

Д. А. Гура, Ю. В. Дубенко, И. Г. Марковский
(Кубанский государственный технологический университет;
e-mail: gda-kuban@mail.ru)

МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ СКАНИРУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

РЕЗЮМЕ

Введение. В условиях растущей эксплуатационной нагрузки на транспортную инфраструктуру в виде трафика транспортных средств, который имеет ежегодную тенденцию к увеличению, необходима эффективная организация её мониторинга с применением технологий, позволяющих детально оценивать техническое состояние каждого отдельного объекта в данной категории. Необходимость таких процедур обусловлена, в первую очередь, требованиями к безопасности эксплуатации, а также своевременного предотвращения внештатных ситуаций и аварий. Помимо этого, всегда важно знать остаточный срок службы сооружения для заблаговременного создания графика ремонтных работ и определения его масштабов.

Цели и задачи. Целью работы является сравнительное исследование применения трёх видов лазерного сканирования для целей мониторинга технического состояния объектов транспортной инфраструктуры, оценка их эффективности. В рамках реализации цели были решены следующие задачи: приведено описание технологии трёхмерного лазерного сканирования, представлен обзор видов лазерного сканирования, изложена специфика проведения каждой из процедур, обозначены их достоинства и недостатки, освещён вопрос последующей камеральной обработки результатов полевых измерений, описаны другие подходы к мониторингу инженерных сооружений.

Методы. Как видно из названия работы, объектами исследования являются сооружения транспортной инфраструктуры различных типов. Предмет исследования – технология трёхмерного лазерного сканирования как способ оценки степени их износа. Методами полевых опытов получены данные о различных объектах всеми основными видами сканирования. Далее проведён анализ результатов их камеральной обработки на предмет оценки качества получаемой информации.

Результаты и их обсуждение. По результатам практических экспериментов выявлены основные достоинства и недостатки каждого вида данного способа цифровых изысканий. В результате анализа методов получения цифровых облаков точек лазерных отражений приведены рекомендации о наиболее эффективном использовании того или иного вида сканирования в рамках сбора данных о техническом состоянии инженерных сооружений.

Заключение. В результате развития трёхмерного лазерного сканирования появилось большое количество сканеров, что несомненно расширило области возможного применения технологии. Однако различные виды сканирующих инструментов подходят для различных нужд, поэтому применимость того или иного прибора для конкретной цели необходимо проверять на практике. Проведённое в работе исследование позволяет оценить эффективность конкретного вида сканирования для указанных нужд.

Ключевые слова: мониторинг объектов транспортной инфраструктуры, лазерное сканирование, цифровые изыскания, беспилотные летательные аппараты.

Для цитирования: Гура Д. А., Дубенко Ю. В., Марковский И. Г. Мониторинг объектов транспортной инфраструктуры с применением сканирующих технологий // Технологии техносферной безопасности. – 2020. – Вып. 2 (88). – С. 74-86. DOI: 10.25257/TTS.2020.2.88.74-86.

Мониторинг как средство наблюдения за состоянием объектов и изменениями, которым они подвержены, имеет огромное значение во многих отраслях науки и техники. Одна из основных задач мониторинга – предупреждение внештатных и аварийных ситуаций на инженерных сооружениях и объектах инфраструктуры, то есть обеспечение их безопасности. Необходимо отметить, что её выполнение напрямую зависит от качества проведённых работ, которое определяется надёжностью и точностью применяемых технических средств. Одним из возможных решений данного вопроса может выступить комплекс трёхмерного лазерного сканирования, базирующийся на применении воздушных, наземных и мобильных сканирующих систем, как возможной замены традиционным методам получения данных о техническом состоянии объектов инфраструктуры. Научная новизна представленной работы заключается в комплексности исследования целесообразности применения основных видов лазерного сканирования для целей мониторинга инженерных сооружений в области транспорта.

В качестве источника получения данных посредством воздушных сканирующих систем были выбраны дроны со сканирующими системами, специализированными для применения с ними. Весной 2019 года было проведено воздушное лазерное сканирование транспортной развязки на территории Краснодарского края.

Обосновывая выбор инструмента для сбора информации об объектах инфраструктуры, необходимо выделить целесообразность применения лазерного сканирования для проведения подобных работ, поскольку оно является самым быстрым средством получения высокоточных измерений и одним из лучших инструментов для проведения различных видов мониторинга в целом [1]. При этом выбор конкретной сканирующей системы зависит от типа объекта, о котором необходимо собрать соответствующую информацию. По результатам эксперимента было установлено, что в большинстве случаев наиболее оптимальными решениями станут воздушные лазерные сканеры, устанавливающиеся на радиоуправляемые *беспилотные летательные аппараты (БПЛА)*, а именно квадрокоптеры. В данном исследовании применялся дрон, представленный на рис. 1.

