

МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРЕМИУМ КЛАССА TRIMBLE MX9 В РОССИИ

С.Н. Ерохин («Технокауф»)

В 2003 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания университета работал в ЗАО НПП «НАВГЕОКОМ». С 2010 г. работает в компании ООО «Технокауф», в настоящее время — руководитель службы технической поддержки.

В 2018 г. компания Trimble представила новую мобильную систему лазерного сканирования Trimble MX9 (далее — система Trimble MX9), позволяющую осуществлять сбор и визуализацию геопространственных данных. В начале 2019 г., благодаря ООО «Руснавгеосеть» (официальный дистрибьютор и дочерняя компания Trimble), данная система стала доступна в России для проведения полевого тестирования, сравнительных испытаний и демонстрации потенциальным заказчикам. В статье приводятся области применения, основные технические характеристики и результаты тестирования системы Trimble MX9, проведенного специалистами ООО «Технокауф» совместно с сотрудниками ФАУ «РОСДОРНИИ».

▼ Области применения Trimble MX9

Мобильная система лазерного сканирования Trimble MX9 имеет широкий спектр применения. Например, она может использоваться для картографирования объектов местности и протяженных инженерных сооружений с целью инженерно-геодезических изысканий при выполнении крупных проектов или при создании и обновлении ГИС-проектов, про-

ведения крупномасштабных топографических съемок и решения инженеринговых задач на всех этапах от проектирования до мониторинга объектов и их контроля во время эксплуатации. При этом система Trimble MX9, обладающая возможностью сканирования со скоростью 2 млн точек в секунду, помогает реализовывать задачи в данных направлениях не только точно, но и быстро. Особенностью системы является то, что это законченное решение для лазерного сканирования, сочетающее в себе уникальное современное оборудование, интуитивно понятное полевое программное обеспечение Trimble Mobile Imaging (TMI) и надежное программное обеспечение для постобработки данных Trimble Business Center Mobile Mapping Bundle (TBC MMB).

Наиболее часто подобные системы применяют для сканирования протяженных линейных объектов, например автомобильных и железных дорог, объектов инфраструктуры нефтяных и газовых транспортных систем, линий электропередачи при их реконструкции или инвентаризации. Также метод лазерного сканирования с помощью мобильных систем позволяет быстро получать данные о площадных объектах,

например, при добыче полезных ископаемых на открытых карьерах, угольных разрезах, с целью подсчета выполненных объемов работ, а также мониторинга их состояния и оценки возможных изменений техногенного характера.

Применительно к съемке автомобильных дорог данные лазерного сканирования используются для создания цифровых моделей дорог при диагностике и инженерных изысканиях, контроле целостности и оценки качества дорожного полотна и разметки на нем, инвентаризации объектов дорожного хозяйства и прилегающей инфраструктуры, создания топографической основы перед реконструкцией или при выполнении исполнительной съемки. Результатом лазерного сканирования являются, прежде всего, облака точек в цвете и цифровые фотоизображения. Облака точек содержат лазерные отражения от дорожного полотна, искусственных и природных объектов в полосе сканирования. Среди преимуществ такой съемки стоит отметить:

— высокую производительность полевых измерений, позволяющих координировать всю дорожную ситуацию;

— отсутствие необходимости остановок;

— дистанционный сбор информации о состоянии дорожного полотна и объектов инфраструктуры, обеспечивающий безопасность работ;

— возможность в камеральных условиях проводить измерения в облаке точек, например, для определения размеров искусственных сооружений на автомобильных дорогах (высоты пролетов и других габаритов мостов, пешеходных переходов, информационных щитов о скоростном режиме на дороге и т. п.), и просматривать панорамные фотоизображения.

