

## ГЛАВА ВТОРАЯ

### ДЕФЕКТЫ НАРУЖНЫХ СТЕН С ЛИЦЕВЫМ СЛОЕМ ИЗ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ

#### 2.1. Основные причины проявления массовых дефектов

*Во второй половине 90-х 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 организаций оказались к этому не готовы по следующим причинам [2.1; 2.2].*

- 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, 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. 2.2.1 а, 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 плиты недостаточной жесткости 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 их производства и закладки в стены имеется в ЦНИИСК.

Казалось бы, с применением кладки из легкобетонных и ячеистобетонных камней можно было бы избежать перечисленных выше недостатков, однако и здесь автору 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 растворный 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 нередко случаи, вызванные ошибками при проектировании, когда промерзание стены обусловлено недостаточным сопротивлени-

ем теплопередаче. Не имея достаточного опыта и базы для выполнения теплотехнических расчетов, некоторые проектировщики назначают толщину утепляющего слоя без учета 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 расчеты предпочтительно выполнять по программе, реализующей метод конечных элементов в пространственной постановке.



Рис. 2.2.2 Попадание снега и мусора в полость для утеплителя

## 2.3. Дефекты узлов крепления слоев наружных стен

### 2.3.1. Дефекты узлов опирания наружного слоя из кирпичной кладки

Вертикальные и горизонтальные деформации кладки наружного и внутреннего слоев наружных стен могут значительно отличаться друг от друга вследствие различных температурно-влажностных условий, в которых они находятся, 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).

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 (глава 10). При этом наружный слой устанавливается на стальной уголок, крепящийся к плите перекрытия или каркасу, а внутренний слой кладки – на плиту перекрытия.

Известно много случаев с некачественным выполнением узлов опирания в слоях 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 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 Москве (рис. 2.3.6 а, б). Проектом было предусмотрено поэтажное опирание лицевого слоя кладки толщиной 12 см на монолитные железобетонные перекрытия (рис. 2.3.6 в). По проекту кладка лицевого слоя должна была свешиваться на 4 см. Торец плиты перекрытия закрывался

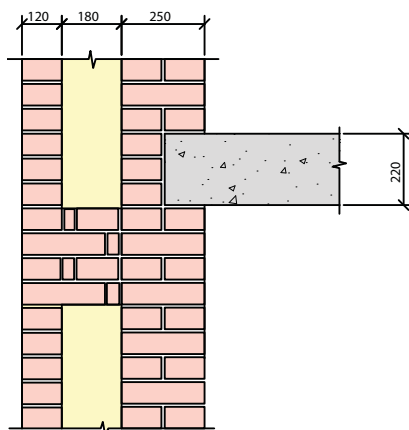


Рис. 2.3.5 Узел опирания лицевого слоя на кирпичную консоль в доме на Бакунинской улице в Москве

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 смещен с опоры.

Таким образом, можно сде-

лать 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.

Примером тому служит 22-этажный жилой дом на ул. Магнитогорская в Москве (рис. 2.3.7 а, б, в, г, д, е, ж, з, и, к, л). Там опирание лицевого слоя кладки осуществлялось на стальные уголки, причем 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. разделы 2.5.2 и 9.3).

В доме на Зоологической ул. в 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. 2.3.8 а, б, в).

Другим аналогичным примером служит здание на ул. Старослободская в Москве (рис. 2.3.9 а, б, в, г, д). Там также опирание кладки лицевого слоя осуществлялось на стальные уголки. Однако крепление лицевого слоя осуществлено жесткими стальными связями, выполненными из стальных кронштейнов.

Список зданий с аналогичными дефектами может быть дополнен не одним десятком адресов только по одной Москве.

