

МЕТОДЫ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ: ПРЕИМУЩЕСТВА ДЛЯ КРУПНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ

(НА ПРИМЕРЕ РАБОТ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ БАЙКАЛО-АМУРСКОЙ
И ТРАНССИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛЕЙ)

METHODS OF LASER SCANNING: UNQUESTIONABLE ADVANTAGES FOR LARGE-SCALE INFRASTRUCTURE PROJECTS

(BY THE EXAMPLE OF WORKS ON MODERNIZATION
OF THE BAIKAL-AMUR AND TRANS-SIBERIAN RAILROADS)

КОВАЧ Н.С.

*Заместитель генерального директора по развитию и работе
с филиалами ООО «Геопроектизискания», г. Москва*

МАКАРОВ А.А.

*Начальник отдела дистанционного зондирования
ООО «Геопроектизискания», г. Москва*

МОШЕВ А.А.

*Начальник отдела лазерного сканирования
ООО «Геопроектизискания», г. Москва*

ХЛЕБУТИН С.Б.

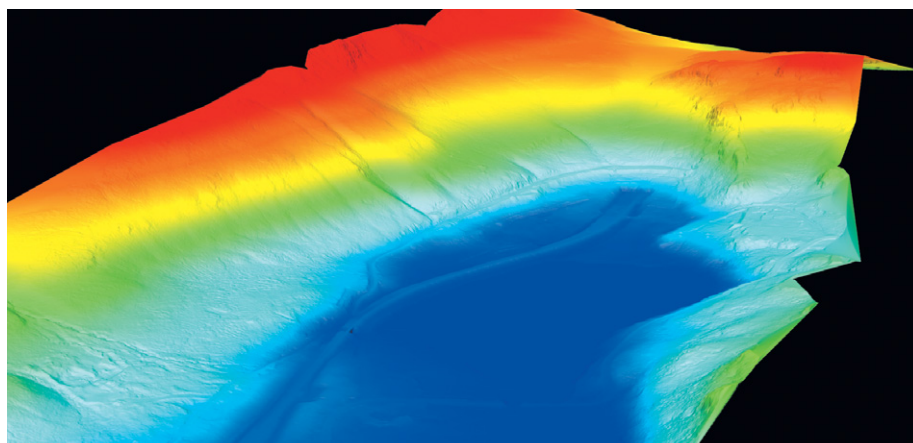
*Инженер отдела дистанционного зондирования
ООО «Геопроектизискания», г. Москва*

Ключевые слова: лазерное сканирование; воздушное лазерное сканирование (ВЛС); мобильное лазерное сканирование (МЛС); единая топографическая основа; Байкало-Амурская магистраль; Транссибирская магистраль; облако точек лазерных отражений; цифровая модель местности (ЦММ); цифровая модель рельефа (ЦМР); ООО «Геопроектизискания».

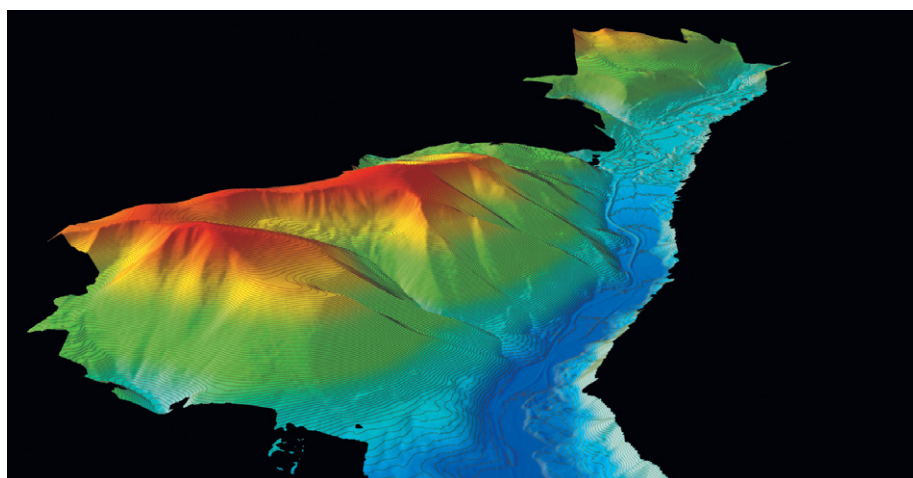
Аннотация: в статье рассмотрены возможности, преимущества и экономическая эффективность совместного применения воздушного и мобильного лазерного сканирования крупных линейных объектов на примере работ, выполненных ООО «Геопроектизискания» на Байкало-Амурской и Транссибирской магистралях для их дальнейшей модернизации.

