DOI:10.12737/article_5a5dbd319b19d1.27724576

Жариков И.С., ст. преп.,
Давиденко П.В., магистрант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

davidenkopolly@mail.ru

В статье обосновывается целесообразность и эффективность использования BIM-технологий при проведении строительно-технических экспертиз, в частности по установлению причин возникновения трещин в стенах зданий. Целесообразность применения BIM определяется главным достоинством информационного моделирования – автоматизацией и значительным сокращением сроков процесса проектирования, а значит и уменьшением трудозатрат инженеров. Применение BIM при проведении строительно-технических экспертиз позволяет автоматизировать процесс экспертного анализа на основных этапах, что ускоряет и облегчает исследовательскую деятельность эксперта. Но в это же время стоит отметить, что при всей своей автоматизации подход информационного моделирования не работает полностью автоматически и автономно от человека и не может заменить эксперта, в виду того, что по сути BIM – лишь совокупность программного обеспечения.

Ключевые слова: *BIM (Building Information Modeling), BIM-технологии, информационное моделирование, строительно-техническая экспертиза, трещины, поверочный расчет, причины образования трещин.*

Введение. В начале XXI века появился принципиально новый подход в архитектурно-строительном проектировании, заключающийся в создании компьютерной модели здания, несущей в себе все сведения об объекте – BIM (Building Information Modeling). Подход информационного моделирования дает возможность не только интеллектуального конструирования объекта в трехмерном пространстве с учетом всех проектных данных, с обеспечением их взаимосвязанности и согласованности, позволяя автоматически получить актуальную проектно-сметную документацию, но и позволяет инженерам различных специализаций в едином процессе моделирования дополнять и изменять модель в процессе проектирования, анализировать и оценивать технико-экономические показатели строительства, управлять строительством и эксплуатацией зданий, прогнозировать особенности реконструкции, технической модернизации и сноса здания по завершении его жизненного цикла (рис. 1) [1].

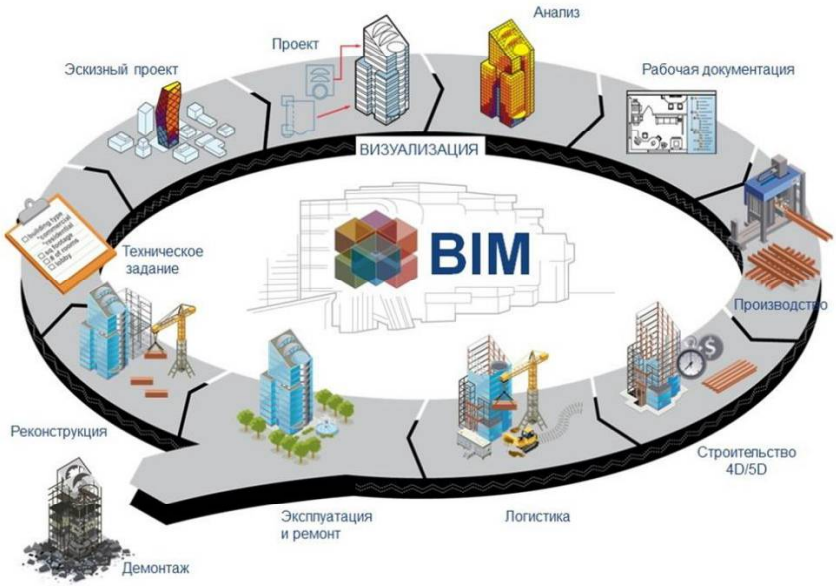

Рис. 1. Реализация BIM-технологий на всех этапах жизненного цикла здания [2]

Методология. Сформировавшаяся концепция BIM на сегодняшний день эффективна и при проведении строительно-технических экспертиз зданий и конструкций [3], когда эффективное решение основных инженерных задач экспертизы (моделирование, расчет, диагностика, рекомендации) может быть получено при комплексном использовании отраслевого софта BIM, имеющего стандартизированные форматы информационного обмена.

Основная часть. Прикладное применение концепции BIM в экспертной деятельности рассмотрим на примере обследования индивидуального жилого дома с целью установления причин возникновения трещин в стенах здания, завершенного строительством и готового к вводу в эксплуатацию [4].