### *2.3.2. 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 говорится в главе 9.

- Можно отметить следующие, наиболее распространенные 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;

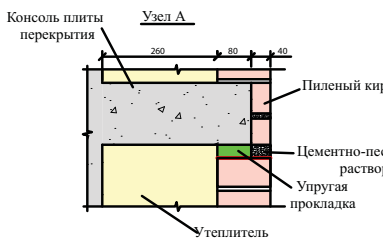
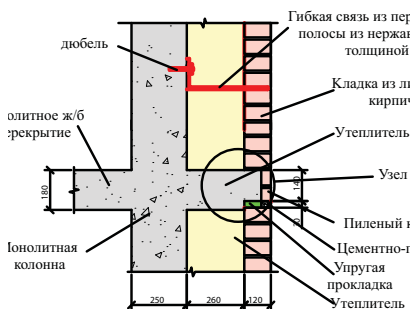


Рис. 2.3.6 в Узел опирания лицевого слоя кладки на плиту перекрытия

- излишняя жесткость на сдвиг;
- неудовлетворительная анкеровка в кладку лицевого и внутреннего слоев;
- большое расстояние между связями (2.5.3.) (см. стр. ?????).

Известны случаи, когда гибкие связи выполнялись из обычной полосовой стали вообще без антикоррозийного покрытия (рис. 2.3.10 а, б, в). Естественно, что располагаемая в слое утеплителя связь по прошествии нескольких лет полностью корродирует. В свою очередь это неминуемо приведет к обрушению лицевого слоя кладки.

Часто связи выполняются из оцинкованной сетки или гнутых арматурных стержней. Качество покрытия их бывает настолько неудовлетворительным, что еще при укладке в стену на них видны следы коррозии. Более надежными 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 жесткими из плоскости стены. В качестве примера недостаточно жестких связей можно привести конструкцию, примененную на упоминавшемся выше доме на ул. Петрозаводская в Москве (рис. 2.3.6 в).

Там были применены связи из перфорированной полосы, выполненной из нержавеющей стали. Одной стороной полоса заводилась в растворный шов кладки, а с другой ее 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, жесткости рядом расположенных связей должны быть достаточно близки между собой. В противном случае наиболее жесткие связи выключатся из рабо-

ты до того, как в нее включатся более податливые связи.

Примером связей, обладающих излишней жесткостью на сдвиг, являются примененные на доме на Старослободской улице в Москве стальные кронштейны (рис.2.3.9 в). В главе 9 приведен расчет 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 жестких стальных кронштейнов. Подробнее о конструкциях стен этого здания и выявленных дефектах см. раздел 2.5.3.

Прочность анкеровки в растворные швы кладки многих из применяемых связей нигде не регламентирована и часто не известна. Серьезное опасение вызывает надежность анкеровки некоторых видов связей в растворные швы кладки из легкобетонных блоков с объемной массой ниже  $400 \text{ кг/м}^3$ .

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. Опираение на лицевой слой балконов**

В 10-этажном жилом доме в г. Красногорске Московской области (рис. 1.1.27) 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 слоев. Во избежание этого лицевой слой по указанию автора был установлен на выполненные в монолитных плитах консоли либо на монолитные балки, уложенные между плитами перекрытий (рис. 1.1.27 в).

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

### *2.5.1. 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 распространенными 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 серьезной проблемой остается недостаточное сопротивление теплопередаче.

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

### *2.5.2. Повреждения кладки лицевого слоя 22-этажного жилого дома на улице Магнитогорская в Москве*

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

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 при помощи стальных дюбелей, а другой — заведены в горизонтальные растворные швы. Количество связей по проекту составляет 5 шт. на 1 м<sup>2</sup>.

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 отсу-



тствуют, 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 12 см. Связь слоев осуществляется заведенными в оба слоя тычковыми кирпичами. Перевязка слоев по проекту осуществляется через три ряда кладки. Таким образом, лицевой слой из кирпичной кладки по всей высоте стены не опирается на перекрытия или какие-либо другие элементы.

