

Избицкая Ю.С., Калошина С.В., Золотозубов Д.Г. Анализ дефектов и методы ремонта лицевого слоя кирпичной кладки многослойных стен на примере жилого дома в г. Перми // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 10, № 4. – С. 40–50. DOI: 10.15593/2224-9826/2019.4.04

Izbitskaya Y.S., Kaloshina S.V., Zolotozubov D.G. The analysis of defects and repair methods of the front layer of brickwork of multilayer walls on the example of a residential building in Perm. *Bulletin of PNRPU. Construction and Architecture*. 2019. Vol. 10. No. 4. Pp. 40-50. DOI: 10.15593/2224-9826/2019.4.04



**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**
Т. 10, № 4, 2019
**PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2019.4.04

УДК 692.232

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ И МЕТОДЫ РЕМОНТА ЛИЦЕВОГО СЛОЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ МНОГОСЛОЙНЫХ СТЕН НА ПРИМЕРЕ ЖИЛОГО ДОМА В Г. ПЕРМИ

Ю.С. Избицкая, С.В. Калошина, Д.Г. Золотозубов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 13 августа 2019
Принята: 05 октября 2019
Опубликована: 10 января 2020

Ключевые слова:

многослойные стены, трещины в лицевом слое кладки, разрушение кладки, деформационные швы, спиралевидные анкеры.

АННОТАЦИЯ

Рассматривается проблема возникновения дефектов в лицевом слое кирпичной кладки многослойных стен. На многих объектах, возведенных с использованием технологии слоистых кладок с облицовкой кирпичом, через несколько лет эксплуатации начинают появляться такие дефекты, как вертикальные трещины в лицевом слое кладки, разрушение кирпичей лицевого слоя. Данные дефекты ухудшают эстетический облик здания, снижают теплотехнические характеристики наружных стен, а также, в ряде случаев, могут привести к обрушению отдельных участков кирпичного облицовочного слоя. Указанная проблема рассматривается на примере 10-этажного жилого дома с наружными многослойными стенами, расположенного в г. Перми. Здание было введено в эксплуатацию в 2005 г., но уже в 2010 г. было обнаружено множество дефектов лицевого слоя кирпичной кладки. В статье приводятся данные, полученные в ходе обследований, выполненных в 2010 и 2019 гг. Описаны основные дефекты наружной версты кладки, среди которых можно выделить разрушение лицевого слоя кладки, вертикальные трещины, отсутствие зачеканки швов вдоль опорного уголка лицевой кладки, отсутствие деформационных швов. Основные причины повреждений связаны с многочисленными отступлениями от проекта. Приводятся результаты расчета наружной версты кирпичной кладки на внецентренное сжатие. В качестве мероприятий, направленных на устранение дефектов, в статье приведены возможные методы ремонта лицевой кладки: устройство вертикальных и горизонтальных деформационных швов, продольное армирование и анкеровка стержнями ВІТ для предотвращения развития вертикальных трещин и разрушения кладки.

© ПНИПУ

© Избицкая Юлия Сергеевна – студентка, e-mail: lzbyuliya@rambler.ru.

Калошина Светлана Валентиновна – кандидат технических наук, доцент, e-mail: kaloshina82@mail.ru.

Золотозубов Дмитрий Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: dddzet@mail.ru.

Yuliya S. Izbitskaya – Student, e-mail: lzbyuliya@rambler.ru.

Svetlana V. Kaloshina – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: kaloshina82@mail.ru.

Dmitriy G. Zolotozubov – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: dddzet@mail.ru.

THE ANALYSIS OF DEFECTS AND REPAIR METHODS OF THE FRONT LAYER OF BRICKWORK OF MULTILAYER WALLS ON THE EXAMPLE OF A RESIDENTIAL BUILDING IN PERM

Y.S. Izbitskaya, S.V. Kaloshina, D.G. Zolotozubov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 13 August 2019
Accepted: 05 October 2019
Published: 10 January 2020

Keywords:

multi-layered walls, cracks in the front layer of masonry, masonry breaking, expansion joints, spiral anchors.