В результате проведенного визуального и инструментального обследования несущих и ограждающих конструкций индивидуального жилого дома – наружных и внутренних керамзитобетонных стен экспертами были установлены горизонтальные и вертикальные трещины (рис. 2), разрушившие внутреннюю отделку и кладку стен [4].

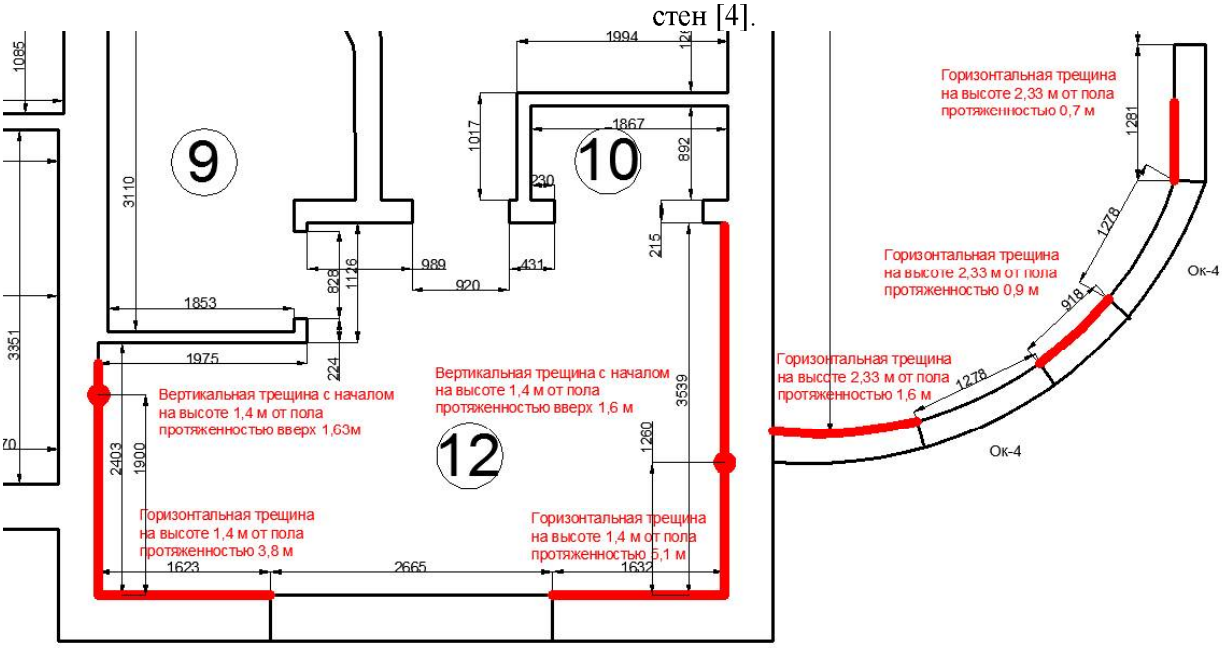

Рис. 2. Фрагмент плана здания с указанием мест расположения трещин

Процесс трещинообразования носит прогрессирующий характер – трещины являются сквозными на всю толщину стены, вертикальные трещины развиваются на высоту до 1,6 м, горизонтальные трещины имеют протяженность до 5 м. На момент проведения обследования экспертами была зафиксирована ширина раскрытия трещин 1–2 мм (рис. 3) [5].