Проведенным 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, рис. 2.3.7 е). Там, где кирпичи тычкового ряда попали выше уровня плиты перекрытия, ячеистобетонные камни иногда 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, и). 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

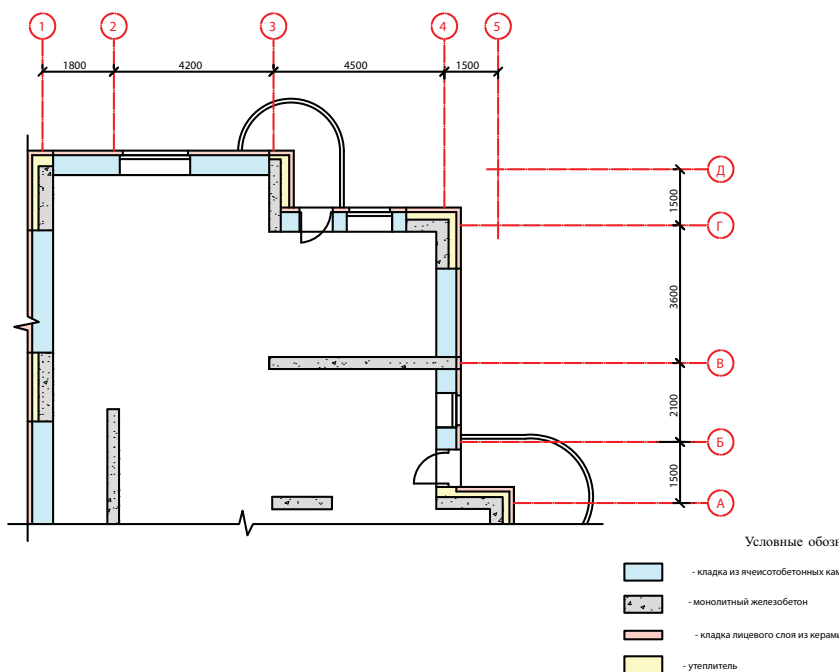


Рис. 2.3.7 б Фрагмент плана типового этажа здания на ул. Магнитогорская в Москве

в уровне четвертого 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 счет 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 девяти этажей.

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

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 компенсации разности вертикальных перемещений железобетонных пилонов.

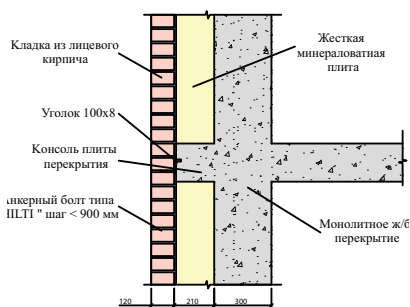


Рис. 2.3.7 в Проектное решение узла крепления лицевого слоя кладки наружной стены к монолитной железобетонной стене

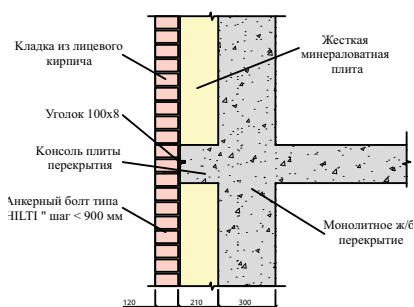


Рис. 2.3.7 г Узлы опирания лицевого слоя по результатам обследования. Здание на ул. Магнитогорская в Москве

бетонного 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.

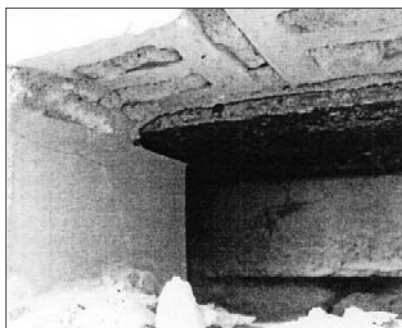


Рис. 2.3.7 д

### 2.5.3. Повреждения кладки лицевого слоя 22-этажного жилого дома на улице Старослободская в Москве

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

Здание выполнено из семи разноуровневых секций с высотой надземной части 3–17 этажей. Общий вид здания приведен на рис. 2.3.9 а. 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 же-

лезобетона и колонны.

Наружные стены облицованы кирпичной кладкой толщиной в полкирпича (12 см). Конструкция внутреннего слоя наружных стен по проекту принята трех 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 2.3.9 в). Кронштейны размещаются с шагом по горизонтали 75 см и по вертикали – 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. 2.3.9 г).

В междооконном 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 с самого начала эксплуатации здания. Через три года после окончания строительства на одном участке был выполнен ремонт кладки лицевого слоя с трещиной путем ее перекладки. Еще 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. 2.3.9 в). Они обнаружены как на участках кладки с опорными уголками, так и без них.