ABSTRACT

The article discusses the problem of defects in the front layer of brickwork of multilayer walls. At many facilities constructed using the technology of laminated masonry with brick facing, after several years of operation, defects such as vertical cracks in the masonry face layer and destruction of the bricks of the face layer begin to appear. These defects violate the aesthetic appearance of the building, reduce the thermal characteristics of the external walls, and, in some cases, can lead to the collapse of certain sections of the brick cladding layer. This problem is considered on the example of a 10-storey residential building with external multilayer walls, located in Perm. The building was commissioned in 2005, but already in 2010, many defects of the front layer of masonry were discovered. The article provides data obtained during surveys carried out in 2010 and 2019. The main defects of the external masonry are described, among which one can distinguish the destruction of the masonry face layer, vertical cracks, the absence of stitching along the supporting corner of the masonry, and the absence of expansion joints. The main causes of damage are associated with numerous deviations from the project. The results of calculating the outer verst of brickwork for eccentric compression are presented. As measures aimed at eliminating defects, the article describes possible methods of repairing the face masonry: the installation of vertical and horizontal expansion joints, longitudinal reinforcement and anchoring with BIT rods to prevent the development of vertical cracks and destruction of the masonry.

© PNRPU

С конца 1990-х гг. началось массовое строительство зданий с наружными стенами из облегченной кладки с лицевым кирпичным слоем. Это было связано с введением требований по повышению сопротивления теплопередачи стен. При этом, в условиях отсутствия соответствующей нормативной базой и опыта строительства, многие решения были заимствованы из европейских стран, где многослойные стены начали применяться на несколько десятков лет ранее [1–5]. Из-за отсутствия достаточного собственного опыта при строительстве многих зданий были допущены и продолжают допускаться серьезные ошибки, такие как некачественная укладка утеплителя, отсутствие или неудовлетворительное исполнение горизонтальных и вертикальных деформационных швов [6–11]. Эксплуатация слоистых стен уже в первые 3–4 года выявляет ряд серьезных недостатков, которые во многих случаях приводят к аварийному состоянию стенового ограждения и даже к обрушению лицевого слоя.

Проблемы некачественного выполнения кладки наружного слоя многослойных стен рассматриваются на примере 10-этажного жилого дома, расположенного в г. Перми.

Наружные стены в соответствии с проектом имеют следующую конструкцию:

– стены 1-го этажа выполнены из силикатного кирпича толщиной 510 мм с облицовкой керамическим лицевым пустотелым кирпичом – 120 мм и утеплением с внутренней стороны;

– стены со 2-го по 9-й этажи запроектированы из слоистой кладки. Кладка несущей стены толщиной 510 мм выполнена из силикатного утолщенного кирпича, наружная верста толщиной 120 мм – из керамического лицевого пустотелого кирпича. Между ними был

предусмотрен утеплитель из минераловатных плит толщиной 150 мм, для вентиляции утеплителя запроектирована воздушная прослойка 20 мм. Крепление наружной версты было предусмотрено через гибкие связи к кладке несущей стены. Поэтажно кладка наружной версты должна была опираться на металлический уголок 125×125×8, крепящийся к несущей кладке через опорные железобетонные подушки (рис. 1, а).

В ходе обследования в 2010 г. было выявлено, что конструкция стен выполнена с отступлением от проектного решения:

– торцевые стены выполнены по 4-рядной системе перевязки вместо слоистой кладки с гибкими связями. Фактическая конструкция торцевых наружных стен представлена на рис. 1, б;

– в продольных стенах выявлено неполное опирание наружной версты кладки на металлический уголок и отсутствие горизонтальных деформационных швов (рис. 1, в).

