2.3.12. Раздробление кирпичей в уровне перекрытия вследствие отсутствия горизонтальных деформационных швов образования вертикальной трещины вследствие отсутствия вертикальных деформационных швов, Москва. 2002 г.



Рис.2.3.13. Усиление кладки в местах образования вертикальных трещин. Несвижский переулок, Москва. 2002г.

Примером тому служит 22 - этажный жилой дом по ул. Магнитогорская в г. Москве (рис. 2.3.7, а). Там опирание лицевого слоя кладки осуществлялось на стальные уголки, причём, начиная только с шестого этажа. На всю высоту здания горизонтальные деформационные швы предусмотрены не были. Крепление лицевого слоя осуществлено гибкими стальными связями. (подробнее о конструкции стен дома и дефектах см. ниже).

В доме по улице Зоологическая в г. Москве опирание лицевого слоя кладки осуществлялось на стальные уголки в уровне перекрытий каждого этажа. Однако, это не спасло от появления в лицевом слое кладки вертикальных трещин и раздробления кирпича в уровне перекрытий, поскольку ни горизонтальных, ни вертикальных деформационных швов проектом предусмотрено не было (рис. 2.3.9).

Другим аналогичным примером служит здание по ул. Старослободская в г. Москве (рис. 2.3.10). Там также опирание кладки лицевого слоя осуществлялось на стальные уголки. Однако, крепление лицевого слоя осуществлено жёсткими стальными связями, выполненными из стальных кронштейнов.

Список зданий с аналогичными дефектами может быть дополнен не одним десятком адресов только по одной Москве (рис.2.3.8, 2.3.11-2.3.13).

Неудовлетворительное крепление наружного слоя из кирпичной кладки к внутренним слоям.

В большинстве проектов крепление наружного слоя кладки осуществляется к внутренним слоям или железобетонному каркасу с помощью гибких связей (подробно о конструкциях гибких связей см. ниже).

Можно отметить следующие, наиболее распространённые ошибки при устройстве гибких связей, которые уже привели или могут привести по истечении некоторого времени к аварийным ситуациям:

- Недостаточная стойкость к коррозии.
- Излишняя податливость из плоскости стены.
- Излишняя жёсткость на сдвиг.
- Неудовлетворительная анкеровка в кладку лицевого и внутреннего слоёв.
- Большое расстояние между связями (рис.2.5.5).

Известны случаи, когда гибкие связи выполнялись из обычной полосовой стали вообще без антикоррозийного покрытия (рис. 2.5.3). Естественно, что располагаемая в слое

утеплителя связь по прошествии нескольких лет полностью корродирует. В свою очередь, это неминуемо приведёт к обрушению лицевого слоя кладки.

Часто связи выполняются из оцинкованной сетки или гнутых арматурных стержней. Качество покрытия их бывает настолько неудовлетворительным, что ещё при укладке в стену на них видны следы коррозии. Более надёжными с точки зрения стойкости к коррозии, на первый взгляд, являются связи из стекловолокна. Однако, и они подвержены коррозии в щелочной среде, которая присутствует в растворных швах.

Связи должны быть достаточно жёсткими из плоскости стены. В качестве примера недостаточно жёстких связей можно привести конструкцию, применённую на упоминавшемся выше доме по ул. Петрозаводская в г. Москве (рис. 2.5.4).

Там были применены связи из перфорированной полосы, выполненной из нержавеющей стали. Одной стороной полоса заводилась в растворный шов кладки, а с другой её изогнутый край пристреливался к бетону. В зависимости от расстояния дюбеля от угла, в котором изогнута полоса, податливость связи из плоскости стены может достигать одного сантиметра и более. Включиться в работу такая связь сможет только при появлении в лицевом слое значительных трещин. Более того, жёсткости рядом расположенных связей должны быть достаточно близки между собой. В противном случае наиболее жёсткие связи выключатся из работы до того, как в неё включатся более податливые связи.

Примером связей, обладающих излишней жёсткостью на сдвиг, являются применённые на доме по Старослободской улице в г. Москве стальные кронштейны (рис.2.3.10 в). В работе /1.23/ приведён расчёт стены этого здания на действие температуры. Там показано, что одной из причин появления в лицевом слое наружных стен этого дома трещин и сколов кладки в уровне перекрытий является применение в качестве связей жёстких стальных кронштейнов. Подробнее о конструкциях стен этого здания и выявленных дефектах см. раздел 2.5.3.

Прочность анкерки в растворные швы кладки многих из применяемых связей нигде не регламентирована и часто не известна. Серьёзное опасение вызывает надёжность анкерки некоторых видов связей в растворные швы кладки из легкобетонных блоков с объёмной массой ниже 400 кг/м^3 .

Расстояние между связями во многих проектах назначается без какого-либо обоснования. На стройке расстояние между связями и места их привязки, указанные в проекте, на многих из обследованных зданий не соблюдены.

2.4. Опираие на лицевой слой балконов.

В 10-ти этажном жилом доме в г. Красногорске Московской области (рис.1.2.31 /1.24/) опирание балконных плит осуществлялось непосредственно на наружный слой кладки толщиной 12 см, что потребовало внести изменения в проект уже в процессе строительства. По рекомендации автора балконные плиты средних и верхних этажей были выполнены неразрезными с плитами перекрытий. Для этого вместо сборных плит там были выполнены участки из монолитного железобетона. Кроме того, существовала вероятность среза наружного слоя кладки по причине значительной разности вертикальных деформаций наружного и внутреннего слоёв. Во избежание этого лицевой слой был установлен на выполненные в монолитных плитах консоли либо на монолитные балки, уложенные между плитами перекрытий (рис.1.2.31 в /1.24/).

2.5. Массовое проявление дефектов наружных облегчённых стен зданий, возводимых с конца 1990-х годов.

Основные виды последствий допущенных ошибок при проектировании и строительстве.

Допущенные при проектировании и строительстве ошибки часто проявляются не сразу, а спустя довольно длительное время. В ряде случаев дефекты обнаруживались спустя несколько лет после окончания строительства.

Наиболее распространёнными дефектами наружного слоя, проявляющимися на построенных в последнее время зданиях, являются:

- *образование и раскрытие вертикальных трещин в лицевом слое из кирпичной кладки;*
- *разрушение кирпичей лицевого слоя в уровне перекрытий.*
- *появление в штукатурке по лицевому слою горизонтальных трещин в уровне перекрытий.*

Кроме того, в многослойных стенах серьёзной проблемой остаётся *недостаточное сопротивление теплопередаче.*

В качестве примера ниже приведены описания дефектов лицевого слоя наружных стен возведённых в последнее время зданий.

***Повреждения кладки лицевого слоя 22-этажного жилого дома
по улице Магнитогорская в г. Москве.***

Здание построено в 2003 г. по разработанному в 2000 году проекту. Общий вид обследуемого фрагмента здания приведен на фото 2.3.7 а, фрагмент плана несущих стен и пилонов показан на рис. 2.3.7 б.

Несущие элементы наружных и внутренних стен и перекрытий выполнены из монолитного железобетона. Железобетонные пилоны наружных стен имеют толщину 30 см. Пилоны облицованы кладкой толщиной 12 см из глиняного керамического кирпича. Между лицевым слоем из кирпича и железобетонным пилоном имеется слой утеплителя из минераловатных плит толщиной 26 см.

Крепление лицевого слоя к железобетонным пилонам осуществляется гибкими стальными связями. Одной стороной связи крепятся к железобетонному пилону с помощью стальных дюбелей, а другой заведены в горизонтальные растворные швы. Количество связей по проекту составляет 5 шт. на 1 м².

В уровне междуэтажных перекрытий лицевой слой кладки, начиная с шестого этажа, устанавливается на стальной уголок №10, крепящийся с помощью стальных дюбелей к перекрытию.

На участке наружных стен, где железобетонные пилоны отсутствуют, внутренний слой стены толщиной 40 см выполнен кладкой из ячеистобетонных камней. Этот слой стены поэтажно опирается на плиты перекрытий.

Снаружи кладка из ячеистобетонных камней облицована слоем кладки из глиняного кирпича толщиной 0,12 м. Связь слоёв осуществляется заведенными в оба слоя тычковыми кирпичами. Перевязка слоёв по проекту осуществляется через три ряда кладки. Таким образом, лицевой слой из кирпичной кладки на перекрытия или какие-либо другие элементы по всей высоте стены не опирается.

Проведенным в 2005-2006 гг. обследованием установлено, что в ряде мест (рис. 2.3.7 г) уголок отстоит от края железобетонной плиты на 4-5 см. Зазор между уголком и плитой заполнен раствором, отбитыми кусками кирпича, камня. В этих местах опирающиеся на уголок кирпичи свешиваются с него примерно на 4 см. В отдельных местах, где уголки расположены практически вплотную к плите перекрытия, лицевые кирпичи свешиваются с уголка почти на 6 см (рис. 2.3.7 д).

Горизонтальные растворные швы между низом уголка и верхом подведенной под него кладки во многих местах имеют низкое качество. Толщина швов в ряде мест составляет всего 2-3 мм, шов там не полностью заполнен раствором.

В ряде мест уровень тычкового ряда приходится на уровень плиты перекрытия. Тычковые кирпичи там были срублены по длине (рис. 2.3.7 г, е). В ряде мест, где кирпичи тычкового ряда попали выше уровня плиты перекрытия, ячеистобетонные камни были подрублены для заводки тычковых кирпичей.

На углу здания в лицевом слое кладки из керамического кирпича образовалась вертикальная трещина в уровне третьего-шестого этажей. Ширина раскрытия трещины составляет до 5 см (рис. 2.3.7 ж, з). В уровне шестого этажа трещина обнаружена не была, однако, в уровне седьмого и выше трещина опять появилась, хотя и не столь значительная, с шириной раскрытия до 1,5-2 мм.

Помимо вертикальной трещины на том же углу здания, но уже в стене по оси 1 между осями Г - Д, в лицевом слое кладки имеется наклонная трещина с шириной раскрытия до 2 см (рис. 2.3.7 и).

Характер трещин в лицевом слое наружных стен говорит о следующем.

Лицевой слой кладки, расположенный снаружи железобетонного пилона, в уровне четвертого- шестого этажей выпучился из своей плоскости. Максимальная величина выгиба слоя составила в уровне 4-го этажа около 5 мм. При такой величине отрыва лицевого слоя от расположенного за ним железобетонного пилона вполне вероятным становится выход из строя гибких связей, крепящих наружный слой, за счёт их вырыва или разрыва.

На другом участке здания в уровне перекрытия над первым этажом произошло раздробление лицевого слоя кладки (рис. 2.3.7 к).

Ремонт кладки осуществлялся перекладкой отслоившегося наружного слоя на высоту 9 этажей.

Для анализа напряжённо-деформированного состояния конструкций наружных стен, в том числе лицевого слоя кладки, был произведен расчёт 22-этажного пространственного фрагмента здания по программе «Лира», реализующий метод конечного элемента (более подробно см. раздел 9.3.1 /1.24/).

Было установлено что основной причиной отслоения лицевого слоя кладки и раздробления кирпича в уровне перекрытий явилось отсутствие в лицевом слое горизонтальных и вертикальных деформационных швов. Горизонтальные швы необходимы для ком-

пенсации разности вертикальных перемещений железобетонного каркаса (пилона) и кирпичной кладки, вызываемых кратковременными и длительными деформациями материалов (усадки, набухания, ползучести) а также температурными деформациями (вызванными изменением температуры воздуха и солнечной радиацией). Вертикальные швы призваны, в основном, компенсировать температурно-влажностные деформации.

Повреждения кладки лицевого слоя 22-этажного жилого дома по улице Старослободская в г. Москве.

Список зданий, имеющих аналогичные дефекты лицевого слоя, можно было бы пополнить домом по улице Старослободская в г. Москве. Здание возведено в 2001 году по проекту, разработанному в 1999-2000 годах.

Здание выполнено из семи разноуровневых секций с высотой надземной части тринадцать этажей. Общий вид здания приведен на рис. 2.3.10а. Под зданием располагается парковка.

Конструктивная схема здания смешанная. Монолитные железобетонные перекрытия опираются на поперечные стены и на расположенные между ними по наружной стене колонны. В 17-этажной секции несущими являются продольные и поперечные стены из монолитного железобетона и колонны.

Наружные стены облицованы кирпичной кладкой толщиной в полкирпича (12 см). Конструкция внутреннего слоя наружных стен по проекту принята трёх типов:

- несущие железобетонные конструкции стены;
- кладка из пенобетонных камней, устанавливаемых на перекрытия;
- кирпичная кладка толщиной 25 см.

На участках наружных стен с внутренним слоем из железобетона и кирпичной кладки за лицевым слоем располагается эффективный утеплитель. Крепление лицевого слоя к железобетонным стенам выполнено стальными кронштейнами (рис 2.3.10 в). Кронштейны размещаются по горизонтали с шагом 75 см и по вертикали с шагом 1,5 м.

По верху кронштейнов в соответствии с проектом укладывается по три отдельных стержня из арматуры диаметром 6 мм класса АІ, привариваемых к полкам кронштейнов (рис. 2.3.10 г).

В междуоконном поясе лицевой слой крепится в уровне плит перекрытий с помощью заведенных в кладку стальных уголков, крепящихся в свою очередь к стальным кронштейнам.

Трещины в лицевом слое кладки начали появляться уже в первое время эксплуатации здания. Через три года после окончания строительства на одном участке был выполнен ремонт кладки лицевого слоя с трещиной путём ее перекладки. Ещё через два года трещина вновь образовалась на том же месте, что говорит о недостаточной эффективности принятого метода ремонта. Спустя пять лет со времени окончания возведения здания в лицевом слое кладки наружных стен уже имелись многочисленные трещины с шириной раскрытия от нескольких миллиметров до 1 см. Трещины проходят, преимущественно, вблизи углов и являются вертикальными (рис. 2.3.10 б). Трещины обнаружены как на участках кладки с опорными уголками, так и без них.

В ряде мест в уровне перекрытий в местах установки стальных уголков произошло разрушение кладки на высоту одного – трёх рядов.

Выполненным в 2006 году обследованием установлено, что на одном из участков уровень двух смежных кронштейнов не совпал, вследствие чего арматурные стержни к одному из кронштейнов приварены не были. На одном из кронштейнов крепление было осуществлено только одним анкером. Кроме того, встречались места, где вместо трёх по проекту были приварены к кронштейну только два арматурных стержня.

В разделе 9.3.2 /1.24/ приведены результаты расчётно-теоретических исследований напряжённо-деформированного состояния лицевого слоя. Исследования показали:

- Основной причиной образования вертикальных трещин в облицовке явилось отсутствие горизонтальных и вертикальных деформационных швов (устройство этих швов проектом не предусмотрено).
- Основной причиной раздробления кладки в уровне перекрытий является отсутствие горизонтальных деформационных швов под стальными уголками.
- В случае применения вместо жёстких связей гибких последствия отсутствия деформационных швов сказываются в меньшей степени.
- Вследствие отсутствия вертикальных и горизонтальных деформационных швов в связях (кронштейнах), особенно расположенных вблизи углов стен, могут возникать значительные растягивающие усилия, превышающие прочность анкеров на вырыв.

- Под влиянием знакопеременных температурных деформаций происходит расшатывание опорных кронштейнов, что в некоторой степени приближает их к гибким связям и положительно влияет на снижение уровня напряжений в облицовке. В то же время, многократно повторяемые знакопеременные воздействия могут снизить надежность анкеровки кронштейнов.

- Интенсивность разрушения кладки может увеличиться за счёт более быстрого размораживания кладки с трещинами.

Проектом была предусмотрена укладка продольных стержней из гладкой арматуры, что нельзя признать эффективным вследствие их возможного проскальзывания в растворном шве. Расстояние между сетками по высоте не должно превышать 40 - 80 см, а не 1,5 м, как это принято по проекту. Таким образом, предусмотренное проектом армирование практически не способствует повышению прочности кладки как на растяжение по горизонтали, так и на сжатие по вертикали.

***Повреждения кладки лицевого слоя 22-этажного жилого дома по улице
Петрозаводская в г. Москве.***

Общий вид здания приведён на рис. 2.3.6 а. Необходимость в обследовании возникла в связи с обрушением в июле 2007 г. лицевого слоя кладки высотой на этаж на одном из участков наружной стены (рис. 2.3.6, б).

По проекту наружные стены выполняются двух типов:

1. Внутренний слой несущий из монолитного железобетона. Наружный слой толщиной 12 см выполняется из лицевого керамического пустотелого кирпича. Между этими слоями заключен утеплитель.

Наружный слой выполняется так же из лицевого керамического кирпича, а внутренний из ячеистобетонных камней.

В обоих случаях лицевой слой кладки должен поэтажно опираться на консольно-выступающие монолитные железобетонные плиты перекрытий. При этом нижние кирпичи должны свешиваться с плит перекрытия на 20 мм (рис. 2.3.6 в).

Выступающий торец плиты первоначально предполагалось облицевать керамической плиткой. Авторским надзором была разрешена замена плитки на распиливаемые по толщине кирпичи.

Соединение лицевого слоя кладки с внутренним слоем должно осуществляться гибкими связями. В разделе 2.3.4 уже упоминалось, что на этом здании были применены связи из перфорированной полосы из нержавеющей стали. Одной стороной полоса заводилась в растворный шов кладки, а с другой её изогнутый край пристреливался к бетону.

Между верхними кирпичами лицевого слоя и низом плиты перекрытия проектом предусмотрен деформационный шов. Вместе с тем, между керамической плиткой и кирпичной кладкой горизонтальные деформационные швы предусмотрены не были. Таким образом, непредусмотрены они и между кладкой и заменившими плитку распиленными кирпичами.

Обследование наружных стен показало следующее.

В стенах имеются следующие дефекты:

- Во многих местах в лицевом слое кладки, преимущественно вблизи углов, имеются вертикальные трещины. Ширина их раскрытия в ряде мест превышает 1 см. Трещины распространяются на высоту одного и более этажей (рис. 2.3.6 г).
- В уровне перекрытий на многих участках произошло разрушение кладки из распиленных по толщине кирпичей, облицовывающих торец плиты. Там же в ряде мест произошло разрушение кирпичей лицевого слоя, расположенных непосредственно над и под плитой перекрытия (рис. 2.3.6. д).
- Горизонтальные деформационные швы между низом плиты перекрытия и подведённой под них кладкой лицевого и внутреннего слоёв выполнены некачественно. В отдельных местах зазор между верхним кирпичом и плитой перекрытия отсутствует. В других местах зазор существует, однако предусмотренная проектом прокладка из пенополистирола отсутствуют.
- Недостаточное крепление лицевой кладки гибкими связями.
- Крайне низкое качество утепляющего слоя.

Основной причиной возникновения в лицевом слое кладки вертикальных трещин и разрушения кладки в уровне перекрытий является отсутствие или некачественное исполнение горизонтальных деформационных швов в уровне перекрытия. Немалую роль играет также отсутствие и вертикальных температурных швов.

Основной причиной, по которой во многих местах фактически отсутствуют горизонтальные деформационные швы, является некачественное выполнение работ. При этом следует отметить неудачное проектное решение опорного узла стены на плиту перекрытия

тия. Проектом деформационный шов между облицовочной плиткой и кладкой лицевого слоя не предусмотрен. Уже только это способствует разрушению плитки и её отрыву от плиты перекрытия. В случае увеличения толщины выпиливаемой из кирпича плитки деформационный шов, практически, сводится на нет.

Следствием неудовлетворительного проектного решения является то, что жёсткость связей из плоскости стены недостаточная, что способствует образованию и раскрытию трещин в лицевом слое. Из-за различия в жёсткости рядом расположенных связей включение их в работу происходит не одновременно, что приводит к разрыву или разрушению узла анкеровки наиболее натянутых связей.

Ситуация усугубляется попаданием атмосферной влаги в образовавшиеся трещины, что способствует размораживанию кладки. Кроме того, в результате некачественной установки плит утеплителя и кладки внутреннего слоя из ячеистобетонных камней между ними и низом плиты перекрытия существует во многих местах зазор. Это способствует промерзанию стены в уровне перекрытий, конденсату пара, поступающего из помещений, и, как следствие, размораживанию кладки.

Повреждения кладки лицевого слоя 22-этажного жилого дома по улице Зоологическая в г. Москве.

Проект здания разработан в 1999 г. Здание сдано в эксплуатацию в 2000 г. Здание выполнено в виде трилистника в плане. Конструктивная схема здания смешанная – с несущими продольными и поперечными внутренними и наружными стенами и колоннами.

Наружные стены выполнены двух видов:

- Внутренний несущий слой из монолитного железобетона с облицовкой кладкой толщиной 12 см из керамического кирпича с вертикальными пустотами керамическим кирпичом. Между этими слоями помещён слой утеплителя толщиной 15 см. По краям железобетонного пилона лицевой слой крепится гибкими связями к железобетону с шагом по высоте ~ 50 см. В середине пилон ставится три связи по высоте этажа (рис. 2.3.9 а, б).
- Внутренний слой толщиной 51 см из крупноформатных керамических камней с вертикальными пустотами фирмы «KNAUF» (рис. 2.3.8,9 в, 3.1.13). Высота камня составляет 21,9 см. Толщина горизонтальных растворных швов принята 1,2-2,2 см. Внутренний слой кладки устанавливается на перекрытия. Наружный слой толщиной 12 см выполнен

из керамического кирпича. В уровне перекрытий в обоих типах стен в наружный слой заведён стальной уголок, крепящийся к плите перекрытия. Под уголком горизонтальный деформационный шов проектом не предусмотрен.