Key words: laser scanning; aerial laser scanning (ALS); mobile laser scanning (MLS); common topographic base; Baikal-Amur Railroad; Trans-Siberian Railroad; cloud of laser points; digital terrain model (DTM); digital elevation model (DEM); «Geoproektizyskaniya» LLC.

Abstract: the article describes possibilities, advantages and economic efficiency of integrated application of aerial and mobile laser scanning of extensive linear objects by the example of works carried out by the «Geoproektizyskaniya» LLC at the Baikal-Amur and Trans-Siberian Railroads for their further modernization.



БАМ, железнодорожная станция Кодар. Цифровая модель рельефа 3D



БАМ, участок Дабан — Гуджекит. Лавиноопасные участки. Цифровая модель рельефа

¹ Иллюстративный материал, используемый в статье — данные лазерного сканирования и аэрофотосъемки, полученные компанией ООО «Геопроектизискания» на объектах Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей. При проведении работ использовались: аэрозъемочная сканирующая система RIEGL CP-780; мобильная сканирующая система RIEGL VMX-450.

Принимая во внимание всю актуальность и перспективность дальнейшего развития и модернизации БАМ², компания «Геопроектизыскания»³, имеющая солидный опыт работ по лазерному сканированию и обладающая самыми современными комплексами для его осуществления, в мае — июле 2014 года успешно провела работы по воздушно-мобильному лазерному сканированию Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей.

Суммарная протяженность трассы составила 3 400 км, площадь съемки — порядка 340 тыс. га. Аэросъемочные работы проводились на территориях республики Бурятия, Читинской, Амурской областей и Хабаровского края. На горных участках БАМ в районе Дабанского (Байкальского) тоннеля для проектирования комплекса лавинозащитных сооружений дополнительно были отсняты лавинноопасные участки с целью получения актуальной цифровой модели рельефа. Использованная сканирующая система для воздушного лазерного сканирования была оснащена цифровым фотоаппаратом высокого разрешения, что позволило помимо цифровой модели местности получить высококачественные фотоснимки и впоследствии на их основе ортофотопланы всего участка съемки.

Благодаря применению мощного сканирующего оборудования (RIEGL SP-780) и слаженной работе аэросъемочной и геодезической бригад удалось максимально эффективно использовать летное время и погодные условия региона и выполнить огромный объем полевых работ в течение трех месяцев. Это позволило снизить влияние таких неблагоприятных для съемки факторов, как продолжительные дожди или лесные пожары. При проведении же полевых инженерно-геодезических изысканий методами классической геодезии данный проект потребовал не менее 2–3 лет с учетом сезонности.

При выполнении рассматриваемых работ на отдельных перегонах в районе г. Северобайкальска совместно использовались технологии воздушного (ВЛС) и мобильного (МЛС) лазерного сканирования. Например, на участке «ст. Дельбичинда — ст. Кичера» длиной 100 км использовалась одна из самых мощных на сегодня мобильных сканирующих систем — RIEGL VMX-450, смонтированная на железнодорожной

платформе, которая дает возможность одновременного получения как точек лазерного отражения, так и панорамных фотоснимков.