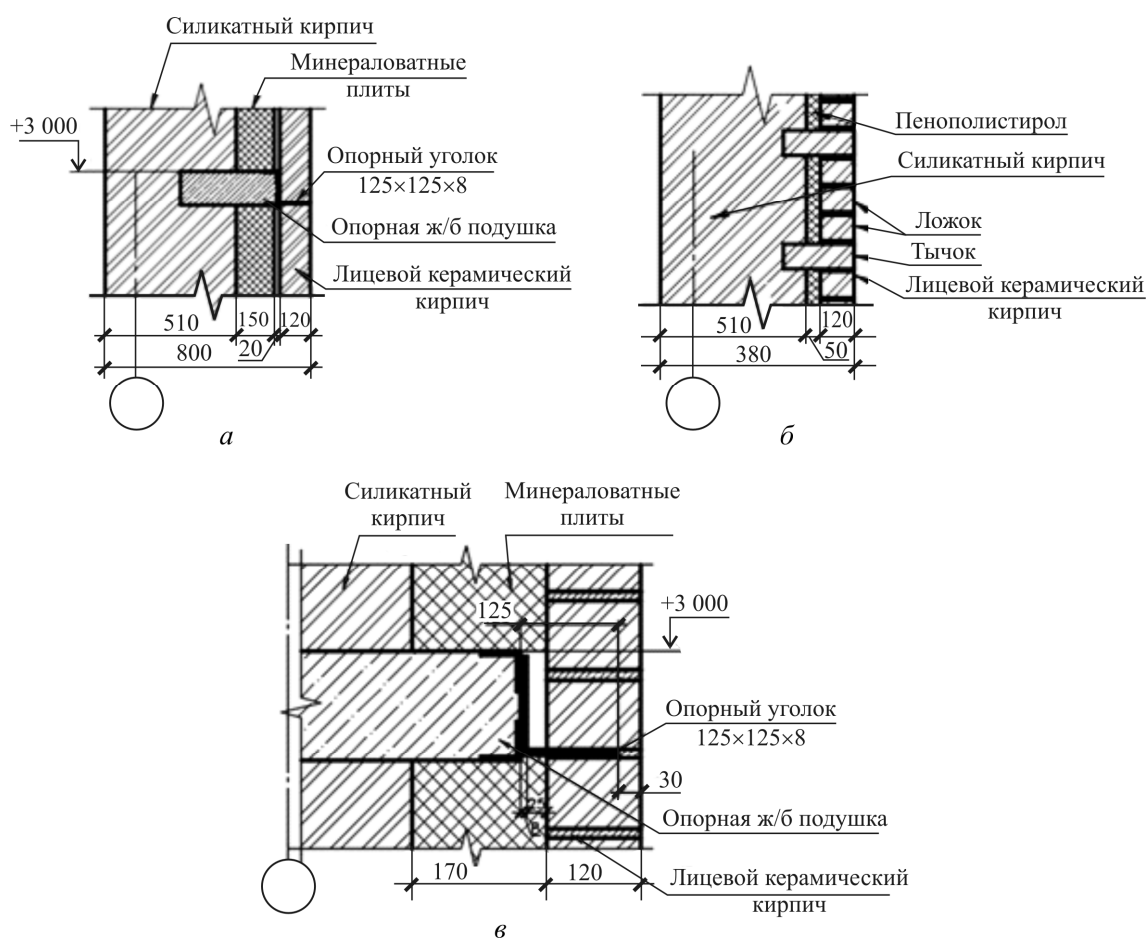


Рис. 1. Конструкция наружных стен: а – проектная; б – фактическая торцевых стен; в – фактическая продольных стен

Fig. 1. The design of the outer walls: а – design; б – the actual end walls; в – the actual longitudinal walls

Неполное опирание наружной версты кирпичной кладки на металлический уголок и отсутствие горизонтальных деформационных швов привели к появлению таких характерных повреждений стен, как:

- вертикальные трещины в лицевом слое кирпичной кладки;
- разрушение лицевого слоя кирпичной кладки глубиной до 3 см;

- отсутствие зачеканки швов вдоль опорного уголка наружной версты кладки;
- выкрашивание раствора на торцевых стенах здания.

В ходе обследования на фасадах дома были обнаружены вертикальные трещины длиной от 0,5 до 4,5 м и шириной раскрытия от 0,5 до 2 мм. Наиболее опасными являются трещины в местах сопряжения продольных и торцевых наружных стен (рис. 2).

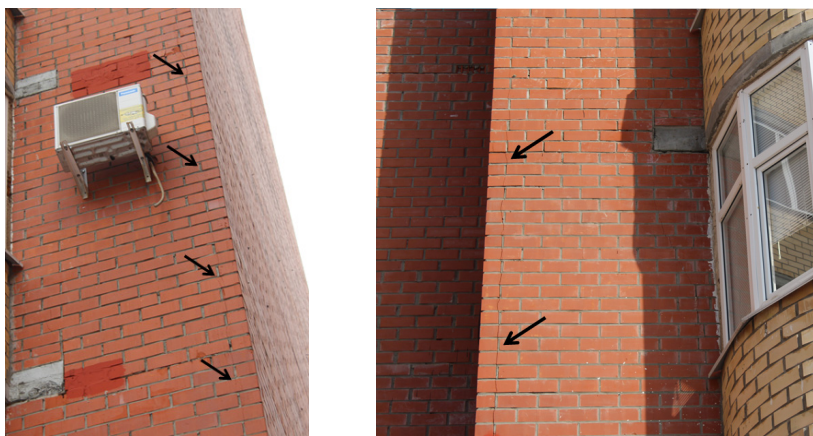


Рис. 2. Вертикальные трещины в местах сопряжения стен здания
Fig. 2. Vertical cracks in the junction of the walls of the building

Ослабление наружной версты кладки подтверждается расчетом участка кирпичной кладки наружной версты продольной стены на внецентренное сжатие из условия

$$N \leq m_g \cdot \varphi_1 \cdot R \cdot A_c \cdot \omega, \quad (1)$$

где m_g – коэффициент, учитывающий влияние длительного воздействия нагрузки; φ_1 – коэффициент продольного изгиба при внецентренном сжатии элемента; R – расчетное сопротивление сжатию кладки; A_c – площадь сжатой части сечения при прямоугольной эпюре напряжений; ω – коэффициент, определяемый в зависимости от вида и сечения кладки.