В лицевом слое кладки имеются в основном два вида дефектов:

- Разрушение лицевого слоя кладки, располагаемой под стальным уголком в уровне перекрытий нижних этажей.
- Вертикальные трещины, проходящие главным образом в углах здания в уровне нижних этажей.

Как и в большинстве обследованных зданий, основной причиной возникновения в лицевом слое кладки вертикальных трещин и разрушения кладки в уровне перекрытий является отсутствие горизонтальных и вертикальных деформационных швов в уровне перекрытия.

***Повреждения штукатурки по лицевому слою жилого дома
по улице Плющиха в г. Москве.***

Общий вид здания приведён на рис. 2.5.1 а. Наружные стены выполнены трёхслойными. Внутренний слой выполнен из кирпичной кладки толщиной 25 см и опирается на монолитное железобетонное перекрытие. Наружный слой кладки толщиной 12 см также опирается на плиту перекрытия со смещением в сторону улицы на 40 см. Между слоями кладки размещён утеплитель (рис. 2.5.1б). Горизонтальных деформационных швов под плитой перекрытия в кладке стены не предусмотрено.

С наружной стороны стены оштукатурены известково-песчаным раствором марки 100. Толщина штукатурного слоя составляет 18-45 мм при проектной 20 мм.

По торцам плит перекрытий установлен слой утеплителя ПСБ-50 толщиной 4 см. В этом месте штукатурка выполнена по сетке шириной 30 см. Штукатурка стен по всей площади фасада, за исключением уровня перекрытий, выполнена без сетки. При этом было установлено хорошее сцепление штукатурного слоя с кладкой.

При обследовании было установлено, что в наружном штукатурном слое имеются горизонтальные трещины в уровне плит перекрытий с шириной раскрытия до нескольких сантиметров (рис. 2.5.1 б). В ряде мест имеются также и вертикальные трещины.

Наиболее вероятной причиной образования этих трещин является выпучивание штукатурного слоя в месте обжатия горизонтального шва между низом плиты перекрытия

тия и верхом кирпичной кладки наружного слоя, подходящей под плиту. Как показывает опыт московского строительства, шов между низом плиты перекрытия и верхом кирпичной кладки часто оказывается не полностью заполнен раствором, так как технологически это сложно выполнить. Кладка подводится под плиту перекрытия, и верхний кирпич засовывается в зазор. При этом раствор с кирпича частично проваливается в пустоты. Кроме того, как отмечалось, наружный слой опирается на плиту перекрытия не на всю свою толщину. Таким образом, верхний шов вследствие низкого качества оказывается более деформативным по сравнению со швами нижележащих рядов кладки.

Обжатие этого горизонтального шва происходит под воздействием:

- вертикальных деформаций, в том числе длительных (ползучести и усадки) железобетонного каркаса, стен, в результате которых высота здания сокращается на несколько сантиметров;

- температурных деформаций расширения наружного слоя кладки в летнее время.

Сокращение высоты наружной стены происходит в основном за счёт обмятия горизонтальных швов между низом перекрытий и верхом кладки. Температурные деформации расширения кладки при наличии горизонтальных швов под плитами перекрытий приводят к дополнительному обжатию этого шва.

Кроме того, вертикальные напряжения, действующие в лицевом слое кладки в результате его обжатия, в шве между низом плиты перекрытия и верхом кладки распределены крайне неравномерно вследствие его низкого качества. Вследствие концентрации там напряжений происходит раздробление кирпича с выколом наружных лещадок, что также может вызвать отслоение штукатурки.

Причиной образования вертикальных трещин является отсутствие горизонтальных, а также вертикальных швов.

Сетка трещин в штукатурном слое обусловлена не соблюдением технологического регламента и вызвана усадкой материала.

Деформации ползучести и усадки бетона постепенно затухая, проходят в первые 3-5 лет со времени окончания его возведения. Поскольку температурные деформации носят циклический характер, образование трещин может продолжаться и в дальнейшем.

Развитию трещин способствует также увлажнение и размораживание кладки и штукатурного слоя в уровне плит перекрытий вследствие недостаточного сопротивления

теплопередаче этого узла и, как следствие, конденсации пара, мигрирующего изнутри помещения, а также попадания атмосферной влаги.

Повреждения штукатурки по лицевому слою 22-этажного жилого дома по улице 2-я Ямская в г. Москве.

Здание высотой 22 этажа построено в 2001 году. Наружные стены выполнены из монолитного железобетона с облицовкой кирпичной кладкой (рис. 2.5.2).

Наружный слой толщиной 12 см выполнен из пустотелого кирпича и устанавливается на выпуски плит перекрытия. Внутренний слой из железобетона имеет толщину 20-30 см. Между слоями располагается утеплитель толщиной 15,5 см. Соединение лицевого слоя из кирпича с внутренним железобетонным осуществлено гибкими связями из оцинкованной арматуры 0,6 см, располагаемой с шагом 60 см и связанной с арматурными сетками в кладке. Часть наружных стен под оконными проёмами, выходящими на лоджии, выполнена из трехслойной кладки. Наружный слой из кирпича толщиной 12 см, внутренний слой из ячеистобетонных камней толщиной 25 см и слой утеплителя 11 см. Слои кладки соединены между собой гибкими связями аналогично описанному выше креплению лицевого слоя кладки к железобетону.

С целью исключения промерзания в плите перекрытия в пределах слоя утеплителя имеются сквозные отверстия, заполняемые утеплителем.

Наружный слой кладки, поэтажно опирающийся на перекрытие, вероятно, был задуман как самонесущий высотой на один этаж. Вместе с тем горизонтальные деформационные швы между низом плиты перекрытия и верхом кирпичной кладки не предусмотрены.

Снаружи стены оштукатурены. В уровне перекрытий штукатурка выполнена по арматурной сетке.

Проведенным в 2004 г. обследованием установлено, что в стенах имеется большое количество трещин. Все трещины можно разбить на несколько групп:

- горизонтальные трещины, сопровождаемые отслоением штукатурного слоя кладки, сосредоточенные в уровне перекрытий (рис. 2.5.6 в);
- вертикальные трещины в углах стен.
- вертикальные и наклонные трещины над и под оконными проемами. Сетка трещин в штукатурном слое.

Горизонтальные трещины проходят в различных этажах, причем не только в наружных стенах, но и в пилонах лоджий. Ширина их раскрытия достигает несколько сантиметров.

Как и в описанном выше случае со зданием по ул. Плющиха, наиболее вероятной причиной образования этих трещин является выпучивание штукатурного слоя в месте наибольшего обжатия горизонтального шва между низом плиты перекрытия и верхом кирпичной кладки наружного слоя, подходящей под плиту.

Трещины в углах здания также в первую очередь вызваны температурно-влажностными деформациями кладки наружного слоя вследствие отсутствия вертикальных температурных швов.

Не исключена вероятность дальнейшего раскрытия и образование новых трещин в штукатурном слое и кладке.

Положение также усугубляется недостаточным сопротивлением теплопередаче стены в месте опирания на неё перекрытия. Следствием этого является увлажнение и размораживание кладки наружного слоя вследствие накопления там влаги, поступающей со стороны помещения в виде пара.

2.6. Краткий анализ причин повреждений лицевого слоя стен зданий, возводимых с конца 1990-х годов.

Как отмечалось выше, опыт возведения и эксплуатации зданий с наружными многослойными стенами с лицевым кирпичным слоем в России относительно невелик. Современные конструкции наружных стен, возводимые последние десять лет, во многом перенимаются с зарубежных аналогов. Однако, в зарубежной практике лицевой слой из кирпичной кладки практически всегда поэтажно опирается на перекрытие или стальной уголок с устройством в уровне каждого этажа горизонтальных деформационных швов. Расстояние между вертикальными температурными швами значительно меньше, чем применяемые у нас при устройстве межсекционных деформационных швов.

Общим для подавляющего большинства зданий, на которых выявлены дефекты лицевого слоя, является:

- Наружный слой толщиной 12 см выполнен из керамического кирпича с вертикальными пустотами.

- Несущими являются стены, колонны и перекрытия из монолитного железобетона.
- В лицевом слое не заложены по проекту или некачественно выполнены горизонтальные деформационные швы. Вертикальные деформационные швы в лучшем случае предусмотрены только между секциями здания.
- Теплотехнические характеристики стен, особенно в местах примыкания наружных стен к перекрытиям, являются неудовлетворительными как за счёт низкого качества устройства слоя утеплителя, так и вследствие неучёта дополнительных потерь тепла через теплопроводные включения (рёбра консолей перекрытий, связи, перевязочные ряды кирпича и т.п.). Отсутствие надлежащей пароизоляции, вентилируемых прослоек.

Наружные стены в этих зданиях приняты следующих типов:

- Железобетонные несущие стены, облицованные снаружи кирпичной кладкой. Крепление лицевой кладки осуществлено стальными связями. В подавляющем большинстве связи являются гибкими на сдвиг по вертикали. Между слоями расположен эффективный утеплитель;
- Внутренний слой выполнен из ячеистобетонных и реже крупноформатных керамических камней, устанавливаемых на перекрытие. Соединение слоёв осуществлялось гибкими связями либо при отсутствии между слоями утеплителя путём перевязки кладки тычковыми кирпичами.

Лицевой слой кладки в одних случаях устанавливался на горизонтальные стальные уголки, крепящиеся к плитам перекрытий, в других непосредственно на плиты перекрытий. В ряде случаев, когда лицевой слой и слои из ячеистобетонных или керамических камней были перевязаны между собой тычковыми кирпичами, лицевой слой на всю высоту стены промежуточных опор не имел.

В последующих главах будет показано, почему основные разрушения кладки - раздробление кирпича лицевого слоя в уровне перекрытий и вертикальные трещины, появляются в первое время преимущественно в нижних и средних этажах. Со временем эти дефекты распространяются и на вышележащие этажи.

На многих зданиях дефекты кладки лицевого слоя могут проявиться спустя год и более после их возведения вследствие развития во времени деформационных процессов в конструкциях здания и коррозии связей, не обладающих соответствующей защитой. В

лицевой кладке из пустотелого кирпича, имеющей трещины и сколы, со временем будут особенно быстро прогрессировать разрушения вследствие её размораживания при действии знакопеременных температур. В случае, если качество работ по возведению и проектированию стен из многослойной кладки не улучшится, нас ожидают массовые аварии таких зданий. Число их будет возрастать по мере увеличения объемов строительства и, главным образом, за счёт нестоличных регионов, где строительство зданий такого типа пока не столь развито.

В зарубежной литературе также имеются описания случаев появления в наружном слое трещин. Так в работе [2.3,2.4] причины появления трещин связываются с отсутствием или некачественным выполнением горизонтальных и вертикальных деформационных швов в наружном слое. При этом появление вертикальных трещин на углах связывается с большими вертикальными напряжениями в зоне опирания кладки на стальной уголок при отсутствии горизонтальных швов. Появление на углу наклонных трещин связывается с отсутствием вертикальных деформационных швов.

В работе [2.2] приведены примеры образования трещин, связанных с отсутствием деформационных швов.



Рис. 2.5.1а,б . Жилой дом на ул. Плющиха в Москве. 2003 г.
а- общий вид здания;
б- горизонтальные трещины в уровне перекрытия.

Лаборатория реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений
ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко НИЦ «Строительство»
8 499 174 79 96; 8 499 174 79 83; 8 926 535 20 32
<http://kamkon.nethouse.ru> <http://www.tsniisk.ru/info/object/>
<http://ishchuk-mk.narod.ru> <http://www.kamkon.narod.ru/>

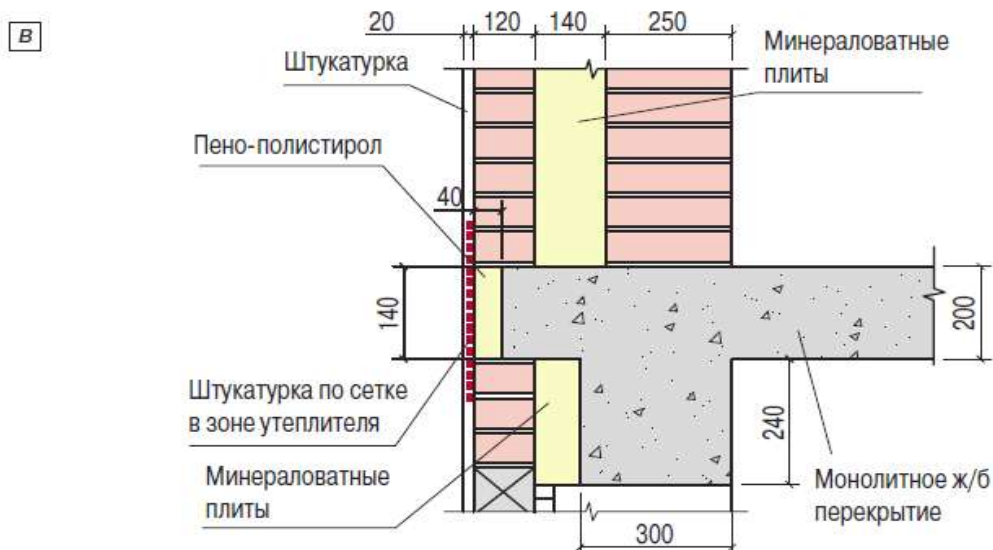


Рис.2.5.1 в. Жилой дом на ул.Плющиха в Москве. Узел опирания лицевого слоя кладки с плитой перекрытия

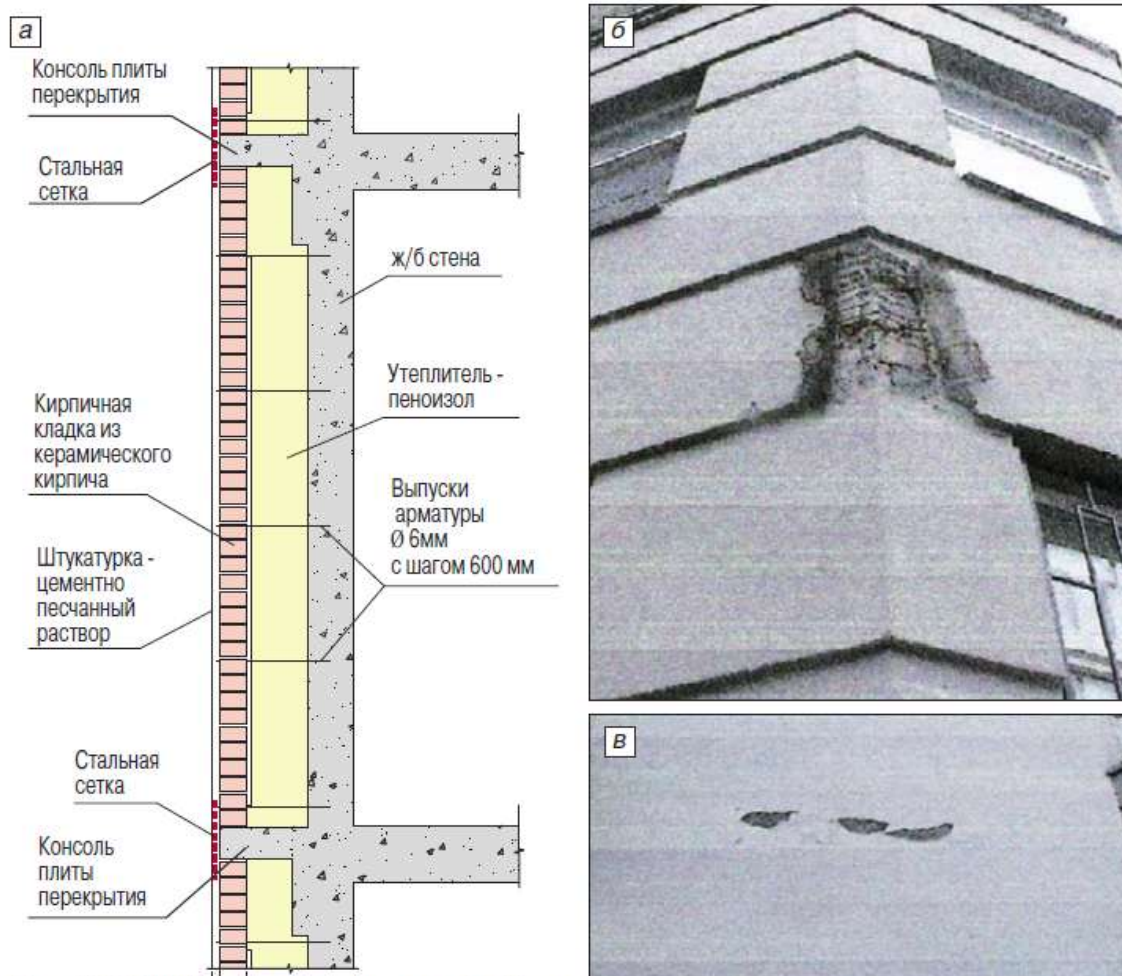
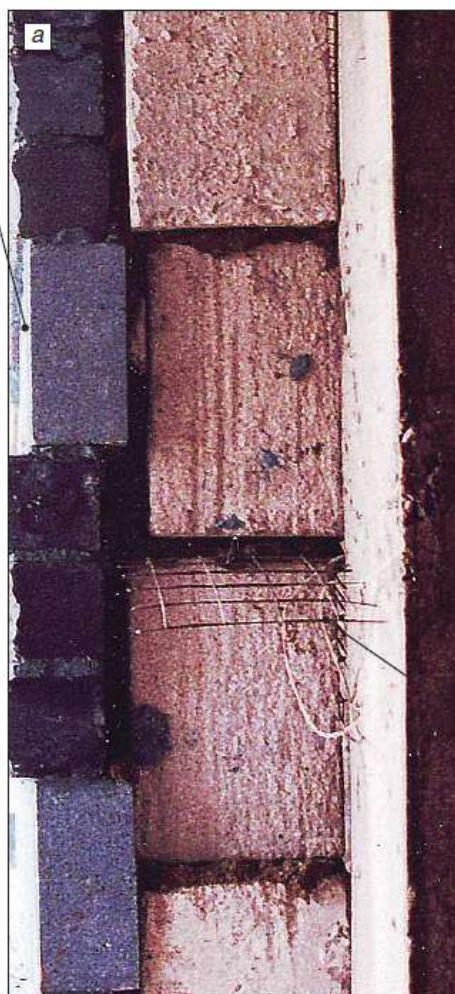


Рис 2.5.2. Жилой дом на ул. 2-ой Ямской в Москве:
 а- вертикальное сечение по наружной несущей стене;
 б – штукатурный слой по стальной сетке в месте вскрытия;
 в – отслоение штукатурного слоя в уровне перекрытия

Кладка наружного слоя из бетонных кирпичей толщиной 9 см



Арматурная сетка в слое кладки из ячеисто-бетонных камней



Рис.2.5.3. Стена с лицевым слоем толщиной 9 см из бетонного кирпича, крепящегося к внутреннему слою связями из стальной полосы без антикоррозионного покрытия, Москва, 2002 г.



Рис. 2.5.4. Анкеровка связи к внутреннему слою из монолитного железобетона. Москва, 2008 г.



Рис. 2.5.5. Отсутствие гибких связей на всю высоту простенка. Г. Красногорск.1999 г.

3. Обобщение накопленного опыта

3.1. Рекомендуемые типы многослойных стен с гибкими связями.

Как отмечалось, в соответствии с Постановлением Минстроя России с 1996 г. новое строительство должно осуществляться в соответствии с повышенными требованиями по обеспечению сопротивления теплопередаче наружных стен зданий. На первом этапе до 1 января 2000 года закладываемая в проект величина приведенного сопротивления теплопередаче кирпичных стен возрасла почти в 2 раза, а с 2000 года - в 3.5 раза. В связи с этим некоторые из ранее разработанных типов стен или отдельных их узлов в настоящее время применены быть не могут.

Наиболее перспективными типами стен можно считать стены, в которых наружный слой выполняется из кладки толщиной в полкирпича, внутренний из ячеистобетонных или легкобетонных камней толщиной 0,2 - 0,4 м. Между слоями кладки помещается утеплитель (жёсткие минераловатные плиты, пеностекло, в перспективе пенокерамика и т.д.) с коэффициентом теплопроводности 0,025-0,06 Вт/(м²°С). При необходимости выполняется пароизоляция. Утеплитель между слоями кладки может не устанавливаться, если сопротивление теплопередаче обеспечивается за счёт применения камней или блоков из эффективных с точки зрения теплотехники материалов. За рубежом, а теперь и у нас (см. разделы 1.1, 1.2), такие конструкции стен широко распространены.

