ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК И ВЕРОЯТНЫХ ПРИЧИН ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В СТЕНАХ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ И ГАРАЖА в пос. Ново-Глагольево Московской области С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ИМЕЮЩИХСЯ В НИХ ТРЕЩИН, А ТАКЖЕ ВЫРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИХ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ

Ломанов В.М., Шмаков А.Г., Шмаков Г.Б.,
Московский государственный строительный университет

Обстоятельством, повлекшим за собой необходимость проведения исследований на строящемся здании, еще до ввода его в эксплуатацию, послужило обнаружение в его стенах значительного количества трещин раскрытием до 0,5 см (фото 1 и листы 1-4). Эти трещины были обнаружены как в основном жилом здании, так и в гараже. Их ориентация в стенах зданий в основном вертикальная или наклонная. Трещины пересекают кирпичную кладку, как разрывая собой собственно кирпич, так и проходя по растворным швам. Иногда трещины становятся наклонными и даже горизонтальными – в случаях пронизывания ими горизонтальных растворных швов с пониженным сцеплением кирпича и раствора.

Характерной особенностью трещин является то, что они почти всегда начинают или заканчивают свой ход в углах дверных или оконных проемов, то есть в традиционных зонах концентрации напряжений, которыми также являются рустовые отделки проемов.

Наибольшее количество трещин обнаружено на поверхностях стен, которые не имеют дверных или оконных проемов: например, между широко отстоящими друг от друга окнами, а также над и под ними, то есть на свободных от проемов рядах кладки.

При выяснении причин появления трещин рассматривались 2 возможных варианта:

– Неравномерная осадка здания из-за дефектов конструкции фундамента или неблагоприятных грунтовых условий.
– Стесненные избыточные температурные деформации внешнего облицовочного слоя наружных стен здания из-за особенностей свойств облицовочного силикатного камня (высокий коэффициент температурного расширения, низкая прочность кирпича на растяжение, а также недостаточное сцепление гладкой поверхности облицовочного камня с растворной составляющей кладки).

Первая причина появления трещин анализировалась путем отрывки у фундамента основного здания двух шурфов на глубину до 2 м с бурением в них коротких скважин глубиной еще на 1,5 м. В шурфах проводились визуальное обследование и фотофиксация конструкции фундамента здания, а также измерения их основных геометрических характе-

ристик. Проводили механическое тестирование бетона фундаментов и статическое зондирование грунта у подошвы фундаментов и в скважинах. Грунтовые воды были обнаружены на глубине 1,7-1,9 м от дневной поверхности земли.

Характеристики фундаментов и грунтов по результатам поверочных расчетов и обследований оказались в соответствии с проектными данными.

Поверочные расчеты давления на грунт над подошвой фундамента показали, что реально ожидаемое максимальное давление на грунт основного жилого здания меньше принятой при проектировании расчетной величины – 2,0 кг/см^2 (0,2 МПа). В этом случае различие в величине давления подошвы фундамента на грунт, то есть запас, составляет 28%. Отсюда следует, что причина появления трещин в облицовочном слое наружных стен жилого здания и гаража кроется не в качестве проектирования и устройства фундаментов зданий и не в грунтах его основания.

Вторая предполагаемая причина появления и развития трещин в облицовочном слое наружных стен жилого здания и гаража потребовала проведения развернутых исследований.

1. Визуальное и механическое исследование облицовочного кирпича-камня, поставленного из Луганской области Украины. Этот камень является разновидностью силикатного кирпича полусухого прессования с пятью гладкими гранями и одной сколотой (ребра). Скол призван придать кладке отделочного слоя привлекательный декоративный вид.

Данных о технических и других свойствах облицовочного кирпича в проектной документации не обнаружено. Паспорт на поставленную партию кирпича также отсутствовал.

2. Проведены подробные натурные обследования всех поверхностей облицовочной кладки основного здания и гаража, а также части поверхностей внутренних стен здания. В ходе обследований использовалась оптическая аппаратура, позволяющая не только обнаруживать трещины на недоступной высоте здания и дымовых трубах, но и измерять ширину их раскрытия.

3. Из стен здания с помощью электроинструмента с алмазным диском для лабораторных испытаний были отобраны образцы облицовочного камня. Еще несколько образцов этого камня были найдены на строительной площадке здания.