Выборочные вскрытия показали, 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 трех по проекту были приварены к кронштейну только два арматурных стержня.

В разделе 9.3.2 приведены результаты расчетно-теоретических исследований напряженно-деформированного состояния лицевого слоя. Исследования показали:

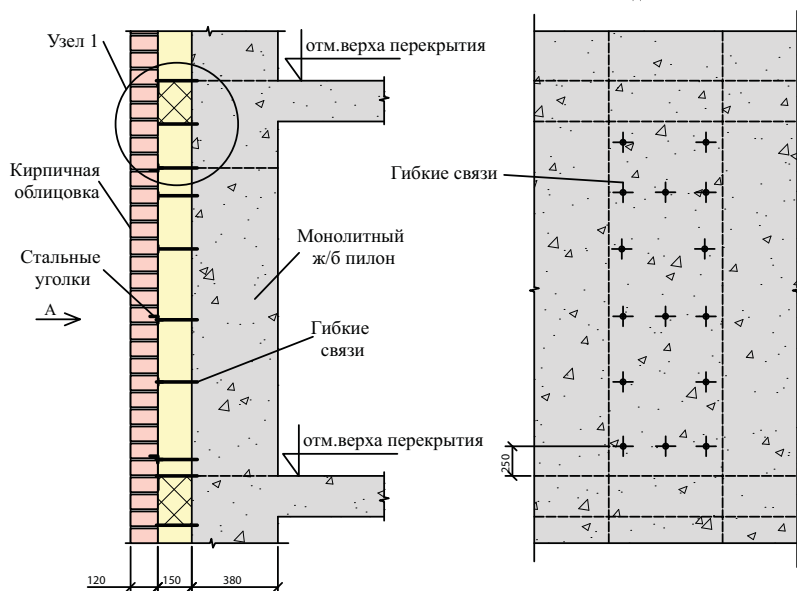


Рис. 2.3.8 а Фрагмент крепления кирпичной облицовки к монолитному железобетонному пилону

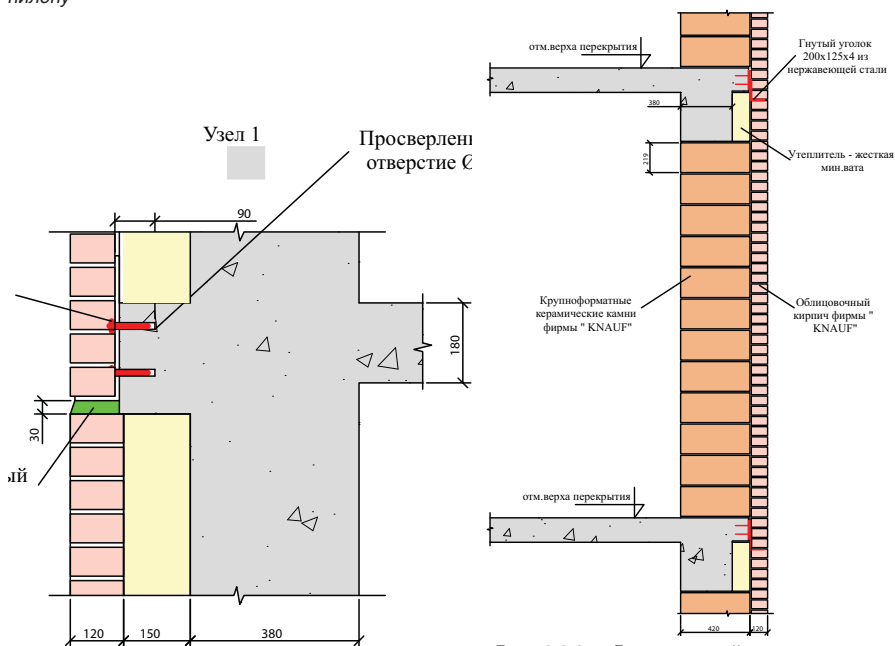


Рис. 2.3.8 в Вертикальный разрез по наружной стене с внутренним слоем из крупноформатных керамических камней фирмы «KNAUF»

- 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 жестких связей гибких последствий 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 счет 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.