Система Trimble MX9 может устанавливаться на различные типы транспортных средств, такие как автомобили, подвижные составы железных дорог, квадроциклы, суда (плавсредства) и даже самоходные установки. При движении транспортного средства одновременно выполняется сканирование прилегающей территории и позиционирование траектории движения, что обеспечивает получение трехмерного массива точек лазерных отражений с их пространственной привязкой — геопространственных данных. За счет совмещения геопространственных данных, получаемых системой Trimble MX9, в которой реализованы технологии лазерного сканирования, цифровой фотограмметрии, точного спутникового позиционирования и анализа изображений, при обработке в офисных программах достигается комплексное преобразование всех данных в единую универсальную информационную систему. Использование такой информационной системы позволяет в десятки раз повысить производительность и эффективность работ, выполняемых различными организациями, включая изыскательские, проектные, строительные и ГИС ориентированные сервисные компании, государственные и

муниципальные организации, коммунальные и транспортные предприятия.

▼ Основные технические характеристики системы Trimble MX9

Рассмотрим подробнее конструкцию мобильной системы лазерного сканирования Trimble MX9. Она включает два лазерных сканера с максимальной частотой сканирования 1 млн точек в секунду каждый (рис. 1). Имеется возможность фиксации сканеров в одном из трех положений по горизонтали и по вертикали, которые указываются в настройках программы. Исполнитель может выбрать такое их положение, при котором гарантируется наиболее эффективный сбор данных и расширяется потенциал применения системы. При максимальной частоте сканирования дальность измерения лазерным сканером пространственного положения отдельной точки достигает 235 м. С понижением частоты сканирования расстояние увеличивается до 420 м.

Точность измерения взаимного положения простран-

ственных координат точек в облаке составляет 5 мм, повторяемость — 3 мм. Для пространственного позиционирования (геопространственной привязки) в системе Trimble MX9 имеется высокоточная инерциальная система навигации Applanix AP60. С помощью интегрированной системы, включающей приемник ГНСС и инерциальную навигационную систему, точность измерения пространственного положения и ориентации достигает, соответственно, 1 см и 0,0025 град. Для повышения точности навигации предусмотрена возможность подключения второй антенны GAMS (GNSS Azimuth Measurement System) и датчика пройденного пути DMI (Distance Measuring Instrument).

Цифровая панорамная камера LadyBug 5 Plus (рис. 2) позволяет получать 360-градусные бесшовные изображения. Она обладает матрицами с улучшенной светочувствительностью, которые повышают качество изображений в условиях недостаточной освещенности. Наличие такой камеры позволяет



Рис. 1

Общий вид системы Trimble MX9 со стороны лазерных сканеров



Рис. 2
Общий вид системы Trimble MX9 со стороны боковых цифровых камер

получать цветные изображения в формате RGB для окрашивания облаков точек, создавать реалистичные трехмерные модели снимаемых объектов, собирать дополнительную атрибутивную информацию. Система Trimble MX9 также оснащена тремя дополнительными цифровыми камерами с разрешением 5 Мпикселей. Две боковые камеры (рис. 2) имеют поворотную конструкцию для их установки в направлении снимаемых объектов. Третья камера зафиксирована в направлении вниз-назад для съемки дорожного покрытия.

Система Trimble MX9 позволяет интегрировать данные, полученные с помощью оборудования и датчиков различных производителей, посредством передачи метки времени (PPS) и пространственных координат (сообщение в формате NMEA).

Мобильная система лазерного сканирования Trimble MX9 построена по принципу «включил — работай» и поставляется с калибровками, выполненными

ми в заводских условиях, поэтому в нормальных условиях эксплуатации (заявленных производителем) не требует каких-либо корректировок от пользователя.

▼ Результаты тестовых испытаний в России

Первыми из партнеров ООО «Руснавгеосеть» с работой системы Trimble MX9 в России познакомились сотрудники компании «Технокауф». Заявленные производителем технические показатели системы заинтересовали не только представителей ООО «Технокауф», но и потенциального заказчика ФАУ «РОСДОРНИИ».

В марте 2019 г. в Краснодарском крае прошли первые полевые испытания по применению системы Trimble MX9 в области инженерных изысканий, строительства и эксплуатации автомобильных дорог с участием сотрудников компании «Технокауф» и РОСДОРНИИ. Целью совместных исследований было определение параметров точности, оценка возможностей и разработка

рациональной методики измерений мобильной системой лазерного сканирования Trimble MX9 при создании цифровых моделей автомобильных дорог на этапах диагностики и инженерных изысканий.