Результаты расчета представлены в таблице.

Результаты расчета участка кладки продольной стены на внецентренное сжатие
The results of the calculation of the masonry section of the longitudinal wall for eccentric compression

Расчет при полном поэтажном опирании кирпичной кладки на металлический уголок (проектное решение)			Расчет при неполном поэтажном опирании кирпичной кладки на металлический уголок (фактическое решение)		
N	$m_g \varphi_1 R A_c \omega$	запас (+), недостаток (–) несущей способности, %	N	$m_g \varphi_1 R A_c \omega$	запас (+), недостаток (–) несущей способности, %
18,54	72,31	+74,4	129,73	42,79	–203,2

Таким образом, условие (1) при фактической конструкции кладки не выполняется.

Данные отступления от проекта привели к тому, что произошла передача нагрузки от кладки наружной версты вышележащих этажей на нижележащие. Это и является возможной причиной разрушения наружного слоя кирпичной кладки, а также возникновения впоследствии вертикальных трещин.

Выявленные дефекты частично были устранены в ходе локальных ремонтных работ. Была произведена зачеканка трещин в лицевом слое кирпичной кладки, а также заделка разрушенных участков кладки ремонтными составами. Однако основная причина образования дефектов – неполное опирание наружной версты кирпичной кладки на металлический уголок – устранена не была, что, как показало обследование 2019 г., привело к образованию новых дефектов. На отремонтированных участках появились новые дефекты, связанные с разрушением кирпичной кладки и образованием трещин в местах сопряжения торцевых и продольных стен (рис. 3).



Рис. 3. Фрагменты наружных стен после устранения дефектов (2019 г.)
Fig. 3. Fragments of the external walls after the elimination of defects (2019)

Вновь появившиеся дефекты свидетельствуют о неэффективности выполненных ремонтных работ и необходимости проведения более серьезных мероприятий по ремонту кирпичной кладки, которые позволят предупредить последующее разрушение лицевого слоя.

В качестве технологий ремонта наружных многослойных стен следует предусмотреть следующие мероприятия:

1. Обеспечение устойчивости лицевого слоя кирпичной кладки одним из способов:

– полная замена лицевого слоя с обеспечением опирания на опорный металлический уголок;

– вывешивание наружного лицевого слоя кладки на внутренний несущий слой путем постановки дополнительных анкеров.

2. Разрезка наружных стен деформационными швами.

3. Замена или усиление разрушенных участков лицевого слоя кладки, а также участков кладки, ослабленных трещинами.

Эффективным способом стабилизации облицовочного кирпичного слоя является его анкеровка к несущей конструкции [12–15]. Для данного вида ремонта возможно использование технологии BIT-STATICAL, которая была разработана инженерами английской компании BIT-UNITED Ltd. Для анкеровки целесообразно использовать спиралевидные анкеры BIT-HELICAL – ремонтные связи для соединения конструкций и усиления кладки [16–18]. Выполняются такие связи из нержавеющей стали диаметром $d = 8 \dots 10$ мм, длиной $l = 50 \dots 400$ мм (рис. 4).

Сначала производится устройство специальных пазов шириной до 10 мм, глубина пазов до 140 мм. Затем анкеры забиваются в пазы забивным методом или закручиванием с помощью электроинструмента. Величина заглубления анкера в полнотелый кирпич составляет не менее 90 мм, в пустотелый – не менее 80 мм.

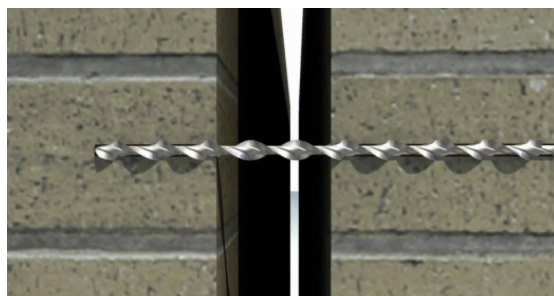


Рис. 4. Спиралевидный анкер ВІТ
Fig. 4. BIT Spiral Anchor

Данный метод усиления выгоднее полной замены наружной версты кладки с точки зрения как экономических, так и трудовых затрат.