Обусловлен такой выбор рядом преимуществ квадрокоптеров перед управляемыми летательными аппаратами [2]:

- Меньшая стоимость заказа работ – 100 долларов для квадрокоптера и 3500 долларов для вертолётa;
- Высокая мобильность – время запуска квадрокоптера – 30 мин;
- Малые габариты – такой аппарат обычно занимает не более 1 м³, что позволяет не только поднять аппарат в воздух непосредственно сразу на самом объекте, избегая затрат на перелеты, но и детально обследовать тоннели и многоуровневые развязки с любых сторон;

- Возможность заранее проектировать маршрут полета – посредством специального программного обеспечения инженер может заранее проложить маршрут полета, экономя тем самым время и денежные средства;
- Автономность – такие малогабаритные летательные аппараты имеют ряд преимуществ перед их пилотируемыми аналогами, например: упрощённая процедура получения разрешения на полёты, меньшее влияние погодных условий, отсутствие большого количества специалистов, участвующих в процессе съёмки;
- Меньше сложности с запуском и управлением оборудованием, необходимым для проведения изысканий.



Рис. 1. Система мобильного лазерного сканирования АГМ-МС3.100, установленная на БПЛА (дрон) DJI Matrice M600

В ходе проведения ряда экспериментов по определению пространства территории, покрываемой съёмкой, произведённой с дрона за один день работ, было установлено, что в среднем они способны сканировать площадь земли в 100-250 га в зависимости от установленной лазерной сканирующей системы. Например, для системы АГМ-МС3.100 высота полёта составляет 50 м, площадь съёмки площадного объекта за вылет составляет 70-100 га, для линейного объекта съёмка шириной 120 м, протяженность снимаемого участка за один влёт 10-12 км, площадь съёмки за вылет составляет 120-140 га. Для системы с дальномером в 200 м – АГМ-МС3.200 высота полета составляет 150 м. Площадь съёмки площадного объекта 210-250 га, линейного, шириной 320 м – 320-380 га, протяженность участка за вылет 10-12 км.

Это позволяет собирать информацию о большинстве типов инфраструктурных объектов за исключением линейных, характеризующихся очень большой протяженностью (автомобильные и железные дороги, трубопроводы различного назначения). Кроме того, такие летательные аппараты являются более экологичными в сравнении с самолётами и вертолётами, которые загрязняют окружающую среду продуктами сгорания топлива.

Обобщая вышеперечисленные достоинства квадрокоптеров, можно сделать вывод о том, что их использование для целей получения данных о различных объектах инфраструктуры позволит экономить средства и время заказчика и исполнителей – критерии, являющиеся основными показателями выгодности проекта.

Выбор лазерного сканирования как источника получения данных о земной поверхности обусловлен беспрецедентной точностью и универсальностью сканирующих систем перед своими аналогами. Кроме того, на такие устройства, как дроны, возможно установить только специализированные видеокамеру или же лазерный сканер. Однако сканирующая система имеет большое преимущество при работе в тёмное время суток или условиях плохой видимости. Это позволяет при необходимости вне зависимости от времени дня собирать информацию об объекте изучения, что повышает универсальность такого метода получения данных.

Кроме того, при проведении его с помощью БПЛА можно заранее проложить маршрут полёта. Это позволит ускорить процесс сбора данных и минимизировать возможный пропуск частей объекта сканирования. Данные наземного сканера более точные по сравнению с воздушным, но при мониторинге деформаций конструкций автодорожной инфраструктуры воздушным лазерным сканированием вполне достаточно для получения исчерпывающей информации о состоянии обследуемого объекта.

После проведения процедуры сканирования была проведена работа по обработке полученного материала и его классификации. Обычно это делается вручную специалистами камеральной обработки, однако подобный метод анализа информации имеет ряд недостатков, основными из которых являются: зависимость времени исследования от объёма полученных данных, влияние человеческого фактора на точность и достоверность конечных результатов. В некоторых случаях влияние этих обстоятельств может привести к возникновению аварийных ситуаций на инфраструктурных объектах, нанося тем самым вред экономике отдельно взятого предприятия, целого города или всей страны, а иногда даже угрожая жизням людей. Поэтому задача обработки и классификации полученной информации в автоматическом режиме имеет особый интерес и апробируется в различных сферах изысканий, использующих системы лазерного сканирования [3-6].