Одной из задач настоящей работы является на основе имеющегося отечественного и зарубежного опыта разработать применимые в российских условиях конструкции, предъявляемые к ним требования, методы их расчёта.

Если позволяет несущая способность стены, материалом камней и блоков может служить, например, бетон с заполнителем из вспученных гранул пенополистирола. Технология производства таких камней разработана в НИИЖБе, ВНИИжелезобетоне и освоена на ряде предприятий.

Кроме того, достаточно широко могут применяться керамические или бетонные камни с крупными пустотами. Заполнение этих пустот может осуществляться эффективным заливочным или засыпным утеплителем. Основным тормозом на пути широкого внедрения таких стен является отсутствие приемлемой технологии заполнения пустот.

Значительный интерес вызывает применение крупноразмерных керамических кам-

Лаборатория реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений

ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко НИЦ «Строительство»

8 499 174 79 96; 8 499 174 79 83; 8 926 535 20 32

<http://kamkon.nethouse.ru> <http://www.tsniisk.ru/info/object/>

<http://ishchuk-mk.narod.ru> <http://www.kamkon.narod.ru/>

ней с большим количеством некрупных пустот (пустотностью до 50%) из поризованной керамики.

Плотность керамики таких камней составляет $\sim 1400 \text{ кг/м}^3$, а камня 790 кг/м^3 . Благодаря небольшим по размеру пустотам раствор в них попадает в относительно небольших количествах. Толщина стен из таких камней зависит от климатического района и составляет для г. Москвы не более 0,64 м. Соединение слоёв между собой может осуществляться *гибкими связями*.

Ниже приведены описания конструкций некоторых видов стен с гибкими связями, рекомендуемыми к применению в российских условиях.

Как отмечалось, в настоящее время основным альбомом по проектированию наружных трехслойных стен с гибкими связями для многоэтажных каркасных зданий является альбом технических решений, разработанный совместно ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко и ЦНИИЭПЖилища / 1.25/.

Лабораторией реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко по договору с ЦНИИЭПЖилища в 2008 г. разработал предложения по проектированию трехслойных стен с гибкими связями / 3.7/. При разработке этих предложений использовался уже достаточный отечественный и зарубежный опыт, проектирования, возведения и эксплуатации зданий с наружными стенами из многослойной кладки, были проанализированы основные дефекты таких стен.

Среди основных предложений, которые легли в основу разрабатываемого альбома, а также СП «Каменные и армокаменные конструкции» /1.23/, были следующие.

3.2. Опыт применения гибких связей. Требования по устройству гибких связей.

Как отмечалось в разделе 1.2, впервые гибкие связи, соединяющие между собой слои наружных стен, были применены в 1829 году в России инженером Герардом. Эти связи представляли собой кованые скобы, скрутки и т.п. (рис.1.2.1.б).

Поскольку кладка в ту пору велась преимущественно на известковых растворах, обладающих относительно невысокой прочностью, требования к анкерровке были повышенные. Загнутые концы скоб вставлялись в пробитые в кирпиче отверстия, что обеспечивало их более надёжную анкерровку. И спустя многие десятилетия, уже в начале двадцатого

столетия, можно найти аналогичные требования по устройству гибких связей. Так в работе В. Курдюмова, изданной в 1916 году [3.1], предлагается «зазор между связью и стенками гнезда заполнять свинцом или цементом».

В тридцатые годы прошлого столетия стали применяться связи других типов, преимущественно в виде Z, [- образных стержней. Широко в это время применялись связи из стальной полосы или, как тогда называли, пачечного железа. Эти типы связей описаны в 1932-1936 гг. в работе Кардо-Сысоева [3.2].

Изменение конструкций связей произошло тогда, главным образом, благодаря более широкому применению более прочных растворов, в которые помимо извести стали добавлять цемент. Это позволило отказаться от заделки концов связей в пробиваемые в кирпиче гнезда.

Применялись в то время и связи, представляющие собой сетку, образованную двумя продольными стержнями из круглого железа. Стержни закладывались по одному в наружный и внутренний слой кладки и соединялись между собой проволокой (рис.1.2.1, в).

В последующем к этим типам связей добавились ещё и Ω -образные петли из гладкой арматуры диаметром 6 мм.

В последнее время в отечественной практике помимо описанных выше типов стали использоваться гибкие связи из стекловолокна (например, Бийского завода), (рис. 3.1), из базальтового волокна (например, фирмы «МАТЕК», рис.3.2, «ГАЛЕН»).

Расстояние между связями назначалось без достаточного обоснования и корректировалось по мере накопления как отечественного, так и зарубежного опыта

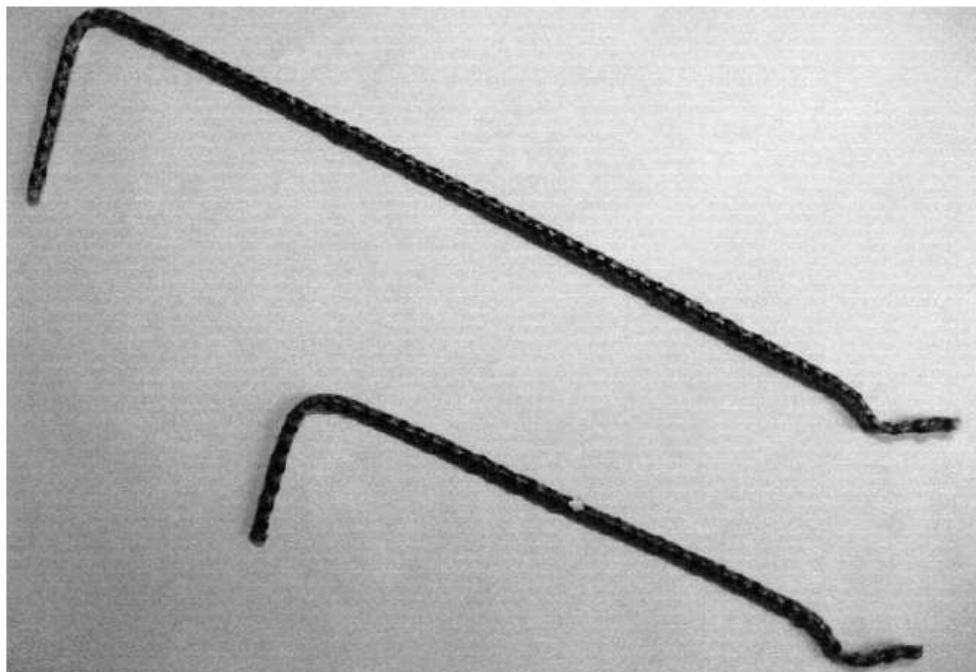


Рис. 3.1. Гибкая связь из стекловолокна производства Бийского завода

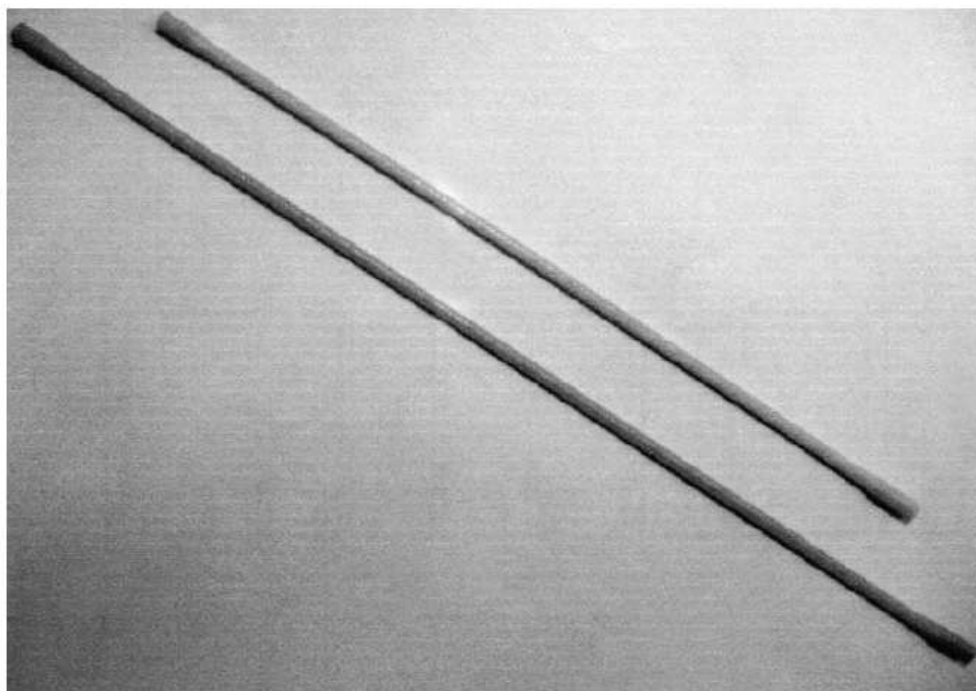


Рис.3.2. Гибкая связь из базальтового волокна производства фирмы «Матек»

эксплуатации зданий с многослойными стенами.

В работе [3.1] говорится о расположении связей, «делаемых из оцинкованной проволоки или полосового железа, располагаемых на расстоянии 1-1½ метра одна от другой, в шахматном порядке по высоте». Такой шаг связей является довольно большим и в какой-то степени может быть оправдан лишь их хорошей анкерровкой.

В [1.7] записано, что площадь поперечного сечения стальных связей должна быть не менее 0,4 см² на 1 м² стены. Такое количество связей соответствует 5,7 стержней диаметром 3 мм.

В стенах Герарда защита связей от коррозии осуществлялась путём погружения связей в дёготь, обмазки смолой и т.п.

Однако, именно низкая долговечность связей наряду с просадкой утеплителя ограничивала более широкое применение стен с гибкими стальными связями. В начале прошлого столетия антикоррозийное покрытие было предложено делать из цинка [3.1].

В тридцатые годы уже говорилось о необходимости выполнения связей из нержавеющей стали или с нанесением цинкового покрытия. Однако, в силу дефицита и дороговизны этих материалов разрешалось антикоррозийную защиту выполнять путём погружения связей перед их укладкой в стену в расплавленный битум, жидкий цементный раствор и т.п.

Тогда же были предложены технические решения стен со связями из пластинок из этернита (асбестоцемента). В некоторых конструкциях пластинки укладывались в горизонтальные швы, перекрывая весь колодец. Помимо обеспечения связи между слоями стены, это сдерживало также просадку утеплителя (обычно засыпки) (рис. 1.2.1, б). С целью экономии, было предложено устанавливать узкие пластинки этернита только в вертикальных швах (рис. 1.2.1, в), либо в вертикальных и горизонтальных (рис. 1.2.1, г). Но и такие конструкции экономически себя не оправдывали и применялись крайне ограничено.

За последующие десятилетия у нас мало, что изменилось в конструкции гибких связей. Требования об обязательной антикоррозийной защите связей, либо выполнении их из стойких к коррозии материалов на практике выполняются не всегда даже в ответственных сооружениях. Так в цоколе высотного здания МИД на Смоленской площади в Москве (1953 год) крепление наружного слоя из облицовочных гранитных камней с основной кладкой было осуществлено связями из обычной стали. Это привело к тому, что находящиеся в воздушной прослойке между слоями стены участки связей полностью раз-

рушились коррозией. При этом в некоторых местах были установлены связи из нержавеющей стали, которые прекрасно сохранились.

В наше время также известны случаи применения связей из обычной стали без антикоррозийного покрытия даже в высотных зданиях (рис. 2.5.3).

Стальные гибкие связи значительно эффективнее с точки зрения теплотехники кирпичных диафрагм. Вместе с тем, потери тепла через стальные связи могут достигать 10% в зависимости от их сечения и шага, материала кладки и т.п. Поэтому оптимальным является использование связей из композитных материалов, стойких к коррозии и имеющих низкий коэффициент теплопроводности.

К сожалению, связи, изготовленные из стекловолокна, также не являются идеальным материалом, т.к. зачастую подвержены коррозии в щелочной среде, имеющей место в растворном шве. В этом смысле лучшими являются связи из базальтового волокна или углеволокна, однако долговечность такого рода связей может зависеть от применяемой в качестве связующего эпоксидной смолы. Определённые проблемы со связями из композитных материалов могут возникать также из-за сложности изготовления анкерного узла. Часто применяются связи, анкерный узел которых представляет собой незначительное увеличение в диаметре на конце связи, либо её незначительный изгиб. Такая конструкция может быть вполне надёжной при установке связи в монолитный бетон. Однако, при размещении в растворном шве надёжность такой связи вызывает сомнение. Во всяком случае, **необходима экспериментальная проверка прочности и податливости узлов анкеровки таких связей в кладку**. Особенно, это относится к кладке из низкопрочных материалов (ячеистого и лёгкого бетона и т.п.)

Зарубежный опыт применения гибких связей значительно превосходит отечественный. Первоначально конструкция связей, шаг их установки, как и в России, определялись исключительно путём отбора более надёжных решений в процессе длительной эксплуатации зданий. Большинство соблюдаемых и сегодня требований к связям были сформулированы многие годы тому назад [1.21], [1.22]. К наиболее общим можно отнести следующие **требования**:

- Связи, располагаемые в пространстве между двумя слоями стены, должны выполняться из стойких к коррозии материалов: нержавеющей стали; с цинковым покрытием, наносимым методами гальванизации в горячей ванне; композитных материалов; с защитным покрытием из эпоксидной смолы.

- Связи [, Z-образной формы могут применяться для стеновых материалов с небольшими пустотами (пустотность не более 25%) или в случае заполнения пустот раствором при большем проценте пустотности. Связи прямоугольной, треугольной, трапециевидной формы и т.д. могут применяться для стеновых материалов без ограничения процента пустотности. Обычно связи изготавливаются из холодноотянутой проволоки [3.3], [3.4].
- Связи из стальной рифлёной пластины рекомендуются для крепления лицевого слоя кладки только к деревянному каркасу [3.3].
- Связи [, Z-образной формы должны иметь на обоих концах загибы длиной не менее 2 дюймов (5 см) [3.1].
- Связи могут крепиться к арматурным сеткам, закладываемым в один либо в оба слоя стены (рис. 10.1.2 а, б, в), а также выполняться в виде одной сетки, соединяющей слои. Расстояние между поперечными стержнями, соединяющими слои, обычно принимается 15 дюймов (38 см) [3.3]. Для обеспечения свободных перемещений слоёв относительно друг друга не только по вертикали, но и по горизонтали, сетки предлагается делать с прямоугольными ячейками. Применение сеток с зигзагообразными поперечными стержнями в многослойной каменной кладке не допускается.
- Для стены, оба слоя которой воспринимают горизонтальную нагрузку из плоскости стены (cavity wall), диаметр стальных связей обычно рекомендуется 3,8 - 4,8 мм в случае, если ширина зазора между слоями кладки не превышает 11,4см [3.3].
- Шаг связей по горизонтали, как правило, не превышает 91 см при обычных связях и 41 см при регулируемых связях. По вертикали максимальное расстояние между связями принимается 61 см и 41 см, соответственно, для нерегулируемых и регулируемых связей.
- На 1 м² поверхности стены принимается 4 связи при их диаметре 3,8 мм и 2,4 связи при диаметре 4,8 мм [3.3]. В отечественных нормах [3.8] принято, что на 1 м² поверхности стены суммарное сечение связей должно составлять не менее 0,4 см², что практически соответствует приведенным выше значениям. Шаг связей не регламентирован.
- Для кирпичной облицовки (Brick Veneer), крепящейся гибкими связями к железобетонной стене, каркасу, диаметры связей принимаются такими же, как и в многослойных каменных стенах. По вертикали максимальное расстояние между связями принимается 46 см и по горизонтали - 81 см [3.3].
- В местах дверных и оконных проемов, вблизи углов, деформационных швов должны устанавливаться дополнительные связи на расстоянии 20 см от края [3.3].

- С целью предотвращения замачивания внутреннего слоя кладки дождевыми водами (в случае возможности их проникновения сквозь лицевой слой стены), связи выполняются с капельником. При этом следует иметь в виду, что в ряде случаев осевая жёсткость связи с капельником может оказаться почти в два раза ниже, чем такой же связи без капельника.

При несовпадении горизонтальных растворных швов наружного и внутреннего слоёв кладки применяются регулируемые связи. Они состоят из двух звеньев, одно из которых закладывается во внутренний слой, а другое в наружный. Соединение звеньев осуществляется внутри зазора. Такие связи выполняются как из отдельных стержней, так и прямоугольных, треугольных и т.п. рамок (рис. 3.1.5, 3.1.6). Одно из звеньев может выполняться из металлического уголка, а второе из отдельного стержня (рис. 3.1.8).

В регулируемой связи, где одно звено состоит из уголка, целесообразно размещать уголок в наружном слое, а во внутренний поместить стержень, которым легче проколоть утеплитель. Надо отметить, что благодаря более тёплому климату, во многих странах зазор между наружным и внутренним слоями кладки не всегда заполняется утеплителем, что несколько упрощает как конструкцию связи, так и способ её установки.

Гибкие регулируемые связи обладают рядом достоинств по сравнению с обычными:

- Возможность соединения двух слоёв стены при несовпадении уровня горизонтальных швов.
- Возможность более надёжной анкеровки связей в каждый из слоёв. За счёт выполнения связи из двух звеньев появляется возможность использовать надёжные П – образные и т.п. связи в каждом слое без создания проблем при пропуске связи сквозь утеплитель.
- Возможность устройства лицевого слоя после внутреннего слоя стены.
- Большая податливость связи в вертикальной плоскости.

Наряду с достоинствами при устройстве гибких регулируемых связей необходимо учитывать и их недостатки.

Двух звеньевые связи являются, как правило, более податливыми не только в вертикальной плоскости, но и вдоль своей оси за счёт возможного люфта в соединении, а также изгиба вертикального участка связи. Чем больше несоосность наружного и внутреннего звеньев, тем больше вертикальное плечо связи и её податливость. *Неодинаковые люфты соединений и величин вертикальных плеч у разных связей приводят к тому, что податливость связей на одном и том же участке стены может существенно разли-*

чатся. В свою очередь, это может привести к неодновременному включению всех связей в работу. MSJC Code [9.2] ограничивают возможный люфт соединения двух звеньев 1/16 дюйма (1,6 мм). Вместе с тем, наиболее распространенные конструкции связей имеют люфт от 0 до 0,3 дюйма (0 – 8 мм).

С целью более равномерного включения всех связей в работу, авторами было рекомендовано выполнять предварительное натяжение связей. Пример такой связи приведен на рис. 3.1.8. Заводимое в лицевой слой стены звено выполняется из металлического уголка. Внутреннее звено выполняется из Г – образной шпильки. Предварительное натяжение осуществляется с помощью резьбового соединения после укладки выше уровня связи нескольких рядов кладки и схватывания раствора. Во избежание выдёргивания связи, усилие натяжения должно быть небольшим, но достаточным для выбора люфта в соединении звеньев.

Чтобы иметь возможность более эффективно производить предварительное натяжение связи, была предложена конструкция двухзвеньевого регулируемой связи, внешнее звено которой выполняется из тканой сетки из композитного материала (рис. 3.1.10). Для лучшей фиксации в растворном шве сетка на 1 см задавливается в нижерасположенное отверстие в кирпиче. Внутреннее звено П – образной формы изготавливается из композитного материала с низкой теплопроводностью. Два его конца (шпильки) пропускаются сквозь внутренний слой кладки. Для этого они с одетыми на них картонными гильзами помещаются в растворные швы во время кладки. На концах шпилек выполняется резьба, либо утолщения. После набора раствором швов достаточной прочности производится натяжение шпилек с внутренней стороны стены гайками либо шайбами-клиньями.

Опыт эксплуатации регулируемых связей относительно невелик и они в большей степени, чем нерегулируемые связи требуют экспериментальной проверки.

За рубежом проводилось много исследований стен с гибкими связями и близких к ним по конструкции тонких лицевых стенок, крепящихся к расположенной за ними несущей конструкции. Благодаря этим исследованиям проверялись и совершенствовались применяемые типы связей, разрабатывались методы их расчёта. Такие исследования продолжаются и сейчас.

Практика отечественного строительства показала, что недостаточно продуманное применение широко распространённых за рубежом конструкций вызвало у нас массовые дефекты и аварии многослойных стен (см. раздел 2). Это связано как с от-

личием в большинстве случаев климатических условий, так и с качеством применяемых материалов и производства работ. При проектировании редко выполняются расчёты стен, как многослойных конструкций.

Требования по устройству гибких связей.

Краткий обзор конструкций гибких связей и предъявляемых к ним требований приведен выше. В работах /1.24, 3.6/ даны приближённые методы расчёта стен с гибкими связями.

В мире существует огромная номенклатура гибких связей, выпускаемых различными фирмами. Все эти связи можно классифицировать по следующим признакам:

- По материалу, из которого изготовлена связь.
- По объединению отдельных связей сетками или стержнями.
- По возможности регулирования уровня связи по высоте.
- По возможности предварительного натяжения связи.
- По конструкции – одно и двухзвеньевые.