Немаловажной частью ремонта здания для предотвращения дальнейших разрушений является устройство горизонтальных и вертикальных деформационных швов [5].

По высоте здания в лицевой кладке многослойных стен горизонтальные швы устраиваются следующим образом:

1. Первый шов – под перекрытием второго этажа.
2. Далее шов устраивается на каждом этаже под плитой перекрытия.

Толщина горизонтальных деформационных швов принимается конструктивно 20–30 мм, но не менее двойной величины расчетного прогиба перекрытия, разграничивающего соседние по вертикали части кладки.

При устройстве вертикальных деформационных швов важно учитывать ориентацию фасада по сторонам света. Рекомендуемые максимальные расстояния между соседними швами для прямолинейных участков стен составляют 6 м для стен южной и западной ориентации, а также 7 м для стен северной и восточной ориентации. На углах здания вертикальные швы следует располагать на расстоянии 250–500 мм от угла по одной из сторон или непосредственно на стыке плоскостей.

Например, для продольного фасада, ориентированного на восток, с учетом конфигурации здания характерно расположение вертикальных деформационных швов, представленное на рис. 5 штрих-пунктирной линией.

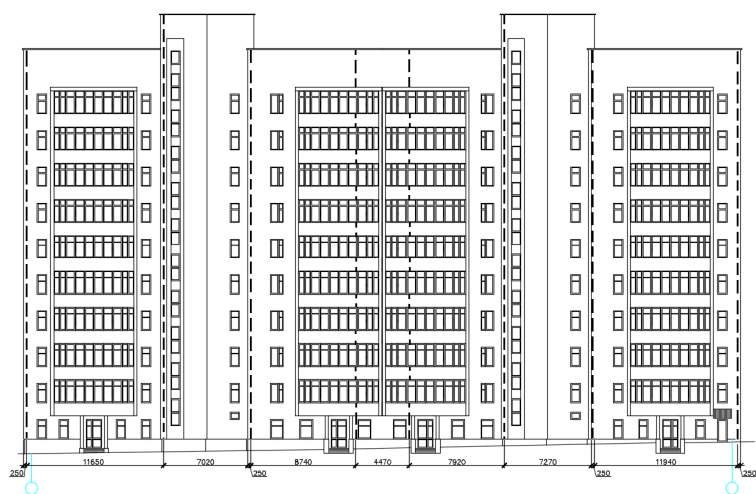


Рис. 5. Устройство вертикальных деформационных швов на продольном фасаде здания
Fig. 5. The device of vertical expansion joints on the longitudinal facade of the building

Вертикальные деформационные швы устраиваются шириной не менее двойной величины расчетной годовой амплитуды температурных деформаций, ограниченных деформационными швами фрагментов кладки. Конструктивно ширина принимается равной 10–20 мм.

В лицевой кладке деформационные швы следует на глубину не менее 20 мм с наружной стороны заполнять атмосферостойким нетвердеющим герметиком.

Также распространенным способом является выполнение вертикального деформационного шва по штрабе (рис. 6). Преимущество данного шва в том, что он меньше нарушает целостность кладки по сравнению с прямым и снижает вероятность смещения одной части лицевого слоя относительно другой из плоскости.

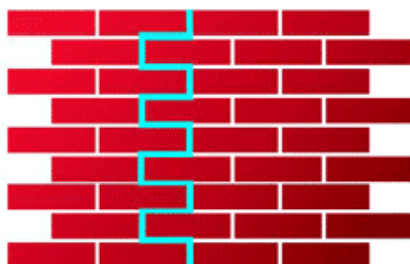


Рис. 6. Деформационный шов, выполненный по штрабе
Fig. 6. Deformation seam made on the line

Поскольку все трещины на фасаде шириной раскрытия менее 3 мм, целесообразно выполнить усиление кладки на этих участках. Для усиления участков кладки возможно применить армирующие стержни ВІТ [16]. Выполняется прорезка горизонтальных растворных швов кладки по обе стороны трещины, глубиной 70 мм, длиной 1100 мм через каждые 4 ряда кирпича по высоте. При этом трещина располагается в середине растворного шва. Прорезанные горизонтальные растворные швы заполняются цементно-песчаным раствором на всю толщину. Армирующие стержни устанавливаются в подготовленные горизонтальные швы на расстоянии 50 мм от края наружной поверхности кирпича (рис. 7).