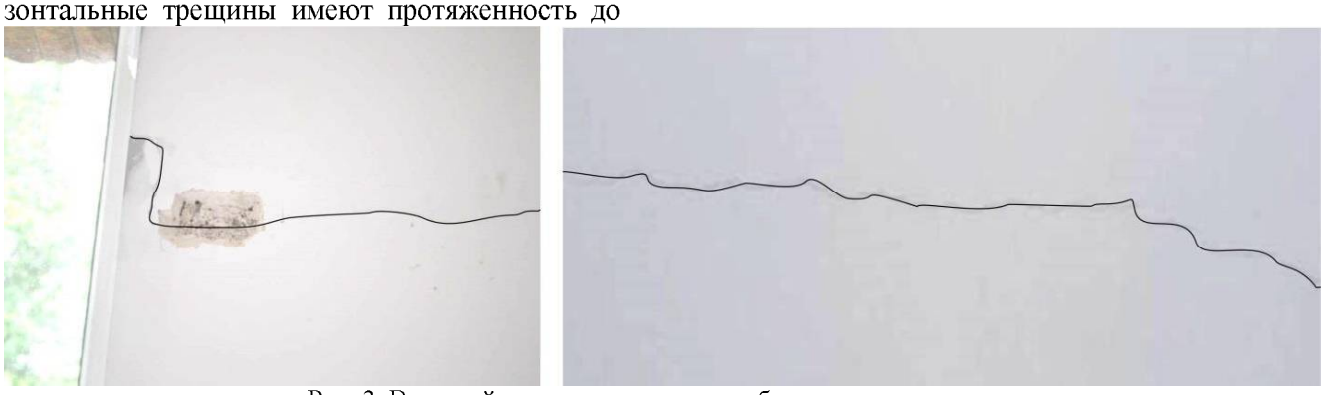

Рис. 3. Внешний вид трещин в стенах обследуемого здания

С целью определения теоретических параметров текущего напряженно-деформированного состояния конструкций и установления причин возникновения трещин была создана BIM-модель здания и выполнен комплекс исследовательских работ с применением программного обеспечения, реализующего BIM-технологии [6]. Моделирование осуществлялось в ПК ArchiCAD (рис. 4), через формат IFC модель импортировалась в ПК ЛИРА-САПР (рис. 5), рабочая доку-

ментация с рекомендациями по усилению конструкций по результатам расчета создавалась в ПК NanoCAD Железобетон.

Далее рассматриваются основные этапы экспертного анализа, использованные гипотезы и предпосылки, результаты поверочного расчета и диагностика причин образования трещин [7].

В расчет приняты физико-механические характеристики материалов конструкций здания: железобетонного монолитного ленточного фундамента в соответствии с СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры», кладки стен из керамзитобетонных блоков в соответствии с СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции», деревянных конструкций кровли по СП 64.13330.2011 «Деревянные конструкции». Нагрузки, действующие на здание на момент проведения обследования, определены по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» [7].

Внутренние усилия в стенах здания определялись по 2-м расчетным сочетаниям нагрузок, включающим взаимоисключающее разнонаправленное давление ветра [8]. Анализ результатов расчета выполнен по мозаикам внутренних усилий растяжения/сжатия.