Материалом для гибких связей могут служить нержавеющая сталь, сталь с антикоррозионным покрытием (цинк, эпоксидная смола и др.), композитные материалы (на основе базальтового, углеводородного и др. волокон).

Связи могут выполняться отдельно расположенными или объединёнными горизонтальными сетками или продольными стержнями (рис. 3.1.1; 3.1.2).

При несовпадении горизонтальных швов наружного и внутреннего слоёв применяются *регулируемые связи*, которые также могут быть отдельными или объединёнными сетками или стержнями (рис. 3.1.4-3.1.6).

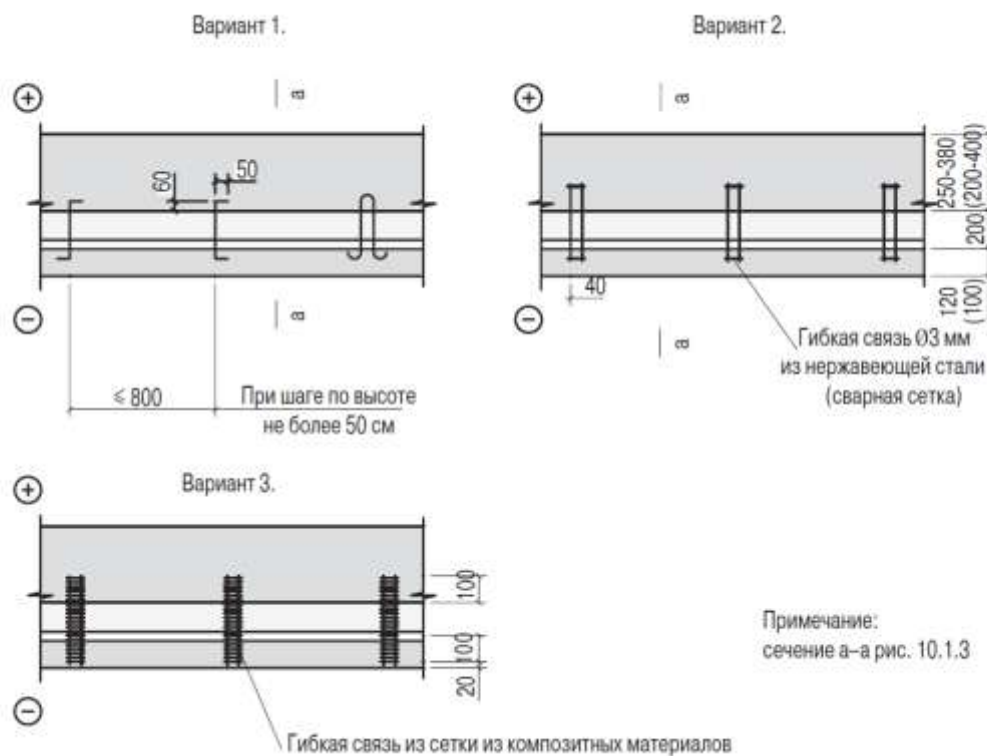


Рис.3.1.1. Схема установки одиночных нерегулируемых гибких связей с анкерровкой в горизонтальных растворных швах (сечение 1-1, вариант)

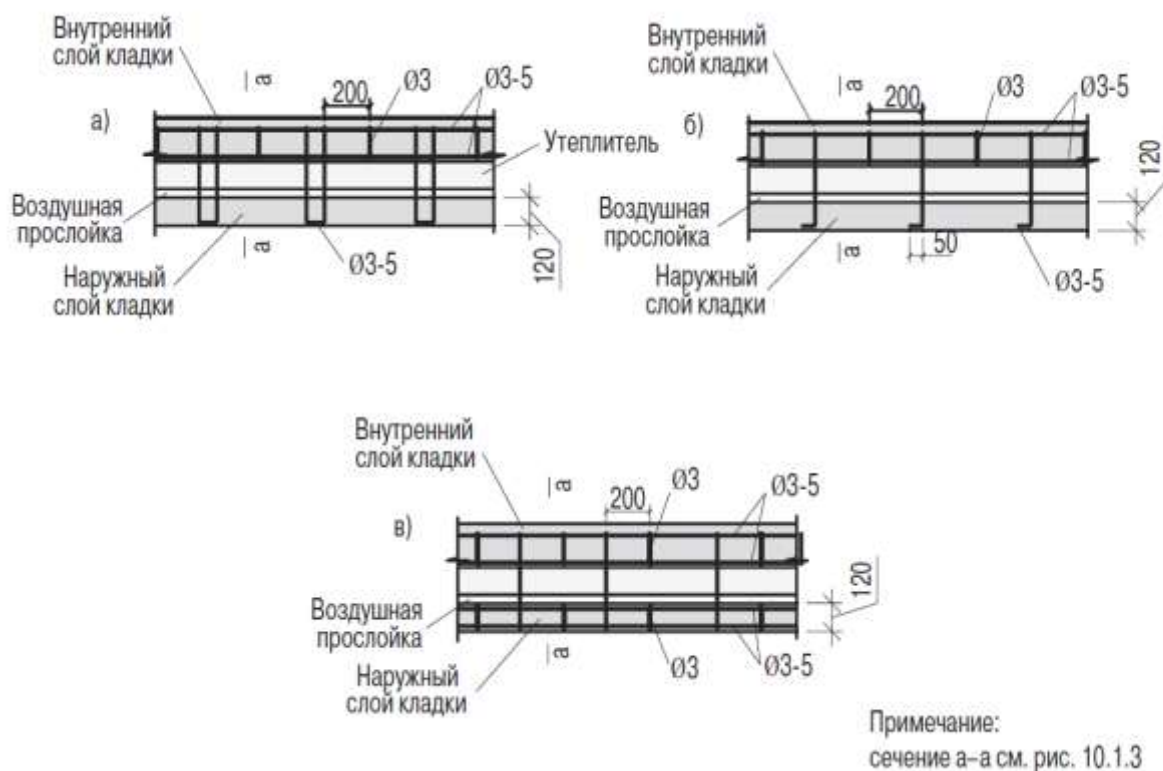
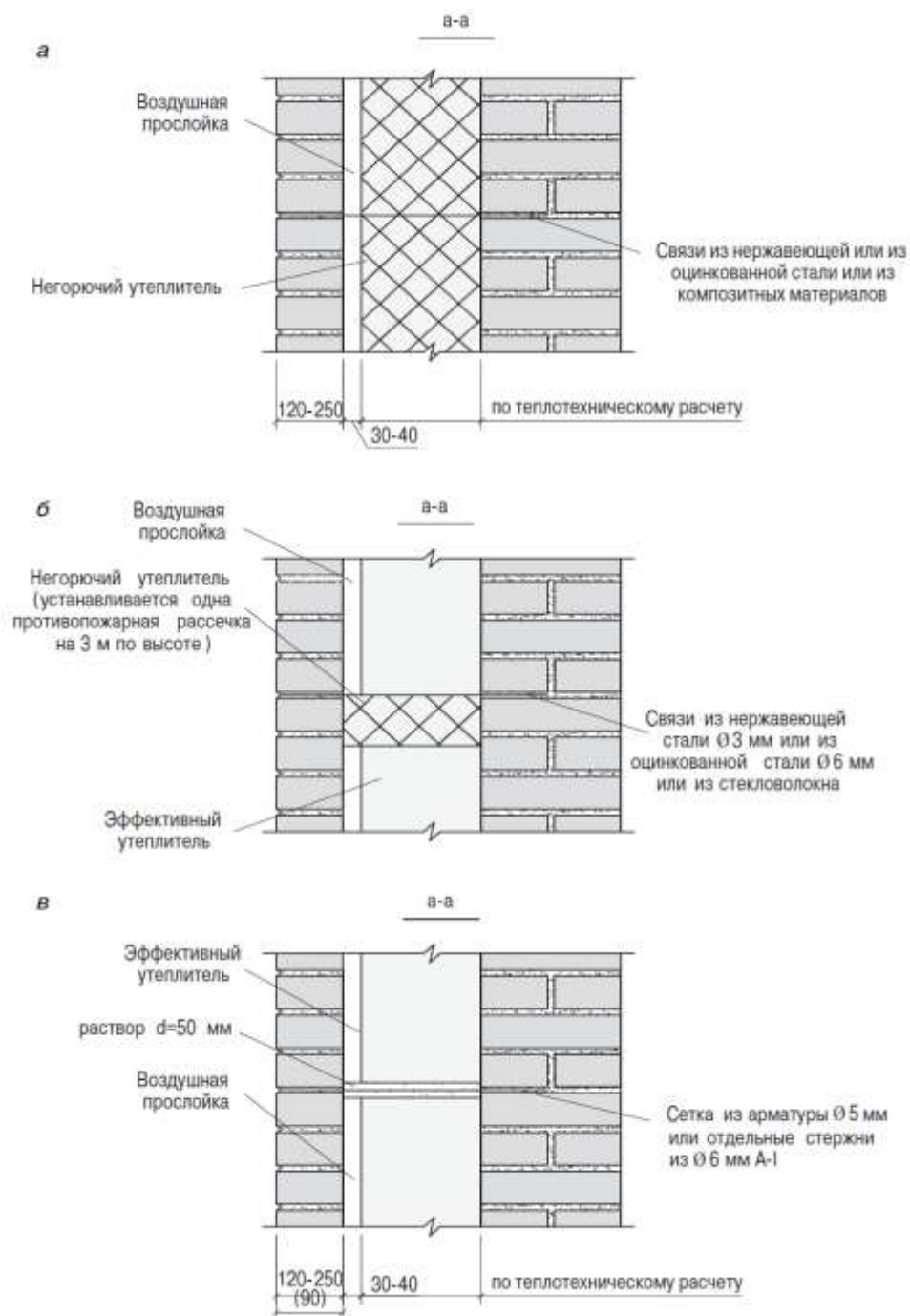


Рис.3.1.2. Схема установки нерегулируемых связей с анкеркой к сетке (сечение 1-1, вариант)



Примечание : настоящий рисунок см. совместно с рис.2.71, 2.7.2

Рис. 3.1.3. Схема установки нерегулируемых гибких связей. Сечение а-а: а – с негорючим утеплителем и связями из нержавеющей или оцинкованной стали или из композитных материалов; б – с обычным утеплителем и связями из нержавеющей или оцинкованной стали или композитных материалов (базальтового, углеводородного, стекловолокна), покрытых эпоксидной смолой; в - со связями из обычной арматуры (для сооружений со сроком службы не более 15 лет)

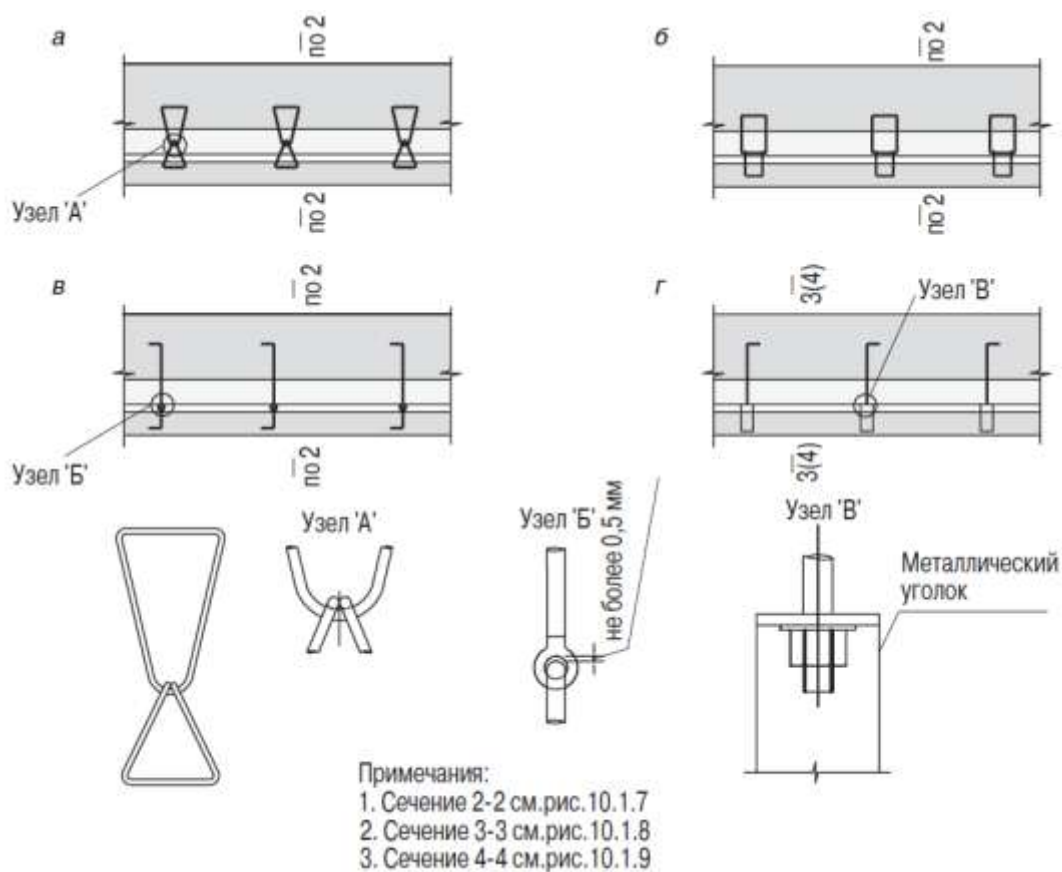
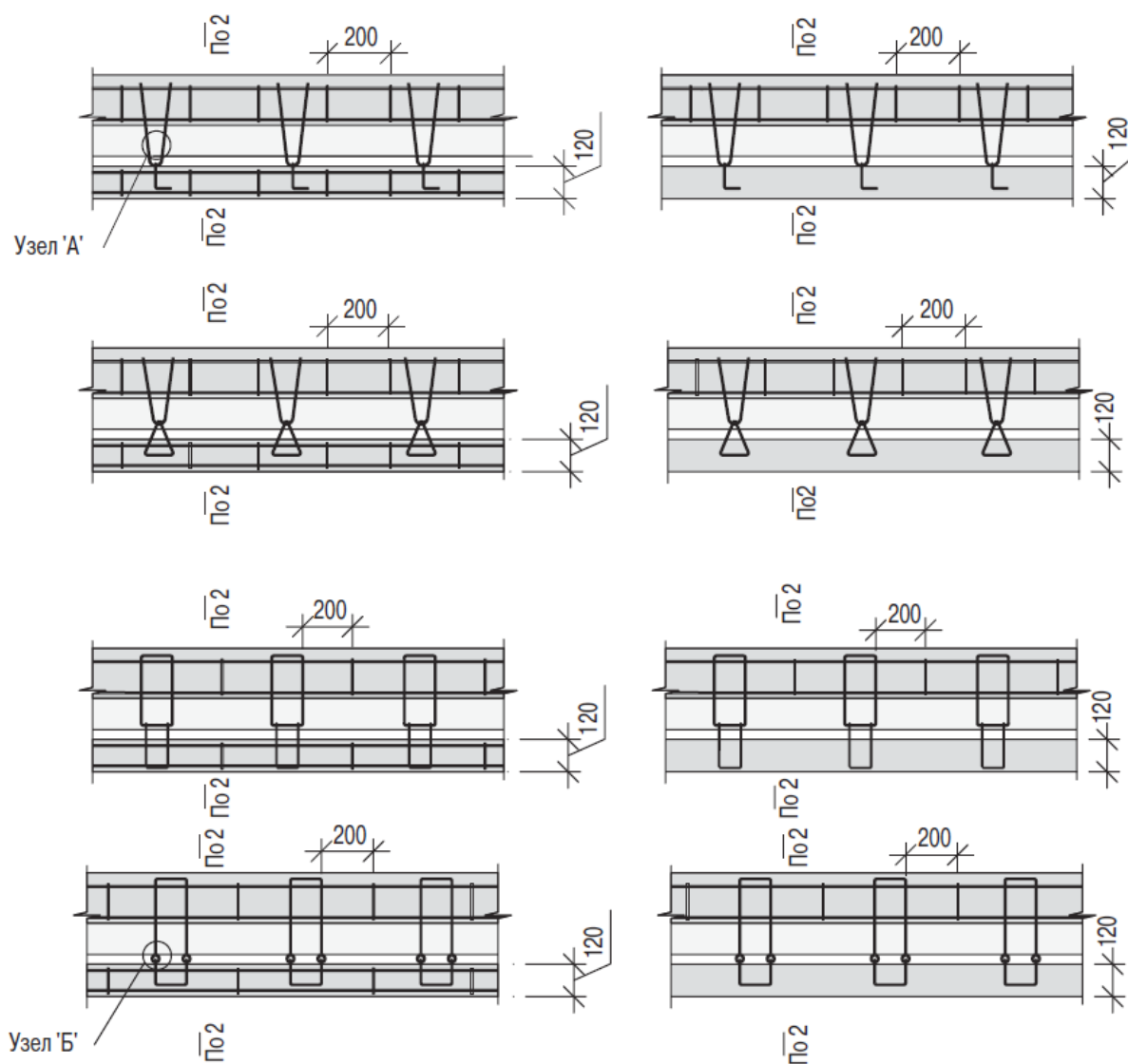


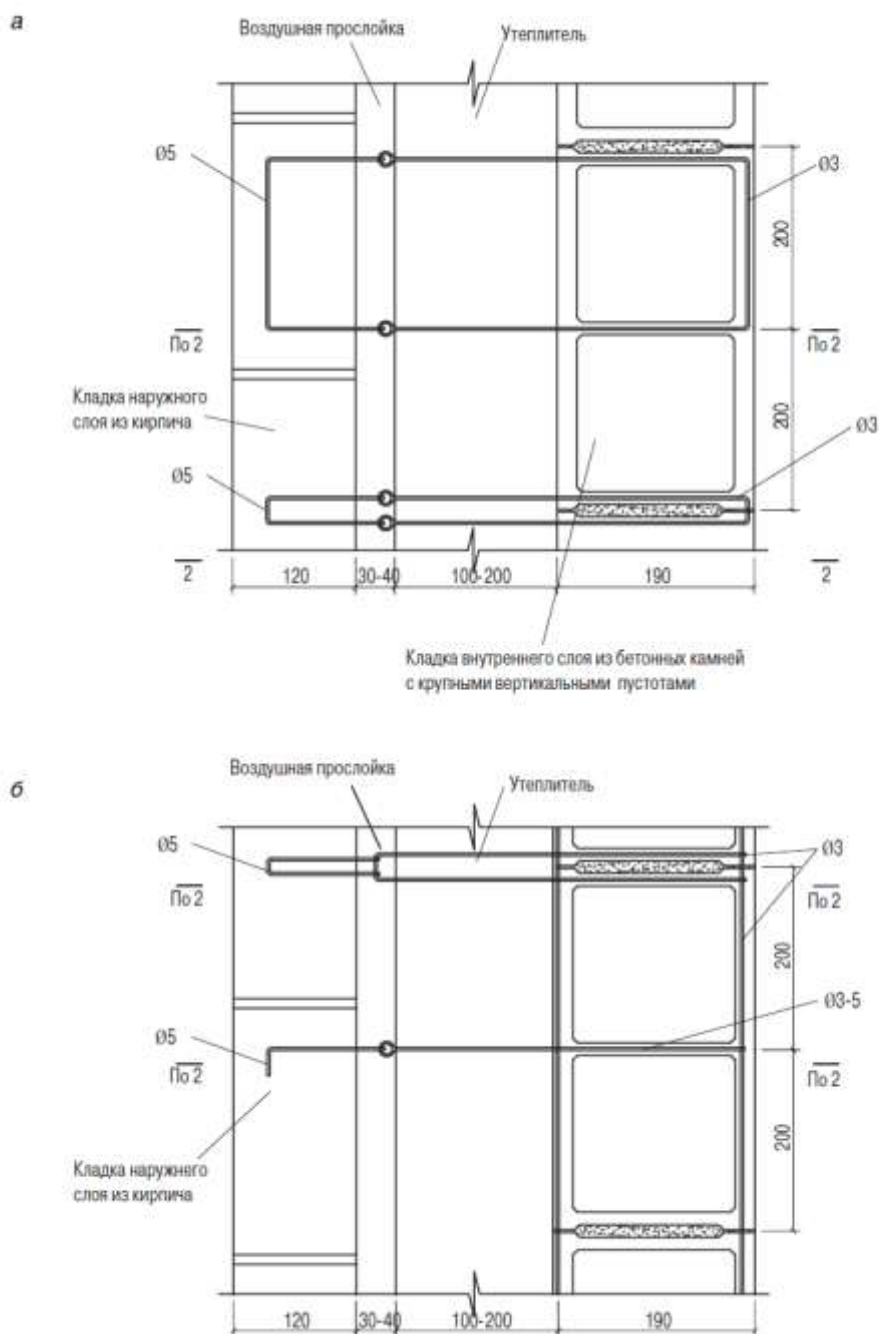
Рис.3.1.4. Схема установки в растворные швы одиночных регулируемых гибких связей: а – треугольные связи; б- прямоугольные связи; в – Г-образные связи; г- комбинированные связи (сечение 1-1, вариант)



Примечание :

1. Сечение 2-2 см. рис.
2. Узлы А,Б см. рис.