#### *2.5.4. Повреждения кладки лицевого слоя 22-этажного жилого дома на улице Петрозаводская в Москве*

Общий вид здания приведен на рис. 2.3.6а. Необходимость в обследовании возникла в связи с обрушением в июле 2007 года 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 кера-

мического пустотелого кирпича. Между этими слоями заключен утеплитель.

2. Наружный слой выполняется также 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 ее 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, не предусмотрены они и между кладкой и заменившими плитку распиленными кирпичами.

Обследование наружных стен выявило 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 подведенной под них кладкой лицевого и внутреннего слоев выполнены некачественно. В отдельных местах зазор между верхним кирпичом и плитой перекрытия отсутствует. В других местах зазор существует, однако предусмотренная проектом прокладка из пенополистирола отсутствует.
- 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. Проектом деформационный шов между облицовочной плиткой и кладкой лицевого слоя не предусмотрен. Уже только это способствует разрушению плитки и ее 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 жесткость связей из плоскости стены недостаточная (см. раздел 2.3.4), что способствует образованию и раскрытию трещин в лицевом слое. Из-за различия в жесткости рядом расположенных связей включение их в работу происходит неодновременно, 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 во многих местах существует зазор. Это способствует промерзанию стены в уровне перекрытий, конденсату пара, поступающего из помещений, и, как следствие, размораживанию кладки.

#### *2.5.5. Повреждения кладки лицевого слоя 22-этажного жилого дома на улице Зоологическая в Москве*

Проект здания разработан в 1999 году Здание сдано в эксплуатацию в 2000 году 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:

1. Внутренний несущий слой из монолитного железобетона с



облицовкой кладкой толщиной 12 см из керамического кирпича с вертикальными пустотами керамическим кирпичом. Между этими слоями помещен 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. 2.3.8 а, б).

2. Внутренний слой толщиной 51 см из крупноформатных керамических камней с вертикальными пустотами фирмы «KNAUF» (рис. 2.3.8 в, 3.1.14) (см. стр. ???). 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 заведен стальной уголок, крепящийся к плите перекрытия. Под уголком горизонтальный деформационный шов проектом не предусмотрен.

В лицевом слое кладки имеются в основном два вида дефектов:

1. Разрушение лицевого слоя кладки, располагаемой под стальным уголком в уровне перекрытий нижних этажей.

2. Вертикальные трещины, проходящие главным образом в углах здания в уровне нижних этажей.

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

#### *2.5.6. Повреждения штукатурки по лицевому слою жилого дома на улице Плющиха в Москве*

Общий вид здания приведен на рис. 2.5.1 а. Наружные стены выполнены трехслойными. 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 размещен утеплитель (рис. 2.5.1 б). 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 1,8–4,5 см при проектной 2 см.

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 в). 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 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 счет обжатия 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 на-

ружных лещадок, что также может вызвать отслоение штукатурки.

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

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

Деформации ползучести и усадки бетона, постепенно затухая, проходят в первые три-пять 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.

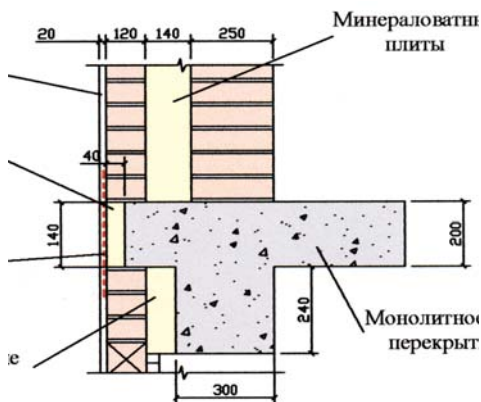


Рис. 2.5.1 б Узел сопряжения лицевого слоя кладки с плитой перекрытия

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

Здание высотой 22 этажа построено в 2001 году. Сложное в плане. Общий вид здания приведен на рис. 2.5.2 а.