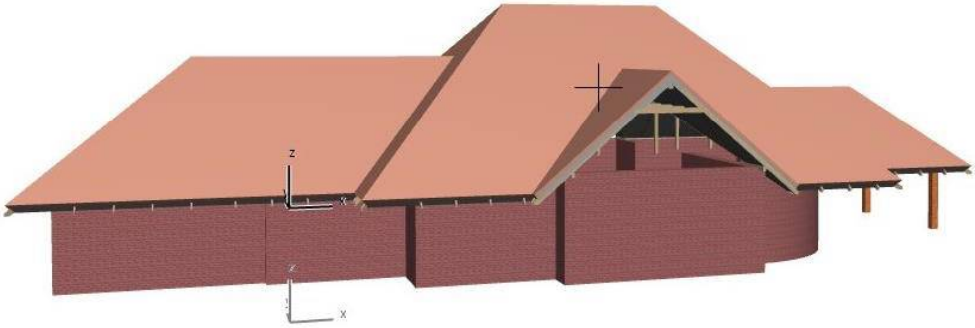

Рис. 4. BIM-модель здания в ПК ArchiCAD

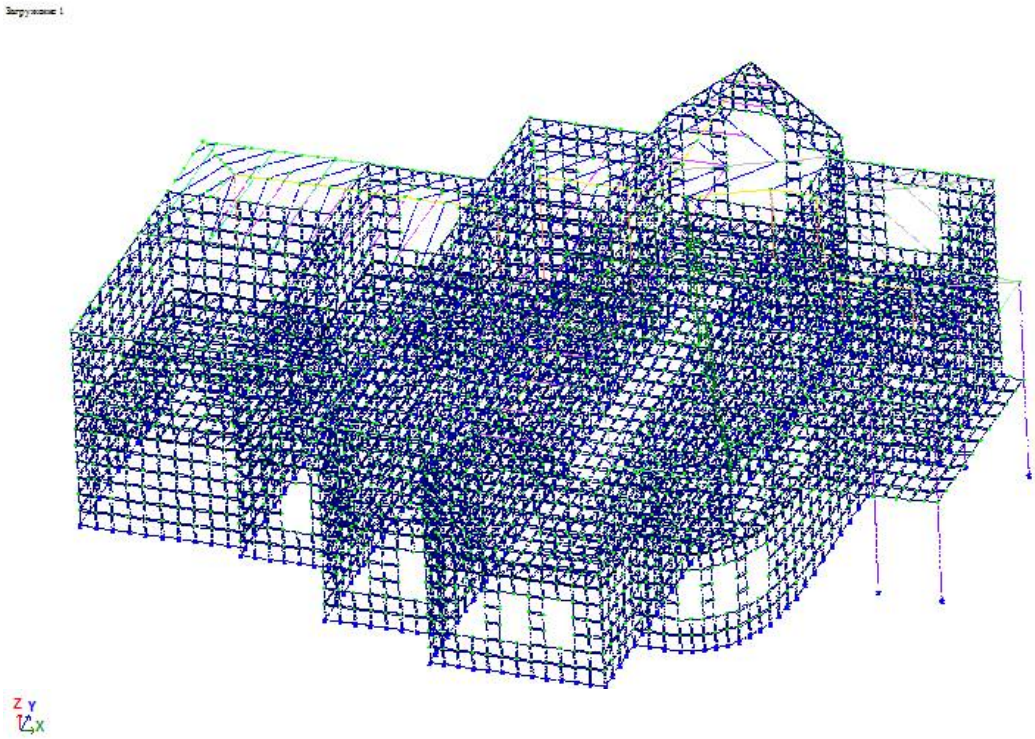

Рис. 5. Расчетная схема здания в ПК ЛИРА-САПР

Напряжения сжатия в кладке стен от полной расчетной нагрузки на конструкции здания в текущей стадии завершенности строительством составили до 0,26 МПа, что меньше расчетной прочности кладки на сжатие 1,7 МПа (рис. 6). Напряжения растяжения в кладке, в среднем, составили до 0,1 МПа, что меньше расчетной прочности кладки на растяжение 0,16 МПа. Исключение составляют участки внутренних стен в уровне верха стен на 500–700 мм внутрь помещений от мест примыкания поперечных стен эркеров к фасаду (рис. 7). Растягивающие напряжения от полной расчетной нагрузки в кладке этих зон составляют до 0,2 МПа по южному фасаду и

до 0,26 МПа по северному, что превышает расчетную прочность кладки на растяжение 0,16 МПа.

Изгибающие моменты из плоскости в элементах стен составили до 2–3 кНм/м, что для стен толщиной 40 см соответствует напряжениям растяжения до 0,12 МПа, что меньше расчетной прочности кладки растяжению при изгибе 0,16 МПа.