Программой испытаний предусматривалось по облаку точек лазерного сканирования и цифровым изображениям, полученным системой Trimble MX9, проведение оценки точности определения пространственного положения (планового и высотного) элементов обустройства автомобильной дороги и геометрических параметров покрытия.

1. Контролировались следующие элементы обустройства автомобильной дороги:

- искусственные сооружения, а также их наличие и характеристики (местоположение, тип, протяженность и габариты мостов, путепроводов, эстакад, тоннелей; высота бордюров; размеры и состояние водопропускных труб);
- километровые знаки и сигнальные столбики;
- дорожные знаки (дислокация, взаимное расположение, состояние и соответствие нормам и правилам);
- разметка дорожного покрытия (состояние и соответствие нормам и правилам нанесения);
- ограждающие конструкции (место расположения, протяженность, состояние, соответствие нормам и правилам установки);
- освещение;
- примыкания, пересечения с автомобильными и железными дорогами (тип, местоположение, соответствие нормам проектирования);
- автобусные остановки и павильоны, площадки отдыха, остановки и стоянки автомобилей (основные параметры и соответствие нормативным требованиям);

— дополнительные полосы проезжей части и переходные скоростные полосы для увеличения скорости перед въездом автомобилей на основные полосы движения, их параметры и характеристики.

2. Определялись следующие геометрические параметры покрытия автомобильной дороги:

— продольная и поперечная ровности;

— ширина проезжей части, продольные и поперечные уклоны, радиусы кривых в плане и профиле, уклоны виражей и расстояние видимости.

Перед испытаниями на тестовом участке автомобильной дороги общей протяженностью 3 км было закреплено местоположение базовой станции ГНСС и через каждые 300 м заложены контрольные точки. Координаты центров контрольных точек определялись относительно базовой станции традиционными геодезическими методами с применением спутникового приемника Trimble R8s и электронного тахеометра Trimble C5.

Для проведения испытаний система Trimble MX9 была установлена на крыше микроавтобуса марки Volkswagen Caravelle. Монтаж системы проводился в два этапа (рис. 3). Первоначально на стандартный автомобильный багажник, состоящий из двух поперечных рейлингов, устанавливалось специальное крепление (рис. 4). Затем на наклонные элементы этого крепления двумя исполнителями размещалась и жестко фиксировалась система Trimble MX9, сначала в нижней точке, а затем — в верхней, до срабатывания фиксирующих защелок.

Настройка системы и управление процессом съемки осуществлялись с помощью программного обеспечения TMI, входящего в комплект поставки

и предварительно установленного на компьютере. Компьютер был подключен к блоку управления с помощью кабеля (стандартный Ethernet-кабель). Кроме того, он может быть подключен посредством беспроводного соединения (Wi-Fi).

Процесс сбора геопривязанных пространственных данных в системе Trimble MX9 максимально автоматизирован. Программное обеспечение TMI отличается простым и дружелюбным интерфейсом. Функции оператора при измерениях фактически сводились к контролю работы основных модулей. Оператор имел возможность в режиме реального времени наблюдать за качеством навигационного решения, работой камер и лазерных сканеров, причем каждого в отдельности.

Следует отметить, что программное обеспечение TMI позволяет в любой момент останавливать, а затем возобновлять сбор данных. В момент паузы оператор может изменить параметры настройки как цифровых камер, так и сканеров, и продолжить съемку уже с новыми параметрами.

Во время полевых испытаний движение автомобиля с системой Trimble MX9 осуществлялось в плотном транспортном потоке. Было выполнено три проезда по тестовому участку дороги. При первом и втором проездах автомобиль двигался со скоростью 50–60 км/ч. На

третьем проезде скорость автомобиля достигала 80 км/ч. По данным производителя максимальная скорость транспортного средства во время съемки может составлять 110 км/ч.

Общая схема работы в процессе каждого проезда была следующей:

1. Включение системы.
2. Первичная инициализация.
3. Проезд по тестовому участку в двух направлениях (туда и обратно).
4. Заключительная инициализация.
5. Выключение системы.