Сами зоны вскрытия стены были выбраны у наиболее развитых трещин. После вскрытия облицовки и удаления части пенопластового слоя была обследована открывшаяся поверхность кирпичной кладки из глиняного кирпича основной части стены здания. На этой поверхности трещин не обнаружено. Не обнаружено также значимых трещин на внутренних поверхностях стен здания. Из этого следует, что трещинообразованию подвергся только внешний облицовочный слой стен здания, выполненный из силикатного кирпича полусухого прессования.

4. Отобранные образцы кирпичей, в том числе глиняного из основной толщи стены здания, а также образцы затвердевшего кладочного раствора были доставлены в лабораторию кафедры «Испытания сооружений» Московского государственного строительного университета, где на различном оборудовании были подвергнуты испытаниям на плотность, влажность и влагонасыщение, прочность на сжатие и изгиб. Проведены также ультразвуковые испытания образцов и испытания в различных диапазонах температур для определения коэффициентов линейного расширения. Результаты этих испытаний, проведенные согласно действующим ГОСТ, подвергнуты подробному анализу.

5. Для оценки экологической чистоты кирпича были проведены его радиологические исследования. Согласно результатам этих исследований, было установлено, что фон радиационного излучения облицовочных кирпичей в стенах здания не превышает естественного фона – 14-20 мкР/ч.

6. Для оценки линейной температурной деформации облицовочного кирпича здания было вырезано 9 образцов длиной от 50,5 до 68,12 мм. На этих образцах с помощью климатической камеры моделировались различные температурные условия, создавая температуру в диапазоне от минус 35 до +50°С. В ходе этих испытаний с точностью до 0,01 мм микрометром многократно измерялась длина образцов.

В результате этих испытаний был определен средний коэффициент линейной деформации (расширения) $\alpha = 0{,}000033$ 1/град $= 3{,}3\times10^{-5}$ 1/град.

Сравнение полученной величины с приводимой для кладки из силикатного кирпича в табл.16. СНиП II-22-81 величина $\alpha = 0{,}00001$ 1/град показывает, что примененный для облицовки декоративный искусственный каменный материал имеет повышенную в 3,3 раза деформативность при изменении температуры.

При предположении, что облицовочная кладка здания и гаража была завершена в 2000 г. при положительной температуре, которая при солнечном освещении могла быть в пределах от +20° до +50°С, а в зимний период года, уже в 2001 году, понижаться до минус 25-35°С, ее укорочение, например, на длине стороны гаража по оси Г/1-5 в 10 м могло составить:

$$\Delta\ell_1 = \alpha\times\ell_0\times\Delta_t = 0{,}000033 \text{ 1/град}\times1\times10^4 \text{ мм}\times45° = 14{,}85 \text{ мм};$$
$$\Delta\ell_2 = 0{,}000033\times10^4\times85° = 28{,}05 \text{ мм}.$$

Рассмотрим температурные напряжения, которые могут возникнуть в полосе кирпичной облицовочной кладки длиной 10 м, закрепленной по концам поперечными стенами:

$$\sigma_2 = \Delta\ell_2/\ell\times E/\nu = 28{,}05\times10^{-1} \text{ см} / 1000 \text{ см} \times 2{,}56\times10^4 \text{ кг/см}^2 / 3{,}0 = \\ = 24{,}32 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_1 = \Delta\ell_1/\ell \times E/\nu = 14{,}85\times10^{-1}\text{ см} / 1000\text{ см} \times 2{,}56\times10^{4}\text{ кг/см}^2 / 3{,}0 = 12{,}67\text{ кг/см}^2,$$

где σ_1 – растягивающие напряжения в кирпичной облицовочной кладке при изменении ее температуры в диапазоне от +20 до минус 25°С;

σ_2 – напряжения в кирпичной кладке при экстремальных изменениях температуры облицовочной кладки в диапазоне от +50°С (прямое облучение солнцем) до минус 35°С (средняя температура наиболее холодной пятидневки зимы);

Е – модуль упругости силикатного камня, определяемый по результатам его ультразвуковых испытаний;

ν – коэффициент, учитывающий влияние ползучести кладки (п.3.23 СНиП II-22-81).

Полученные величины возможных температурных напряжений значительно превышают расчетное сопротивление облицовочного силикатного кирпича на осевое растяжение (1,6–2,5 кг/см^2) согласно СНиП II-22-81. Это и стало причиной появления и развития трещин.

