

Экспертиза и оценка объектов недвижимости

УДК 528.7

СЪЕМКА ТРЕЩИН ПРИ НАЗЕМНОМ ЛАЗЕРНОМ СКАНИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

А.П. Ворошилов, Ю.А. Караченцев

SURVEYING THE CRACKS AT SURFACE LASER SCANNING OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

A.P. Voroshilov, Y.A. Karachentsev

Рассмотрены особенности и съемки трещин наземным лазерным сканером при обследовании технического состояния зданий и сооружений. Выявлены новые возможности такой съемки.

Ключевые слова: наземное лазерное сканирование, съемка трещин, лазерный сканер, техническое состояние зданий и сооружений, геодезическая съемка.

The article considers the features and accuracy characteristics of surveying the cracks with the surface laser scanner in the process of structural survey.

Keywords: surface laser scanning, crack surveying, laser scanner, structure technical state, geodetic survey.

При обследовании технического состояния зданий и сооружений особое внимание уделяется изучению характера образовавшихся на объекте трещин. Их вид, расположение, ориентация, протяженность, ширина раскрытия дают определенную информацию о причинах и степени деформации, а развитие трещин – о продолжении этого процесса. Традиционно контроль за развитием трещин проводится с помощью специальных маяков, а измерения их раскрытия – линейкой или шкаловым микроскопом [1]. При этом положение трещин зарисовывают на схемах и составляют дефектные ведомости.

Современные геодезические приборы и технологии позволяют проводить точную съемку не только местоположения образовавшихся трещин на обследуемом объекте, но и их геометрических характеристик. Такие измерения рекомендуется проводить электронными приборами в безотражательном режиме, что не требует присутствия операторов в недоступных, опасных и деформируемых зонах, а сама съемка осуществляется дистанционно. При этом выбирается станция, на которой устанавливается штатив с прибором. Для съемки трещин могут применяться наземные лазерные сканирующие системы, электронные тахеометры, теодолиты.

Наиболее перспективны при съемке строительных конструкций, зданий и сооружений наземные лазерные сканеры. Выбор местоположения станций для таких съемок рассмотрен в работе [2].

Вместе с тем методика применения сканирующих систем для съемки образовавшихся трещин и определения их характеристик к настоящему времени не разработана. Наибольшая сложность при этом заключается в обеспечении высокой точности измерений ширины раскрытия снятых трещин. Даже точный сканер Leica ScanStation (рис. 1) обеспечивает несколько меньшую точность по сравнению с электронными тахеометрами типа SET 230 RK. Здесь же стоит упомянуть и электронные тахеометры с возможностью сканирования, но скорость сканирования этих приборов значительно ниже, чем у сканеров.

При обследовании технического состояния, к сожалению, не установлены однозначные требования к точности измерений раскрытия трещин, однако в некоторых случаях она указывается порядка 1 мм [1].

Снижение высокой точности обусловлено двумя основными причинами: величиной шага сканирования и определением геометрических размеров трещин по координатам снятых точек.

Величина шага сканирования определяет расстояние между снятыми точками объекта в горизонтальном и вертикальном направлениях. При этом точки сканер выбирает по заданному шагу, а точного визирования на образовавшиеся края трещин не происходит.

Погрешность определения раскрытия трещины будет зависеть от шага сканирования, обозначим ее m_1 .