Обработка полученных первичных данных сканирования проводилась в программном продукте Leica Cyclone 9.4. Результатом стала очищенная от растительности модель транспортной развязки, на которой в последующем методом окрашивания высот можно было отслеживать деформации асфальтобетонного покрытия (рис. 2).

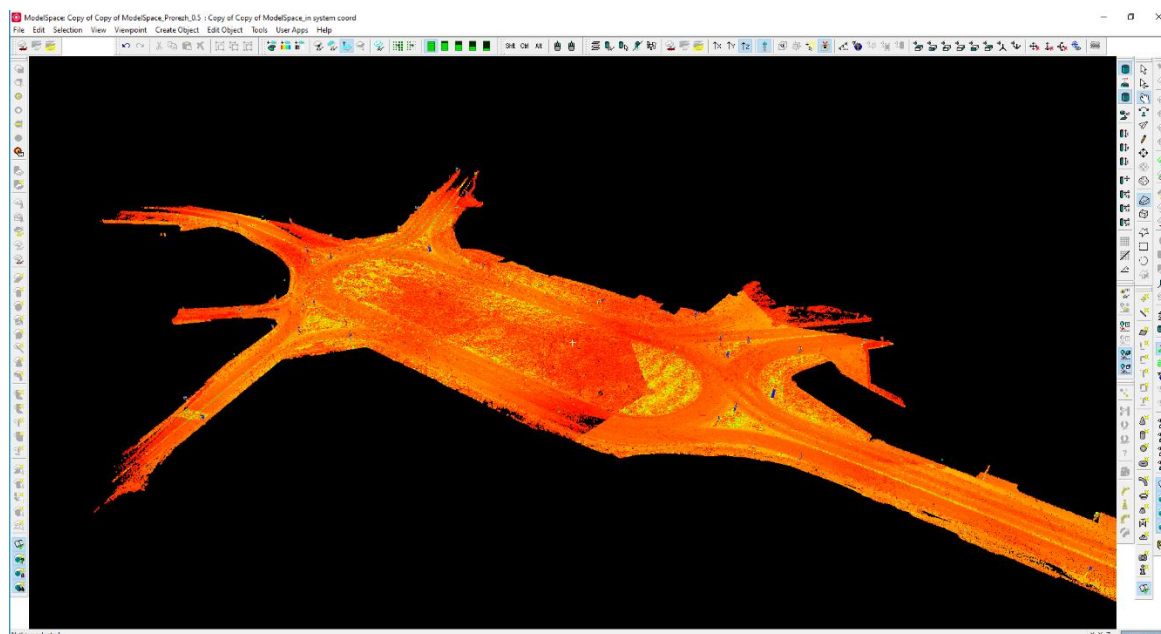


Рис. 2. Конечная модель объекта

В процессе исследования проведена оценка применения воздушных лазерных сканирующих систем совместно с небольшими и компактными дронами для целей мониторинга объектов дорожной инфраструктуры. Можно сделать вывод о том, что этот способ открывает большие перспективы быстрого получения данных в сравнении с наземным аналогом. Его применение при проведении обследования инженерных сооружений позволит:

1. Получать наиболее исчерпывающие данные о техническом состоянии объекта;
2. Проводить обследование, не прерывая штатное функционирование сооружения;
3. Проводить обследование удалённо без необходимости привлечения большого количества специалистов;
4. В кратчайшие сроки и без угрозы жизни людей проводить мониторинг состояния объектов, признанных аварийными;
5. Проводить сбор данных в любое время суток;
6. Собирать и накапливать информацию в цифровом виде с возможностью последующего сравнения моделей объектов для определения динамики изменения технического состояния.

В случаях, когда применение воздушного лазерного сканирования невозможно или нецелесообразно, рациональнее всего использовать наземные и мобильные лазерные сканирующие системы, самые современные из которых могут производить до 2 миллионов измерений в секунду. Их применение позволит получать информацию об объекте в одинаковых расширениях при любых видах съёмки.

В качестве эксперимента для анализа целесообразности и эффективности применения наземного лазерного сканирования для целей мониторинга объектов транспортной инфраструктуры соответствующая процедура была проведена на Тургеневском мосту города Краснодар системой, представленной на рис. 3.



Рис. 3. Сканер Leica Scanstation C10

Результатом процедуры стала трёхмерная модель сооружения (рис. 4).

