



## Технология трехмерного лазерного сканирования как средство обеспечения безопасности объектов спортивной инфраструктуры

Д.А. Гура<sup>1,2</sup> , Д.А. Беспятчук<sup>1</sup> , С.В. Самарин<sup>1\*</sup> , Н.М. Кирюникова<sup>1</sup> , Э.Д. Лесовая<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия

<sup>2</sup> Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия

\*Контакты: e-mail: sierghiei222@mail.ru

**РЕЗЮМЕ: Введение.** Безопасность человека во время занятий физической культурой, в первую очередь, зависит от технического состояния спортивных объектов. Согласно действующему законодательству, каждая школа и каждое высшее учебное заведение обязаны обладать спортивными сооружениями, которые должны отвечать нормативам безопасности, действующим на территории страны. В настоящее время проверку спортивных сооружений на соответствие действующим нормативам и ГОСТам осуществляет специализированная комиссия, что является обязательным и неизменным в течение нескольких десятилетий методом аккредитации спортивных объектов. В данном исследовании предлагается применение другого и более точного и современного способа проверки безопасности спортивных сооружений – трехмерное лазерное сканирование. Технология трехмерного лазерного сканирования в основном применяется для получения высокоточных и подробных измерений любого объекта. В данном исследовании анализируются перспективы применения трехмерного лазерного сканирования для обеспечения безопасности людей при их занятии физической культурой на спортивных сооружениях школ и высших учебных заведений. **Материалы и методы.** В качестве такого анализа объектом выступили беговые дорожки легкоатлетического стадиона Кубанского государственного технологического университета. Основной метод исследования – эмпирический, а именно проведение полевых измерений. Сканирование беговых дорожек проводилось прибором «Leica ScanStation C10» с 6 станций, и после проведения полевых работ облако точек было загружено в специализированное программное обеспечение для обработки результатов лазерного сканирования «Leica Cyclone». После отрисовки необходимых объектов все точки беговых дорожек классифицировали по высоте. Согласно действующим нормативам для беговых дорожек на легкоатлетическом стадионе, допустимая величина неровностей составляет 10 мм. **Результаты и обсуждение.** В результате классификации точек выявлено, что максимальная величина неровностей беговой дорожки вуза составила 9 мм, что отвечает действующим нормативам безопасности для беговых дорожек. Тем самым беговые дорожки Кубанского государственного технологического университета прошли аккредитацию, которая проведена научно-исследовательской группой кафедры кадастра и геоинженерии. **Заключение.** В заключение статьи обосновано, что лазерное сканирование действительно может быть применимо для проверки безопасности беговых дорожек.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** безопасность зданий и сооружений, спортивное сооружение, мониторинг и обеспечение безопасности инфраструктурных объектов, трехмерное лазерное сканирование, SDGs.

**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». Исследования выполнялись с использованием оборудования ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» КубГТУ (СКР\_3111).

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Гура Д.А., Беспятчук Д.А., Самарин С.В., Кирюникова Н.М., Лесовая Э.Д. Технология трехмерного лазерного сканирования как средство обеспечения безопасности объектов спортивной инфраструктуры // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 4. – С. 259–263. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-4-259-263.

## ВВЕДЕНИЕ

**Ф**изическая культура представляет собой деятельность, направленную на укрепление здоровья людей и развитие их физических способностей. Уже давно доказано, что физические упражнения гармонично развивают организм и позволяют укрепить здоровье человека на многие годы. Физическая культура включает в себя широкий спектр упражнений и занятий, начиная от игровых видов спорта (футбол, баскетбол, волейбол, теннис и т.д.) и заканчивая тяжелой атлетикой. Очевидно, что физические упражнения в большинстве своем являются травмоопасными занятиями, и для выполнения их у человека должна быть достаточно хорошая физическая подготовка. Но также необходимо подчеркнуть, что немаловажную роль при выполнении упражнений играют спортивные сооружения, на которых человек непосредственно занимается физической культурой.