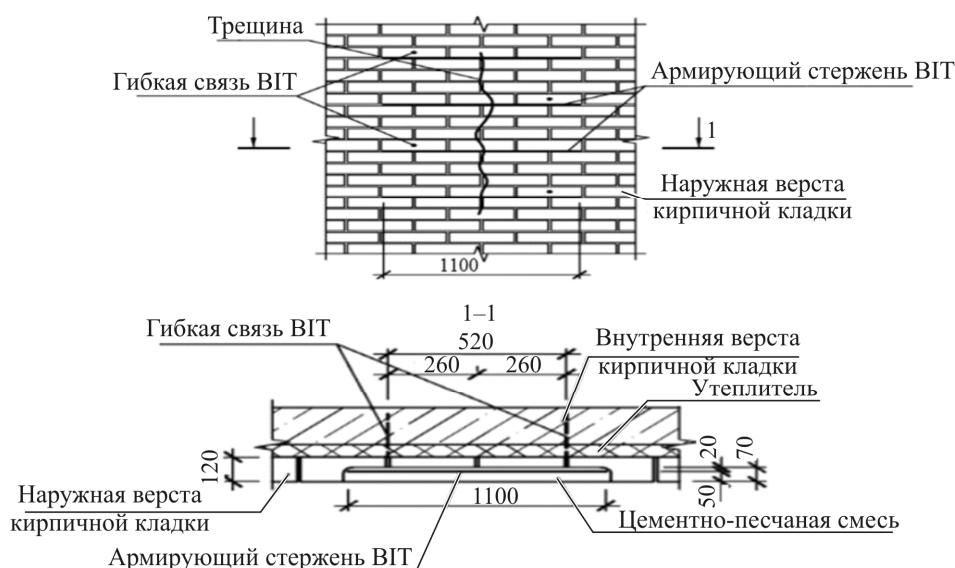


Рис. 7. Схема усиления кладки
Fig. 7. Masonry reinforcement circuit

После установки армирующих стержней горизонтальные швы заполняются цементно-песчаным раствором заподлицо. После этого выполняется установка точечных связей в шахматном порядке по высоте трещины, длина связи принимается в зависимости от глубины анкерки во внутреннем слое стены.

Иногда армирование кладки в продольном направлении может оказаться недостаточным. Особенно это касается угловых участков зданий, где температурные деформации достигают наибольшей величины. Чтобы предотвратить процесс образования трещин, помимо устройства продольного армирования, эффективным способом стабилизации облицовочного кирпичного слоя является его анкерка к несущей конструкции (рис. 8) [5].

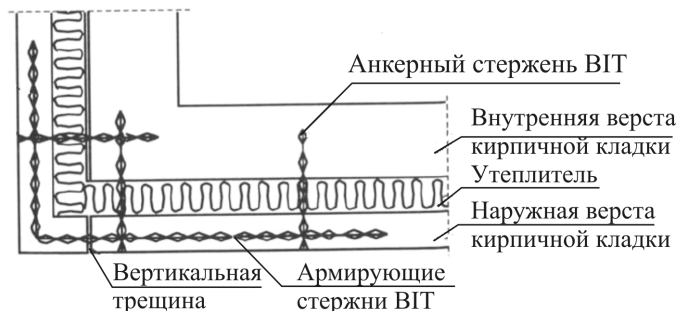


Рис. 8. Армирование углового участка
Fig. 8. Corner section reinforcement

Выполнять ремонтные работы следует, руководствуясь требованиями нормативных документов.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. При эксплуатации зданий с многослойными наружными стенами продолжают обнаруживаться множество дефектов, большая часть из которых проявляется только через несколько лет после строительства.

2. Основными, наиболее опасными дефектами являются вертикальные трещины и разрушение лицевого слоя кирпичной кладки.

3. В случае недостаточной устойчивости лицевого слоя кирпичной кладки возможно вывешивание кирпичной кладки на внутренний несущий слой путем постановки дополнительных спиралевидных анкеров. Использование данной технологии позволит повысить эффективность ремонтных работ по сравнению с традиционными методами.

4. Разрезку фасадов на деформационные швы следует производить в соответствии с СП 327.1325800.2017 «Стены наружные с лицевым кирпичным слоем. Правила проектирования, эксплуатации и ремонта», а также СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции». При этом следует учитывать конфигурацию здания и его расположение на местности.

5. Одним из возможных вариантов усиления участков стен, ослабленных трещинами, является установка армирующих и анкерных стержней ВІТ.