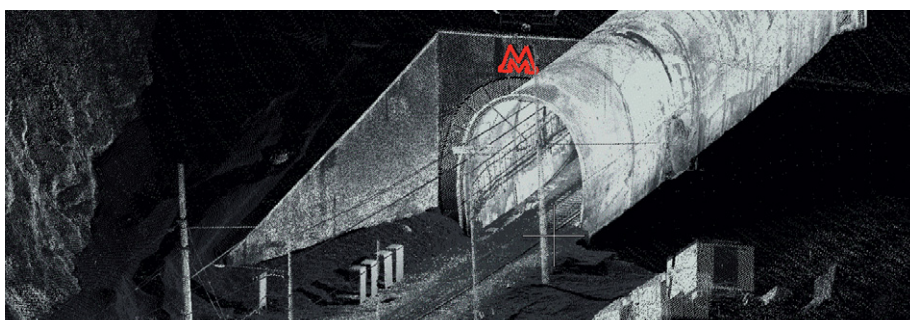
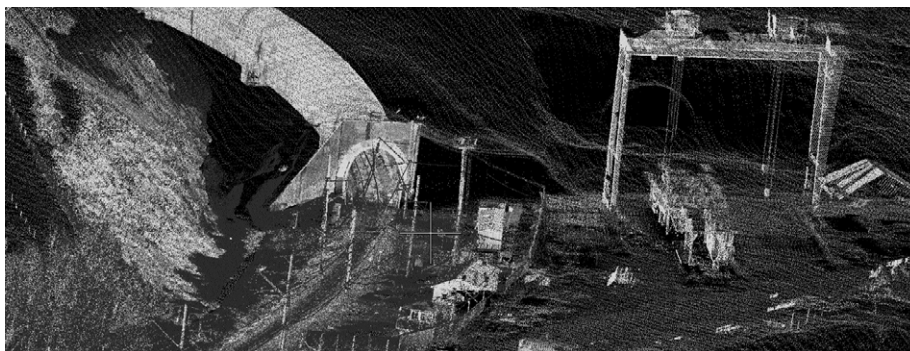
Совмещение данных ВЛС и МЛС позволило получить полную и по-своему уникальную информацию об исследуемой местности, поскольку только при съемке с воздуха есть возможность получить данные о рельефе в коридоре шириной до 1 км даже под густой растительностью и только мобильное сканирование позволяет получать детали мельчайших наземных объектов и инфраструктуры вдоль железнодорожного полотна. Технология совместного сканирования (ВЛС и МЛС) решает большинство вопросов, возникающих при инженерных изысканиях железных дорог. Для получения достоверных результатов с целью составления топографического плана в широкой полосе съемки служат данные ВЛС, которые можно использовать начиная с выбора трассы и заканчивая проектом организации строительства. А с помощью данных МЛС можно

без дополнительных полевых работ производить замеры габаритных величин, наносить отметки искусственных сооружений и дешифровать информацию по железнодорожной инфраструктуре.

Технические характеристики выполненных работ:

- суммарная протяженность маршрута лазерного сканирования трассы — порядка 3,4 тыс. км;
- производительность ВЛС — порядка 56,5 км²/ч;
- детальность ортофотопланов — от 3 до 10 см на земле;
- плотность лазерных данных при ВЛС — 13 точек/м²;
- точность получаемой 3D информации составляет от 1–2 мм до 5–10 см в глобальной системе координат.

Все этапы работ прошли входной и выходной контроль точности и качества данных. После каждого аэросъемочного полета для контроля точности и подтверждения качества работ наземными геодезическими бригадами выполнялись измерения контрольных точек на



Комбинированные данные мобильного и воздушного лазерного сканирования Байкальского тоннеля на перегоне Дельбичинда — Дабан Восточно-Сибирской железной дороги

