

## ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СКАНИРОВАНИИ

**Исаков Эркин Худжайорович**

*профессор Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета имени Мирзо Улугбека*

**Хайруллаева Мафтуна магистрантка**

*Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета имени Мирзо Улугбека*

### ARTICLE INFO.

**Ключевые слова:** Лазер, панорамный лазер, тоннели, механизмы, карьеры.

### Аннотация

В данной статье преимуществом лазерного сканирования является то, что оно позволяет определять пространственные координаты большого количества точек с высокой точностью за относительно короткое время. Это фото с глубокой информацией. Лазерные сканеры представляют собой видеоискатели, поэтому для обеспечения полного экспонирования объекта требуется несколько позиций сканирования.

<http://www.gospodarkainnowacje.pl/> © 2023 LWAB.

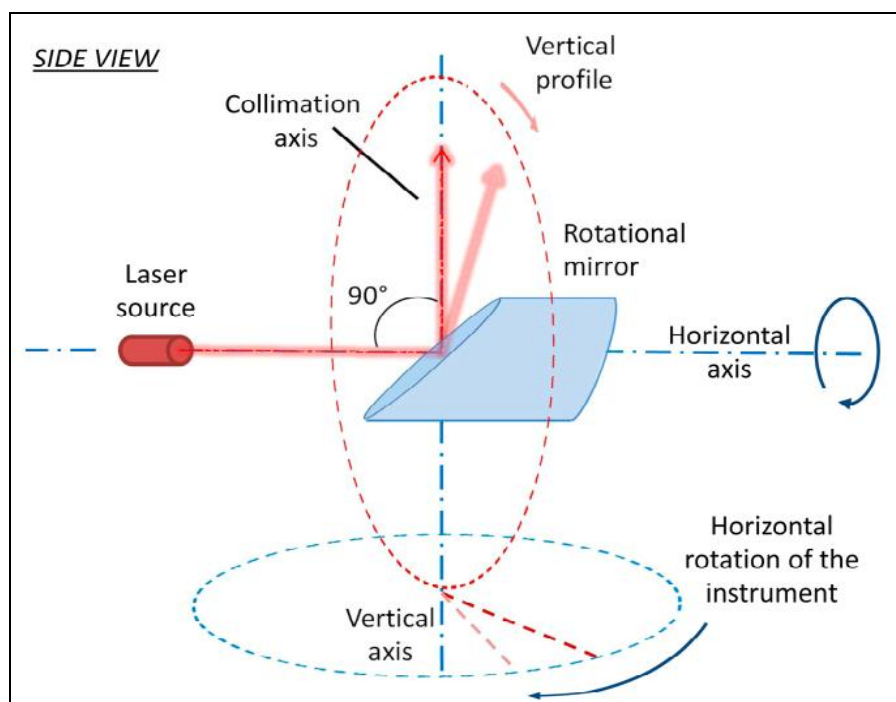
Лазерный источник направляет лазерный луч в центр вращающегося зеркала. Вращающееся зеркало закреплено и изогнуто так, что оно пересекает второстепенную ось вращения под углом  $45^\circ$ .

Лазерный луч направлен под углом  $90^\circ$  к направлению измеряемой точки. Зеркало вращается вокруг главной оси вращения и производит измерение профиля. Весь инструмент вращается вокруг вторичной оси вращения (рис. 1).

Третья или коллимационная ось перпендикулярна главной оси. Он определяется линией, проходящей через среднюю точку зеркала и направленной на отраженную часть лазерного луча.

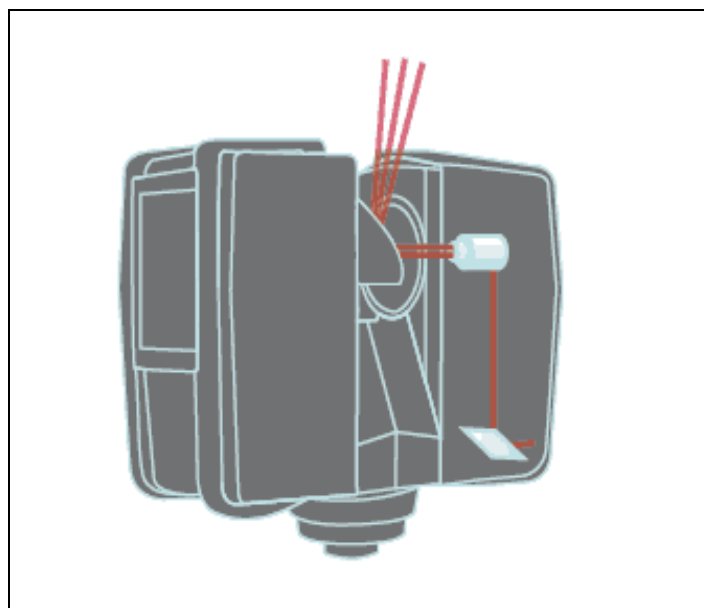
В начале каждого измерения профиля ось коллимации совпадает с второстепенной осью.