Наружные стены выполнены из монолитного железобетона с облицовкой кирпичной кладкой (рис. 2.5.2 б). 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 проемами, выходящими на лоджии, выполнена из трехслойной кладки. Наружный слой выполнен из кирпича толщиной 12 см, внутренний слой — из ячеистобетон-

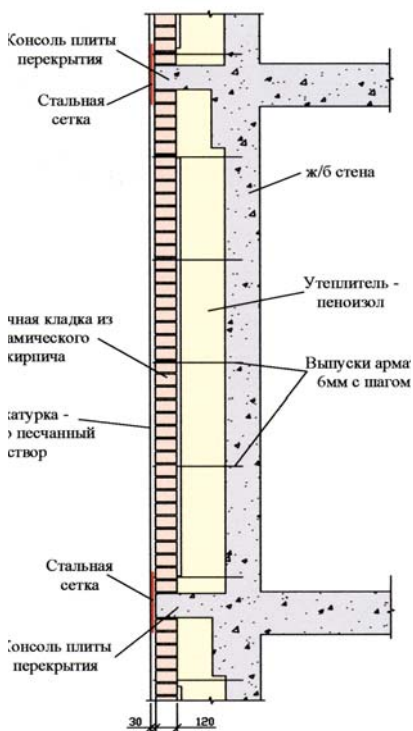


Рис. 2.5.2 б Фрагмент наружной стены

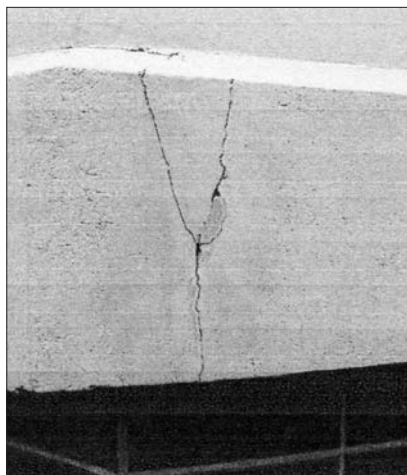


Рис. 2.5.2 д Трещины на углу стены

ных камней толщиной 25 см, толщина слоя 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 (рис. 2.5.2 в).

Проведенным 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. 2.5.2 г);
- вертикальные трещины в углах стен (рис. 2.5.2 д).
- 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 на 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. Более подробно это описано в разделе 2.5.6.

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

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

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

#### *2.5.8. 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 в 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, верти-

кальные 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 счет низкого качества устройства слоя утеплителя, так и вследствие неучета дополнительных потерь тепла через теплопроводные включения (ребра 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 слоев осуществляется гибкими связями либо при отсутствии между слоями утеплителя путем 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 не имел промежуточных опор.

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 ее размораживания при действии знакопеременных температур. В случае, если качество работ по возве-

дению 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 счет отдаленных регионов, где строительство зданий такого типа пока не столь развито.

В зарубежной литературе также имеются описания случаев появления в наружном слое трещин. Так, в работах [2.2, 2.3] 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, обусловленных с отсутствием деформационных швов.

Более подробно причины образования дефектов лицевого слоя многослойных стен будут проанализированы в последующих главах.





Рис. 2.2.1 а, б Пример некачественной укладки плитного утеплителя из пенополистерола в наружной стене: а – в месте примыкания наружного слоя к железобетонной колонне; б – в трехслойной кладке



Рис. 2.2.1 в Продуваемый зазор между низом перекрытия и верхом кладки внутреннего слоя из ячеистобетонных камней (дом на ул. Петрозаводская). Фото автора, 2007 г.



Рис. 2.2.1 г Неплотное прилегание плит утеплителя к низу плиты перекрытия (дом на ул. Петрозаводская). Фото автора, 2007 г.



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



Рис. 2.3.2 Свес наружного слоя кладки на 6 см в сторону улицы, г. Москва, 1999 г.





Рис. 2.3.3 Свес наружного слоя кладки со стального уголка на 15 см вместо 4-х по проекту. Москва, 1999 г.



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



Рис. 2.3.6 а Общий вид здания на ул. Петрозаводская в Москве, 2007 г.