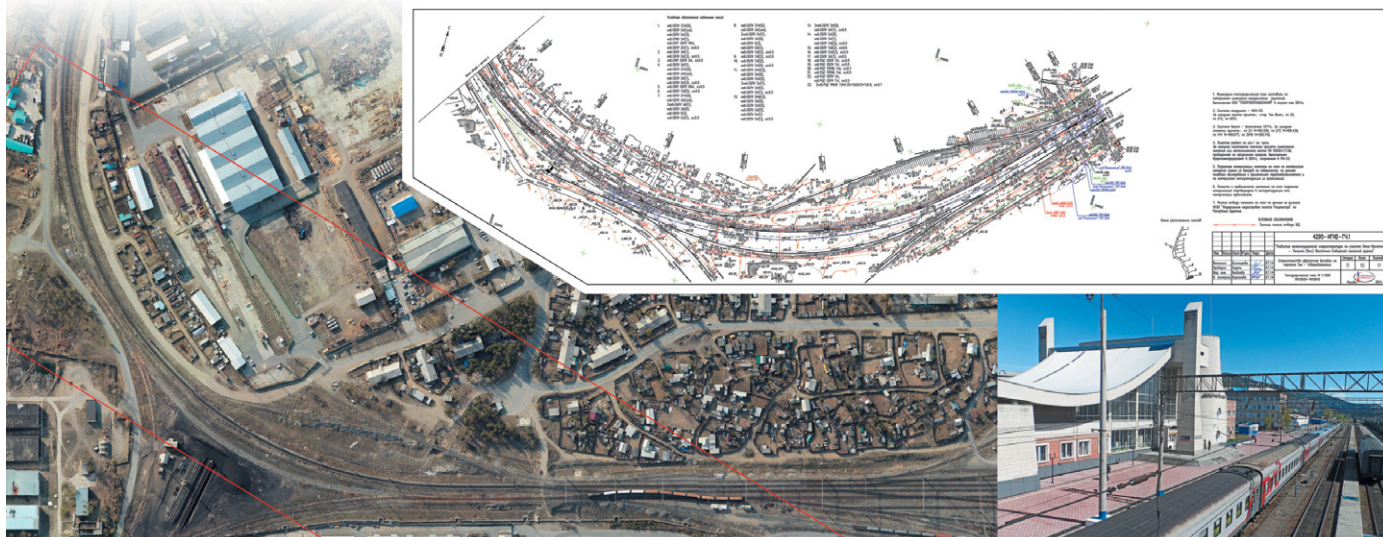
² БАМ — Байкало-Амурская железнодорожная магистраль.

³ ООО «Геопроектизыскания».



СТАНЦИЯ СЕВЕРБАЙКАЛЬСК

ОРТОФОТОПЛАН И ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН М 1:1000 УЧАСТКА ВСЖД В Г.СЕВЕРБАЙКАЛЬСК



БАМ, ст. Севербайкальск. Ортофотоплан и топографический план масштаба 1:1 000



Облако точек лазерных отражений (ТЛО), окрашенное с использованием фотоснимков. данные мобильного лазерного сканирования (ж/д станция Севербайкальск)

четких контурах, видимых на материалах лазерного сканирования в пределах коридора съемки.

Исходные материалы лазерного сканирования (облака точек лазерных отражений и материалы аэрофотосъемки) могут быть использованы для решения следующих задач:

- инженерно-геодезических изысканий;
- создания сверхдетальных цифровых моделей рельефа (ЦМР) с плотностью до 13 и до 1 000 точек/м² при ВЛС и МЛС соответственно;
- получения ортофотопланов местности высокого разрешения;
- создания 3D моделей существующих объектов;
- получения пространственной основы для геоинформационной системы (ГИС);
- создания топографических карт и планов масштабов от 1:500 до 1:10 000;
- получения продольных и поперечных профилей железной дороги;
- создания виртуальных моделей местности.

Комплекс решаемых задач по диагностике и инвентаризации железнодорожных путей с наличием сложной прилегающей инфраструктуры методом МЛС:

- выявление участков деформаций железнодорожного полотна, требующих ремонта или реконструкции;
- обнаружение провисов проводов контактной сети, вычисление их критически опасных величин;
- обнаружение участков деформаций объектов инфраструктуры, обвалов земляного полотна;
- анализ параметров объектов инфраструктуры железных дорог и сопоставление их с нормативными значениями;
- построение продольных и поперечных профилей железнодорожных путей;
- планирование и расчет траекторий движения железнодорожного транспорта;
- инвентаризация объектов железнодорожной инфраструктуры.

Рассмотрим преимущества и экономическую эффективность использова-

ния данных лазерного сканирования для линейных объектов на примере проектирования и реконструкции железных дорог. Детальные и актуальные топографические планы и цифровые модели местности, полученные с помощью воздушного лазерного сканирования на весь коридор съемки (до 1 км), позволяют шире «взглянуть» на объект работ, существенно оптимизируют процесс проектирования и строительства любых объектов железнодорожной инфраструктуры (подземных дорог, линий электропередачи, линий связи, тоннелей, мостов), упрощают процесс логистики во время выполнения проектов.