Панорамные лазерные сканеры обычно используются в вертикальном положении и выравниваются по горизонтальной плоскости с помощью компенсатора.



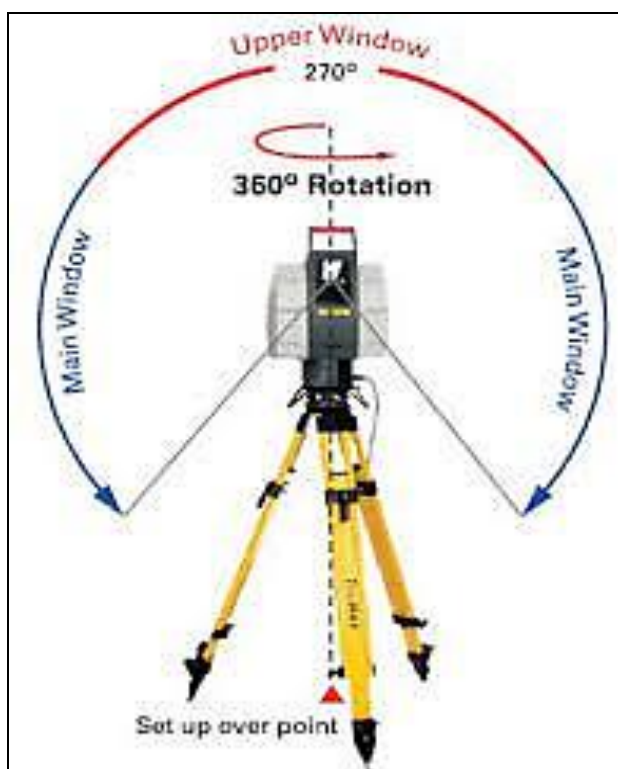
**Рисунок 1. Принцип работы наземного лазерного сканирования.**

Первичная ось обычно горизонтальна, а вторичная ось пространственно-вертикальна. Поле зрения лазера составляет 270-310° в вертикальной плоскости и 360° в горизонтальной плоскости. Лазерный сканер вращается на штативе и поворачивает зеркало, чтобы сразу захватить всю сцену.



**Рисунок 2. Схема распространения лазерного луча.**

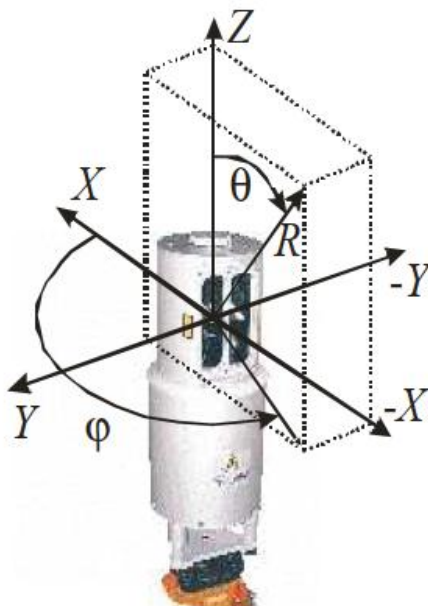
Панорамные лазерные сканеры обычно используются в вертикальном положении и доводятся до горизонтального положения с помощью компенсатора. Первичная ось обычно горизонтальна, а вторичная ось вертикальна.



**Рисунок 3. Диапазон поворота лазерного сканера в вертикальной плоскости**

В процессе сканирования измеряется направление распространения лазерных лучей и расстояние до точек объекта [1,2,3].