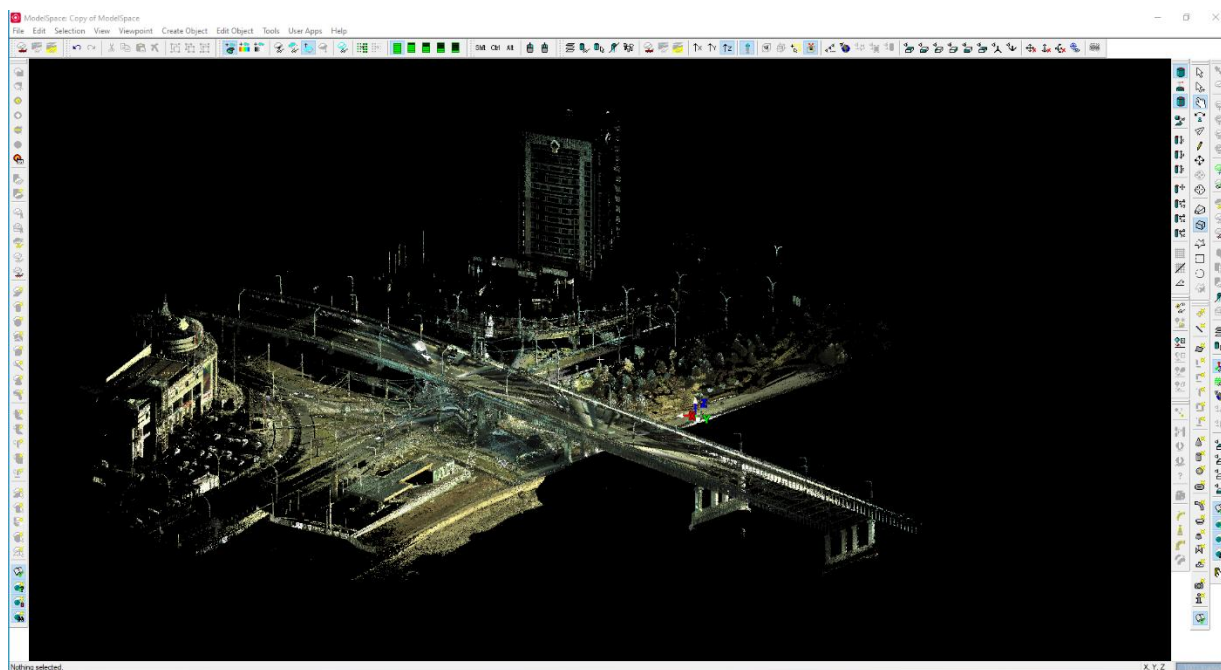


Рис. 4. Облако точек Тургеневского моста города Краснодар

Наземное лазерное сканирование отлично подходит для сбора информации о техническом состоянии объектов инфраструктуры. По его данным можно отслеживать трещины асфальтобетонного покрытия, деформации несущих конструкций, откол бетона и т.д. (рис. 5). Кроме того, самые современные решения в этой области показывают впечатляющие результаты по скорости сбора данных (TRIMBLE TX8 EXTENDED – 1000000 точек/с), по дальности диапазона измерений (Optech ILRIS LR 3000 – до 3000 м), а также по мобильности проведения сканирования (Leica RTC360 автоматически запоминает характерные точки окружающих его объектов, что позволяет менять станции, не выключая прибор). Однако наземные изыскания требуют больших временных затрат и в некоторых случаях могут не в полной мере предоставлять данные об объекте целиком по сравнению с воздушным аналогом (например, невозможно должным образом собрать информацию о конструктивных элементах, расположенных над водной поверхностью).