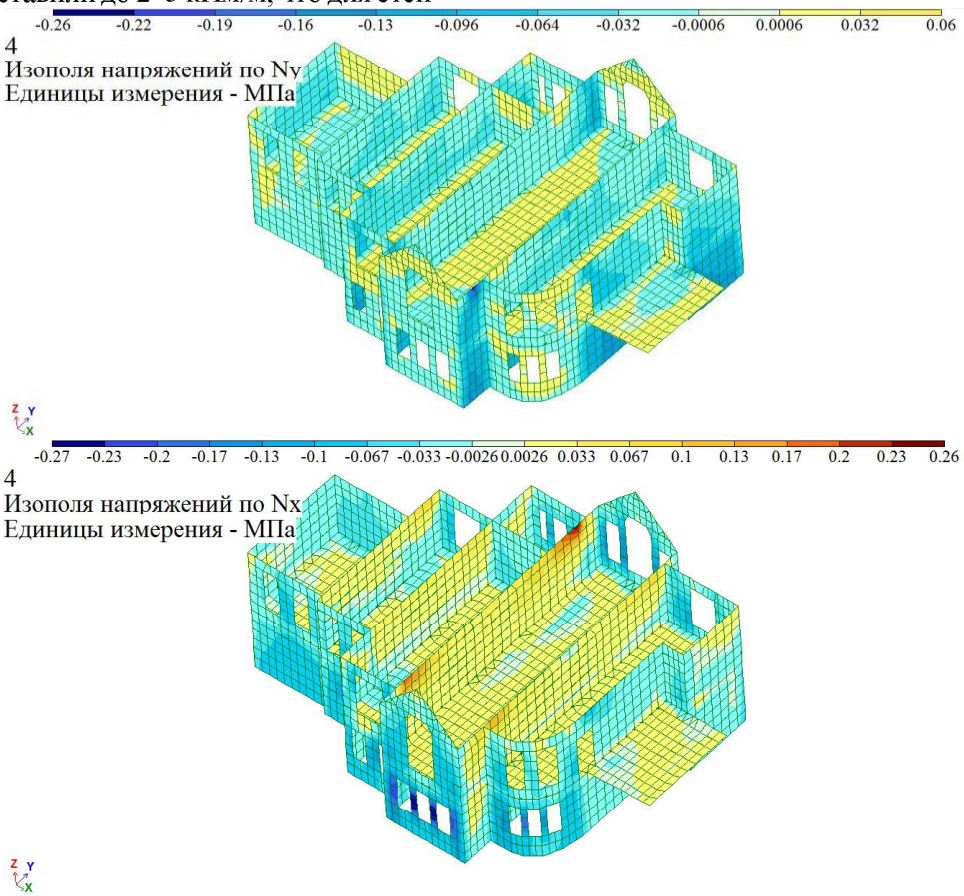

Рис. 6. Расчетные внутренние напряжения сжатия (вверху) и растяжения (внизу) кладки стен здания

Таким образом, поверочным расчетом установлено, что в уровне верха внутренних поперечных стен на 500–700 мм внутрь помещений от мест примыкания поперечных стен эркеров к фасаду при полной расчетной нагрузке возникают растягивающие напряжения, превышающие прочность кладки на растяжение по перевязанному сечению, установленную СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции», что является причиной появления и развития в кладке трещин.

На основании проведенного поверочного расчета конструкций здания при действии текущих нагрузок экспертами сделаны следующие выводы.

1. Установлены отдельные участки внутренних поперечных стен, в уровне верха которых при полной расчетной нагрузке возникают растягивающие напряжения, превышающие прочность кладки на растяжение по перевязанному сечению, установленную СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции», что, предположительно, является причиной появления и развития наблюдаемых на момент обследования трещин [9].

2. Расположение и вид имеющихся в стенах здания трещин соответствуют указанным участкам стен и позволяют предположить следующий механизм возникновения и развития трещин.

Возникающие во внутренних поперечных стенах у эркеров фасада растягивающие усилия от полной расчетной нагрузки не могли быть эффективно сдержаны продольными и поперечными стенами эркеров, ослабленными оконными проемами большой площади. Это обстоятельство способствовало возникновению в уровне верха поперечных стен растягивающих напряжений, превышающих прочность кладки стен на растяжение, что привело к образованию и развитию сверху вниз вертикальных трещин во внутренних поперечных стенах [10]. Возникшие и развившиеся на высоту 1,4 м от пола помещения вертикальные трещины фактически отделили С-образную в плане часть наружных стен эркера, отошедшую наружу от фасада [10]. В поперечных

стенах отделившейся части эркера возник изгибающий момент, приведший к появлению на внутренних растянутых поверхностях стен разрушения кладки в виде горизонтальных трещин. Внутренние усилия в стенах после образования трещин стабилизировались, процесс развития трещин, предположительно, прекратился. Наружная лицевая кладка стен при этом не имеет горизонтальных трещин поскольку сжата и не имеет вертикальных трещин, так как отделена от внутренней несущей части стены слоем податливого утеплителя [4].