Другой формой отражения результатов наземного лазерного сканирования являются точки лазерного отражения от объектов в поле зрения сканера, которые имеют пять характеристик, а именно пространственные координаты ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ), интенсивность и истинный цвет.



**Рисунок 4. Расположение осей вращения наземного лазерного сканирования**

Положение (строка и столбец) каждого элемента (пикселя) результирующего растра отражает значения измеренных вертикальных и горизонтальных углов.

Пространственные координаты точек объекта рассчитываются по следующим формулам:

$$\left. \begin{aligned} X &= R \cos \varphi \sin \theta \\ Y &= R \sin \varphi \sin \theta \\ Z &= R \cos \theta \end{aligned} \right\}$$

Здесь  $R$ - расстояние, измеренное от точки стояния сканера до объекта;  $\varphi$ -это  $R$  - горизонтальный угол измеренного направления лазерного луча;  $\theta$ -  $Z$  — вертикальный угол между осью зенита и направлением лазера  $R$ .

Лазер излучает короткие волны, а отраженная волна возвращается от объекта к датчику. При прохождении лазерного луча сканером включается таймер, а при приеме сканером отраженного луча таймер останавливается [1].

Этот процесс определяет время, необходимое лучу для прохождения от сканера до объекта и обратно.

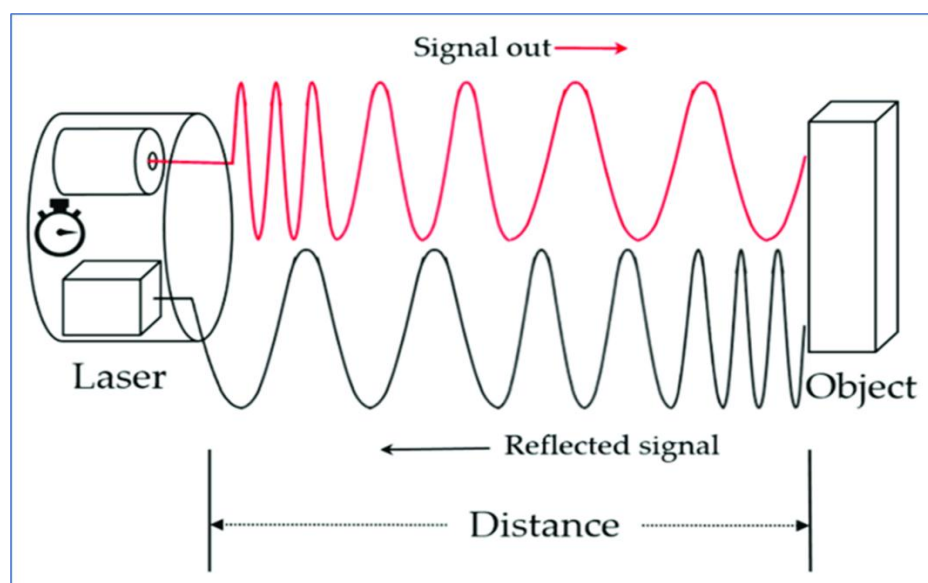


Рисунок 5. Метод скорости распространения электромагнитных волн

Обычно максимальный диапазон расстояний составляет от 150 до 350 м, точность может варьироваться от 10 мм до 50 мм в зависимости от расстояния от сканера до объекта.

Зная скорость распространения электромагнитных волн, расстояние можно определить следующим образом:

$$R = \frac{C\tau}{2n}$$

$R$  – расстояние;  $n$  – показатель преломления (часто устанавливается равным 1,00025);  $C$  – скорость света;  $\tau$  – это время, необходимое лучу для прохождения от сканера к объекту и обратно к сканеру.

Интенсивность луча модулируется синусоидальным сигналом, а расстояние определяется методом фазового сдвига.

В некоторых системах фактический цвет целевой точки передается по дополнительному пассивному каналу.