Согласно СНиП II-22-81, реальная расчетная абсолютная деформация погонного метра облицовочной кладки кирпича с учетом ее ползучести составит:

$$\Delta\ell_1^{1м} = 12{,}67\text{ кг/см}^2 \times 100\text{ см} / 8533\text{ кг/см}^2 = 0{,}148\text{ см} \approx 0{,}15\text{ см} = 1{,}5\text{ мм};$$

$$\Delta\ell_2^{1м} = 24{,}32\text{ кг/см}^2 \times 100\text{ см} / 8533\text{ кг/см}^2 = 0{,}285\text{ мм} \approx 0{,}29\text{ см} = 2{,}9\text{ мм}.$$

Полученные значения согласуются с тем суммарным раскрытием трещин на поверхности облицовочной кирпичной кладки, которые были обнаружены на здании при его обследованиях.

Следовательно, причиной появления трещин является завышенная более чем в 3 раза по сравнению с требованиями СНиП II-22-81 способность облицовочного камня к деформированию при изменении температуры окружающей среды.

В нашем случае облицовочная кладка, выполненная при положительной температуре окружающего воздуха и возможном дополнительном нагреве от солнечного освещения в зимний период, претерпела деформации стесненного сжатия, которые из-за связи с перпендикулярными (поперечными) стенами и недостаточного сетчатого армирования кладки привели к появлению трещин, несомкнувшихся впоследствии, так как этому помешали деформации самих арматурных сеток, необратимое местное смятие пенопластового прокладочного утеплителя и силы трения в образовавшихся частично горизонтальных и наклонных трещинах, а также трещинах по поверхностям опирания кладки на цокольную часть здания.

Выводы и рекомендации. Во избежание дальнейшего качественного и количественного развития образовавшихся в 2001 году трещин и более обширного повреждения облицовочной кладки из-за замораживания воды, которая при боковом ветре способна проникнуть в трещины и вызвать морозобоины, их нужно тщательно заполнить силиконовым герметиком (прозрачным или тонированным под цвет кирпича и раствора).

Для предотвращения появления новых трещин в облицовочном слое кирпичной кладки целесообразно прорезать в ней дополнительные вертикальные деформационные швы шириной 4-6 мм. Эти швы, так же как и ранее образовавшиеся трещины, после их прорезки и продувки сжатым воздухом должны быть заполнены эластичным нетвердеющим силиконовым герметиком, бесцветным или тонированным под цвет кирпича и раствора облицовочной кладки. Для придания заполнению герметиком естественного цвета, делающего практически малозаметным трещины и деформационные швы, после заполнения шва возможно его «припудривание» пылью, полученной при прорезывании деформационных швов. Прорезывание деформационных швов целесообразно производить электроинструментом, оснащенным алмазным диском соответствующих диаметра и толщины, предназначенным для сухой резки кирпича и бетона.

Деформационные швы нужно прорезывать на всю толщину облицовочного слоя, то есть на 11,0-12,0 см. Высокой точности (большей, чем 10 см) при размещении деформационных швов не требуется. Они должны лишь разделить облицовочную кладку на отрезки, в которых температурные деформации не смогут вызвать появления новых трещин (достижения предельной растяжимости облицовочного слоя стен) (см. листы 1-4).

Как показали магнитные измерения, проведенные на поверхности облицовочной кладки, и результаты вскрытий, армирование кладки осуществлено сетками, расположенными с шагом не менее 8 рядов кирпича. Сетки состоят из гладкой проволоки диаметром 2 мм класса А-I, расположенной с шагом 50 мм, образуя квадратные ячейки. Процент продольного армирования кладки в этом случае составляет 0,028%, что при расчете в направлении, параллельном рядам кладки, позволяет кладку считать не армированной, а выполняющей исключительно роль гибкой связки облицовочного слоя кладки с основной кладкой стен.

В кладке основной части стен использован красный глиняный кирпич пластического прессования. Его прочность согласно результатам проведенных лабораторных испытаний может быть охарактеризована маркой 125. Аналогично марка облицовочного кирпича М250, а раствора М100. Плотность глиняного стенового кирпича составила 1,88 т/м^3, плотность силикатного облицовочного кирпича – 2,19 т/м^3.