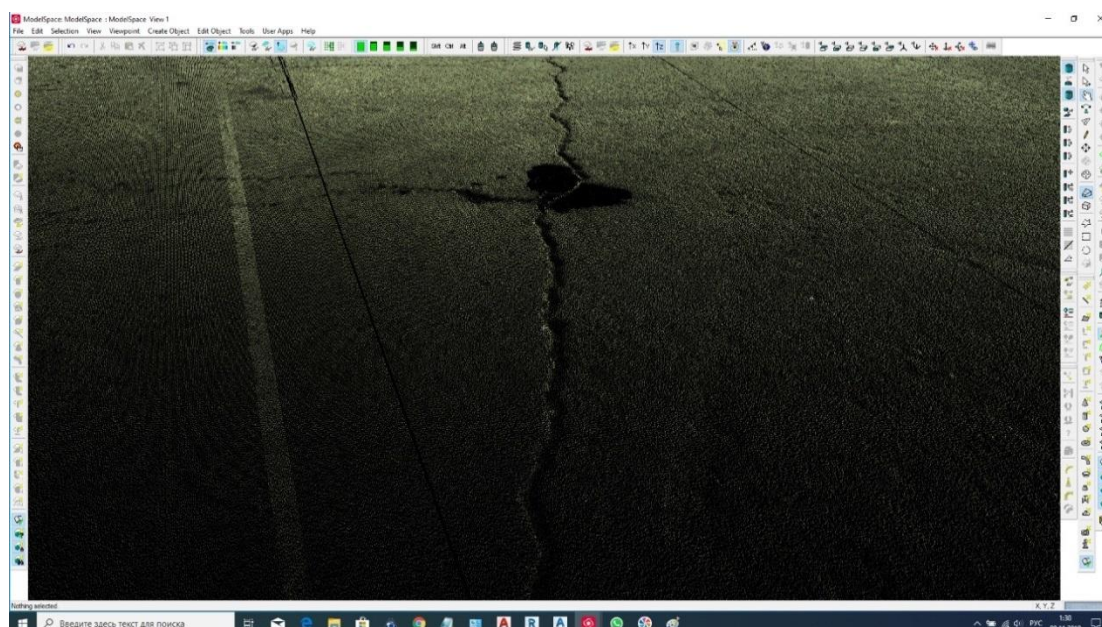


Рис. 5. Трещина в асфальтобетонном покрытии парковки под Тургеневским мостом

Третьей разновидностью сканирования является мобильное. Как правило, под ним подразумевается автомобиль с установленным на крыше сканером, который, двигаясь по заранее проложенному маршруту, собирает информацию о состоянии асфальтобетонного полотна и прилегающих к дороге объектах. Однако, существуют и другие мобильные системы, позволяющие проводить данную процедуру одному человеку. Как правило, они конструируются в виде наплечных рюкзаков, в которых установлен сам сканер (рис. 6).

С помощью таких устройств один человек может детально отсканировать отдельный объект или небольшую территорию. Их главный плюс заключается в высокой мобильности, которой уступают даже небольшие БПЛА и автомобили, однако они сильно проигрывают в площади сканирования, произведённой за единицу времени, обгоняя лишь наземные аналоги.



Рис. 6. Мобильный лазерный сканер Leica Pegasus Backpack

В 2019 году в ходе эксперимента по тестированию данных геодезических приборов мобильным лазерным сканером Leica Pegasus Backpack было проведено сканирование территории Кубанского государственного технологического университета. Результатом работ стала его цифровая модель местности, строений, инфраструктуры и зелёных насаждений (рис. 7).

По результатам работ можно сделать вывод о том, что подобные решения в области лазерных сканирующих систем показывают достаточно высокую эффективность для целей сбора информации о техническом состоянии объектов капитального строительства в виду своей высокой мобильности. Однако их применение целесообразно только на сооружениях, все конструктивные части которых доступны для прямого доступа к ним специалиста, в связи с небольшим максимальным расстоянием сканирования.

Необходимо также упомянуть и о других решениях в области сбора данных об объектах инфраструктуры. Одним из апробируемых в настоящее время способов является технология "компьютерного зрения". Её возможности активно изучаются во многих отраслях науки учёными из разных стран [1, 7-9]. Она позволяет собирать данные о техническом состоянии подобных сооружений в режиме реального времени, однако такие системы являются стационарными и их применение не всегда оправдано экономически. Они больше подходят для сбора информации об уникальных и сложных инженерных сооружениях, а также об объектах, требующих постоянного мониторинга в связи с повышенной эксплуатационной нагрузкой.

Помимо вышеописанного способа существуют прикладные способы оценки состояния отдельных элементов инфраструктурных объектов, базирующиеся на тепловизионном и визуальном способах оценки повреждений [10, 11]. Однако они имеют узкую специфику применения и подходят лишь для конкретных элементов сооружения. Другим их недостатком является низкая скорость сбора данных, а соответственно и общая низкая производительность.