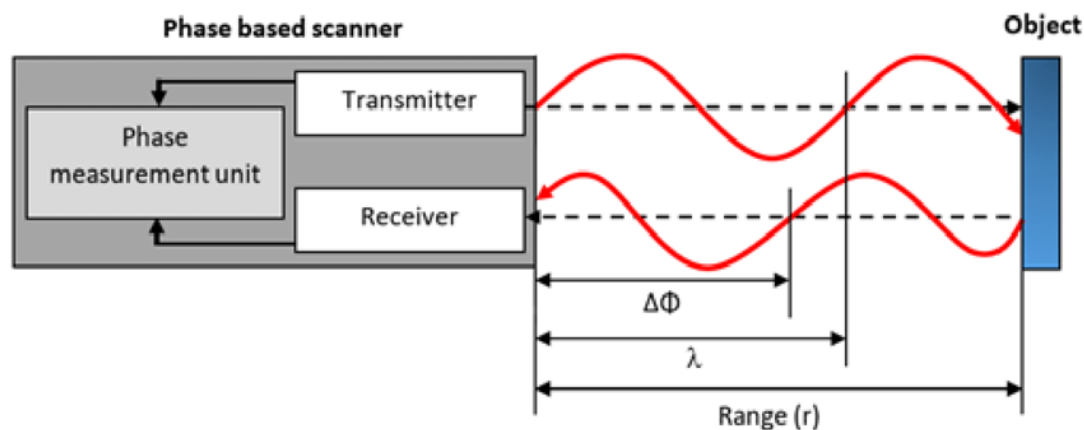


Рисунок 6. Метод фазового сдвига

Лазерные сканеры с методом фазового сдвига способны достигать точности в несколько миллиметров, но из-за сложной технологической системы обычно ограничиваются расстоянием до 100 м.

Благодаря высокой скорости сбора данных они подходят для сканирования высокдетализированных объектов, таких как поверхности зданий, туннели, машины, сложные трубопроводные сети, карьеры, пещеры и небольшие археологические памятники.

Фазовый метод измерения расстояния основан на определении разности фаз между передаваемым и принимаемым модулированными сигналами. В этом случае расстояние рассчитывается по следующей формуле

$$R = \frac{\varphi C}{4\pi f}$$

$R$  – расстояние;  $\varphi$  – разность изменения между опорным и рабочим сигналом;  $C$  – скорость света;  $f$  – частота модуляции.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ХАЙДАРОВИЧ, В. М. (2023). Determination of Deformation of Historical Monuments and its Causes Using A 3d Laser Scanner. *Journal of Engineering and Technology*.
2. Исаков, Э. Х., & Ёроқов, О. (2012). Тарихий ёдгорликлар хақида маълумотлар банкини яратиш ва юритиш. Ёши олимлар, магистрант ва бакалавриантларнинг анъанавий VIII республика илмий-назарий конференцияси. СамДАҚИ. Самарқанд.
3. Исаков, Э. Х. (1993). *Разработка методов и технологий съемки памятников архитектуры с целью реставрации* (Doctoral dissertation, Моск. гос. ун-т геодезии и картографии).
4. Исаков, Э. Х. (1992). Исследование и применение приборов фирмы WILD для съемки памятников архитектуры. *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*, (2), 176-191.
5. Khujayevovich, I. E. Monitoring of Water Resources and Creation of Cards on the Basis of Geographical Information Systems and Technologies. *JournalNX*, 4-8.
6. Исаков, Э. Х. (1993). ПРИМЕНЕНИЕ ПРИБОРОВ ФИРМЫ WILD ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ С ЦЕЛЬЮ РЕСТАВРАЦИИ. *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*, (1-2), 66-81.