Рис. 3.1.5. Схема установки в растворные швы регулируемых связей, объединенных сетками



Примечание: сечение 2-2 см.рис. 3.1.7

Рис. 3.1.6. Примеры установки двухзвеньевых регулируемых связей в кладке из бетонных камней с крупными пустотами: а – одинокая связь; б – объединенные сетками по внутреннему слою

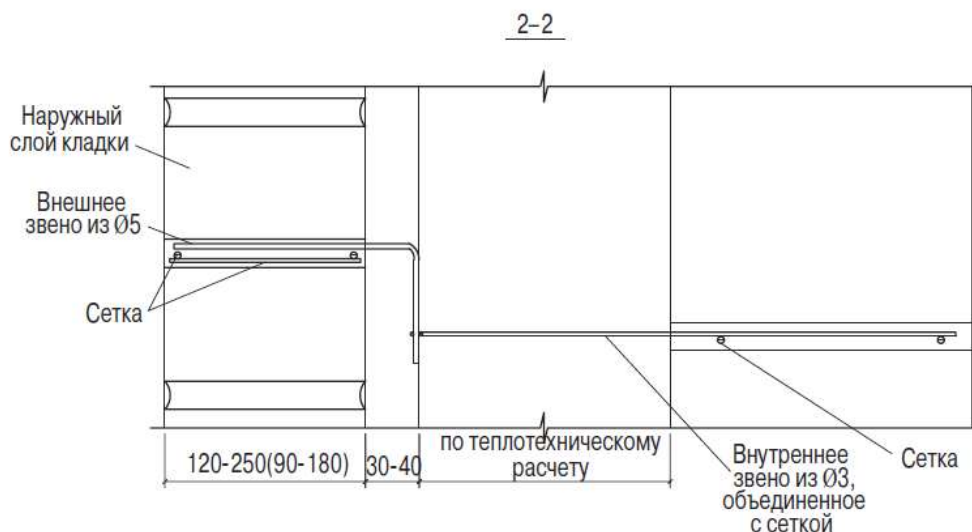
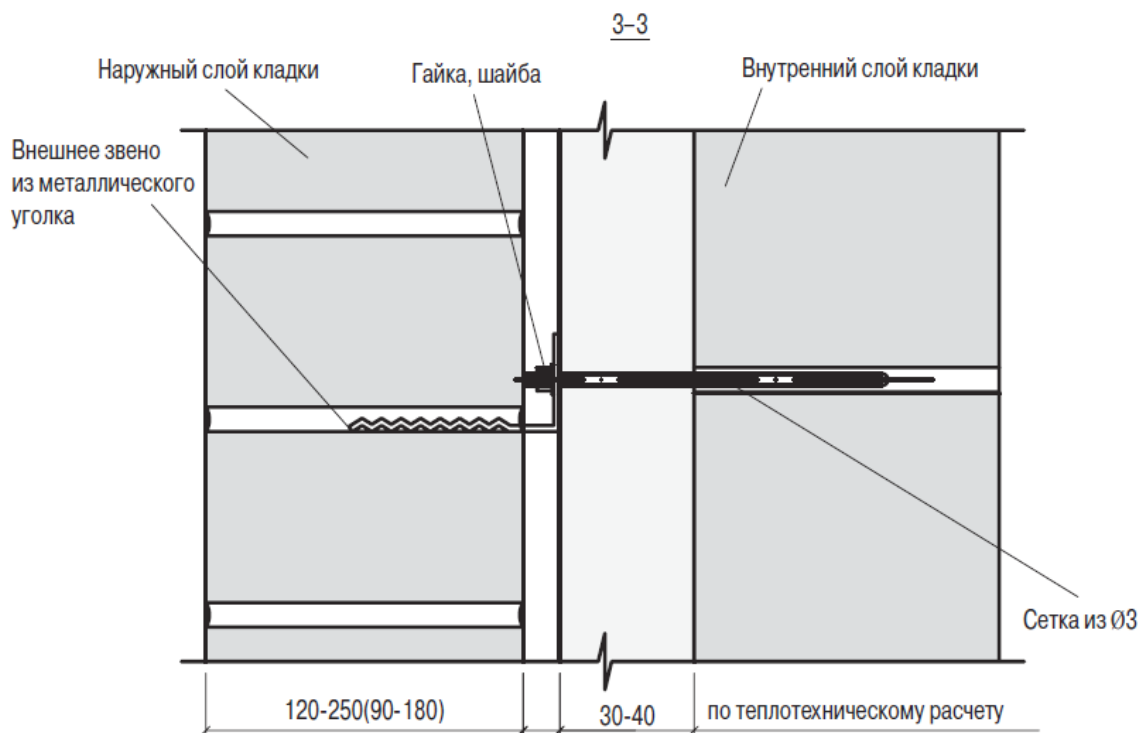


Рис. 3.1.7. Схема установки регулируемых связей, объединенных сетками. Сечение 2-2

Связи могут быть *ненапрягаемыми и предварительно напряжёнными* (рис. 3.1.8-3.1.10).

Связи могут быть гибкими одновременно как по вертикали и горизонтали, так и по одному из этих направлений (рис.3.1.12).

Регулируемые связи выполняются, как правило, двухзвеньевыми. Возможно применение и однозвеньевых связей в качестве регулируемых, если они изготовлены из гибкого материала, допускающего значительный изгиб в вертикальной плоскости для обеспечения связи несовпадающих горизонтальных швов наружного и внутреннего слоёв стены. Диаметр одиночных связей, заанкеренных в растворе шве с помощью загнутого конца ([, Z, I-образные), должен быть не менее 5 мм. Одиночные связи, состоящие из #-образных, а также П - образных стержней, у которых поперечный стержень находится в растворе шве, а также связи, крепящиеся к расположенным в горизонтальных швах сеткам или стержням, могут выполняться из стали диаметром 3 мм. Помимо предоставления возможности снижения диаметра, связи П ; # ; _∩_ - образные и т.п. связи, либо связи, объединённые сетками, устанавливаются в слоях кладки, изготовленных из камней, блоков с крупными вертикальными пустотами. Связи, выполняемые из тканевых сеток из различного рода волокон из композитных материалов, должны включаться в работу путём их предварительного натяжения (рис. 3.1.10).



Примечание: данный рис.см. совместно рис. 3.1.4 г

Рис. 3.1.8. Схема установки регулируемых гибких связей с внешним звеном из металлического уголка. Сечение 3-3

Податливость связи не должна превышать 1,5 мм при действии расчётной нагрузки.

В наружном слое связь может закрепляться с помощью шайбы, прижимаемой гайкой в вертикальное отверстие в кирпиче, заполненное раствором. При использовании кирпича с горизонтальными пустотами шайба вставляется в вертикальном шве с заполнением пустот в кирпиче в месте крепления связи раствором (рис. 3.1.12)

Связевые сетки из композитных материалов должны соответствовать двум основным требованиям – прочности на разрыв и жёсткости, сопоставимой с жесткостью стальных связей. При этом выполнения первого требования (по прочности) добиться легче, чем по жёсткости при растяжении. Например, стекловолокно отвечает обоим требованиям, однако изготовленная путём плетения сетка «тянется». В принципе, возможно применение клеёных сеток, однако, здесь необходимо обеспечить прочность соединений в их узлах.

Для связей должны использоваться материалы, стойкие к щелочной среде. При использовании недостаточно стойких материалов сечение связей должно быть увеличено

пропорционально степени коррозии материала в течение эксплуатационного срока службы стены. Связи, состоящие из пучка тонких волокон, подвержены коррозии в большей степени, чем монолитный стержень с такой же площадью сечения, так как площадь наружной поверхности, соприкасаемой с агрессивной средой, у такого стержня меньше.

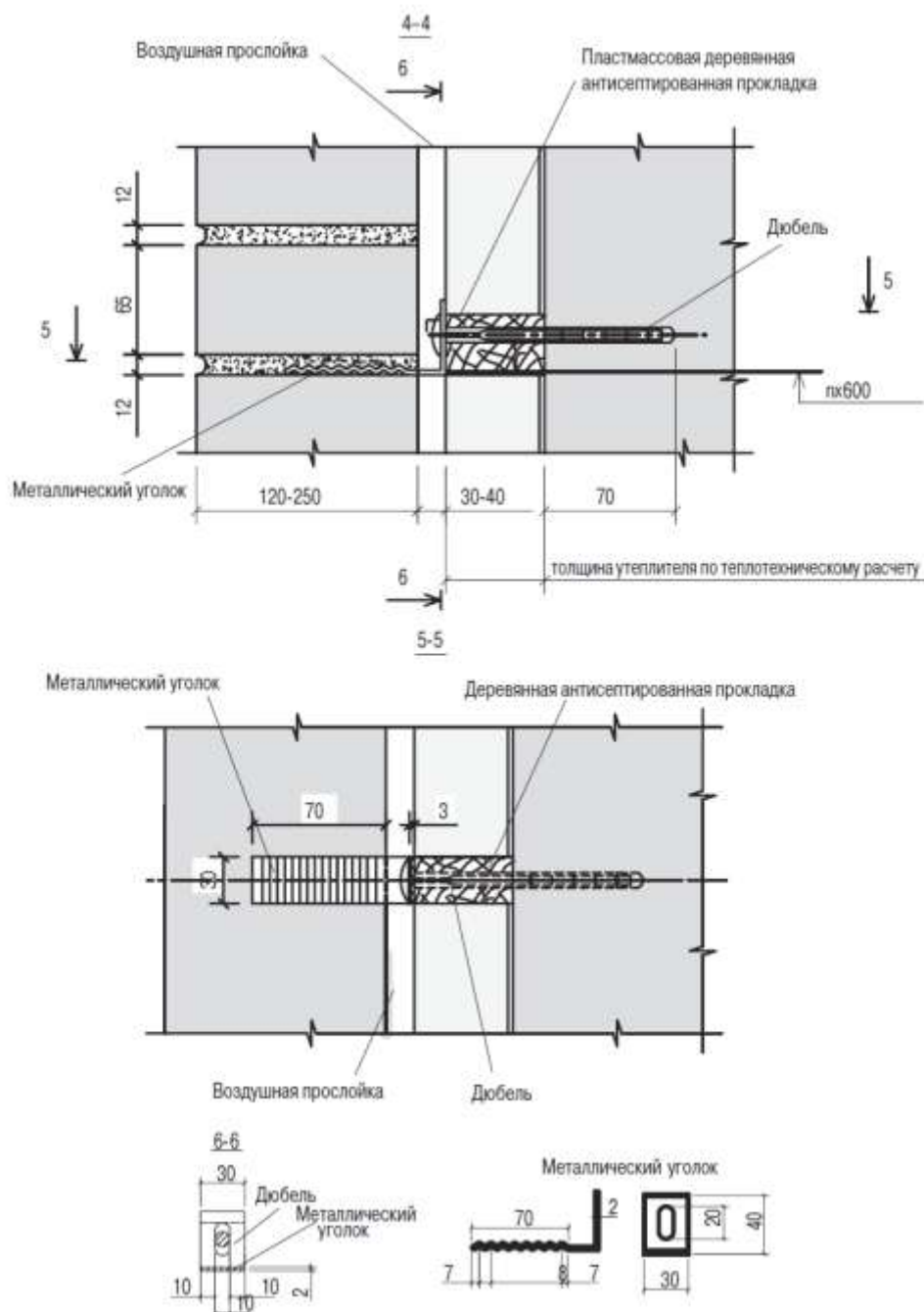
Расстояние между связями зависит от многих факторов:

- материала кладки каждого из слоёв;
- расстояния между слоями;
- расстояния между вертикальными и горизонтальными деформационными швами в наружном (лицевом) кладки;
- расстояния между вертикальными и горизонтальными конструкциями, на которые опирается стена (перекрытия, колонны и т.п.);
- способа опирания стены;
- температурно-влажностных воздействий;
- материала и конструкции связи;
- участка стены;
- отсутствия и наличия в стене проёмов;
- ветровых нагрузок и ряда других факторов.

При назначении расстояния между связями следует исходить из расчёта многослойной стены на приложенные к ней нагрузки и воздействия:

- температурно-влажностные воздействия;
- вертикальные усилия;
- ветровые и другие возможные горизонтальные нагрузки;
- возможные отклонения наружного слоя от вертикали и т.д.

Среди нагрузок и воздействий *определяющими в большинстве случаев являются температурно-влажностные воздействия.*



Примечание:

1. Данный рис. См. совместно с рис.3.1.4г
2. Пластмассовая или деревянная антисептированная прокладка устанавливается для восприятия сжимающих усилий в связи вместо керамзитобетонных распорок

Рис. 3.1.9 Схема установки регулируемой гибкой связи в комбинации с распоркой с анкеровкой к внутреннему слою дюбелем. Сечение 4-4

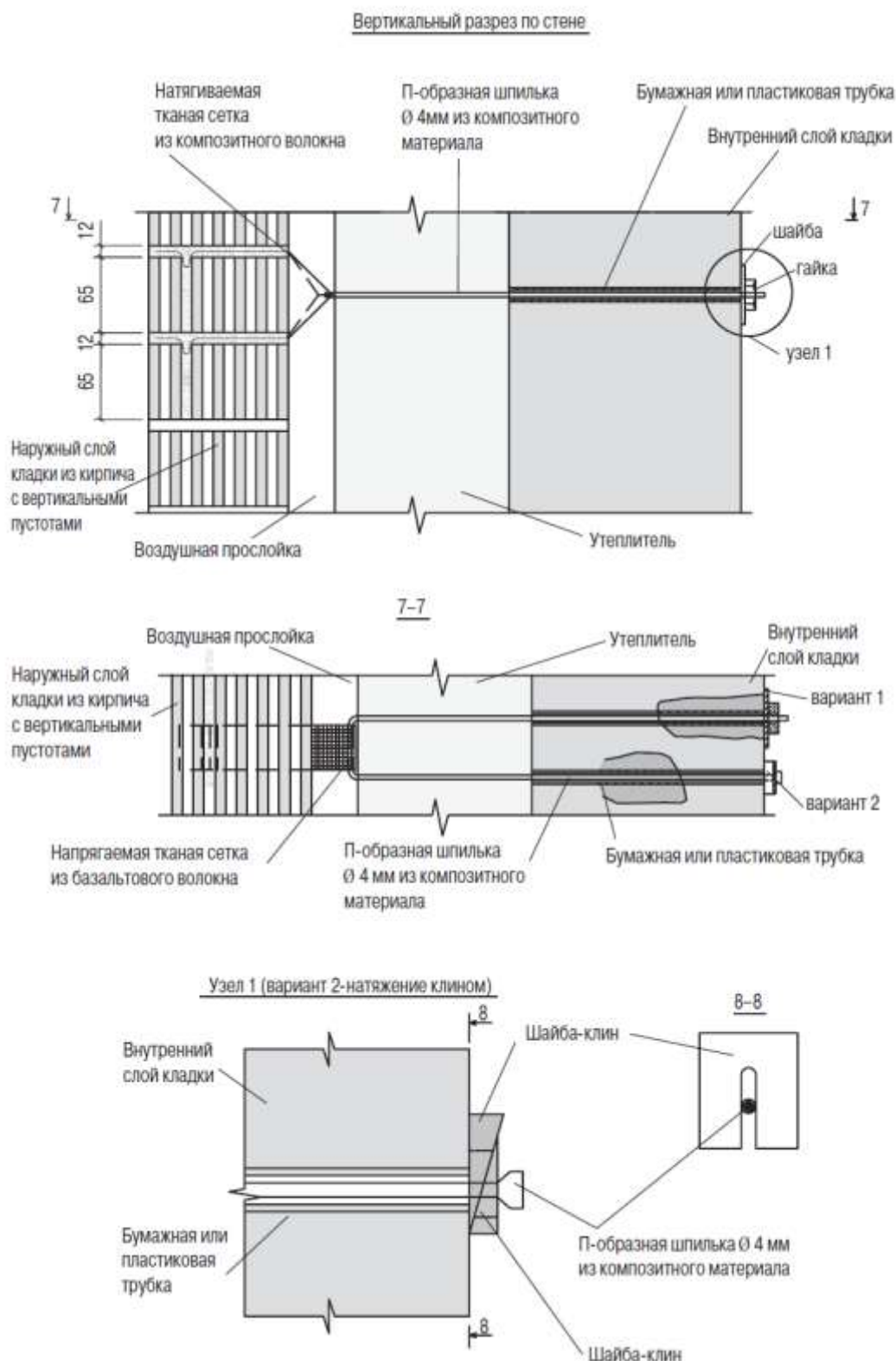


Рис. 3.1.10.Схема установки регулируемых напрягаемых гибких связей из тканой сетки (базальтовое волокно) и шпилек из композитного материала с натяжением из помещения

В разделе 9.10 /1.24/ приведены методы расчёта гибких связей и узлов их анкеровки.

Прочность связи и узла её анкеровки на растяжение $N_{t,s}$ и $N_{t,a}$ проверяются по формулам (9.10.1) и (9.10.2) /1.24/ с учётом коэффициентов условий работы:

m_1 – коэффициент условий работы кладки лицевого слоя, принимаемый равным 1,0 при расстоянии между горизонтальными температурными швами не более 3,5 м и 2,0 при большем значении;

m_2 - коэффициент условий работы связей, зависящий от неравномерности включения в работу отдельных связей, зависящий от конструкции связи, наличия или отсутствия предварительного напряжения связей. При отсутствии данных принимается $m_2 = 2$.

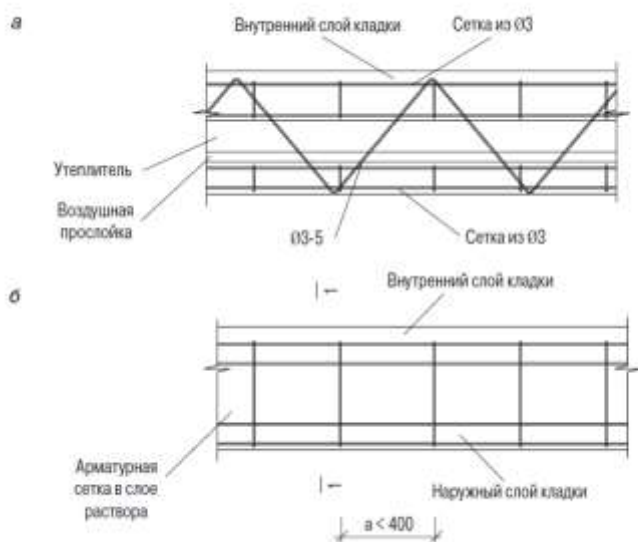
Растягивающие усилия в связях определяются из расчёта по программам, реализующим метод конечного элемента и т. п., либо по приближённым формулам (9.5.9) и (9.5.13).

Независимо от результатов расчёта должны выполняться следующие **конструктивные требования**, часть которых была приведена выше:

- Связи, располагаемые в пространстве между двумя слоями стены, должны выполняться из стойких к коррозии материалов: нержавеющей стали; с цинковым покрытием, наносимым методами гальванизации в горячей ванне; композитных материалов; с защитным покрытием из эпоксидной смолы.
- Связи, не защищённые слоем плотного цементно-песчаного раствора, расположенные между слоями кладки, рекомендуется выполнять из нержавеющей стали (рис. 3.1.4, а, в).
- Во избежание повреждения антикоррозийного покрытия загиб связей на месте не допускается. Покрытие должно наноситься на уже готовые изделия.
- Связи [, Z-образной форм могут применяться для стеновых материалов с небольшими пустотами (пустотность не более 25%) или в случае заполнения пустот лёгким бетоном, раствором марки не ниже М25 при большем проценте пустотности. Связи прямоугольной, треугольной, трапециевидной формы и т.д. могут применяться для стеновых материалов без ограничения процента пустотности (рис. 3.1.6).
- Связи [, Z-образной форм должны иметь на обоих концах загибы длиной не менее 5 см (рис.3.1.1).
- Связи могут крепиться к арматурным сеткам, закладываемым в один либо в оба слоя стены (рис.3.1.2; 3.1.5), а также выполняться в виде одной сетки, соединяющей слои. Расстояние между поперечными стержнями, соединяющими слои, принимается не более 80

см. Для обеспечения свободных перемещений слоёв относительно друг друга не только по вертикали, но и по горизонтали, сетки предлагается делать с прямоугольными ячейками (рис.3.1.11б). Применение сеток с зигзагообразными поперечными стержнями для связи слоёв не допускается (рис. 3.1.11а).

- Диаметр стальных связей рекомендуется в пределах 3 - 6 мм.
- Шаг связей по горизонтали, как правило, не превышает 80 см при обычных связях и 40 см при регулируемых связях. По вертикали максимальное расстояние между связями принимается 50 см и 40 см, соответственно, для нерегулируемых и регулируемых связей.
- На 1 м² поверхности стены суммарное сечение связей должно составлять не менее 0,4 см².
- В местах дверных и оконных проемов, вблизи углов, деформационных швов должны устанавливаться дополнительные связи на расстоянии 25 см от внутренней грани наружного слоя (рис. 3.1.13). Шаг дополнительных связей по высоте не должен превышать 25 см.
- Гибкие связи должны устанавливаться только под прямыми углами к поверхности стен, как по вертикали, так и по горизонтали.
- Возможный люфт соединения двух звеньев регулируемых связей не должен превышать 1,5 мм.