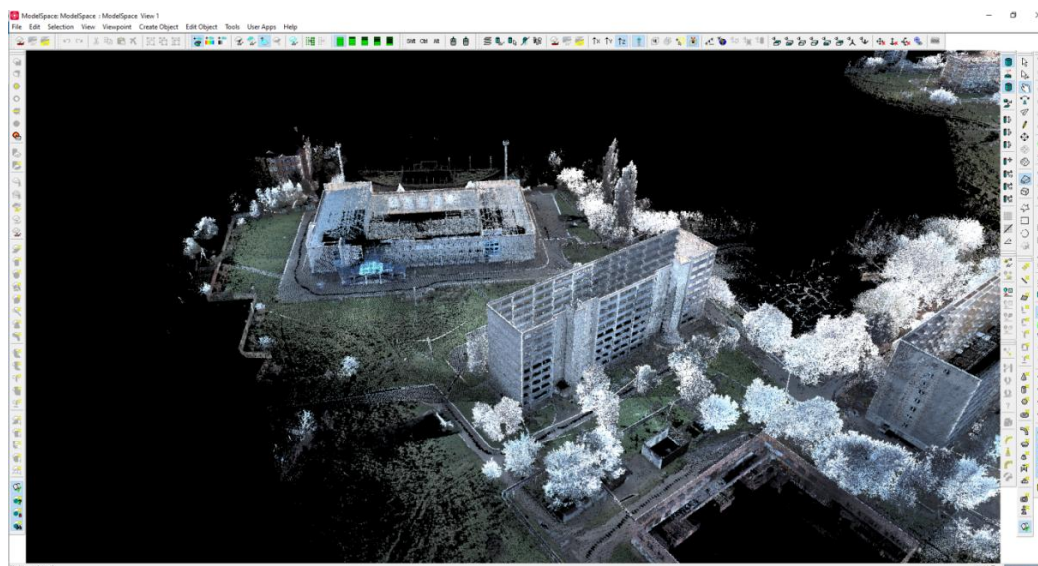


Рис. 7. Фрагмент цифровой модели Кубанского государственного технологического университета

Лазерное сканирование обладает беспрецедентной точностью и информативностью получаемых данных о ситуации на местности. Использование данной технологии для целей мониторинга объектов автомобильной инфраструктуры позволяет получать информацию об их техническом состоянии в динамике, что даёт возможность построения прогнозов по сроку их нормальной эксплуатации и отслеживания развития негативных деформационных процессов. Это предотвратит возможные внештатные ситуации и повысит безопасность их использования. Однако каждый из видов таких изысканий обладает рядом особенностей, которые необходимо учитывать для конкретного инженерного сооружения в зависимости от его типа и конструктивной специфики.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Краснодарского края Российской Федерации в рамках научного проекта № 19-48-233020 "Исследование возможности использования комплекса трехмерного лазерного сканирования для мониторинга и обеспечения безопасности инфраструктурных объектов в городе Краснодаре и Краснодарском крае"

Исследование выполнено в рамках инициативной комплексной научно-исследовательской работы АААА-А18-118121290132-9 "Теория и методы исследования данных лазерного сканирования для целей управления цифровой инфраструктурой".

Литература

1. *Sánchez Rodríguez A., Riveiro Rodríguez B., Soilán Rodríguez M., Arias Sánchez P.* Long-term Performance and Durability of Masonry Structures // Degradation Mechanisms, Health Monitoring and Service Life Design. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. 2019. Pp. 265-285.
2. *Марковский И. Г., Гура Д. А.* Использование квадрокоптеров в цифровых изысканиях // Сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. "Современные проблемы земельно-кадастровой деятельности, урбанизации и формирования комфортной городской среды". Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. С. 176-180.
3. *Gura D. A., Kuziakina M. V., Dubenko Yu. V., Pshidatok S. K., Shevchenko G. G., Granik N. V., Markovskii I. G.* Classification and automatisisation of laser reflection points processing in the detection of vegetation // Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov. Грозный: Atlantis Press, 2019. С. 593-596. DOI: 10.2991/isees-19.2019.117.
4. *Han W., Zhao S., Feng X., Chen L.* Extraction of multilayer vegetation coverage using airborne LiDAR discrete points with intensity information in urban areas: A case study in Nanjing City, China // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2014. № 30 (1). Pp. 56-64. DOI: 10.1016/j.jag.2014.01.016.
5. *Ma H., Zhou W.I., Zhang L.* DEM refinement by low vegetation removal based on the combination of full waveform data and progressive TIN densification // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2018. № 146. Pp. 260-271.
6. *Liu L., Lim S.* A voxel-based multiscale morphological airborne lidar filtering algorithm for digital elevation models for forest regions // Measurement. 2018. № 123. Pp. 135-144.
7. *Koch C., Georgieva K., Kasireddy V., Akinci B., Fieguth P.* A review on computer vision based defect detection and condition assessment of concrete and asphalt civil infrastructure // Advanced Engineering Informatics. 2015. № 29 (2). Pp. 196-210.
8. *Feng D., Feng M. Q.* Computer vision for SHM of civil infrastructure: From dynamic response measurement to damage detection – A review // Engineering Structures. 2018. № 156. Pp. 105-117.
9. *Гура Д.А., Дубенко Ю.В., Бучацкий П.Ю., Марковский И.Г., Хушт Н.И.* Мониторинг сложных объектов инфраструктуры // Вестник адыгейского государственного университета. 2019. № 4 (251). С. 74-81.
10. *Целых Д. С., Привалов О. О.* Устройства для анализа и оценки состояния дорожного покрытия // Матер. междунар. науч. конф. "Технические науки: теория и практика". Чита: изд-во "Молодой ученый", 2012. С. 74-78.
11. *Мельникова И. С., Дайнеко К. Н.* Выявление дефектов дорожных асфальтобетонных и цементобетонных покрытий тепловизионным методом и автоматизированная обработка результатов контроля // Вестник Белорусско-Российского университета. 2016. № 3 (52). С. 136-145.