Грамотно разработанные проектные решения по устранению дефектов позволят избежать возможных трудностей при эксплуатации зданий с многослойными наружными стенами с лицевым кирпичным слоем.

Библиографический список

1. Орлович Р.Б., Горшков А.С., Зимин С.С. Применение камней с высокой пустотностью в облицовочном слое многослойных стен // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 8. – С. 14–23.
2. Ищук М.К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. – М.: РИФ «Стройматериалы», 2009. – 360 с.
3. Малахова А.Н. Конструктивные решения наружных стен кирпичных зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2009. – № 1. – С. 22–23.
4. Altaha N. Zweischaliges Ziegelverbblendmauerwerk // Stand der Technik. Mauerwerk. – 2011. – № 15. – P. 214–222.
5. Ремонт кирпичного лицевого слоя в современных каркасно-монолитных домах / Р.Б. Орлович, С.С. Зимин, П.А. Начкина, А.А. Трусова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 8 (23). – С. 136–153.
6. Reyes E., Casati M.J., Gálvez J.C. Study of the brickwork masonry cracking with a cohesive fracture model // Materiales de Construcción. – 2011. – Vol. 61. – P. 431–449.
7. Серикхалиев С.Б., Зимин С.С., Орлович Р.Б. Дефекты защитно-декоративной кирпичной облицовки фасадов каркасных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 5. – С. 28–38.
8. Гроздов В.Т. О недостатках существующих проектных решений навесных наружных стен в многоэтажных монолитных железобетонных зданиях // Труды ВИТУ «Дефекты зданий и сооружений». – СПб., 2003. – С. 36–39.
9. Обозов В.И., Давидюк А.А. Анализ повреждений кирпичной облицовки фасадов многоэтажных каркасных зданий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2010. – № 3. – С. 51–56.
10. Давидюк А.А. Анализ результатов обследования многослойных наружных стен многоэтажных каркасных зданий // Жилищное строительство. – 2010. – № 6. – С. 21–26.
11. Куприянов В.Н., Иванцов А.И. К вопросу о долговечности многослойных ограждающих конструкций // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011. – № 3. – С. 63–76.
12. Ищук М.К. Требования к многослойным стенам с гибкими связями // Жилищное строительство. – 2008. – № 5. – С. 15–19.
13. Орлович Р.Б., Найчук А.Я. Анкеровка лицевого слоя в слоистых каменных стенах // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 6. – С. 73–76.
14. Орлович Р.Б., Рубцов Н.М., Зимин С.С. О работе анкеров в многослойных ограждающих конструкциях с наружным кирпичным слоем // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 1 (36). – С. 3–11.
15. Грановский А.В. Исследование прочности и деформативности стен из керамического кирпича в зоне заделки металлических анкеров // Промышленное и гражданское строительство. – 2001. – № 10. – С. 17–18.
16. BIT-UNITED Ltd: сайт. – URL: <http://www.bitunited.ru> (дата обращения: 23.08.2019).
17. Пономарев О.И., Павлова М.О. Рекомендации и технические решения по восстановлению эксплуатационной надежности облицовки из пустотелого керамического кирпича зданий с многослойными наружными стенами. – М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 2009.

18. Ибрагимов А.М. Оптимизация количества точечных подкрепляющих связей в динамических задачах для плоского стержня // Вопросы оптимального проектирования конструкций и расчет их рационального усиления: тез. докл. зонального семинара. – Пенза: Пенз. инж.-строит. ин-т, 1990. – С. 22.