Примечание: сечение 1-1 см рис.3.1.4в.

Рис. 3.1.11. Примеры связей : а- гибких в вертикальной и жестких в горизонтальной плоскости; б- гибких в обеих плоскостях

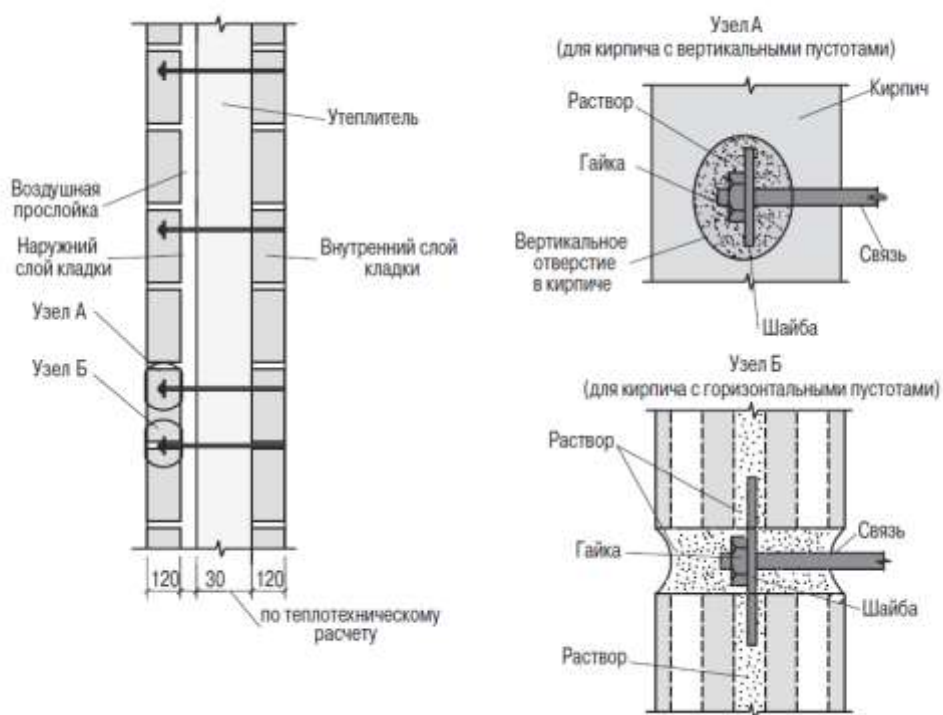


Рис. 3.1.12. Схема установки связи в пустоты кирпича или камня.

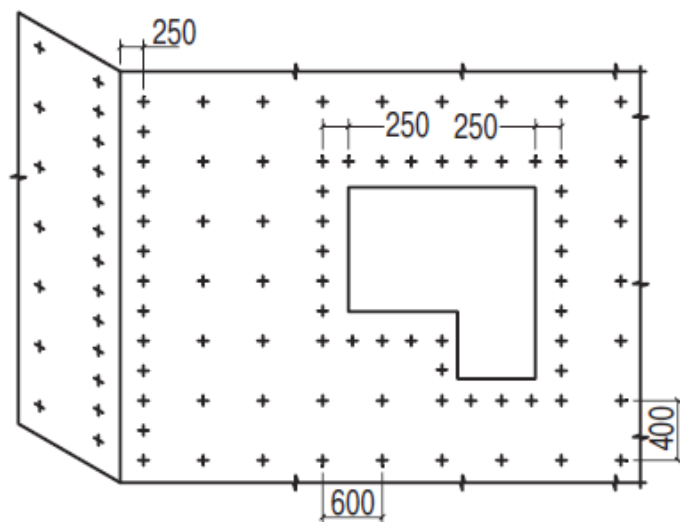


Рис.3.1.13. Расположение гибких связей на углах, в местах оконных и дверных проемов.

В горизонтальных швах кладки (при отсутствии указаний) точечные связи должны выполняться с закреплением в несущей стене и облицовочном слое путем отгибов.

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

9. Диаметр одиночных связей, заанкеренных в растворном шве с помощью загнутого конца (Z, Г-образные), должен быть не менее 5 мм. «Одиночные» связи, состоящие из сеток, а также П – образных стержней, у которых поперечный стержень находится в растворном шве, а также связи, крепящиеся к расположенным в горизонтальных швах сеткам или стержням, могут выполняться из стали диаметром 3 мм.

10. Связи Z-образной формы, не объединенные продольными стержнями или сетками, могут применяться для стеновых материалов с пустотностью не более 27% или в случае заполнения пустот легким бетоном, раствором марки не ниже М25 при большем проценте пустотности. Связи прямоугольной, треугольной, трапециевидной формы и т.д. могут применяться для стеновых материалов без ограничения процента пустотности.

11. Связевые сетки должны выполняться из арматуры, имеющей диаметр не менее 3 мм. Шаг сеток по высоте не должен превышать 50 см.

При назначении армирования следует учитывать выполненные в виде сеток связи, соединяющие слои.

Для обеспечения свободных перемещений слоев относительно друг друга не только по вертикали, но и по горизонтали, сетки рекомендуется делать с прямоугольными ячейками.

Допускается установка сеток выполняемых из двух продольных стержней, объединенных поперечной зигзагообразной арматурой, для связи слоев, объединенных тычковыми рядами. Применение указанного типа сеток в конструкциях с гибким соединением слоев не рекомендуется.

12. Дополнительные связи необходимо устраивать на расстоянии 25 см от края с шагом через три ряда по высоте кладки облицовки (на углах расстояние считается по внутренним граням наружного слоя).

13. Не допускается несовпадение рядов внутреннего и наружного слоев кладки в уровне расположения связей. В случае если конструкция связи предусматривает установку с изгибом, допускается выполнять монтаж в соответствии с проектными решениями.

В это же время (2008 г.) Лабораторией реконструкции уникальных каменных зданий и сооружений ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко был разработан стандарт организации СТО 36554501-013-2008 «Методы расчета лицевого слоя...» /3.6/. Помимо основных конструктивных требований по проектированию наружных трехслойных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких связях в него вошли инженерные методы расчета кирпичной кладки и гибких связей по прочности на температурно-влажностные воздействия.

В документе дана методика назначения расчетных температур тонкого лицевого слоя из кирпичной кладки.

3.3. Требования по устройству наружного (лицевого) слоя кладки.

Для зданий высотой более двух-трех этажей наружный слой стены толщиной в полкирпича рекомендуется выполнять навесным. Для этого кладка наружного слоя устанавливается на плиту перекрытия, на металлическую или стальную балку или кронштейны. Опирание наружного слоя производится поэтажно. Допускается опирание через два этажа. В этом случае в расчетные формулы и конструктивные требования вводятся дополнительные ограничения.

Для многослойных кладок с толщиной наружного слоя в 10-20 см должны применяться повышенные требования по морозостойкости к материалам наружного слоя. Марка по морозостойкости кирпича или камня должна быть, по меньшей мере, на две степени выше, чем для сплошной массивной кладки, т.е. не менее Мрз50 для помещений с сухим и нормальным влажностным режимом помещений и не менее Мрз100 с влажным

Наружный (лицевой) слой кладки наружных стен рекомендуется выполнять из глиняного кирпича с вертикальными или горизонтальными пустотами. Марка кирпича по прочности должна быть не менее М100, марка по морозостойкости не менее Мрз 50.

Марка кладочного раствора должна быть не менее М50.

Кирпич и камни с поперечными щелевыми пустотами дают хорошее термическое сопротивление, только находясь в тычковом ряду кладки. И наоборот, широко выпускае-

мые бетонные камни с тремя продольными щелевыми пустотами, показывают относительно удовлетворительное сопротивление теплопередаче, находясь только в ложковом ряду кладки.

В уровне плиты перекрытия три верхних над ней ряда и три нижних должны выполняться из полнотелого кирпича с маркой по морозостойкости не менее Мрз 75. Это обосновано массовыми случаями разрушения кладки в уровне перекрытий по следующим причинам:

- некачественное выполнение или отсутствие в уровне перекрытий горизонтальных деформационных швов;
- попадание дождевых и талых вод на выступающий из-под перекрытия или опорного уголка кирпич с последующим его размораживанием;
- попадание дождевых и талых вод в пустоты кирпича, а также в трещины,

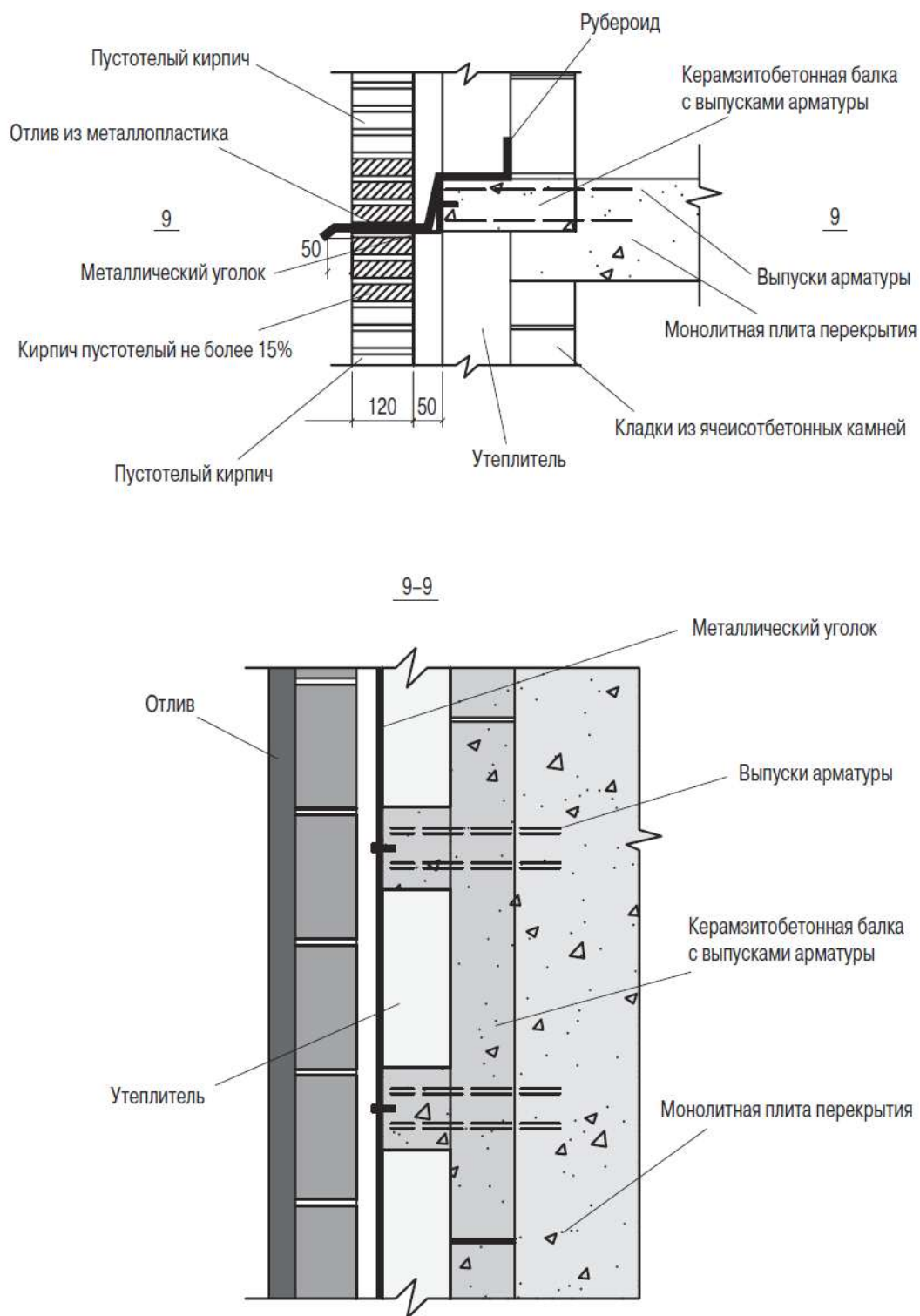


Рис.3.1.14. Схема устройства отлива в уровне перекрытия при опирании наружного слоя на уголок, крепящийся к керамзитобетонной балке. Разрез 9-9

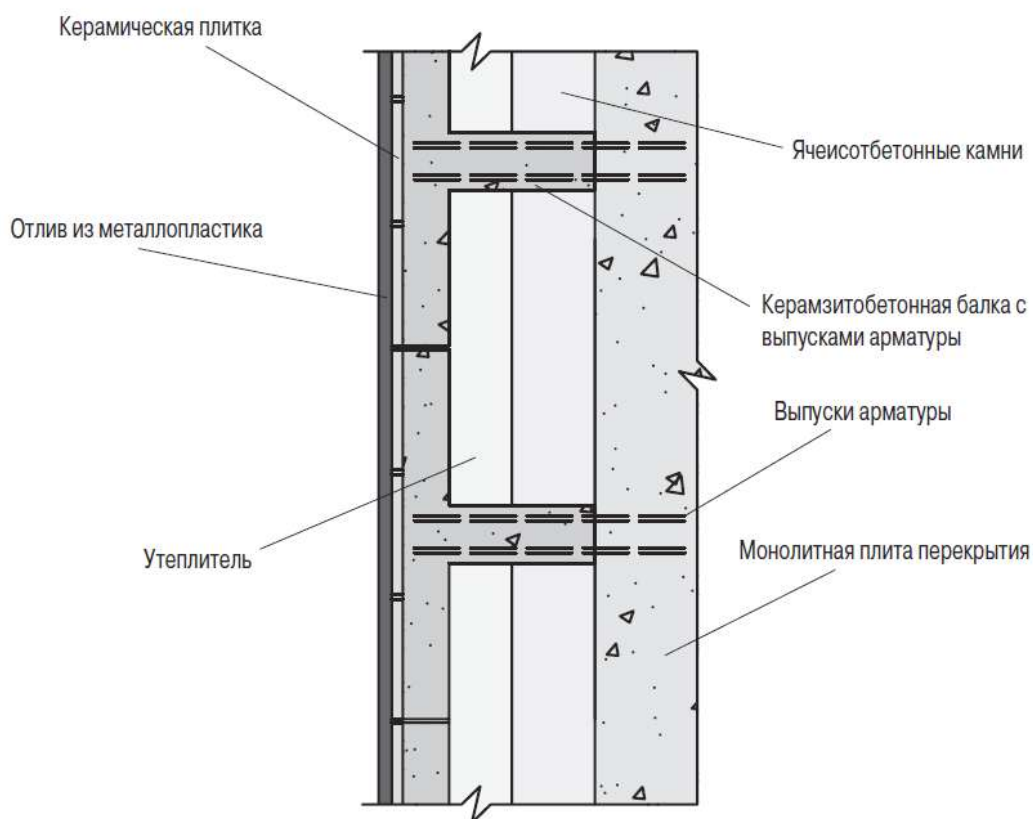
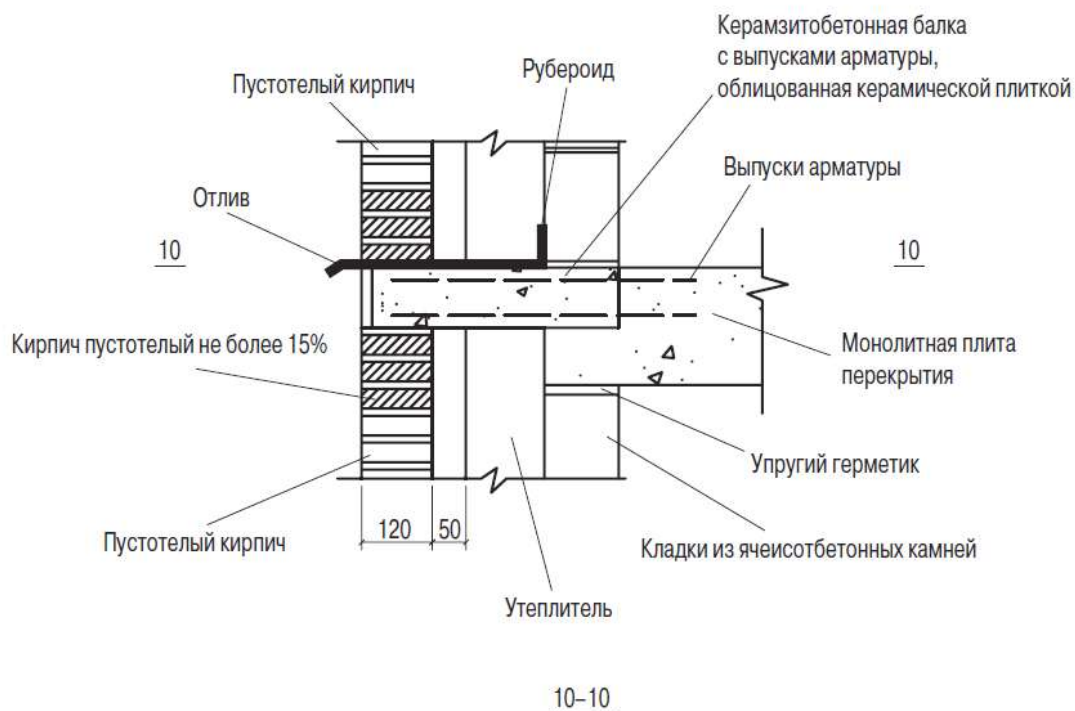


Рис.3.1.15. Схема устройства отлива в уровне перекрытия при опирании наружного слоя на керамзитобетонную балку. Разрез10-10.

образовавшиеся в уровне перекрытий, с последующим размораживанием кладки;

- увлажнение кладки наружного слоя вследствие конденсата пара, поступающего со стороны помещения, вследствие неудовлетворительной с точки зрения теплотехники его конструкции или исполнения.

Для защиты кладки, расположенной в уровне перекрытия и под горизонтальным деформационным швом, по верху плиты перекрытия должны выполняться металлические отливы (рис. 3.1.14; 3.1.15). Отлив может выполняться из оцинкованной стали. В пространство между слоями стены по верху металлического отлива укладывается слой гидроизоляции. Гидроизоляция укладывается таким образом, чтобы в случае попадания в полость воды, отводить её наружу. Для этого используются утраиваемые в нижнем ряду кладки наружного слоя незаполняемые раствором вертикальные швы (рис. 3.1.21).

По этим же причинам *не допускается в построечных условиях приклейка на наружный торец плиты перекрытия керамической плитки или пиленого кирпича*. Оштукатуривание торца плиты по сетке допускается только в виде исключения и при соблюдении требований по устройству горизонтальных деформационных швов (см. ниже).

В случае, если из архитектурных или иных соображений требуется закрыть торец плиты перекрытия кирпичной кладкой или плиткой под кирпич, следует опирать наружный слой на стальной уголок или кронштейны, либо на керамзитобетонную балку.

Все металлические опорные элементы, а также элементы их крепления (болты, дюбели), должны выполняться из нержавеющей стали или других, стойких к коррозии материалов.

Свес нижнего ряда кладки наружного слоя с опорной конструкции не должен превышать 15 мм. Не допускается выступание верхнего ряда кладки относительно края опорной конструкции более 15 мм.

Внутренний слой кладки может быть несущим, самонесущим или, как и наружный, навесным, устанавливаемым на монолитные железобетонные перекрытия.

В этом случае в качестве материала для внутреннего слоя лучше всего выбирать камни или блоки из лёгкого, ячеистого бетона. При этом должна быть обеспечена прочность слоя, достаточная для анкеровки в нём гибких связей, крепящих наружный слой кладки.

Рекомендуется принимать марку камней по прочности М25, а в качестве раствора

использовать поризованные растворы или клеи, либо растворы на лёгких заполнителях марки по прочности M25.

При более низкой прочности камня следует анкеровку связей выполнять только к стальным сеткам, заложенным в горизонтальные растворные швы на всю толщину внутреннего слоя. Также возможно крепление связей к металлическому каркасу, устраиваемому со стороны помещения (рис. 3.1.16). Одновременно этот каркас может использоваться для крепления листов сухой штукатурки.