Использование единой сети базовых станций, увязанных с местными пунктами геодезической сети, позволяет получить все данные воздушного лазерного сканирования в государственных и местных системах координат субъектов РФ. В дальнейшем на любой участок съемки могут быть получены картографические материалы в местных системах координат в масштабах от 1:500 до 1:10 000 в Балтийской системе высот.


Используя материалы лазерного сканирования, заказчик получает единую топографическую основу сразу для всего объекта в единой координатной системе, что позволяет избежать погрешностей и исключает влияние человеческого фактора в случае выполнения работ пофрагментно различными исполнителями. Это в конечном счете позволяет сократить стоимость, объем и сроки выполнения работ.

Данные лазерного сканирования (облака точек лазерных отражений, ЦММ и ЦМР, данные ортофотосъемки) могут

быть использованы для создания GIS-систем, а также в качестве исходной информации для последующего проектирования с использованием BIM-технологии⁴ для объектов железнодорожной инфраструктуры на всех стадиях жизненного цикла.

Все сведения по каждому участку пути и любых объектов на нем (такие как характер местности и рельефа, текущее состояние объектов транспортной инфраструктуры железной дороги и др.) могут быть описаны в виде моделей объектов на основе единого координатного пространства.

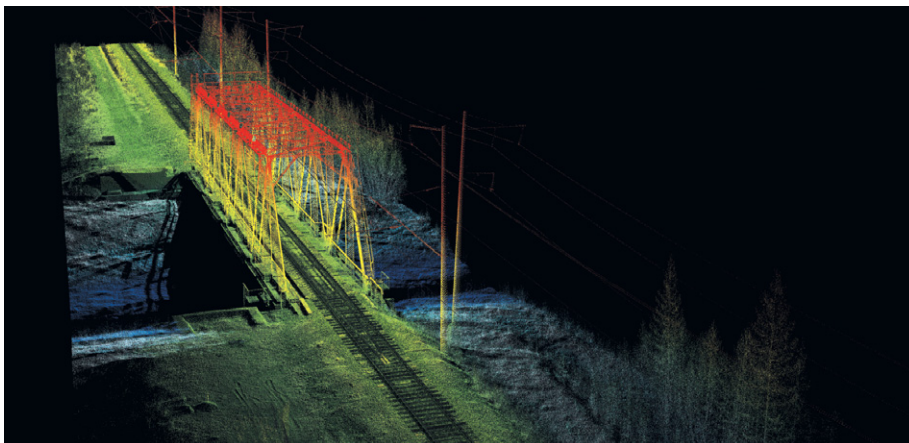
Следует отметить актуальность использования лазерного сканирования и в других отраслях хозяйственной деятельности при проектировании линейных объектов различного назначения (линий электропередачи, дорог, нефте- или газопроводов и др.), площадных объектов (заводов, портов, транспортных развязок), а также при мониторинге состояния уже существующих объектов, решении кадастровых, землеустроительных, лесоустроительных задач, разработке и подготовке документации по планировке территорий, проведении экологических, гидрологических и даже археологических исследований.

Применение методов лазерного сканирования позволяет существенно (в 3–5 раз) сократить сроки выполнения инженерно-геодезических изысканий, что приводит к ощутимой оптимизации расходов на проектно-изыскательские работы в целом. При необходимости выполнения изыскательских работ в опасных и труднодоступных районах лазерное сканирование представляется единственным методом, обеспечивающим высокие темпы реализации проекта. А высокая автоматизация процесса обработки данных позволяет практически исключить влияние субъективных факторов на результаты работ. 