Для инициализации системы была выбрана удобная площадка вблизи тестового участка. После каждого проезда система полностью выключалась и



Рис. 3 Система Trimble MX9, установленная на крыше автомобиля

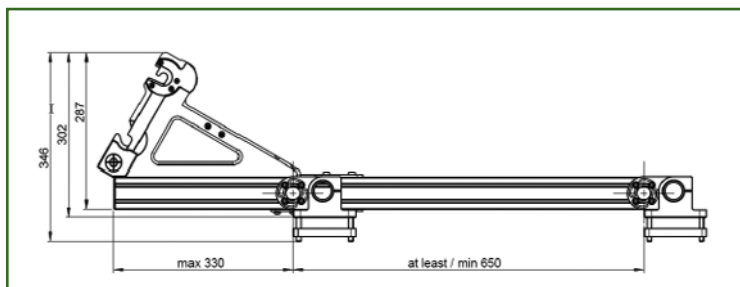


Рис. 4 Специальное крепление для установки системы Trimble MX9 на крыше автомобиля (размеры приведены в мм)

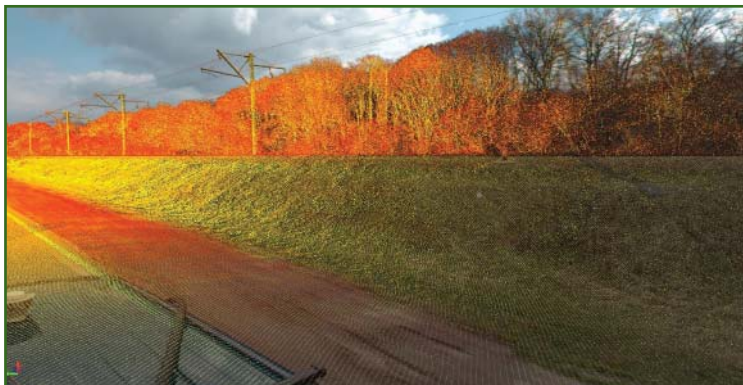


Рис. 5

Облако точек, совмещенное с изображениями, полученными панорамной камерой



Рис. 6

Окрашенные облака точек участка автомобильной дороги по данным панорамной камеры

перед началом следующего проезда запускалась заново. Сбор данных с помощью цифровых камер и лазерных сканеров запускался в начале тестового участка и останавливался при окончании проезда. Сбор навигационных данных осуществлялся непрерывно от момента начала первичной инициализации до завершения заключительной.

Первым этапом камеральной обработки было вычисление точной траектории движения автомобиля, выполнявшееся в программе Applanix POSPac MMS. Вычисление траектории осуществлялось от базовой станции, которая работала непрерывно во время испытаний на тестовом участке дороги.

Второй этап камеральной обработки заключался в полу-

чении облаков точек в программном обеспечении TBC MMB и дешифрировании контрольных точек по каждому из проездов. После загрузки результатов измерений на тестовом участке системой Trimble MX9 в TBC MMB были получены облака точек, совмещенные с изображениями панорамной камеры (рис. 5), и окрашенные облака точек (рис. 6).

Система Trimble MX9 полностью совместима с программным обеспечением TBC MMB. Благодаря этому, в одном проекте можно объединить данные наземной топографической съемки, выполненной классическими геодезическими инструментами, данные наземных лазерных сканеров, данные мобильной сканирующей системы и т. д.

Оценка параметров, полученных в результате полевых испытаний мобильной системы лазерного сканирования Trimble MX9, подтвердила точностные характеристики данного оборудования, заявленные производителем, и показала простоту и удобство как при ее подготовке к измерениям, так и в процессе сбора данных, включая камеральную обработку, закрепив новые стандарты отрасли.

Компания «Техноауф» выражает благодарность ООО «Руснавгеосеть» и ФАУ «РОСДОРНИИ» за возможность проведения испытаний и оказанную поддержку.

Мобильная система лазерного сканирования Trimble MX9 доступна к демонстрации, заказу и аренде. Приглашаем всех заинтересованных в развитии технологии лазерного сканирования с помощью мобильных систем провести совместные испытания и убедиться в эффективности системы Trimble MX9 при решении задач, рассмотренных в данной статье.