Спортивное сооружение представляет собой специальный объект крытого или открытого типа, которое обеспечивает проведение учебно-тренировочных занятий, соревнований по различным видам спорта и т.д. Качество и состояние таких сооружений сильно влияет на безопасность человека при выполнении физических упражнений, ведь негативное состояние этих параметров может существенно увеличить вероятность получения травм различной степени тяжести. Поэтому очень важно следить за состоянием таких сооружений.

Следует отметить, что дисциплина «Физическая культура» является обязательной в школах и в высших учебных заведениях многих стран мира, в том числе и в России. В настоящее время на территории страны функционируют около 40000 тыс. школ и 742 вуза. Согласно СП 278.1325800.2016 «Здания образовательных организаций высшего образования. Правила проектирования» и СП 251.1325800.2016 «Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования» каждое высшее образовательное учреждение и каждая школа должны быть обеспечены спортивными объектами, которые обязаны позволять безопасно проводить спортивные занятия. Но, к сожалению, некоторые учебные заведения, особенно школы, относятся достаточно халатно к таким требованиям, чему свидетельствует официальная статистика Росстата: по состоянию на 2020 год около 20% от общего количества школ России требуют косметический ремонт объектов, расположенных на территории школы, в том числе спортивных сооружений. В свою очередь, 1,5% школ в России требуют капитального ремонта, в том числе спортивных сооружений таких школ [3].

Что касается высших учебных сооружений, то, по данным Росстата, практически во всех вузах спор-

тивные объекты в надлежащем состоянии, но при этом необходимо дальше анализировать безопасность спортобъектов на территории вузов, поскольку студенты при занятии физической культурой выполняют более сложные упражнения, чем учащиеся школ.

В настоящее время проверка состояния спортивных учреждений в России осуществляется специализированной комиссией. Такая проверка является периодической и проходит раз в несколько лет. Данный метод является обязательным и неизменным в течение нескольких десятилетий способом аккредитации спортивных объектов. В данном исследовании предлагается применение другого более современного способа проверки безопасности спортивных сооружений – трехмерное лазерное сканирование.

Трехмерное лазерное сканирование – это съемочная система, которая измеряет с высокой скоростью расстояния, вертикальные и горизонтальные углы. Результатом трехмерного лазерного сканирования является облако точек, по которому в дальнейшем отрисовываются различные объекты [7]. Лазерное сканирование по типу применяемого оборудования подразделяется на воздушное, которое в основном выполняется при помощи беспилотных летательных аппаратов, наземное и мобильное [1,2,6]. Лазерное сканирование нашло свое место во многих отраслях деятельности человека, и чаще всего данная технология применяется в следующих сферах деятельности:

- Мониторинг деформаций зданий и сооружений;
- Инженерно-геодезические изыскания;
- Маркшейдерское сопровождение буровых и взрывных работ;
- Фиксация ДТП, мест преступлений и т.д. [9–11].

Лазерные сканеры также применяются при строительстве спорткомплексов и сооружений, но в данной научной работе будут исследоваться перспективы применения лазерных сканеров для мониторинга состояния беговых дорожек на спортивных стадионах [4–8].

**Цель исследования** – проанализировать перспективы применения трехмерного лазерного сканирования при мониторинге безопасности беговых дорожек на спортивных легкоатлетических стадионах.

### Задачи исследования:

1. Проанализировать на основе статистических данных уровень безопасности спортивных сооружений, находящихся на территории образовательных учреждений;
2. Исследовать существующие методы аккредитации спортивных сооружений;
3. Применить лазерное сканирование на конкретном спортивном сооружении для выявления соответствия или несоответствия характеристик данного сооружения существующим нормативам безопасности для спортивных объектов;



Рис. 1. Легкоатлетический стадион Кубанского государственного технологического университета

4. Сделать выводы о перспективах применения лазерного сканирования для обеспечения безопасности спортивных сооружений.

### МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для проверки безопасности беговых дорожек был выбран легкоатлетический стадион Кубанского государственного технологического университета (КубГТУ), находящийся по адресу: г. Краснодар, ул. Московская, д. 2. Фотография стадиона представлена на рис. 1.

Сканирование проводилось лазерным сканером «Leica ScanStation C10». Фотография используемого сканера представлена на рис. 2.

При сканировании стадиона Кубанского государственного технологического университета научно-исследовательской группой была задана дискретность 10x10 см, выдержка – 64 с., разрешение



Рис. 2. Лазерный сканер «Leica ScanStation C10»

1920x1920 пикселей, область охвата сканирования составляла 360x270°, сканирование производилось с 6 станций. После проведения сканирования облако точек было загружено в программное обеспечение «Leica Cyclone» для дальнейшей отрисовки объектов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Отрисованный стадион в ПО «Leica Cyclone» представлен на рис. 3.

После отрисовки стадиона была произведена классификация точек беговой дорожки стадиона по высоте. Каждому значению высоты присваивалась определенная цветовая гамма. Массив точек с цветами, отражающими их высоту, представлен на рис. 4.

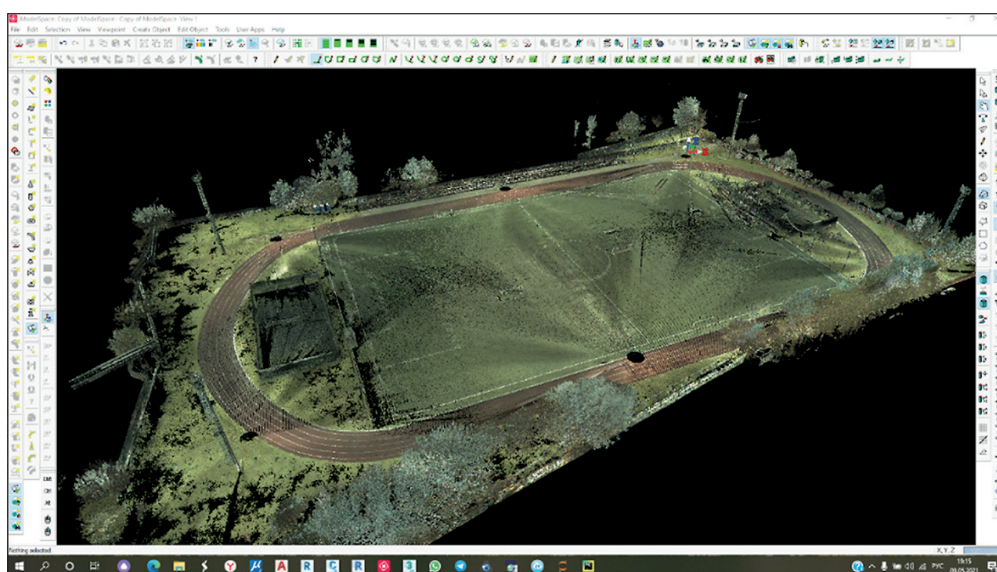


Рис. 3. Обработанное облако точек в ПО Leica Cyclone

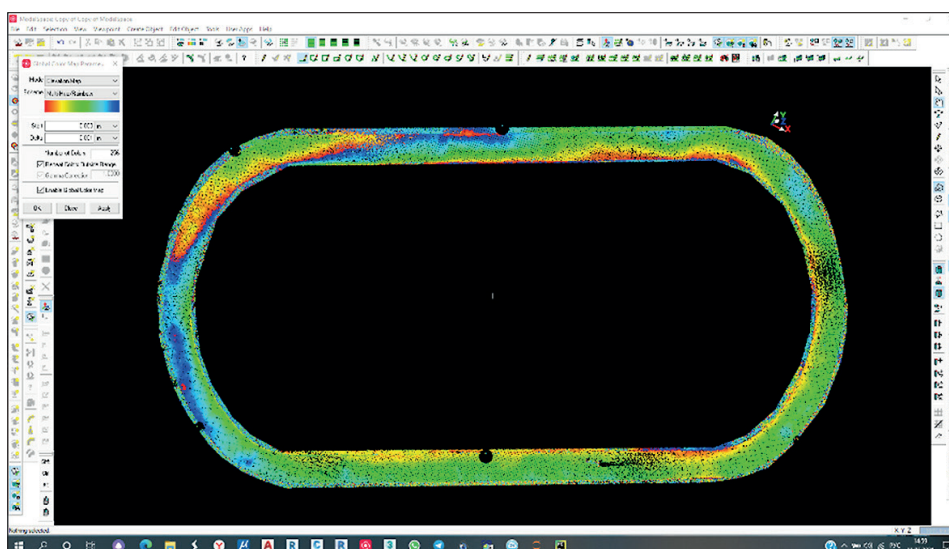


Рис. 4. Отрисованное облако, точки которого были классифицированы по высоте в ПО «Leica Cyclone»

Следует отметить, что цвета отражают следующие значения высоты:

- зеленый — 0–2 мм;
- синий — 2–3 мм;
- желтый — 3–5 мм;
- оранжевый — 5–7 мм;
- красный — 7–8 мм;
- черный — 8–9 мм.

Согласно ГОСТ Р 55529-2013 «Объекты спорта. Требования безопасности при проведении спортивных и физкультурных мероприятий. Методы испытаний» значение неровностей на беговых дорожках легкоатлетического стадиона должно быть не более 10 мм. Сравнение результатов сканирования с вышеуказанным нормативным документом представлено в табл. 1.