Рис. 2.3.6 б Фрагмент фасада здания на ул. Петрозаводская после обрушения кладки лицевого слоя наружной стены, 2007 г.



Рис. 2.3.6 в Фрагмент фасада здания на ул. Петрозаводская после обрушения кладки лицевого слоя наружной стены, 2007 г.

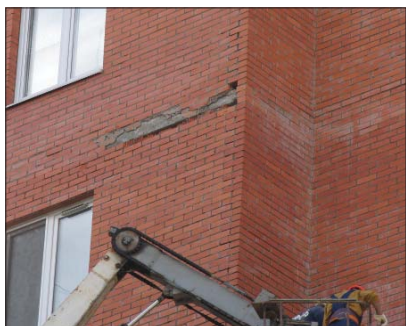


Рис. 2.3.6 д Разрушение кладки из распиленных по толщине кирпичей, облицовывающих торец плиты



Рис. 2.3.7 а Общий вид здания на ул. Магнитогорская в Москве

Рис. 2.3.7 е Отсутствие перевязки кладки в уровне верха плиты перекрытия



Рис. 2.3.7 ж Здание на ул. Магнитогорская в Москве. Фрагмент стены в осях 4/Г. Вертикальные и наклонные трещины в уровне четырех – шести этажей



Рис. 2.3.7 з Вертикальная трещина на углу стены между третьим и четвертым этажами



Рис. 2.3.7 и Здание на ул. Магнитогорская в Москве. Выпучивание кладки лицевого слоя на углу стены между осями 110 –120 на высоте четвертого этажа



Рис. 2.3.7 к Растрескивание кирпичей лицевого слоя в уровне перекрытия над вторым этажом





Рис. 2.3.7 л Ремонт кладки наружного (лицевого) слоя в месте образования вертикальных трещин



Рис. 2.3.9 а Здание на ул. Старослободская в г. Москве

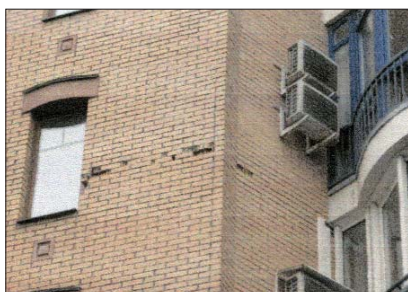


Рис. 2.3.9 б Вертикальные трещины на углу стен и разрушение кладки в уровне перекрытия



Рис. 2.5.1 в Горизонтальные трещины в уровне перекрытия



Рис. 2.3.9 в Стальные кронштейны для опирания на них кладки наружного слоя



Рис. 2.3.9 д Температурные трещины в лицевом слое наружной стены одноэтажного въезда в гараж

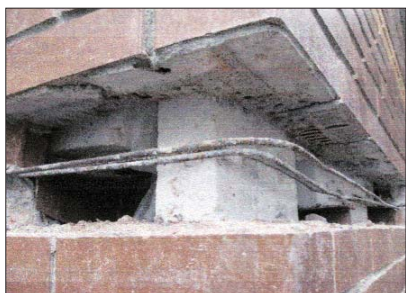


Рис. 2.3.9 г Армирование наружного слоя стены отдельными стержнями



Рис. 2.5.1 а Общий вид здания на улице Плющиха в Москве



*Рис. 2.5.2 а Здание на ул. 2-я Ямская, Москва*



*Рис. 2.5.2 в Штукатурный слой по стальной сетке в месте вскрытия*



*Рис. 2.5.2 г Отслоение штукатурного слоя в уровне перекрытий*



*Рис. 2.5.3 Связи из обычной стали без антикоррозионного покрытия*





Рис. 3.1.1 Керамические пустотелые «горшки», заложенные в наружные стены Большого Кремлевского Дворца



Рис. 3.1.3. Вскрытие выполненного из керамических «горшков» подстилающего слоя, установленного по кирпичным сводам в Большом Кремлевском Дворце в Москве (1996 г.)



ис. 3.1.2 Вскрытие простенка наружной стены. Видна кладка из керамических горшков и дымовые каналы, обложенные керамикой. БКД в Москве, 1996 г.