References

1. Orlovich R.B., Gorshkov A.S., Zimin S.S. Primenenie kamnei s vysokoi pustotnost'iu v oblitsovochnom sloe mnogoslonykh sten [The use of stones with high voidness in the facing layer of multilayer walls]. *Inzhenerno-stroitelnyi zhurnal*, 2013, no. 8, pp. 14–23.
2. Ishchuk M.K. Otechestvennyy opyt vozvedeniya zdaniy s naruzhnymi stenami iz oblegchennoy kladki [Native experience of construction of buildings with outer light masonry walls]. Moscow, RIF Stroimaterialy, 2009, 360 p.
3. Malakhova A.N. Konstruktivnye resheniia naruzhnykh sten kirpichnykh zdanii [Constructive solutions of the exterior walls of brick buildings]. *Construction Materials, Equipment, Technologies of the 21st Century*, 2009, no. 1, pp. 22–23.
4. Altaha N. Zweischaliges Ziegelverblendmauerwerk. *Stand der Technik. Mauerwerk*, 2011, no. 15, pp. 214–222.
5. Orlovich R.B., Zimin S.S., Nachkina P.A., Trusova A.A. Remont kirpichnogo litseвого sloya v sovremennykh karkasno-monolitnykh domakh [Repairing of the brick surface layer in modern solid-frame houses]. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2014, no. 8 (23), pp. 136–153.
6. Reyes E., Casati M.J., Gálvez J.C. Study of the brickwork masonry cracking with a cohesive fracture model. *Materiales de Construcción*, 2011, vol 61, pp. 431–449.
7. Serikkhalyev S.B., Zimin S.S., Orlovich R.B. Defekty zashchitno-dekorativnoi kirpichnoi oblitsovki fasadov karkasnykh zdaniy [The defects of protective facing masonry of frame buildings]. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2014, no. 5, pp. 28–38.
8. Grozdov V.T. O nedostatkakh sushchestvuyushchikh proyektnykh resheniy navesnykh naruzhnykh sten v mnogoetazhnykh monolitnykh zhelezobetonnykh zdaniyakh [On the shortcomings of existing design solutions of curtain walls in multi-storey monolithic reinforced concrete buildings]. *Trudy VITU «Defekty zdaniy i sooruzheniy»*, Saint Petersburg, 2003, pp. 36–39.
9. Obozov V.I., Davidyuk A.A. Analiz povrezhdeniy kirpichnoy oblitsovki fasadov mnogoetazhnykh karkasnykh zdaniy [Analysis of damage to the brick cladding of facades of multi-story frame buildings]. *Seysmostoynoye stroitelstvo. Bezopasnost sooruzheniy*, 2010, no. 3, pp. 51–56.
10. Davidyuk A.A. Analiz rezultatov obsledovaniya mnogoslonykh naruzhnykh sten mnogoetazhnykh karkasnykh zdaniy [Analysis of the results of the inspection of the multilayer outer walls of multistory frame buildings]. *Zhilishchnoye stroitelstvo*, 2010, no. 6, pp. 21–26.
11. Kupriyanov V.N., Ivantsov A.I. K voprosu o dolgovechnosti mnogoslonykh ograzhdavayushchikh konstruktsiy [To the question of the durability of multilayer walling]. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 2011, no. 3, pp. 63–76.
12. Ishchuk M.K. Trebovaniya k mnogoslonym stenam s gibkimi svyazyami [Requirements for multi-layered walls with flexible couplers]. *Zhilishchnoye stroitelstvo*, 2008, no 5, pp. 15–19.
13. Orlovich R.B., Naychuk A.Ya. Ankerovka litseвого sloya v sloistykh kamennykh stenakh [Facing anchoring in laminated stone walls]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo*, 2010, no. 6, pp. 73–76.

14. Orlovich R.B., Rubtsov N.M., Zimin S.S. O rabote ankerov v mnogosloynnykh ograzhdanyushchikh konstruktsiyakh s naruzhnym kirpichnym sloym [About the work of anchors in multilayer walling with an external brick layer]. *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal*, 2013, no. 1 (36), pp. 3–11.

15. Granovskiy A.V. Issledovaniye prochnosti i deformativnosti sten iz keramicheskogo kirpicha v zone zadelki metallicheskih ankerov [Study of the strength and deformability of ceramic brick walls in the embedment zone of metal anchors]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo*, 2001, no. 10, pp. 17–18.

16. BIT-UNITED Ltd, available at: <http://www.bitunited.ru> (accessed 23 August 2019).

17. Ponomarev O.I., Pavlova M.O. Rekomendatsii i tekhnicheskiye resheniya po vosstanovleniyu ekspluatatsionnoy nadezhnosti oblitsovki iz pustotelogo keramicheskogo kirpicha zdaniy s mnogosloynnymi naruzhnymi stenami [Recommendations and technical solutions for restoring the operational reliability of hollow ceramic bricks of buildings with multilayer outer walls]. Moscow, TsNIISK after name V.A. Kucherenko, 2009.

18. Ibragimov A.M. Optimizatsiya kolichestva tochechnykh podkreplyayushchikh svyazey v dinamicheskikh zadachakh dlya ploskogo sterzhnya [Optimization of the number of point reinforcing bonds in dynamic problems for a flat rod (thesis) // Abstracts of the zonal seminar “Issues of optimal design of structures and calculation of their rational amplification”]. *Tezisy dokladov zonal'nogo seminara “Voprosy optimal'nogo proyektirovaniya konstruktsiy i raschet ikh ratsional'nogo usileniya”*. Penza, Penzenskii inzhenerno-stroitel'nyi institut, 1990, pp. 22.