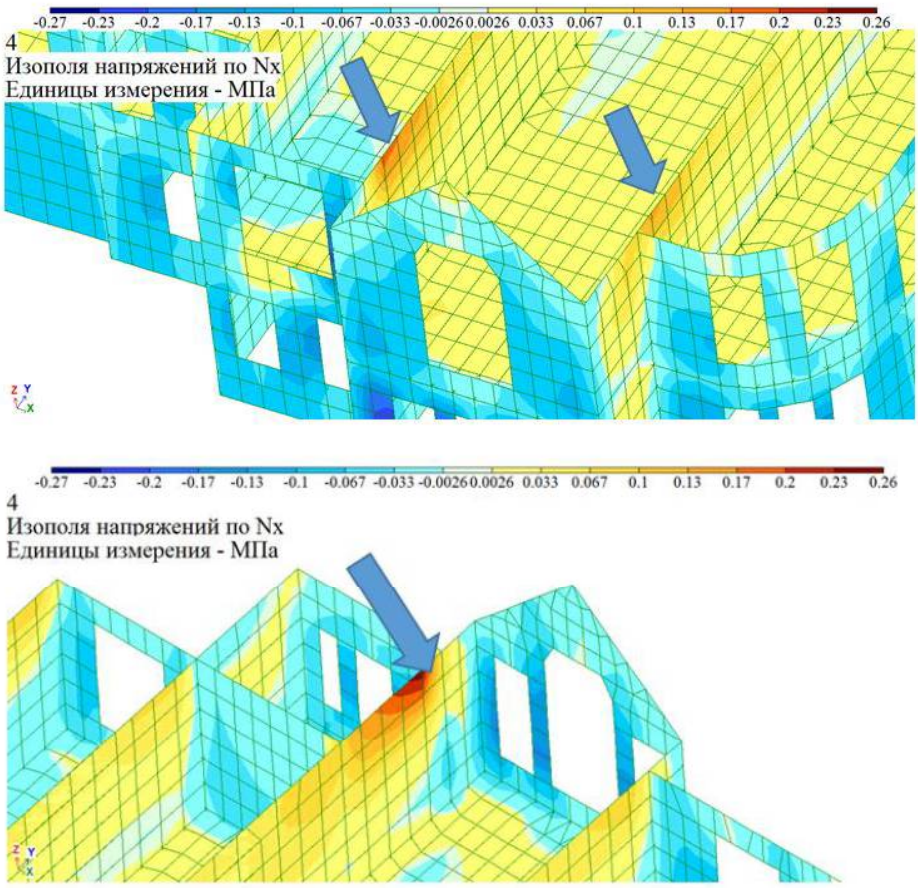

Рис. 7. Расчетные внутренние усилия растяжения в местах примыкания эркера к внутренней стене стен здания (отмечены участки предположительного начала образования установленных трещин)

Для предотвращения возможного дальнейшего развития трещин при эксплуатации здания экспертами рекомендовано усиление стен установкой стальных скоб d14 A400, связывающих наружные и внутренние стены эркера с обоих сторон от вертикальной трещины с шагом по высоте в два ряда кладки в предварительно прорезанных штрабах с последующей зачеканкой безусадочным цементно-песчаным раствором и оштукатуриванием стен (рис. 9) [7].