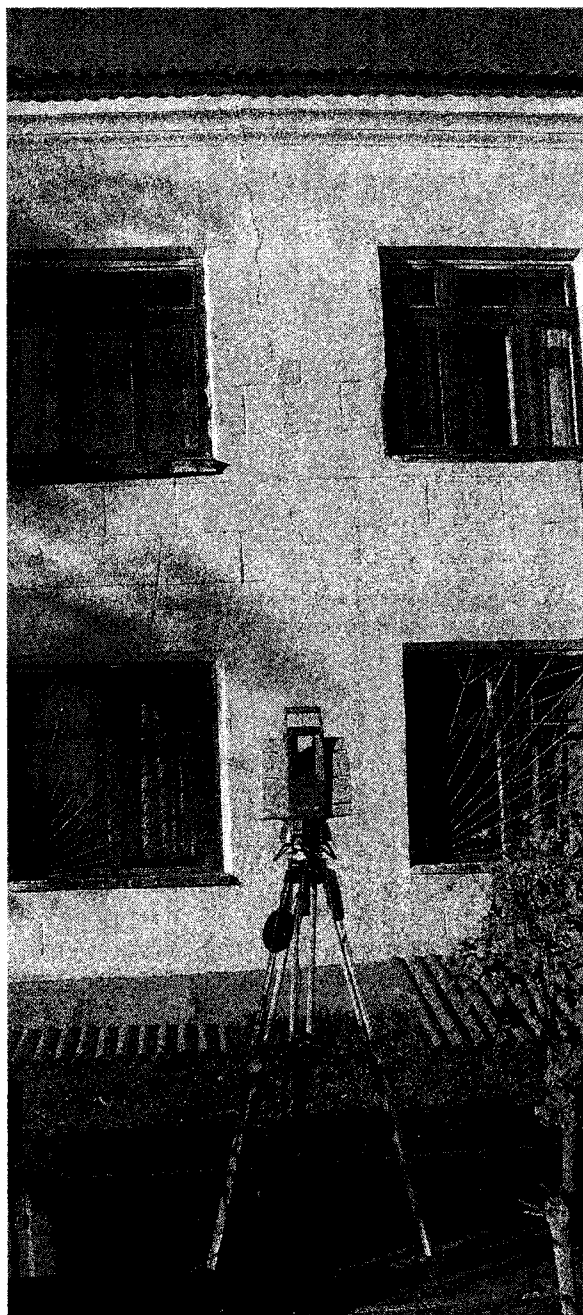


Рис. 1. Сканирование трещины (Leica ScanStation)

Вторая погрешность m_2 определяется погрешностями координат снятых сканером точек, которые отождествлены с краями трещины. По расстоянию S между ними определяется ширина раскрытия трещины. При этом средняя квадратическая погрешность (СКП) расстояния оценивается по соотношению

$$m_2 = m_S = \sqrt{m_X^2 + m_Z^2} = \sqrt{2}m_X, \quad (1)$$

где m_X, m_Z – СКП определения координат снятых точек.

Тогда СКП раскрытия трещины m_R составит

$$m_R^2 = m_1^2 + m_2^2 = m_1^2 + m_X^2 + m_Z^2. \quad (2)$$

При лазерном сканировании зданий и сооружений величины m_X, m_Z в пределах одного скана

зависят от расположения станции и снимаемой точки на объекте. При оптимальном выборе станции в общем случае значение m_X составляет 4...5 мм для Leica ScanStation [2].

Если принять $m_1 = 2$ мм, то в соответствии с формулой (2) СКП m_R будет около 6 мм. В большинстве случаев такая точность определения ширины раскрытия трещин для зданий является низкой. Вместе с тем на практике точность съемки при сканировании получается выше. Действительно, снимаемая трещина расположена в плоскости ($X-Z$) стены, в которой

$$m_{R_X}^2 = \left(\frac{\Delta\beta}{\rho}\right)^2 m_S^2 + \left(\frac{D}{\rho}\right)^2 m_\beta^2; \quad (3)$$

$$m_{R_Z}^2 = \left(\frac{\Delta Z}{\rho}\right)^2 m_S^2 + \left(\frac{D}{\rho}\right)^2 m_Z^2, \quad (4)$$

где $\Delta\beta, \Delta Z$ – горизонтальный и вертикальный зенитный углы соответственно, образованные между точками трещины; m_S – СКП измерения сканером расстояния до трещины; m_β, m_Z – СКП измерения сканером углов β и Z ; $\rho = 206\,265''$.

При съемке трещин углы $\Delta\beta$ и ΔZ малы и чаще всего не превышают 1'. При $m_S = 3...5$ мм первое слагаемое в формулах (3) и (4) будет меньше 10^{-6} мм², поэтому его влиянием в оценке точности рассматриваемых координат можно пренебречь. Тогда при нормальном случае съемки значение m_{R_X} и m_{R_Z} не превысят 1 мм при удалении станции от стены здания в пределах 15 м, и 3 мм – при удалении в 50 м. В указанных случаях оценка точности координат должна проводиться по формулам (3) и (4).

При повышенных требованиях к точности следует наряду со съемкой сканером расположения трещин поводить измерения их раскрытия более точными методами, в том числе – электронным тахеометром. Для тахеометров в соответствии с формулами (3) и (4) и СКП угловых измерений 2...5'', m_R не превысит 0,5...1,0 мм при расстояниях D до 50 м, а в ряде случаев можно получить и более высокую точность.

Экспериментальные и опытные съемки трещин при обследовании технического состояния различных зданий и сооружений показали, что применение сканирующих систем имеет важные преимущества перед другими методами:

1. Сканер дает положение всех снятых точек трещин с их координатами в 3D.

2. Снимаются все трещины без пропусков, попадающие в зону сканирования, включая плохо различимые визуально (из-за большого расстояния, недостаточного освещения).

3. Полная картина состояния трещинообразования воспроизводится в электронном графическом виде. Для трещин можно измерить необходимые геометрические характеристики.

4. Появляются новые дополнительные возможности измерений и анализа состояния трещин. Метод позволяет наглядно отображать ориентацию трещины, взаиморасположение трещин в пространстве.

5. Собранная при сканировании информация избыточна, что позволяет при камеральной обработке многократно производить по трехмерной модели необходимые измерения, не сделанные ранее.

Важной дополнительной возможностью лазерного сканирования является отображение внутренней поверхности трещины при съемке, что было выявлено при экспериментальных измерениях.