7. Муллоджанова, Г. М., & Исаков, Э. Х. (2022). ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ. *Экономика и социум*, (6-2 (97)), 597-602.
8. Исаков, Э. Х., & Тухтамишев, Ш. Ш. (2019). ШАҲАРЛАРНИНГ ШОВҚИН ХАРИТАСИНИ ЯРАТИШДАГИ ГЕОДЕЗИК, КАРТОГРАФИК ИЛМИЙ АСОСЛАРИ. *МЕ'МОРЧИЛИК va QURILISH MUAMMOLARI*, 134.
9. Isakov, E. K., Sindarovich, U. A., & Mustayev, B. B. (2020). Current Problems of Architectural, Landscape and Design Improvement of Territories along the Railway and Highways of Uzbekistan. *Solid State Technology*, 63(5), 10451-10456.
10. Инженерлик геодезияси. Darslk. "Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi". Toshkent - 2021-y. 224/14 b.t. (Grif raqami 237-664, 30.05.2021 y.)
11. Исследование применения лазерного сканирования при съёмке памятников архитектуры. Modernization of today's science: experience and trends: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference (Vol. 1), May 21, 2021. Singapore, Republic of Singapore: European Scientific Platform.
12. Особенности геодезических методов мониторинга памятников архитектуры. "Экономика и социум" №6(97) 2022 [www.iupr.ru.https://www.iupr.ru/\\_files/ugd/b06fdc\\_057d47b15ebf472eaf2f19d28838938b.pdf?index=true](https://www.iupr.ru/_files/ugd/b06fdc_057d47b15ebf472eaf2f19d28838938b.pdf?index=true)
13. Рахимов, У. А. (2022, September). МАДАНИЙ МЕРОС ОБЪЕКТЛАРИНИ ЖОЙЛАШГАН ЎРНИНИ GNSS ТЕХНОЛОГИЯЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИБ АНИҚЛАШ. In " ONLINE-CONFERENCES" PLATFORM (pp. 168-173).
14. Abdullayevich, R. U. B. (2022, June). MODDIY MADANIY MEROS OBYEKTЛАRI DAVLAT KADASTRI BO'YICHA TEMATIK QATLAMLARINING ATRIBUTIV MA'LUMOTLARINI YARATISH. In " ONLINE-CONFERENCES" PLATFORM (pp. 8-12).
15. Abdullayevich, R. U. B. (2022, June). CREATION OF ATTRIBUTIVE DATA OF THEMATIC STRUCTURES OF THE STATE CADASTRE OF MATERIAL CULTURAL HERITAGE OBJECTS. In " ONLINE-CONFERENCES" PLATFORM (pp. 1-5).
16. Раимов, У. А., & Тухтаев, Ш. Х. (2021, October). Геодезический Мониторинг Деформаций Ансамбля Регистан. In " ONLINE-CONFERENCES" PLATFORM (pp. 96-100).
17. Raximov, U. A., Tojidinova, F. M., & Po'latov, S. S. (2023). ISSUES OF FORMATION OF STATE CADASTRE DATA OF HIGHWAYS USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM. *Theoretical aspects in the formation of pedagogical sciences*, 2(7), 156-160.
18. Raximov, U. A., Ortiqov, J. U., Ilmurodova, L. A., & Tadjidinova, F. M. (2023). SAMARQAND VILOYATINI MADANIY ME'ROS OBYEKTЛАRI XARITALARINI GAT TECHNOLOGIYASIDAN FOYDALANIB YARATISH MASALALARI. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 1(8), 255-257.
19. Рахимов, У. А. & Хамдамов, М. С. (2023). ГЕОПОРТАЛ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА И ИХ ИНТЕГРАЦИЯ МЕЖДУ АГЕНТСТВАМИ. *Innovative Society: Problems, Analysis and Development Prospects*, 32-36.
20. Raximov, U. A., Ortiqov, J. U., & O'rozaliyev, B. B. (2023). Existing Class I Height in the Area of Samarkand Current Status of Points. *Web of Semantic: Universal Journal on Innovative Education*, 2(3), 205-208.

21. Ibragimov, L. T., Raximov, U. A., Yarkulov, Z. R., & Ortiqov, J. U. (2022). Improvement of the State Water Cadastre's Management System. INTERNATIONAL JOURNAL ON HUMAN COMPUTING STUDIES.
22. Рахимов, У. А., Тожидинова, Ф. М., & Рахимов, Б. А. (2023). СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ. ПОДКОР О'QITUVCHI, 3(28), 97-104.
23. Gulmurodov, F. E., Raximov, U. A., Umirzakov, Z. T., & Jo'rayev, S. X. (2023). O 'ZBEKISTONDA MADANIY MEROS OBYEKTLARINI SAQLASH VA QAYTA TIKLASHDA 3D TEXNOLOGIYASINING ANAMIYATI. JOURNAL OF INNOVATIONS IN SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL RESEARCH, 6(4), 500-506.
24. Гулмуродов, Ф. Э. & Рахимов, У. А. (2023). РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТУРИЗМА В УЗБЕКИСТАНЕ. Scientific Impulse, 1(9), 1190-1195.
25. Тожидинова, Ф. М. Бобокалонов, М. Х., & Рахимов, У. А. (2023). ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИИ РАБОТ В КАРТОГРАФИИ. INNOVATION IN THE MODERN EDUCATION SYSTEM, 3(29), 427-436.