Материал поступил в редакцию 2 февраля 2020 г.; принят к публикации 27 июня 2020 г.

D. A. Gura, Yu. V. Dubenko, I. G. Markovskii
(Kuban State Technological University; e-mail: gda-kuban@mail.ru)

MONITORING OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OBJECTS WITH THE USE OF SCANNING TECHNOLOGIES

ABSTRACT

Introduction. In the context of the growing operational load on the transport infrastructure in the form of vehicle traffic, which has an annual tendency to increase, it is necessary to effectively monitor it using technologies that allow a detailed assessment of the technical condition of each individual object in this category. The need for such procedures is due, first of all, to the requirements for operational safety, as well as the timely prevention of emergency situations and accidents. In addition, it is always important to know the residual life of the structure in order to create a schedule of repair work in advance and determine its scope.

Goals and objectives. The aim of the work is a comparative study of the use of three types of laser scanning for monitoring the technical condition of transport infrastructure facilities, assessing their effectiveness. As part of the goal, the following tasks were solved: a description of the technology of three-dimensional laser scanning and an overview of the types of laser scanning are presented, the specifics of each of the procedures are described, their advantages and disadvantages and the issue of subsequent desk-based processing of field measurements are highlighted, other approaches to monitoring of engineering facilities are described.

Methods. As can be seen from the title of the work, the objects of research are transport infrastructure facilities of various types. The subject of research is the technology of three-dimensional laser scanning, as a way to assess the degree of wear. Field experiments have been used to obtain data on various objects using all the main types of scanning. Further, the results of their in-house processing were analyzed to assess the quality of the information received.

Results and its discussion. According to the results of practical experiments, the main advantages and disadvantages of each type of this method of digital research are identified. As a result of the analysis of methods for obtaining digital clouds of laser reflection points, recommendations on the most efficient use of one type or another of scanning in the framework of collecting data on the technical condition of engineering facilities are made.

Conclusion. As a result of the rapid development of three-dimensional laser scanning, a large number of scanners appeared. It undoubtedly expanded the areas of possible application of the technology. However, different types of scanning tools are suitable for different needs, so the applicability of a particular device for a specific purpose must be checked in practice. The study conducted in the work allows us to evaluate the effectiveness of a particular type of scanning for these needs.

Key words: monitoring of transport infrastructure facilities, laser scanning, digital surveys, unmanned aerial vehicles.

For citation: Gura D. A., Dubenko Yu. V., Markovskii I. G. Monitoring of transport infrastructure objects with the use of scanning technologies. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, 2020, vol. 2 (88), pp. 74-86 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2020.2.88.74-86.