Лазерный луч проникает внутрь трещины, поэтому определяется положение точек сторон и дна трещины, ее внутренняя конфигурация (рис. 2 и 3). Такие материалы съемки являются уникальными, получить их другими методами с подобной полнотой и информативностью нельзя. Полученные точки на поверхности стены и внутри трещины позволяют определить ее глубину проникновения и ширину раскрытия (сужения) в теле строительных конструкций или снимаемых швов (рис. 4–8). Анализ таких трещин увеличивает обоснованность оценки технического состояния отсканированного объекта.

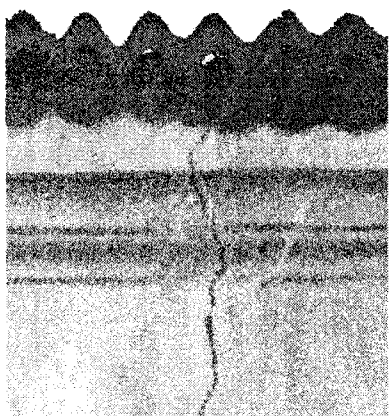


Рис. 2. Трещина в стене (3D облако точек)

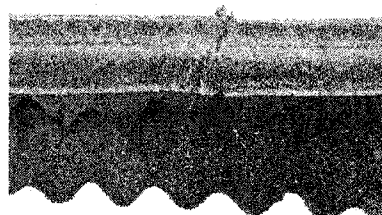


Рис. 3. Трещина в стене, вид «сверху»

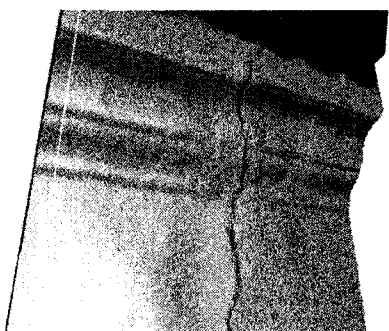


Рис. 4. Трещина («mesh»-модель)



Рис. 5. Трещина, «внутренняя» сторона. Глубина и ширина раскрытия

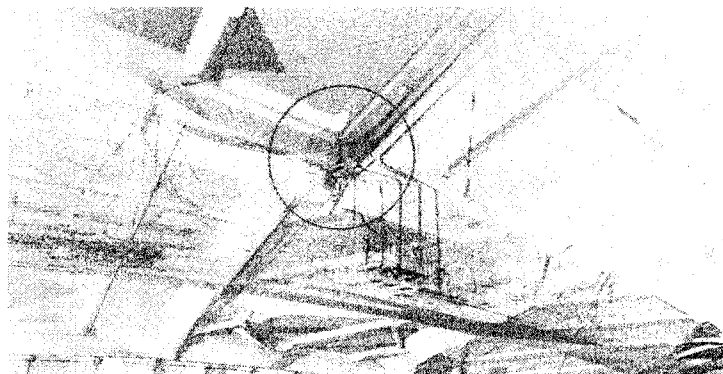


Рис. 6. Трещина, общий вид конструкции

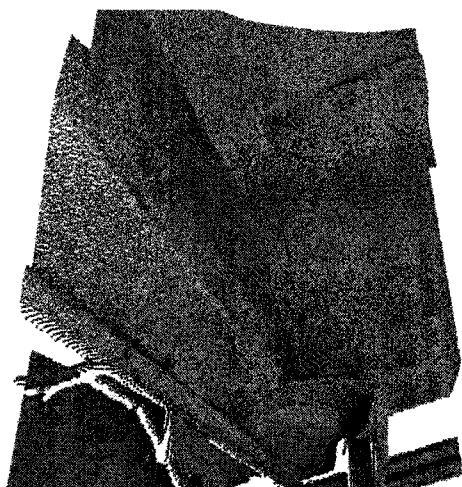


Рис. 7. Трещина (обведена для наглядности)

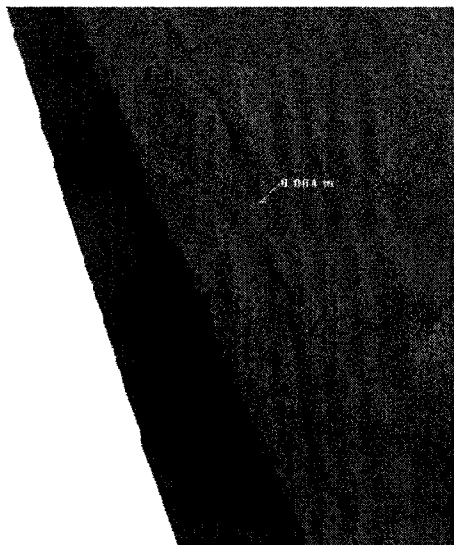


Рис. 8. Трещина, ширина раскрытия

Литература

1. *Обследование и испытание сооружений* / О.В. Лужин, А.Б. Злочевский, И.А. Горбунов и др. – М.: Стройиздат, 1987.
2. *Ворошилов, А.П. Выбор местоположения*

станций при наземном лазерном сканировании / А.П. Ворошилов, Ю.А. Караченцев. – Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2009. – Вып. 8. – № 16(149).

Поступила в редакцию 17 февраля 2011 г.