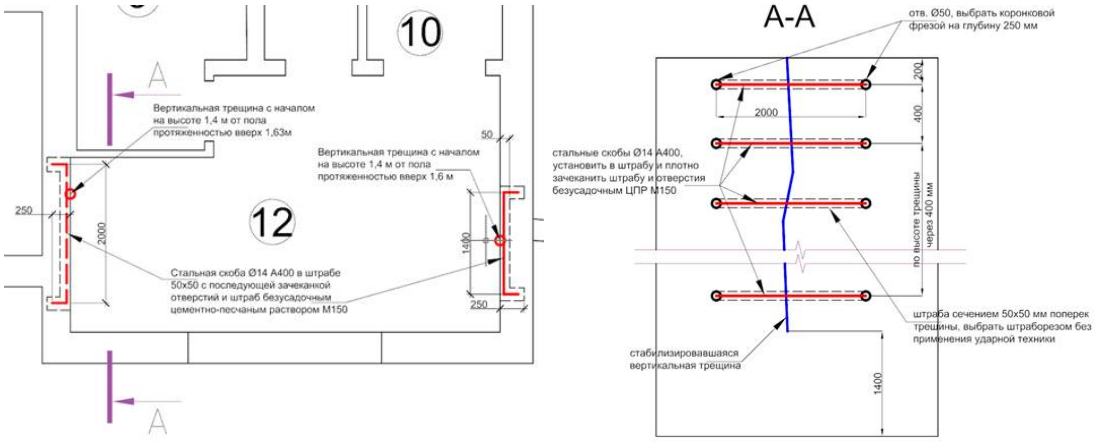

Рис. 8. Рекомендованная схема усиления стен с трещинами установкой стальных скоб

В процессе подготовки и проведения мероприятий по усилению стен (рис. 9) подрядчиком строительства было произведено наблюдение за развитием трещин установкой гипсовых маячков-пластин, по три на каждую трещину равномерно по ее траектории [5]. Целостность маячков в течение времени, прошедшего с момента устройства усиления, свидетельствует о прекращении развития трещин. Стабилизировавшиеся трещины были расшиты изнутри ремонтными кладочными составами и оштукатурены [10].

Рис. 9. Выполненное на объекте усиление стен с трещинами

Вывод. Таким образом, BIM-технологии позволяют существенным образом упростить и ускорить исследовательскую работу, проводимую в рамках строительно-технических экспертиз, что влечет за собой повышение качества и достоверности экспертной деятельности, целесообразности и эффективности рекомендуемых экспертом технических решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жариков И.С., Скрыпник О.Г. Тенденции развития строительного производства в ЦФО / В сборнике: Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства) : сборник докладов международной научно-практической конференции : в 2 т.. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 215–219.

2. URL: http://rcmm.ru/novosti/30671-kak-mosgosekspertiza-vmeste-s-autodesk-razvivaet-bim-tehnologii.html

3. Унежева В.А., Абакумов Р.Г. 2016. Накопление физического износа жилого фонда в течение жизненного цикла // Тенденции развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы международной научно-практической конференции. С. 250–254.

4. Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений ФЦ ВНИИ ГОЧС. М.: 2003. 85 с.

5. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М.: ФГУП «КТБ ЖБ», 2003. введ. 21.08.2003 г.

6. Жариков И.С., Скрыпник О.Г. Проблемы определения физического износа зданий посредством применения сборников ВСН // В сборнике: Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 15–17.

7. Авилова И.П., Наумов А.Е. Основы организации и управления в строительстве. Белгород, 2011. 132 с.

8. Жариков И.С. Развитие и будущее лофтов в России // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2013. № 18. С. 30–34.

9. Жариков И.С., Мотунова М.С. Строительные технологии, как инструмент оптимизации продолжительности и стоимости строительства // В сборнике: Международный студенческий строительный форум - 2016 (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): электронный сборник докладов. 2016. С. 838–841.

10. Михайлюкова Я.Ю., Наумов А.Е., Козлюк А.Г. Основные технологии, применяемые в индивидуальном жилищном строительстве, их достоинства и недостатки // В сборнике: Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2014. С. 109–111.

Информация об авторах
Жариков Игорь Сергеевич, старший преподаватель кафедры экспертизы и управления недвижимости.
E-mail: igor_bgtu@mail.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Давиденко Полина Викторовна, магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимости.
E-mail: davidenkopolly@mail.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в ноябре 2017 г.
© Жариков И.С., Давиденко П.В., 2018

I.S. Zharikov, P.V. Davidenko

EFFICIENT USE OF BIM TECHNOLOGIES IN CONDUCTING CONSTRUCTION-TECHNICAL EXPERTISE

The article proves the feasibility and effectiveness of using BIM-technologies in construction and technical expertise, in particular, on the establishment of the causes of cracks in the walls of buildings. The expediency of using BIM is determined by the main advantage of information modeling - automation and a significant reduction in the timing of the design process, and hence the labor costs of engineers. The application of BIM in the conduct of construction and technical expertise makes it possible to automate the process of expert analysis at the main stages, which accelerates and facilitates the expert's research activities. But at the same time it is worth noting that, for all its automation, the approach of information modeling does not work fully automatically and autonomously from a person and can't replace an expert, inasmuch as in essence BIM is only a collection of software.

Keywords: *BIM (Building Information Modeling), BIM-technologies, information modeling, construction and technical expertise, cracks, verification calculation, causes of cracking.*

Information about the authors
Igor S. Zharikov, Senior lecturer.
E-mail: igor_bgtu@mail.ru.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Polina V. Davidenko, Master student.
E-mail: davidenkopolly@mail.ru.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in November 2017