References

1. Sánchez Rodríguez A., Riveiro Rodríguez B., Soilán Rodríguez M. Arias Sánchez P. Long-term Performance and Durability of Masonry Structures. *Degradation Mechanisms, Health Monitoring and Service Life Design. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering*, 2019, pp. 265-285.
2. Markovskii I. G., Gura D. A. *Ispol'zovanie kvadrokopterov v tsifrovyykh izyskaniyakh* [Use of quadcopters in digital surveys]. *Sb. dokl. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Sovremennyye problemy zemel'no-kadaastrovoy deyatel'nosti, urbanizatsii i formirovaniya komfortnoy gorodskoy sredy"* [Proceed. of International Scientific and Practical Conference "Modern problems of land cadastral activity, urbanization and the formation of a comfortable urban environment"], Tyumen, Tyumen Industrial University Publ., 2019, pp. 176-180 (in Russian).
3. Gura D. A., Kuziakina M. V., Dubenko Yu. V., Pshidatok S. K., Shevchenko G. G., Granik N. V., Markovskii I. G. Classification and automatisisation of laser reflection points processing in the detection of vegetation. *Proceed. of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov*. Groznyi. Atlantis Press Publ., 2019, pp. 593-596. DOI: 10.2991/isees-19.2019.117.
4. Han W., Zhao S., Feng X., Chen L. Extraction of multilayer vegetation coverage using airborne LiDAR discrete points with intensity information in urban areas: A case study in Nanjing City, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2014, no. 30 (1), pp. 56-64. DOI: 10.1016/j.jag.2014.01.016.
5. Ma H., Zhou W.I., Zhang L. DEM refinement by low vegetation removal based on the combination of full waveform data and progressive TIN densification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2018, no. 146, pp. 260-271.
6. Liu L., Lim S. A voxel-based multiscale morphological airborne lidar filtering algorithm for digital elevation models for forest regions. *Measurement*, 2018, no. 123, pp. 135-144.
7. Koch C., Georgieva K., Kasireddy V., Akinci B., Fieguth P. A review on computer vision based defect detection and condition assessment of concrete and asphalt civil infrastructure. *Advanced Engineering Informatics*, 2015, no. 29 (2), pp. 196-210.
8. Feng D., Feng M. Q. Computer vision for SHM of civil infrastructure: From dynamic response measurement to damage detection – A review. *Engineering Structures*, 2018, no. 156, pp. 105-117.
9. Gura D. A., Dubenko Yu. V., Buchatsky P. Yu., Markovsky I. G., Khusht N. I. Monitoring of complex infrastructure facilities. *Vestnik adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta / Bulletin of the Adyghe State University*, 2019, no. 4 (251), pp. 74-81.
10. Tselykh D. S., Privalov O. O. *Ustroystva dlya analiza i otsenki sostoyaniya dorozhno-go pokrytiya* [Devices for analysis and assessment of the state of the road surface]. *Mater. mezhdunar. nauch. konf. "Tekhnicheskie nauki: teoriya i praktika"* [Proceed. of International Scientific and Conference "Engineering: theory and practice"]. Chita, Molodoy uchenyy Publ., 2012, pp. 74-78.
11. Mel'nikova I. S., Dayneko K. N. *Vyyavlenie defektov dorozhnykh asfal'tobeton-nykh i tsementobetonnykh pokrytiy teplovizionnym metodom i avtomatizirovannaya obrabotka rezul'tatov kontrolya* [Identification of defects in road asphalt concrete and cement concrete pavements using the thermal imaging method and automated processing of control results]. *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta / Bulletin of the Belarusian-Russian University*, 2016, no. 3 (52), pp. 136-145.

Received 2 February 2020; accepted 27 June 2020

Информация об авторах

ГУРА Дмитрий Андреевич

канд. техн. наук; доцент кафедры кадастра и геоинженерии Института строительства и транспортной инфраструктуры; Кубанский государственный технологический университет; Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, Московская ул., 2; Scopus Author ID: 56222304800, ORCID ID: 0000-0002-2748-9622, РИНЦ Author ID: 651915; e-mail: gda-kuban@mail.ru

ДУБЕНКО Юрий Владимирович

канд. техн. наук; доцент кафедры информатики и вычислительной техники Института компьютерных систем и информационной безопасности; Кубанский государственный технологический университет; Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, Московская ул., 2; ORCID ID: 0000-0003-3205-994X, РИНЦ Author ID: 551285; e-mail: scorpioncool1@yandex.ru

МАРКОВСКИЙ Иван Геннадьевич

студент Института строительства и транспортной инфраструктуры; Кубанский государственный технологический университет; Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, Московская ул., 2; Scopus Author ID: 57216908785, ORCID ID: 0000-0002-8207-7815, РИНЦ Author ID: 1031367; e-mail: Mr.djoker_o@mail.ru

Information about the authors

GURA Dmitry Andreevich

Candidate of Technical Sciences; Associate professor of Department of Cadastre and Geoengineering at the Institute of Construction and Transport Infrastructure; Kuban State Technological University; Russian Federation, Krasnodar, Moskovskaya St., 2; Scopus Author ID: 56222304800, ORCID ID: 0000-0002-2748-9622, RSCI Author ID: 651915; e-mail: gda-kuban@mail.ru

DUBENKO Yuri Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences; Associate professor of Department of Computer Science and Engineering of the Institute of computer systems and information security; Kuban State Technological University; Russian Federation, Krasnodar, Moskovskaya St., 2; ORCID ID: 0000-0003-3205-994X, RSCI Author ID: 551285; e-mail: scorpioncool1@yandex.ru

MARKOVSKII Ivan Gennadievich

Student of Institute of Construction and Transport Infrastructure; Kuban State Technological University; Russian Federation, Krasnodar, Moskovskaya St., 2; Scopus Author ID: 57216908785, ORCID ID: 0000-0002-8207-7815, RSCI Author ID: 1031367; e-mail: Mr.djoker_o@mail.ru