Исходя из информации, полученной после анализа результатов сканирования и требований ранее указанного нормативного документа (табл. 1), следует сделать вывод, что значения неровностей, найденных на легкоатлетическом стадионе КубГТУ, соответствуют ГОСТ Р 55529-2013, и тем самым данный

спортивный объект позволяет безопасно заниматься физическими упражнениями.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное исследование позволяет сделать вывод, что метод анализа состояния объектов спортивной инфраструктуры с помощью трехмерного лазерного наземного сканирования является достаточно перспективным и эффективным. Сканирование делает возможной сплошную съемку различных объектов со значительной скоростью и позволяет за малое время осуществлять значительный объем измерений с высокой точностью и информативностью.

В данной статье рассмотрены использование системы наземного лазерного сканирования как одного из методов наблюдения за деформациями с целью контроля состояния объектов спортивной инфраструктуры, процесс проведения полевой съемки на примере легкоатлетического стадиона Кубанского государственного технологического университета

Таблица 1

Сравнение результатов сканирования с требованиями ГОСТ Р 55529-2013

Цвет точек	Величина неровностей, мм	Соблюдены ли требования ГОСТ Р 55529-2013
Зеленый	0–2	да
Синий	2–3	да
Желтый	3–5	да
Оранжевый	5–7	да
Красный	7–8	да
Черный	8–9	да

в г. Краснодаре и выполнение обработки данных трехмерного лазерного сканирования в специализированном программном обеспечении.

В заключение можно отметить несколько преимуществ системы наземного лазерного сканирования:

1. Мгновенная трехмерная визуализация.
2. Технология процесса выполнения работ интуитивно понятна.
3. Высокая точность.
4. Быстрый сбор данных.
5. Выявление деформаций на ранних стадиях эксплуатации объекта.
6. Информативность [9].

Материальные затраты по сбору данных и моделированию объектов инфраструктуры методами наземного лазерного сканирования на небольших участках и объектах значительно превышают классические методы съемки. На сегодняшний день преимущества лазерного сканирования позволяют избежать дополнительных расходов на этапах проектирования и эксплуатации объектов инфраструктуры [10, 11]. Более того, ввиду постоянного развития научно-технического прогресса ожидается снижение стоимости оборудования для сканирования, что в ближайшие годы сделает его более применимым даже для менее значимых инфраструктурных объектов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гура Д.А., Дубенко В.Ю., Бучацкий П.Ю., Марковский И.Г., Хушт Н.И. Мониторинг сложных объектов инфраструктуры // Вестник Адыгейского государственного университета. Раздел «Технические науки». Выпуск 4 (251) 2019.
2. Хашпакаев Н.О., Грибкова И.С. Применение лазерного сканирования в землеустройстве и кадастрах. Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2017. № 9. С. 27–35.
3. D. Gura, S. Samarin, D. Bespiatchuk, N. Khushst, S. Pshidatok /Sustainable development of society and a city based on safe infrastructure facilities // E3S Web of Conferences : 1, Yekaterinburg, 28–29 сентября 2020 года. – Yekaterinburg, 2020. – P. 06018. – DOI: [10.1051/e3sconf/202020806018](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020806018).
4. C. Koch, K. Georgieva, V. Kasireddy, B. Akinci, P. Fieguth / A review on computer vision based defect detection and condition assessment of concrete and asphalt civil infrastructure // Advanced Engineering Informatics. 2015. Vol. 29, No. 2. P. 196–210.
5. Емельянов М.В. Информационная технология проектирования систем мониторинга зданий и сооружений // Вестник Дагестанского государственного технологического университета. Технические науки. – 2019. – Т. 46, № 1. – С. 123–131.
6. Р.А. Дьяченко, Д.А. Гура, Д.А. Беспятчук С.В. Самарин, П.А. Косолапов / Анализ программного обеспечения для обработки результатов лазерного сканирования // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского: Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции, Краснодар, 23–24 декабря 2020 года. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский Дом – Юг», 2021. – С. 485–493.
7. Гура, Д. Основы мониторинга объектов транспортной инфраструктуры / Д. Гура, Н. Хушт, И. Марковский. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2021. – 159 с. – ISBN 978-5-8333-0971-1.
8. Гура Д.А., Кирюникова Н.М., Лесовая Э.Д., Хушт Н.И., Павлюкова А.П. // Система наблюдений за состоянием объектов инфраструктуры // Вестник Дагестанского государственного технического университета, 2020. Т. 47. № 3. – С. 49–59.
9. Сидоренко Ю.А., Цветкова Н.Ю. Проблемы мониторинга состояния объектов транспортной инфраструктуры // Интерактивная наука. – 2016. – № 2. – С. 151–154.
10. Дерюгин П.В. Богачёва Л.А. Перспективное развитие систем диагностики, мониторинга и обслуживания объектов транспортной инфраструктуры // Материалы IV Международной студенческой научно-практической конференции. – 2016. – С. 14–16.
11. Грибкова И.С., Лесовая Э.Д., Кирюникова Н.М., Тюпёнькова Г.Е., Гура Д.А. Геоинформационная система как аспект создания условий для безбарьерного туризма и занятий адаптивным спортом для людей с ограниченными возможностями здоровья. Адаптивная физическая культура. 2020. Т. 84. № 4. С. 44–47.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Гура Дмитрий Андреевич**, доцент кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет; доцент кафедры геодезии, Кубанский государственный аграрный университет; г. Краснодар, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2748-9622>, e-mail: [gda-kuban@mail.ru](mailto:gda-kuban@mail.ru)

**Беспятчук Дарья Андреевна**, учебный мастер кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6711-385X>, e-mail: [dbespyatchuk99@mail.ru](mailto:dbespyatchuk99@mail.ru)

**Самарин Сергей Владимирович**, учебный мастер кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5431-7351>, e-mail: [sierghiei222@mail.ru](mailto:sierghiei222@mail.ru)

**Кирюникова Надежда Максимовна**, инженер кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8020-768X>, e-mail: [kiryunikovaa2001@yandex.ru](mailto:kiryunikovaa2001@yandex.ru)

**Лесовая Элина Дмитриевна**, инженер кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4383-4828>, e-mail: [elyaaa\\_l29102000@mail.ru](mailto:elyaaa_l29102000@mail.ru)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 29.06.2021.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 21.07.2021.

Статья принята к публикации: 23.07.2021.