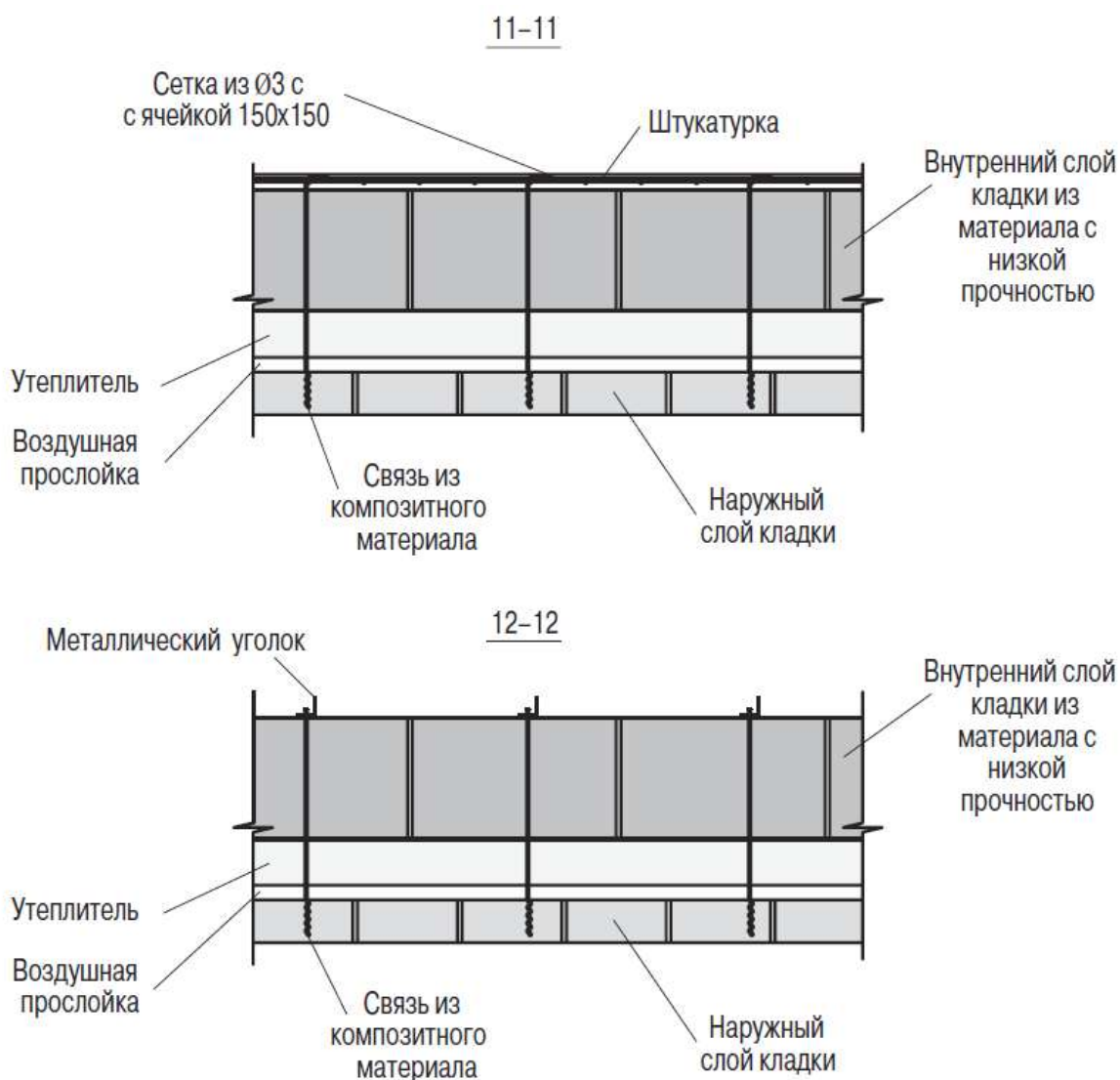


Рис.3.1.16. Схема анкеровки связей при внутреннем слое кладки из материалов с низкой прочностью

Высота стен с навесным наружным слоем может быть 25 и более этажей и определяется в основном конструкцией несущих элементов.

Слои стены с гибкими связями, выполненные толщиной в полкирпича, оказываются весьма гибкими, особенно, если высота стены составляет два-три этажа. Связи из отдельных анкеров или сеток работают только на растяжение и поэтому препятствуют продольному изгибу слоёв стены только в одном направлении. С целью предотвращения изгиба слоёв стены в сторону утеплителя рекомендуется устанавливать горизонтальные распорки из лёгкого бетона (рис. 3.1.17). Сечение распорок может быть принято равным 60х60 мм. Армирование их выполняется горизонтальной сеткой из арматуры $\varnothing 3$ ВрІ. Выпуски арматуры заводятся в горизонтальные растворные швы. Распорки рекомендуется располагать на расстоянии ниже уровня низа плиты перекрытия около 150 мм с тем, чтобы избежать «мостиков холода» вблизи плиты перекрытия. Такие распорки являются одновременно и связями. Роль распорок могут также выполнять прокладки из пластмассы или антисептированного дерева, помещаемые в регулируемых двухзвеньевых связях между металлическим уголком и внутренним слоем кладки (рис.3.1.9).

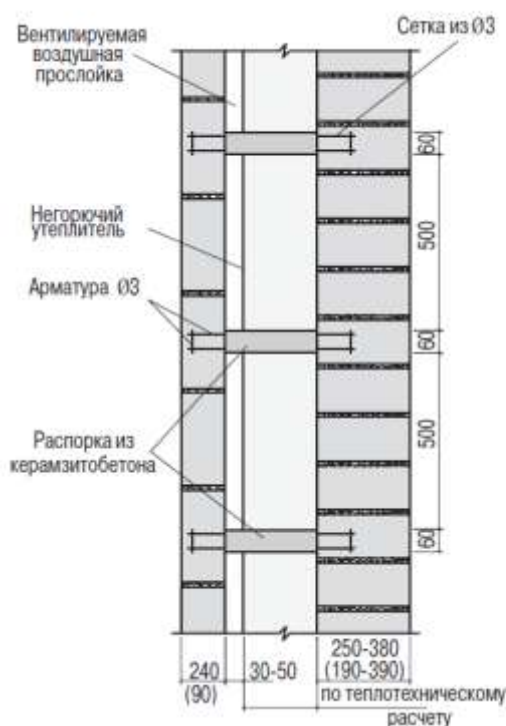


Рис. 3.1.17. Схема установки керамзитовых распорок в уровне низа междуэтажного перекрытия. Сечение 13-13

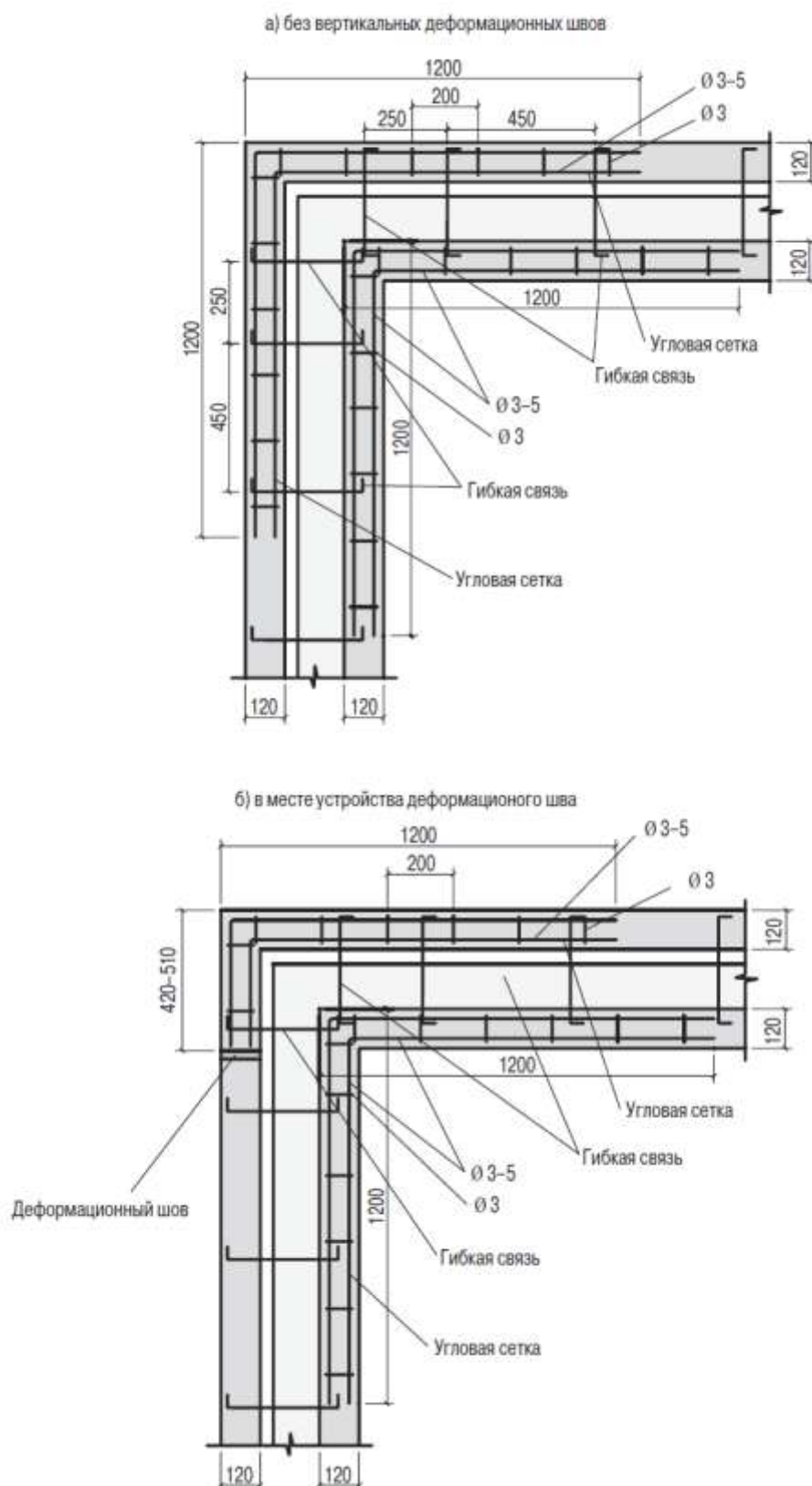


Рис. 3.1.18. Схема установки в углах стены гибких связей и связевых сеток: а – без вертикальных деформационных швов; б- в месте устройства деформационного шва

Требования по армированию кладки лицевого слоя

Ранее было показано, что в кладке лицевого слоя вследствие температурно-влажностных воздействий могут возникать значительные горизонтальные растягивающие напряжения. Эти напряжения складываются, в основном, из напряжений, возникающих вследствие осевого растяжения и изгиба наружного слоя из его плоскости. Методика расчёта на эти воздействия приведена в /1.23 и 3.6/.

Помимо конструктивного армирования, выполняется, если это требуется по расчёту, дополнительное армирование кладки горизонтальными сетками. Сетки располагаются в горизонтальных растворных швах. Рекомендуется использовать стальные сетки с двумя продольными стержнями. Диаметр продольной арматуры в сетках принимается не менее 3 мм. Применение сеток из арматуры диаметром больше 5 мм приведёт к увеличению толщины горизонтальных растворных швов в местах перехлёста сеток. Сетки рекомендуется изготавливать с двумя продольными стержнями. Поперечная арматура назначается конструктивно из арматуры диаметром 3 мм с шагом 200 мм. Возможна установка в кладку слоёв сеток, выполняемых из двух продольных стержней, объединённых поперечной арматурой, устанавливаемой под углом. Поскольку такая сетка является жёсткой на сдиг по горизонтали, её установка для соединения слоёв стены между собой не допускается (рис. 3.1.11а).

Кроме того, возможно армирование сетками из композиционных материалов.

Наибольшие величины горизонтальных растягивающих напряжений действуют в нижней трети стены, т. е. на высоте от опоры около 1 м. Армирование подбирается из расчета кладки лицевого слоя на температурно-влажностные воздействия. Выше армирование выполняется конструктивно теми же сетками, что и в нижних рядах, но с более редким по высоте шагом (но не реже, чем через 60 см). Независимо от результатов расчетов должно выполняться конструктивное армирование кладки лицевого слоя сетками, располагаемыми с шагом не более 60 см на всю высоту стены.

На углах изгибающие моменты распределены по высоте стены довольно равномерно. Поэтому армирование там выполняется сетками не реже, чем через 25 см на всю высоту стены.

На углах каждый из слоёв кладки должен быть армирован Г – образными сварными сетками на длину не менее 1 метра от угла или до вертикального деформационного

шва, если он расположен ближе. *Соединение пересекающихся сеток на углах стен должно выполняться на сварке с помощью гнутых стержней* (рис.3.1.18).

На прямолинейных участках допускается укладывать сетки внахлест. Длина перехлеста должна составлять не менее 25 см.

Шаг связевых сеток на углах во внутреннем слое кладки по высоте должен быть не более 60 см.

3.4. Требования по устройству горизонтальных и вертикальных деформационных швов в наружном (лицевом) слое кладки.

Горизонтальные деформационные швы устраиваются в несущих многослойных стенах со средним слоем из эффективного утеплителя – в облицовочном кирпичном слое, в ненесущих стенах – по всей толщине стены.

Горизонтальные деформационные швы в стенах с гибкими связями и эффективным утеплителем должны выполняться в уровне перекрытий каждого этажа. При соответствующем обосновании допускается их устройство через один этаж.

Швы выполняются в уровне низа перекрытия. Толщина шва, измеренная между верхним рядом кирпичной кладки и самой нижней частью опорной конструкции, должна быть не менее 20 мм.

Шов заполняется упругой прокладкой и при необходимости покрывается сверху мастикой. Мастика должна закрывать выступающую часть нижерасположенного кирпича наружного слоя. Долговечность и упругие свойства материалов должны подбираться с учётом длительной эксплуатации на открытом воздухе. Не допускается попадание в шов кладочного раствора, боя кирпича и т.п.

Для исключения попадания в шов атмосферной влаги по верху шва устанавливаются металлический отлив (рис. 3.1.14; 3.1.15).

Перед заполнением деформационные швы должны сдаваться по акту на скрытые работы.

Как отмечалось в разделе 3, *расстояния между вертикальными деформационными швами должны назначаться из соблюдения условий не превышения прочности кладки лицевого слоя, связей и анкерных узлов на растяжение.*

В любом случае, при назначении мест расположения вертикальных температурных швов рекомендуется придерживаться следующих правил.

- Рекомендуется разбивка вертикальными температурными швами пространственных в плане конструкций на плоские фрагменты;
- Не рекомендуются Z – образные в плане фрагменты, особенно, при длине средней стены менее 2 м;
- Швы предпочтительно располагать на углах, в местах пересечений стен, перепадах высот, вблизи проёмов;
- При разбивке Z – образных в плане фрагментов деформационный шов рекомендуется назначать в наиболее длинной стене в месте пересечения со средней стеной фрагмента.

При прохождении вертикального деформационного шва по границе оконного или дверного проёма перемычки рекомендуется выполнять из стального уголка. В этом случае необходимо в месте опирания перемычки на кладку сверху и снизу уголка уложить прокладки. Это должно обеспечить скольжение кладки по металлу (рис. 3.1.19). Прокладки должны укладываться на ровную поверхность, чтобы избежать значительного трения. По торцу стального уголка со стороны температурного шва необходимо проложить упругий материал.

Вблизи горизонтальных и вертикальных деформационных швов должны устанавливаться дополнительные гибкие связи в соответствии с п.3.1.3.

Расстояния между вертикальными температурными швами не должны превышать приведенных в /1.23/ значений.

Рекомендуемые максимальные расстояния между вертикальными температурными швами для прямолинейных участков стен 6-7м. Вертикальные швы на углах здания следует располагать на расстоянии 250-500 мм от угла по одной из сторон. При толщине облицовочного слоя 250 мм расстояние между швами может быть увеличено.

При необходимости увеличения расстояния между температурными швами требуется проведение расчетов температурных деформаций с учетом конструктивных особенностей стен, конструкции здания, ориентации его по сторонам света и климатических условий.

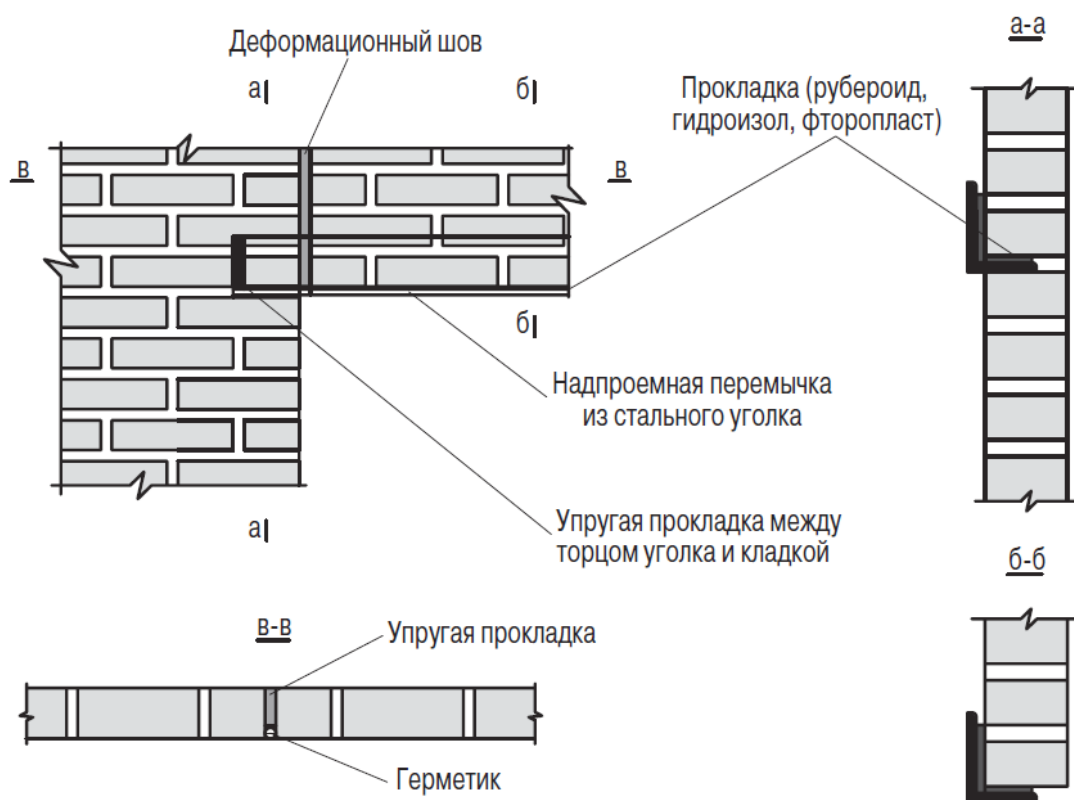


Рис. 3.1.19. Конструкция вертикального температурного шва в месте надпроемной перемычки из стального уголка

3.5. Требования по устройству утепляющего слоя.

Теплотехнический расчёт должен производиться с учётом влияния дополнительных «мостиков холода» при применении материалов с большой теплопроводностью. Расстояние между наружным и внутренним слоями стены определяется требуемой толщиной утеплителя и воздушной прослойки, если последняя имеет место.

В случае образования в утепляющем слое зазоров шириной в 1-2 см, сопротивление теплопередаче может снизиться более, чем на 10-15%. **В местах разрыва слоя утеплителя возможно промерзание стены с образованием на внутренней поверхности конденсата. Там же возможно накопление влаги и размораживание наружного слоя кладки.**

Зазоры между утеплителем и горизонтальными или вертикальными диафрагмами,

а также между плитами утеплителя могут быть вызваны:

- неточной нарезкой плит утеплителя;
- отклонений от проектных размеров полостей для размещения утеплителя в кладке;
- попаданием в места установки утеплителя строительного мусора, раствора, снега;
- усадкой или просадкой утеплителя.

Недопустимо образование усадочных трещин и в самом утеплителе.

Поэтому, если толщина слоя утеплителя меньше толщины полости, в этих местах дополнительно рекомендуется установить в распор вертикальные полосы из эффективного утеплителя.

Для исключения попадания в полость для утеплителя кладочного раствора, строительного мусора, снега и т.д. на время перерыва работ полости должны закрываться.

Во избежание продувания в местах стыков утеплитель рекомендуется соединять в шпунт или четверть. Для большей надёжности утеплитель может выполняться в несколько слоёв со смещением швов относительно друг друга (рис. 3.1.20, а).

При отсутствии шпунта швы между плитами рекомендуется проклеивать скотчем или заполнять пенополиуретаном (рис. 3.1.20, б). **С целью контроля качества укладки утеплителя**, в последней редакции [1.7] дано указание **о необходимости устройства лицевого слоя кладки только после установки плитного утеплителя**. Это накладывает ограничения и на конструкцию связей. В этом случае могут быть рекомендованы связи, крепящиеся к внутреннему слою одновременно и утеплитель, и наружный слой кладки. Во внутренний слой связи закладываются в горизонтальные швы во время возведения кладки. Связи могут быть одно и двухзвеньевые.

Сопротивление теплопередаче стены со связями из композитных материалов примерно на 10% выше, чем у стены со стальными связями.

Воздушную прослойку целесообразно выполнять вентилируемой, для чего вертикальные швы кладки в одном из нижних рядов и в одном из верхних на данном этаже не заполняются раствором (рис.3.1.21). В силу небольшой ширины швов и относительно большой толщине стены вентиляция может оказаться недостаточно эффективной. Поэтому ширину вертикальных швов рекомендуется в этих местах делать максимально возможной (не менее 20 мм).