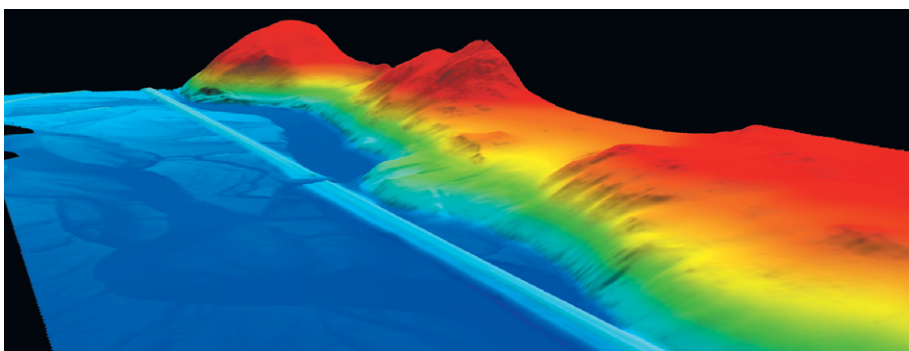
Иллюстративный материал, используемый в статье — данные лазерного сканирования и аэрофотосъемки, полученные компанией ООО «Геопроектизыскания» на объектах на Байкало-Амурской и Транссибирской магистралях.

При проведении работ использовались: Аэросъемочная сканирующая система RIEGL CP-780; мобильная сканирующая система RIEGL VMX-450.

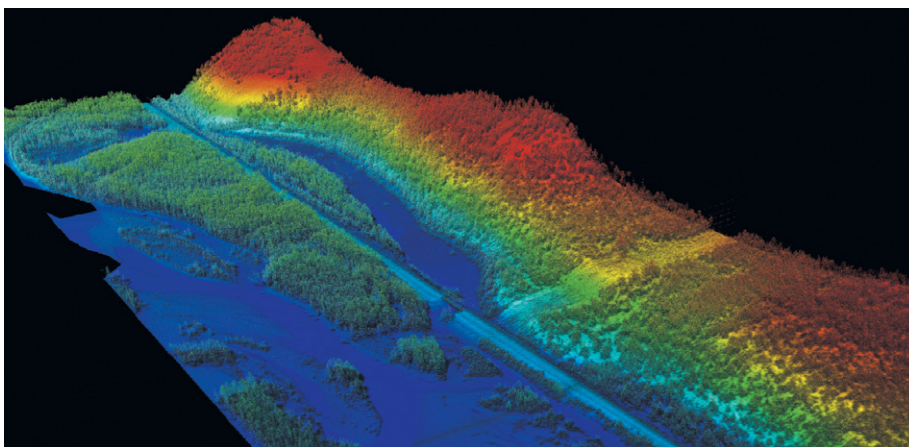
⁴ BIM (Building Information Modeling, или Building Information Model) — информационное моделирование строительства, или информационная модель строительства (строящегося объекта).



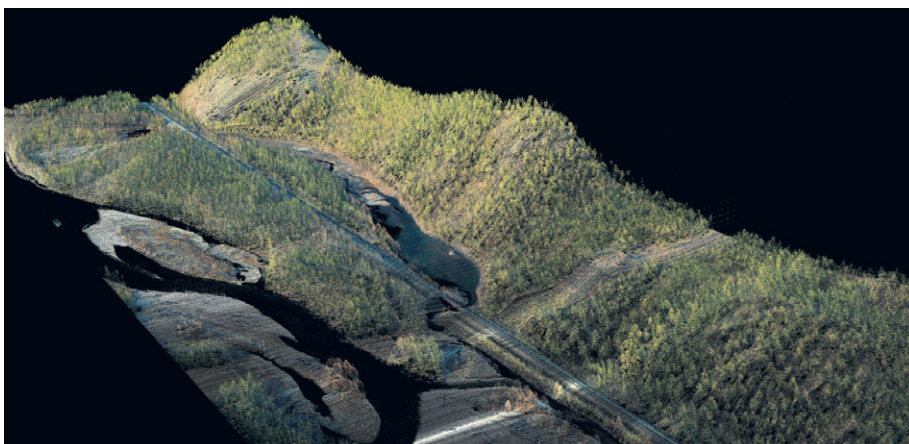
БАМ, участок Тья — Северобайкальск. Точки мобильного лазерного сканирования (МЛС)



БАМ, участок Тья — Северобайкальск. Цифровая модель рельефа



БАМ, участок Тья — Северобайкальск. Цифровая модель местности в виде точек лазерных отражений (ТЛО)



БАМ, участок Тья — Северобайкальск. Точки воздушного лазерного сканирования (ВЛС)