

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

В.Л. Шаповалов (Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону)

В 2003 г. окончил строительный факультет Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС) по специальности «строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство». После окончания университета работает в РГУПС, в настоящее время — доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство».

М.В. Окост (Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону)

В 2002 г. окончил строительный факультет Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС) по специальности «строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство». После окончания университета работает в РГУПС, в настоящее время — доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство».

А.В. Морозов (Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону)

В 2007 г. окончил магистратуру Южного федерального университета (Ростов-на-Дону) по специальности «физика». После окончания университета работает в РГУПС, в настоящее время — доцент кафедры «Физика».

Высокое качество инженерных конструкций может быть достигнуто за счет применения инновационных решений на всех стадиях проектирования и строительства. Такие решения могут быть основаны на высокоточных данных, полученных с использованием современной измерительной аппаратуры.

История Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС) началась 30 мая 1929 г. Первоначально вуз получил название Механический институт транспорта, а 12 июля 1929 г. был переименован в Ростовский институт инженеров путей сообщения (РИИПС). Первый набор состоялся 1 октября 1929 г. на трех факультетах: железнодорожном, водном и автомобильном. В институт было принято 292 студента. 29 декабря 1934 г. РИИПС был преобразован в Ростовский институт инженеров железнодорожного транспорта. В 1993 г. вуз получил новый статус — «университет», и стал

именоваться Ростовский государственный университет путей сообщения. В настоящее время университет является крупнейшим образовательным комплексом с высококвалифицированным профессорско-преподавательским составом, современ-

ной учебно-лабораторной и социальной базой (рис. 1).

На базе университета в 2011 г. был создан научно-образовательный центр (НОЦ) «Диагностика объектов инженерной инфраструктуры», имеющий аккредитованную науч-



Рис. 1

Ростовский государственный университет путей сообщения

но-исследовательскую испытательную лабораторию «Испытания и мониторинг в гражданском и транспортном строительстве» (№ РООС RU.0001.21CH55).

НОЦ принимал активное участие в проектировании и строительстве транспортной инфраструктуры XXII Олимпийских зимних игр в Сочи. Сотрудники и студенты университета выполняли инженерные изыскания для разработки проектов реконструкции и строительства железнодорожного пути, транспортных тоннелей, комплексное обследование защитных сооружений. Разработанные сотрудниками НОЦ компьютерные модели течения реки Мзымта использовались при проектировании берегозащитных сооружений в районе железнодорожной станции Эсто-Садок [1]. Конструкции берегозащитных сооружений, разработанные при участии сотрудников университета, были применены при строительстве новой совмещенной автомобильной и железной дороги Адлер — Альпика-Сервис.

Для повышения безопасности перевозок разработана и находится в опытной эксплуатации в районе железнодорожной станции Мацеста система сигнализации оползнеопасных склонов, способная реагировать на изменения состояния склонов и предупреждать диспетчеров и аварийные службы, а при необходимости — выдавать сигнал для остановки движения железнодорожного транспорта. В настоящее время ведутся фундаментальные исследования по разработке новых многофункциональных материалов. Для этого применяются компьютерные технологии, программы для расчета и моделирования химических свойств веществ на основе квантовой механики и современные спектроскопические методы. Это позволит и в даль-

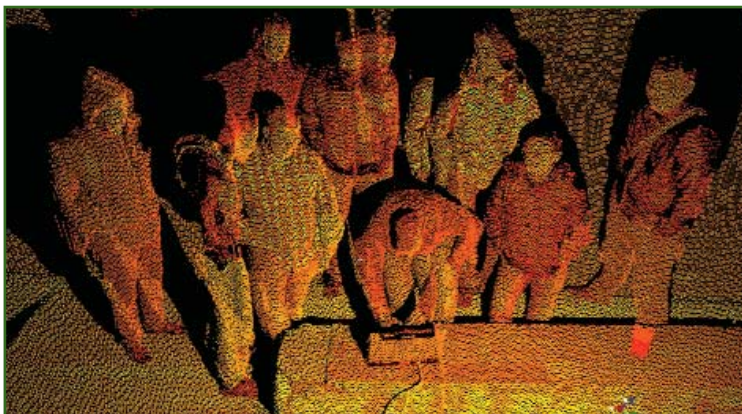


Рис. 2

Изучение студентами строительных специальностей РГУПС технологии наземного лазерного сканирования

нейшем разрабатывать эффективные технологии для всего транспортного комплекса.

На базе НОЦ созданы конструкторские кружки, где студенты вместе с сотрудниками центра занимаются научно-исследовательской деятельностью и получают опыт, необходимый на производстве после окончания университета (рис. 2).

Одним из перспективных направлений, осваиваемых в РГУПС, является технология наземного лазерного сканирования.

Средства наземного лазерного сканирования появились в России относительно недавно (порядка 10 лет назад), но за прошедшее время этот метод измерений нашел применение в научной и производственной деятельности во многих сферах.

Наземное лазерное сканирование хорошо зарекомендовало себя в горной и нефтегазовой промышленности, при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, а также в архитектуре. На горных предприятиях данная технология позволяет маркшейдерским службам оперативно определять объемы горных выработок, создавать цифровые модели открытых карьеров и подземных работ месторождений, осуществлять их мониторинг, сопровождать буровые и взрывные

работы. В нефтегазовой промышленности по результатам лазерного сканирования создаются цифровые модели сложного технологического оборудования и объектов для их паспортизации и дальнейшей модернизации. Технология наземного лазерного сканирования дает возможность получать надежные результаты при исполнительной съемке в процессе строительства, а при эксплуатации инженерных сооружений осуществлять мониторинг геометрических параметров отдельных промышленных установок и объекта в целом, восстанавливать утраченную строительную документацию и обновлять генплан территории. В архитектуре результаты лазерного сканирования незаменимы при создании чертежей фасадов зданий и трехмерных моделей памятников и объектов, имеющих историческое и культурное значение.

Особый интерес вызывает возможность применения лазерного сканирования на железных дорогах. Например, по результатам сканирования можно:

- определять геометрические параметры железнодорожного пути (ширину колеи, превышение высот между рельсами, отклонение рельс в плане и их просадки по высоте);

- выполнять проверку габарита приближения строений;

— измерять пространственное положение элементов контактной сети;

— создавать трехмерные модели поверхности земляного полотна (основной площадки, склонов насыпей и выемок) для дальнейших инженерных расчетов.

В отличие от традиционных геодезических методов технология наземного лазерного сканирования имеет ряд преимуществ. Основным из них можно считать ее высокую производительность: современные сканирующие системы определяют пространственные координаты более 1 миллиона точек в секунду, что значительно сокращает время полевых измерений. При этом автоматизация измерений облегчает работу оператора с прибором.

Кроме того, к преимуществам данной технологии можно отнести следующие возможности:

— определение относительных и абсолютных пространственных координат точек объекта;

— выполнение трехмерной визуализации полученной информации;

— высокая точность измерений (до нескольких миллиметров) и как следствие высокая степень детализации;

— создание фотографической панорамы местности параллельно со сканированием;

— многоцелевое использование результатов лазерного сканирования.

Для успешного решения большинства инженерных задач, которые стоят перед сотрудниками НОЦ, необходимы точные пространственные геометрические параметры железнодорожного полотна, различных конструкций и прилегающего рельефа. Получение такой информации в некоторых случаях весьма затруднительно, а топографо-геодезическая съемка достаточно трудоемка.

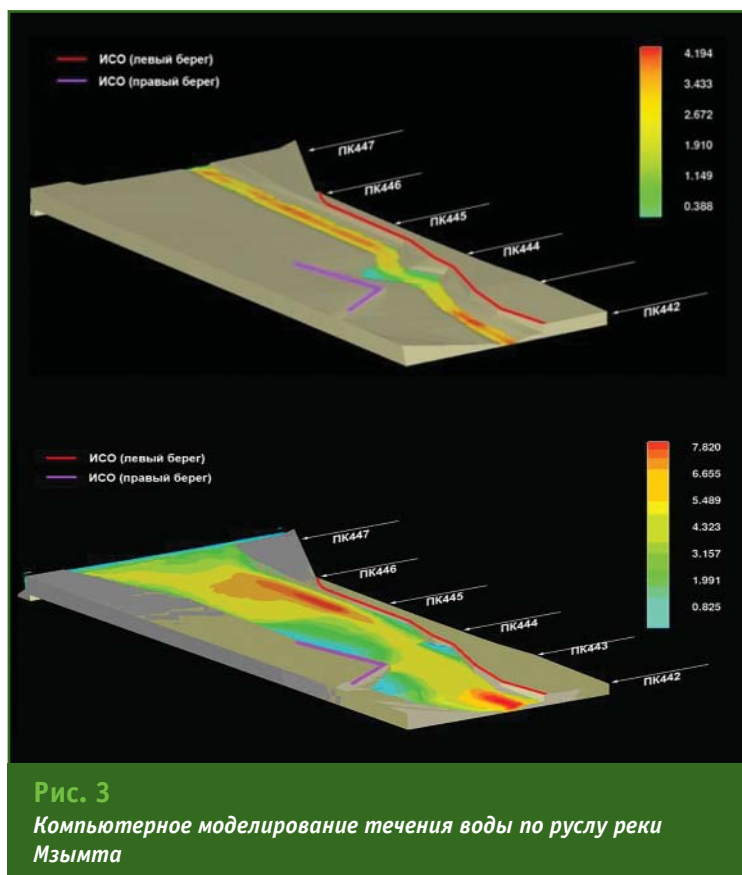
В качестве примера приведем результаты компьютерного моделирования течения воды по руслу реки Мзымта на одном из участков строительства олимпийских объектов (рис. 3). «Штатный» режим течения воды показан на рис. 3 (вверху), а режим пиковых сбросов паводковых вод — на рис. 3 (внизу). Созданная модель позволила определить скорость течения воды на различных участках русла [1]. Такая информация необходима при проектировании укрепительных сооружений.

Применение метода лазерного сканирования в значительной степени позволяет сократить время на создание трехмерных моделей для таких расчетов, а также повысить адекватность (надежность) расчетов в виду использования более точных трехмерных моделей.

Поэтому в 2013 г. университет закупил лазерный сканер Leica ScanStation C10 (Leica Geosystems, Швейцария). Основной целью приобретения

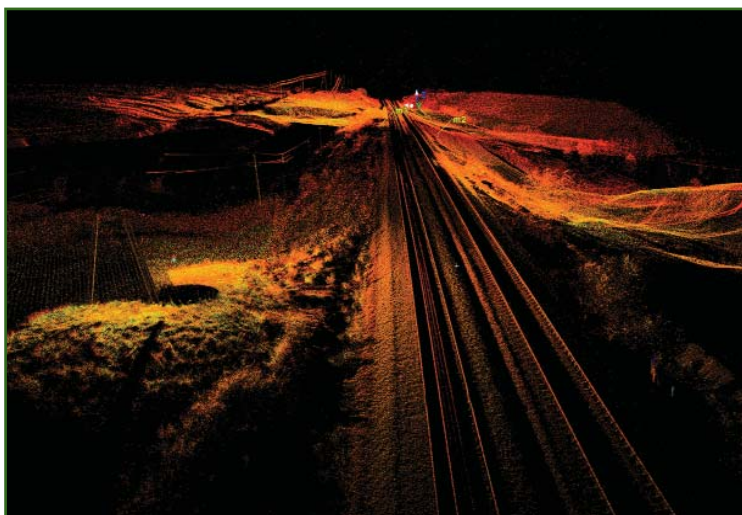
этого прибора являлось создание по результатам наземного лазерного сканирования пространственных моделей объектов железнодорожного транспорта. Эти модели послужат основой для формирования математических моделей воздействия на конструктивные элементы прилегающей инфраструктуры динамических нагрузок, возникающих при проезде железнодорожных составов, и постоянно изменяющихся факторов природно-климатической среды.

Рассмотрим эффективность метода лазерного сканирования на конкретном примере. На 46 км участка Лихая-Морозовская Северо-Кавказской железной дороги имеется насыпь высотой 15 м, которая отсыпана еще в 1898 г. (рис. 4). Впервые деформации насыпи проявились в 1944 г. В январе 1950 г. в результате обследования было выявлено балластное ложе и как следствие переувлажнение грунта, слагающего тело насыпи. При стабилизации конструк-



**Рис. 4**

Железнодорожная насыпь участка Лихая-Морозовская Северо-Кавказской железной дороги

**Рис. 5**

Результаты лазерного сканирования

ции объекта с отсыпкой контрбанкета в 1984 г. в трубе на 46 км ПК 7 было выполнено удлинение выходного оголовка на 7 м. С марта 2006 г. активизировались деформации четного пути в виде осадок и перекосов. С этого времени было организовано постоянное инструментальное наблюдение за развитием деформаций.

С 2009 г. ежегодно на данном объекте в весенний и летний периоды сотрудники и студенты университета выполняют геодезические измерения и инженерно-геологические исследования [2]. По результатам этих работ и диагностики земляного полотна были предложены мероприятия по его укреплению и

стабилизации, однако реконструкция участка железной дороги проведена не была, и в мае 2010 г. по четному пути произошел сход грунтовых масс объемом более 5000 м³. После этого насыпь была восстановлена, но деформации на ней не прекратились.

Для обеспечения безопасности движения железнодорожного транспорта на данном участке на основе комплексного анализа была создана математическая прогнозная модель, способная оценивать устойчивость насыпи под воздействием динамических нагрузок вследствие движения железнодорожных составов и факторов природно-климатической среды. Модель

была упрощенной, поскольку не в полной мере описывала геометрические параметры объекта. В 2013 г. были выполнены измерения с применением наземного лазерного сканера. Полученные «облака точек» были объединены в единый проект, при этом предельная погрешность взаимного положения отдельных точек не превысила 1 мм (рис. 5). На основе этих результатов были уточнены параметры математической модели, что позволило повысить точность моделирования и определить критические значения параметров внешних воздействий.

Кроме того, по результатам наземного лазерного сканирования был получен высокоточный топографический план участка и построены поперечные и продольные профили.

Перспективой развития данного направления представляется совместное применение методов наземного и воздушного лазерного сканирования для формирования цифровых планов и карт железнодорожного пути и всех элементов прилегающей инфраструктуры.

▼ Список литературы

1. Хакиев З.Б., Кругликов А.А., Явна В.А. Моделирование гидрологического режима реки Мзымта // Инженерные изыскания. — 2011. — № 10. — С. 58–60.
2. Кругликов А.А., Лазоренко Г.И., Шаповалов В.Л., Хакиев З.Б., Явна В.А. Компьютерное моделирование распространения акустических колебаний в насыпях железных дорог // Вестник РГУПС. — 2012. — № 3. — С. 135–140.

RESUME

Recently, the terrestrial laser scanning technologies including those for railways are widely implemented and used. The paper presents the capabilities together with the experience of defining geometric parameters of the railway infrastructure objects. The data obtained is used for computer simulation and forming digital plans and maps of railway track.