При наличии воздушной прослойки фиксацию утеплителя можно делать с помо-

щью вертикальных полос из жёсткого утеплителя, устанавливаемого в распор. В этом случае возможно одновременно перекрыть вертикальные стыки плит утеплителя (рис.3.1.20б;

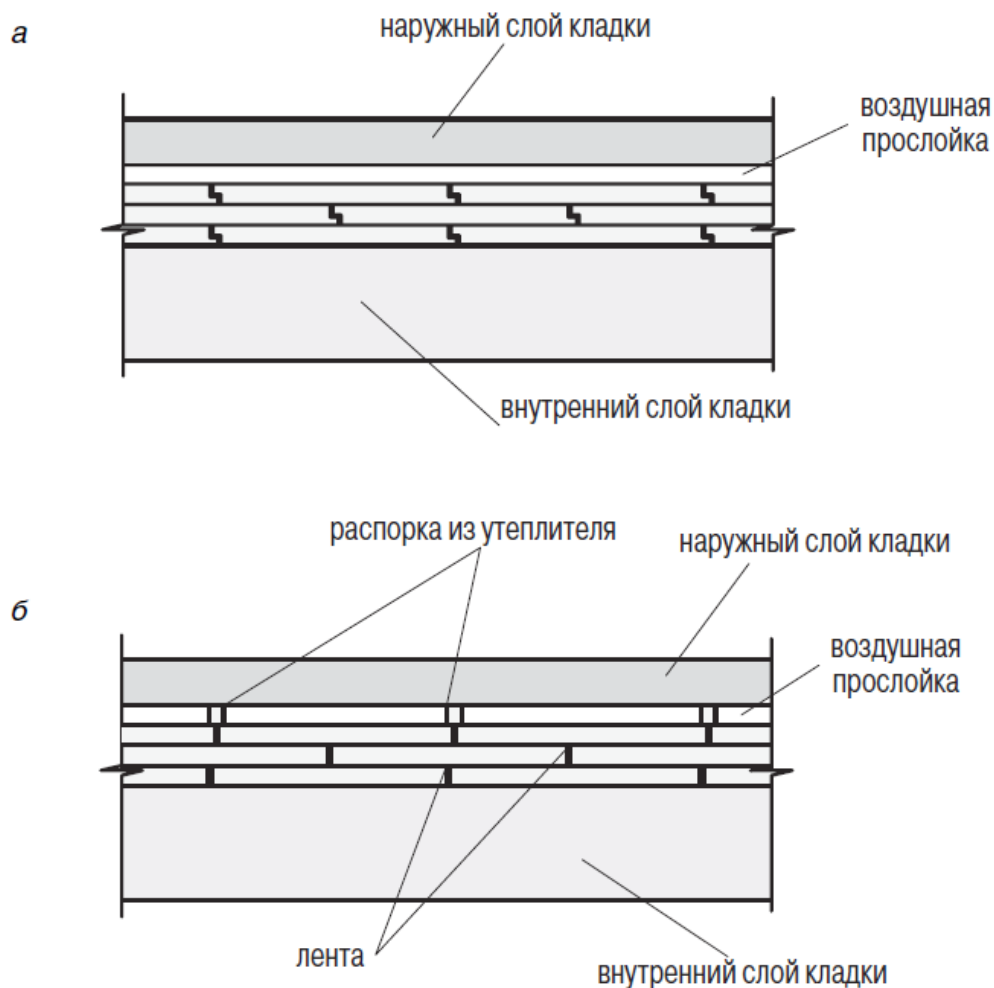


Рис. 3.1.20. Варианты установки плитного утеплителя из нескольких слоев

3.1.22в). Фиксация утеплителя может выполняться также с помощью скоб, закладываемых в наружный слой кладки (рис.3.1.22 г).

Крепление утеплителя возможно и с помощью стеклопластиковых дюбелей аналогично тому, как это делается в стенах с наружным утеплителем (рис.3.1.22 д). В случае необходимости утеплитель может приклеиваться к внутреннему слою кладки.

Кроме того, для фиксации утеплителя для однозвеньевых связей могут использоваться фиксаторы, одеваемые на связь (рис.3.1.22 а).

В двухзвеневых связях фиксация утеплителя может осуществляться загнутым концом наружного либо внутреннего звена связи (рис.13.1.22 б).

В уровне перекрытий каждого этажа, а также по периметру дверных и оконных

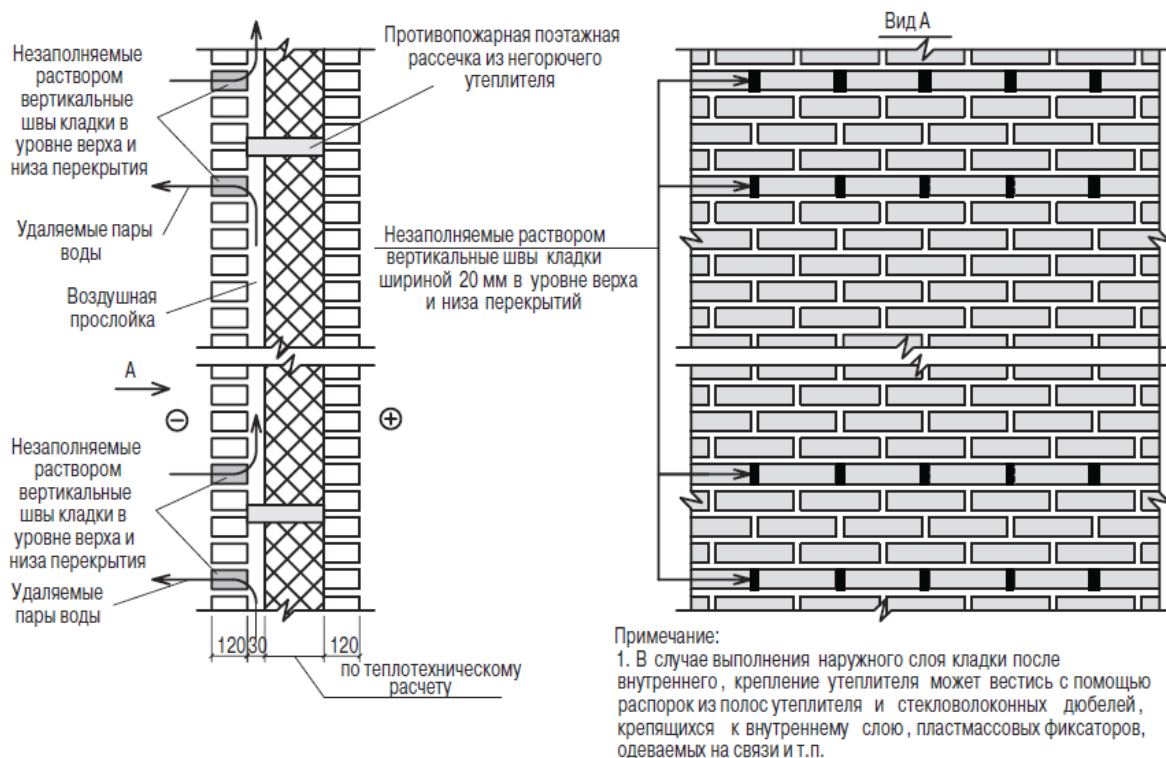


Рис. 3.1.22. Схема фиксации плитного утеплителя: а- с однозвеневой связью; б- с двухзвеневой связью; в- с помощью полос утеплителя; г – с помощью стальных скоб; д – с помощью пластиковых дюбелей

проёмов должны выполняться противопожарные рассечки. При отсутствии в этих местах армированных растворных диафрагм, рассечки выполняются из слоя негорючего утеплителя.

В ряде регионов России ещё ощущается недостаток эффективных утеплителей, удовлетворяющих всем необходимым требованиям. **На переходный период может представлять интерес применение утеплителей на основе местных материалов.** В ряде случаев такие утеплители могут проседать по истечении некоторого времени. Кроме того, что это должно учитываться при назначении коэффициента теплопроводности, который будет увеличиваться по мере уплотнения утеплителя, необходимо исключить

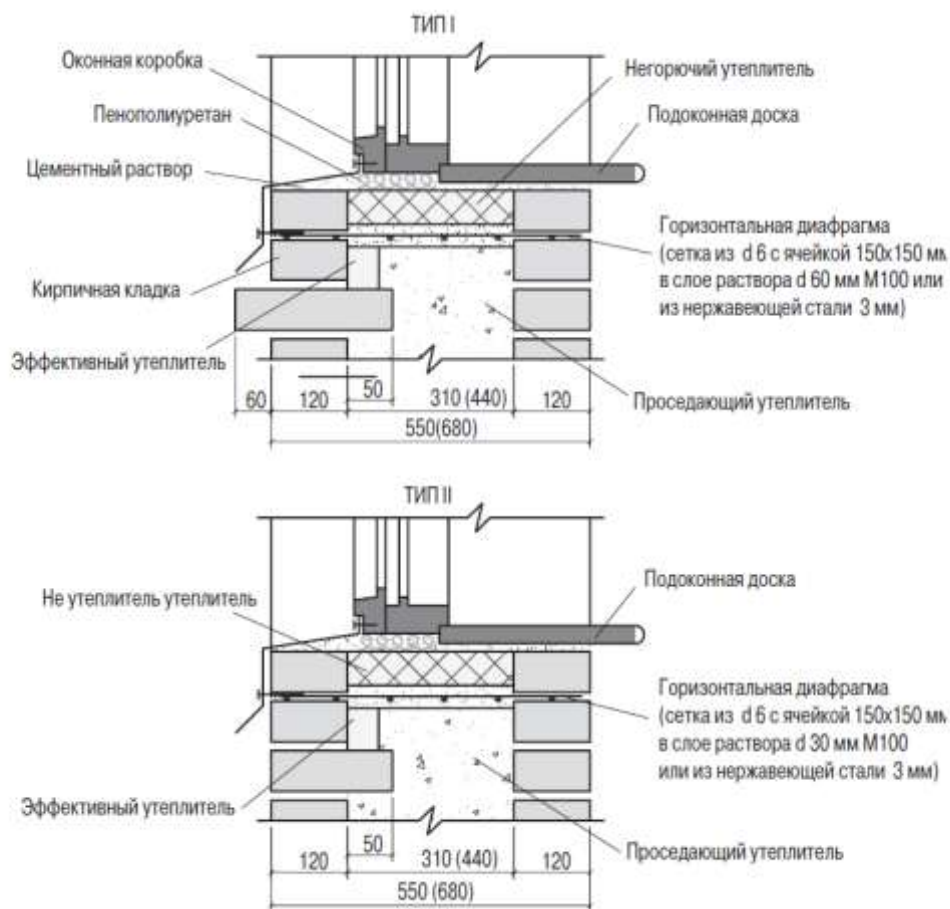
снижение сопротивления теплопередаче стен в местах расположения горизонтальных диафрагм. В прошлом с целью избежания образования воздушных зазоров в одноэтажных зданиях слой утеплителя в простенках располагали выше уровня утеплителя чердачного перекрытия. В междуоконных поясах засыпка укладывалась с послойной трамбовкой с проливкой водой. Для неответственных сооружений такая конструкция в целях экономии может применяться и сейчас.

С целью расширения возможности применения местных материалов, авторами были предложены узлы стен под горизонтальными диафрагмами. Например, подоконный узел рекомендуется выполнять с устройством компенсатора из полосы эффективного утеплителя, устанавливаемого под диафрагмой [3.5]. Утеплитель устанавливается на горизонтальные выпуски из арматуры или кирпича (рис. 3.1.23). Толщина и высота полосы из эффективного утеплителя подбирается таким образом, чтобы при просадке основного утеплителя и образовании зазора под выпусками промерзания стены в этом месте не происходило. Оптимальным решением будет то, когда сопротивление теплопередаче слоя эффективного утеплителя будет равно или даже несколько выше, чем слоя основного утеплителя из местного материала.

Применение заливочных утеплителей из вспенивающихся пластических масс или ячеистого бетона в построечных условиях во многом могло бы решить описанные выше проблемы. Однако практика строительства показала, что при использовании некоторых видов заливочных утеплителей, вспенивающихся непосредственно на строительной площадке (например, ФРП без специальных добавок), происходила их просадка (см. главу 2). Для устранения дефектов впоследствии сквозь пробуренные в кладке стены отверстия производилась дополнительная закачка утеплителей.

В качестве заливочных утеплителей могут применяться только такие, которые не подвержены усадке в течение длительного времени (например, пенополиуретан, производимый по технологии ЦНИИСК им. Кучеренко). Особое внимание должно быть также обращено на технологию заполнения полостей утеплителем. Очень важна организация контроля за поступающими материалами и контроль объемной массы утеплителя в полости стены. При увеличивающихся в объеме утеплителях следует соблюдать строгое дозирование их поступления в замкнутые полости. Это влияет на объемную массу утеплителя и, соответственно, на его теплотехнические характеристики, долговечность. Кроме того, при передозировке утеплителя могут возникнуть дополнительные усилия

распора между слоями кладки. Последнее крайне нежелательно для свежее выложенной



Примечание: Негорючий материал устанавливается при отсутствии растворной диафрагмы

Рис. 3.1.23. Подоконные узлы наружных стен, в том числе из кирпичной кладки с вертикальными диафрагмами с проседающим утеплителем .

кладки и должно учитываться при производстве работ. Одним из способов избежания этого, а также обеспечения практически непрерывного цикла закладки утеплителя в полости стен, является его подача уже после возведения всего здания в заранее заложенные в кладке патрубки. Патрубки могут выполняться из плотной бумаги и других дешевых материалов. Благодаря такой организации производства становится возможным выполнение работ специализированной организацией, владеющей методом контроля и имеющей соответствующих специалистов. Не меньшим достоинством такого способа является возможность выполнения работ только в тёплое время года, что значительно расширяет спектр применяемых материалов, удешевляет их и способствует более высокому качеству.

Как и в описанных выше случаях, применение в качестве утепляющего слоя кладки из камней из ячеистого бетона не снимает необходимости строжайшего контроля за ходом производства работ. Даже в обладающих достаточным опытом организациях можно наблюдать, как в местах примыкания кладки к внутренним стенам из монолитного бетона, камни из ячеистого бетона обрубались вместо их распиловки.

Во избежание продувания, **при выполнении кладки внутреннего слоя толщиной 10-12 см особое внимание необходимо обращать на тщательность заполнения вертикальных швов.** Во всех случаях необходима расшивка швов, а по возможности их затирка со стороны полости для утеплителя.

Многослойные стены с гибкими связями наряду со стенами с расположением утеплителя с наружной стороны стены имеют лучшие по сравнению с другими типами стен теплотехнические характеристики. Они могут обеспечить, практически, любое требуемое сопротивление стен теплопередаче, т.к. толщина эффективного утеплителя может быть задана также достаточно большой.

3.6. Требования по производству работ в зимнее время

Возведение стен из многослойной кладки в зимнее время является нежелательным, так как при этом могут снизиться и качество кладки, и качество утепляющего слоя. Кроме того, возведение тонких стенок требует большой осторожности. Кладочный раствор должен применяться только **с противоморозными химическими добавками, кладка методом замораживания является крайне нежелательной**, т.к. при оттаивании возможна потеря устойчивости тонких стенок, особенно в случае применения засыпных несвязных утеплителей. В этом случае рекомендуется устойчивость слоёв кладки на период, когда раствор еще не набрал необходимую прочность, обеспечивать с помощью временных вертикальных стоек, например стальных швеллеров, уголков, помещаемых с двух сторон стены и соединяемых между собой стальными тяжами. При гибких связях между слоями кладки в местах расположения тяжей помещаются деревянные распорки, препятствующие сближению слоев.

Введение в раствор противоморозных добавок должно начинаться еще до наступления холодов с учетом ожидаемой на ближайшее время температуры наружного воздуха.

3.7. Требования по совместной работе слоев стен

Многослойные стены следует рассчитывать *по разности абсолютных и относительных перемещений слоёв*, как по вертикали, так и по горизонтали. *При превышении предельных значений, определяемых условиями эксплуатации или возможностью образования трещин, назначаются дополнительные вертикальные и горизонтальные деформационные швы.*

ЛИТЕРАТУРА

Раздел 1

- 1.1. The Art of Architecture, Engineering and Construction 1899
- 1.2. Ch. Ostrander, P. and J. Satk «History of Insulation with Masonry» / The MASONRY EDGE VOL. 2 NO. 2
- 1.3. Brick Industry Association/ Technical Notes on Brick Construction/Technical Notes 21 - BRICK MASONRY CAVITY WALLS August 1998
- 1.4. Building Code requirements for Masonry Structures (ACI 530-99/ASCE 5 99)
- 1.5. Eurocode 6. Design of masonry structures.
- 1.6. Московский территориальный строительный каталог МТСК-10. М., 2003
- 1.7. СНиП II-22-81 Каменные и армокаменные конструкции
- 1.8. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций к СНиП II-22-81 Каменные и армокаменные конструкции, 1988 г.
- 1.9. Ищук М.К. «Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки», «Стройматериалы» №4, 2008.
- 1.10. Инструкция по кладке стен системы инж. Н.С. Попова. М.,-Л: Госстройиздвт, 1939 г.
- 1.11. Инструкция по кладке облегченных стен системы Попова; Попова и Орлянкина; Попова и Поповой. М: Стройиздат Наркомстроя, 1942.
- 1.12. Инструкция по применению пустотных стен. М. Стройвоениздат, 1946
- 1.13. Инструкция по применению и возведению облегченных стен из кирпича и бетонных камней М.-Л.: Гос.изд. литературы по строительству и архитектуре, 1951
- 1.14. Гуров Е.П., Рабинович А.И. Серия 2.130-1 Детали стен и перегородок жилых зданий. Вып. Наружные кирпичные и каменные стены облегченной кладки. ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко, ЛенЗНИИЭП.
- 1.15. Гуров Е.П., Рабинович А.И. Серия 2.130.23 Детали стен и перегородок жилых зданий. Вып.23 Наружные кирпичные и каменные стены облегченной кладки. ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко, ЛенЗНИИЭП, 1982
- 1.16. Гуров Е.П., Ищук М.К. Серия 2.130.8 Детали стен и перегородок жилых зданий. Вып. 0, 1 Наружные кирпичные и каменные стены облегченной кладки. ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко, ЛенЗНИИЭП, 1987.
- 1.17. Ищук М.К, Левин Н.И., Шенкаренко Е.В., Гуров Е.П. К выходу новой редакции альбома типовых деталей наружных стен из облегченной кладки//ВНИИС, серия 8, вып. 10, 1987 г, с. 18-21.
- 1.18. Ищук М.К. Здания с наружными стенами из облегченной кладки//Научно-технический симпозиум ярмарки научно-технических достижений в строительстве НТД-89, ВНИИТПИ, 1987 г., с 81-82.
- 1.19. Ищук М.К., Гуров Е.П. Конструкции наружных стен из облегченной кладки//Жилищное строительство, №3, 1988 г.
- 1.20. Ищук М.К., Наружные облегченные кирпичные и каменные стены//Перечень научно-технических достижений, рекомендуемых в практику проектирования и строительства//ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко, М.1988 .
- 1.21. Здания с монолитными железобетонными несущими конструкциями. Наружные стены из легкогобетонных блоков с облицовкой кирпичом. Технические решения. ЦНИИЭП жилища, 2005 г.

- 1.22. Ищук М.К. Здания с наружными стенами из облегченной кладки// Жилищное строительство, №7, 1996 г.
- 1.23. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции
- 1.24. Ищук М.К. «Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки», РиФ «Стройматериалы», 2009 г., 390 с.
- 1.25. Конструкции ограждающие зданий из крупноформатных пустотно-поризованных керамических камней. Правила проектирования жилых и общественных зданий повышенной этажности с применением крупноформатных камней из поризованной керамики. ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко, ЦНИИЭПжилища.2014

Раздел 2

- 2.1. Ищук М.К. Дефекты наружных стен из многослойной кладки. Интеграл. 2001. №1.
- 2.2. Ищук М.К. Причины дефектов наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки, Жилищное строительство.2008 №3.
- 2.3. Volume Changes and Effects of Movement//Technical Notes on Brick Construction// Brick Industry Association// Technical Notes 18, Sept. 2000.
- 2.4. Kimbal J. Beasley. Masonry Façade Stress Failures//The Construction Specifier, February 1998, v. 51 no. 2.

Раздел 3

- 3.1. Курдюмов В. Каменная кладка.//Материалы для курса строительных работ//вып. 4 Каменная кладка, изд. Гольштейна, Петроград, 1916 .
- 3.2. Кардо-Сысоев. Практика строительного дела//Госстройиздат, 1932 г.
- 3.3. Wall Ties for Brick Masonry, Brick Industry Association, Tech Notes 44B, May 2003, Technical Notes on Brick Construction
- 3.4. MSJC Code
- 3.5. Ищук М.К. Требования к многослойным стенам с гибкими связями. Жилищное строительство .2008. №5.
- 3.6. СТО 36554501-013-2008 «Методы расчета лицевого слоя из кирпичной кладки наружных облегченных стен с учетом температурно-влажностных воздействий.2008.
- 3.7. Научно-технический отчет «Разработка технических решений наружных многослойных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки для климатических условий г. Москвы и Московской области» .2008./ ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко