

2014

**Применение мобильного лазерного сканирования при
изысканиях и проектировании железных дорог.
Краткий обзор.**



А.В. Портнов ЗАО Транспутьстрой

01.01.2014

«Применение мобильного лазерного сканирования при изысканиях и проектировании железных дорог»

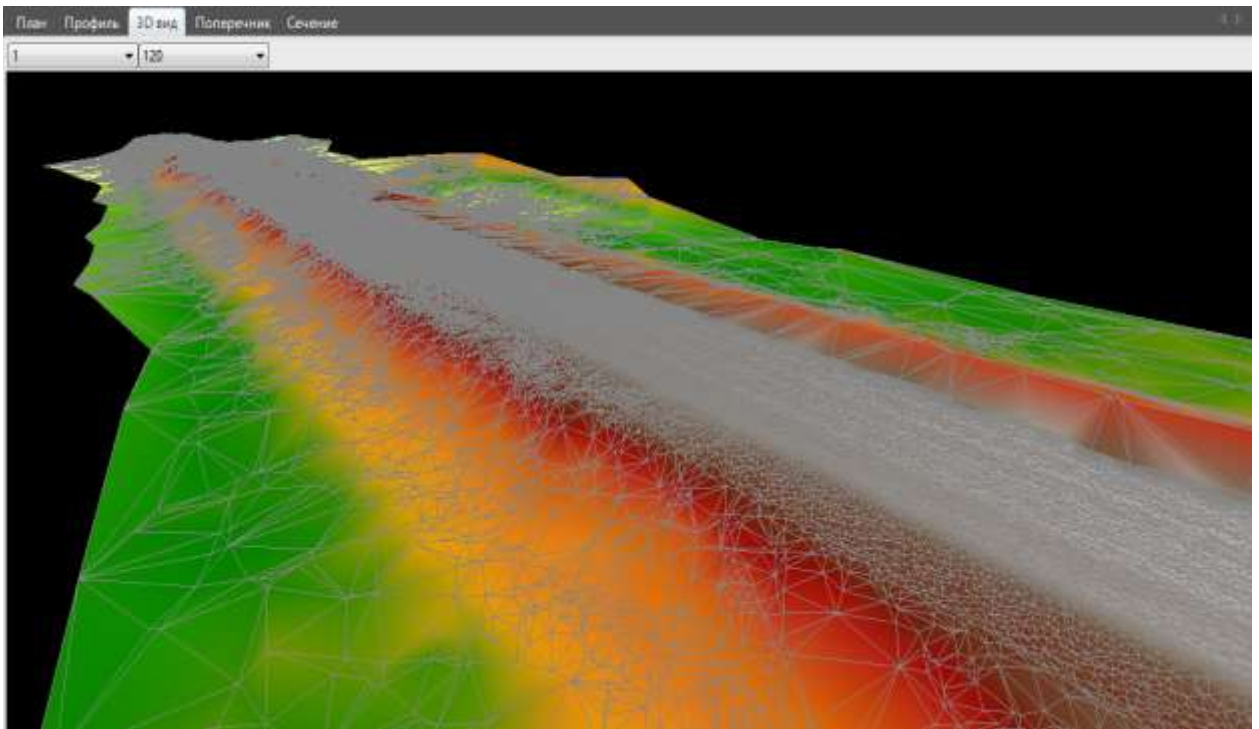
Одним из способов повышения производительности труда при выполнении проектно-изыскательских работ на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта является применение инновационных технологий. Одна из таких технологий связана с применением данных мобильного лазерного сканирования, как при проведении изысканий, так и на стадии разработки предпроектной и проектной документации.

Мобильное лазерное сканирование (МЛС) позволяет выполнять съемочные работы с высокой производительностью, благодаря чему значительно сокращается время проведения полевых работ. Например, производство съёмочных работ методом МЛС на участке железной дороги общей протяженностью 1400 км заняло 11 рабочих дней. Это в прямом смысле фантастическая производительность.

Таким образом, при проведении инженерно-геодезических изысканий мобильное лазерное сканирование позволяет выполнить съемочные работы в пределах полосы отвода в сжатые сроки. В отделах изысканий по точкам лазерного отражения (далее ТЛО) создаётся топографический план, распознаётся ось пути, создаются ведомости габаритов. В отделах проектирования определяют качественные и количественные характеристики объекта проектирования, например: количество опор линий электропередач и контактной сети, характер рельефа, плотность застройки и пр.

Лазерная съемка производится с высокой плотностью. Высокая плотность съемки позволяет облегчить распознавание объектов в камеральных условиях и создать с высокой детальностью ЦМР и ЦММ.

Для работы с материалами лазерного сканирования существует достаточное количество специализированных компьютерных программ. Одной из таких программ, наиболее приспособленной под нужды дорожного проектирования, является программный комплекс «Топоматик Robur». Его основное преимущество состоит в том, что облако точек может быть напрямую загружено в рабочие окна программы и использовано в качестве подосновы как для оформления топографического плана, так и для работы над проектным решением.



Мобильное лазерное сканирование объединяет в себе плюсы лазерной технологии и возможность съемки в движении. Для мобильного сканирования используются 2D-сканеры.



За счет перемещения плоскости сканирования 2D сканера по траектории движения сканирующей системы, итоговый результат представляется в 3D (трехмерном виде). Траектория движения формируется за счет отслеживания положения сканирующей системы спутниковым оборудованием, размещённым на пунктах высокоточной опорной геодезической сети (ОГС) и на самой комплексе лазерного сканирования.



Влияние вынужденных пространственных колебаний носителей мобильного сканера (автомотрисы или автомобиля) и потери сигнала ГНСС компенсируются работой инерциальной системы.

Рассмотрим более детально некоторые составляющие погрешности результатов МЛС.

Так как сканирующая система во время работы находится в движении, то погрешность ее позиционирования спутниковыми навигационными системами соизмерима с погрешностями определения координат в режиме Kinematic. Согласно техническим данным режима координирования в движении, среднеквадратичная погрешность определения плановых координат составляет $10 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$, высотных – $20 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$.

Следующая составляющая погрешности результатов МЛС включает в себя погрешность исходных данных - координат и высот пунктов ОГС в составе высокоточной координатной системы (ВКС). Среднеквадратическая погрешность определения взаимного положения смежных пунктов ОГС в плане составляет 8 мм.

Для повышения точности результатов лазерного сканирования дополнительно применяются опознавательные знаки (далее – реперные объекты). Смысл реперных объектов заключается в том, что они уверенно опознаются в облаке точек лазерного отражения, при этом их координаты заранее и достаточно точно определены относительно ближайших пунктов ОГС. Специальное программное обеспечение позволяет принудительно «сажать» облако ТЛЮ на опознаки, тем самым уменьшая влияние погрешностей геодезической привязки траектории мобильного сканера на результаты МЛС.

В конечном итоге, общая погрешность определения координат ТЛЮ составляет 10 мм в плоскости сканирования и до 20 мм при максимальном удалении сканера от пунктов сопровождения ОГС, что является достаточным показателем для решения основных задач проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог.

Выполнение МЛС зачастую сопровождается появлением в итоговых материалах съёмки так называемых «теневых» зон. То есть, если на пути лазерного луча встречается препятствие, например, ограждение, забор, то объекты за препятствием не будут сняты. Поэтому мобильное лазерное сканирование не может заменить тахеометрическую съёмку или съёмку наземным лазерным сканером в полном объеме.

Ещё одним недостатком МЛС, правда, не таким уж и значительным, является то, что точки в облаке лазерного сканирования не несут семантической информации, т.е. не кодируются. Семантические коды несут информацию о снимаемом объекте, что позволяет в автоматизированном режиме провести его идентификацию. Как известно, использование кодировки при тахеометрической съёмке существенно ускоряет как полевые, так и камеральные работы. Точки лазерного отражения представлены огромным массивом не идентифицированных точек, что не позволяет в автоматическом режиме распознавать объекты (по крайней мере, на сегодняшнем этапе развития технологии). Стоит отметить, что работы по мобильному лазерному сканированию так же, как и традиционные геодезические измерения, лучше выполнять в тот момент, когда снежный и лиственный покров отсутствует.

Как было отмечено выше, точки лазерного отражения не несут семантической информации, поэтому не могут в полной мере быть обработаны в автоматическом режиме. Средства обработки результатов мобильного лазерного сканирования постоянно развиваются. Некоторые программы распознают ось железнодорожного пути непосредственно во время лазерного сканирования. Распознается рельеф. Однако при этом требуется и вмешательство оператора, то есть идентификация объектов в облаке точек лазерного отражения, в лучшем случае, ведется в полуавтоматическом режиме. Важными элементами для снижения трудоемкости обработки являются:

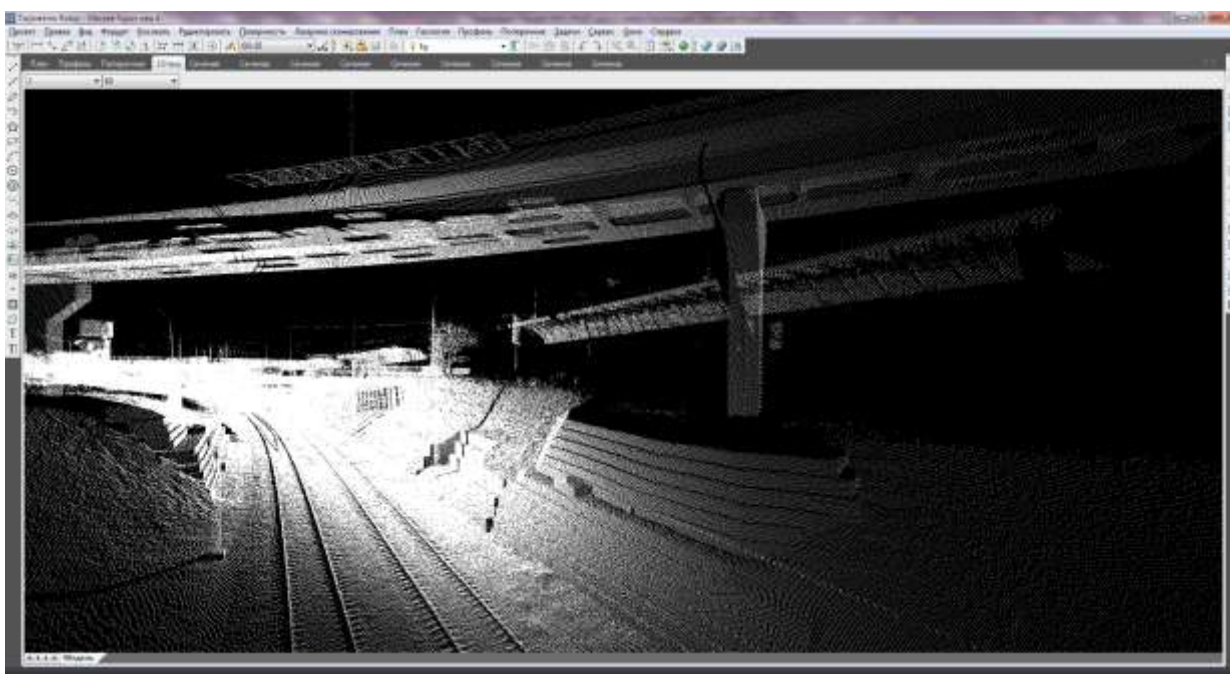
- создание отделов обработки материалов МЛС и их укомплектование опытными специалистами;

- отслеживание новинок на рынке продуктов обработки результатов МЛС;

- разработка собственного специализированного программного обеспечения для обработки результатов МЛС.

В полуавтоматическом режиме распознаются такие объекты, как: ось пути, провода, поверхность земли. Производительность выдачи материала с перечисленными выше объектами достаточно высока. Намного более трудоемким процессом является выдача трехмерных моделей. Обычно, первым этапом по результатам мобильного лазерного сканирования выдают точки отражения, оси путей, провода и цифровую модель рельефа. Вторым этапом, если есть необходимость, выдают трехмерные модели.

После завершения обработки, результаты обработки мобильного лазерного сканирования передаются в отделы проектирования. Основные преимущества результатов МЛС, с точки зрения использования в непосредственной работе инженера-проектировщика, по сравнению с тахеометрической съемкой, как было отмечено выше, заключаются в более высокой плотности съемки. Это позволяет провести «виртуальный тур» по объекту строительства. Каждый объект железнодорожной инфраструктуры будет виден со всех сторон.

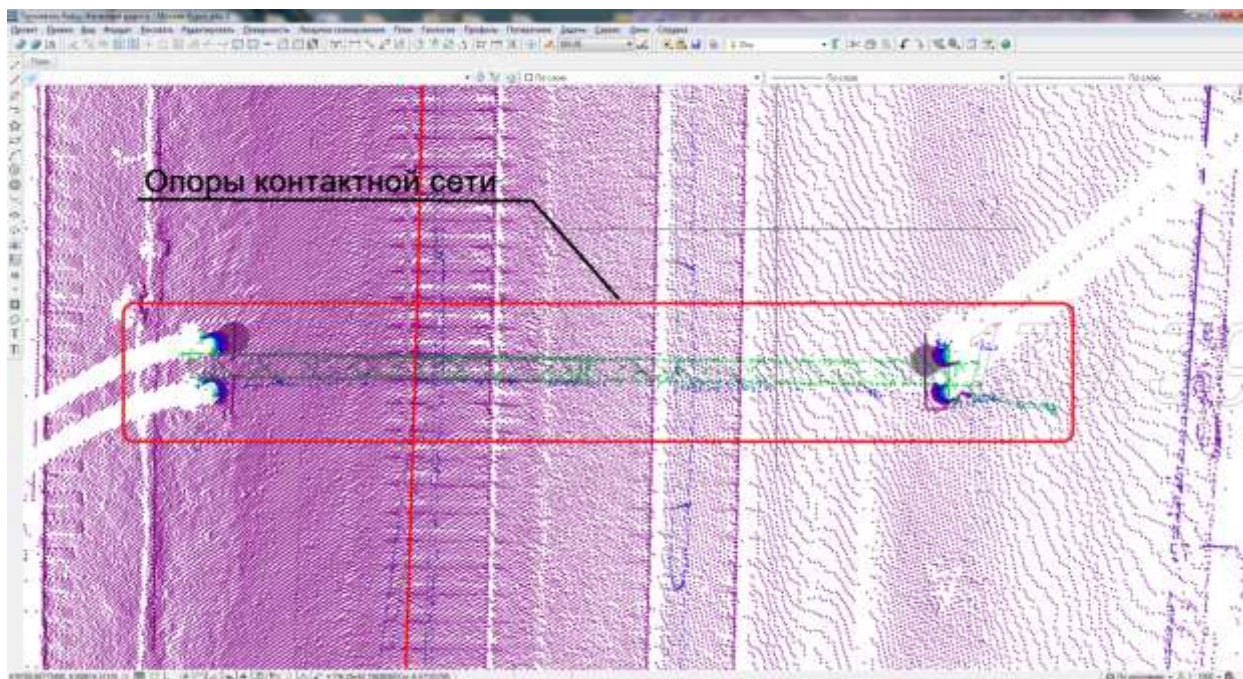


Комплексные главные инженеры проектов, начальники отделов могут предварительно ознакомиться с объектом строительства. Это позволяет более точно рассчитать объемы работ для составления смет на проектно-изыскательские работы. Начальникам отделов изысканий материалы

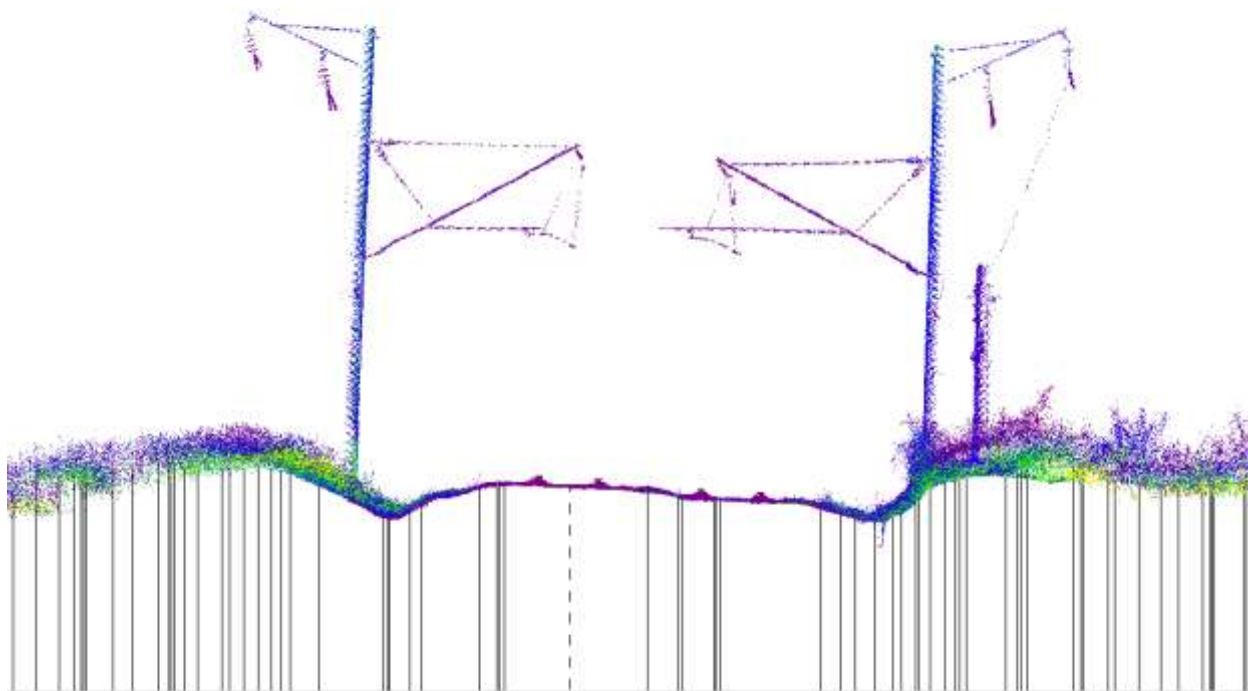
лазерного сканирования помогают в планировании инженерно-геодезических работ, в контроле выполненных геодезических работ. По материалам лазерного сканирования возможно составление топографического плана. В зависимости ситуации, составителем топографического плана может выступить как организация, производящая мобильное лазерное сканирование, так и отдел инженерных изысканий собственными силами. Составление топографического плана требует производства работ по съемке «теневых» зон и подземных коммуникаций. Очевидно, составление топографического плана по результатам мобильного сканирования, даже с учетом съемки «теневых» зон и подземных коммуникаций, будет произведено быстрее, чем съемка того же участка комбинацией спутниковых методов и электронной тахеометрии.

Рассмотрим пример составления топографического плана по результатам лазерного сканирования в программном комплексе **«Топоматик Robur - Железные дороги»**. Данный пример основывается на возможности визуально распознать объект в облаке точек лазерного отражения, и после распознавания, присвоения одной или нескольким характерным точкам объекта семантического кода. Как это выглядит практически, показано на рисунках ниже.

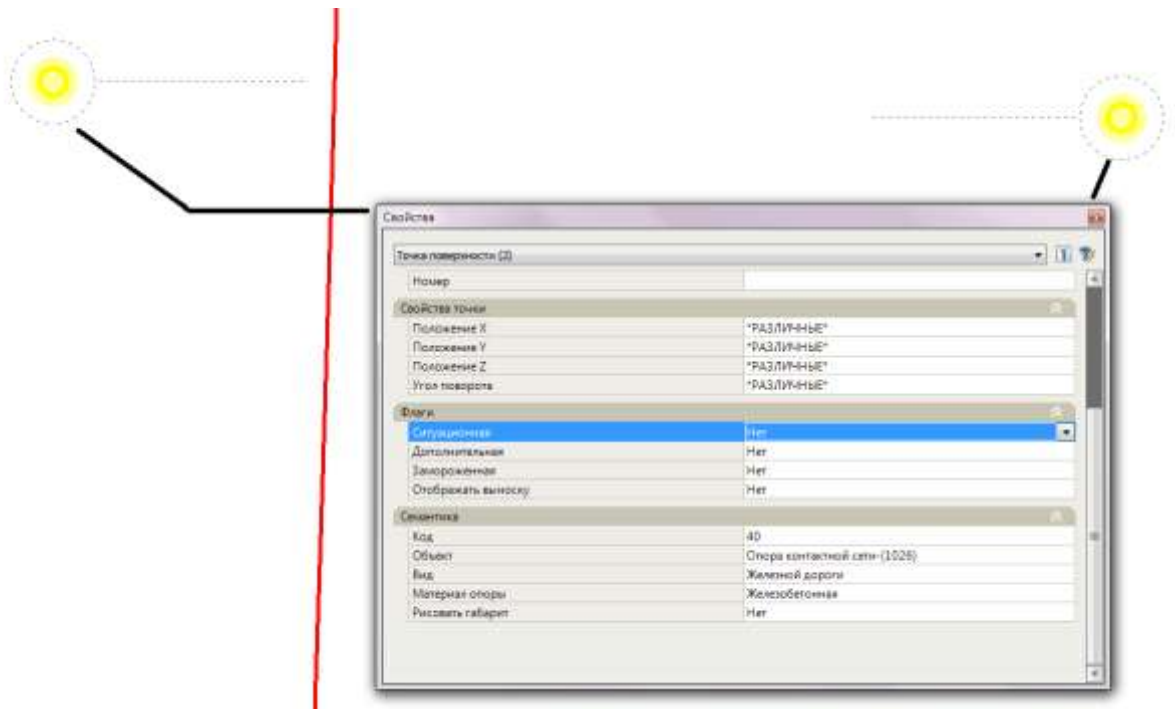
Первым делом, выбираем объект, например, опору контактной сети.



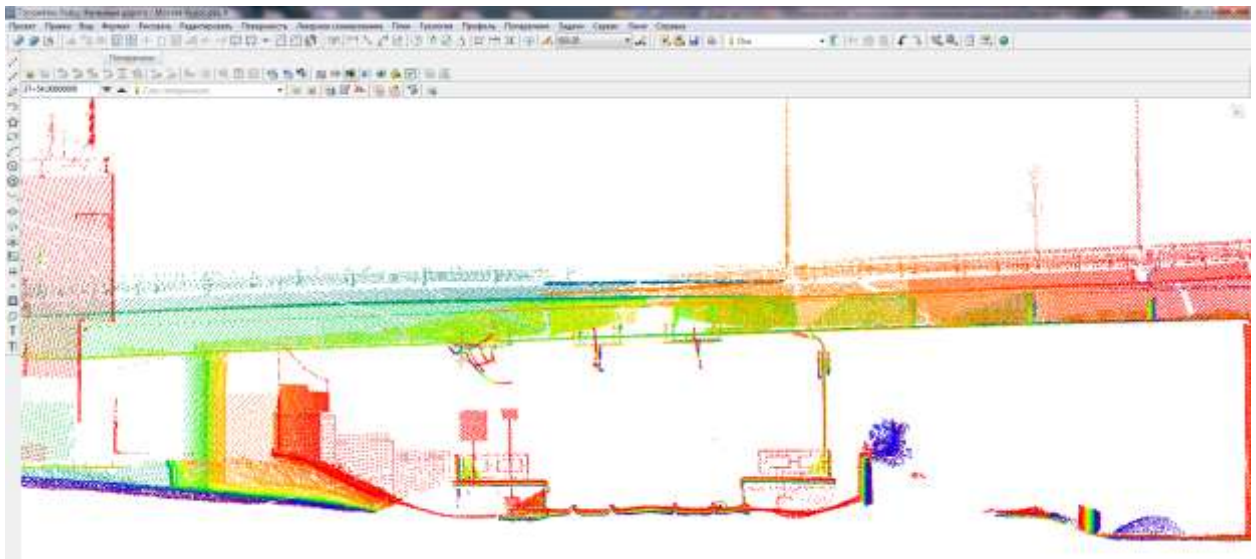
Выделяем из общего облака точек опоры контактной сети в отдельный вид для более удобной работы. Строим сечение.



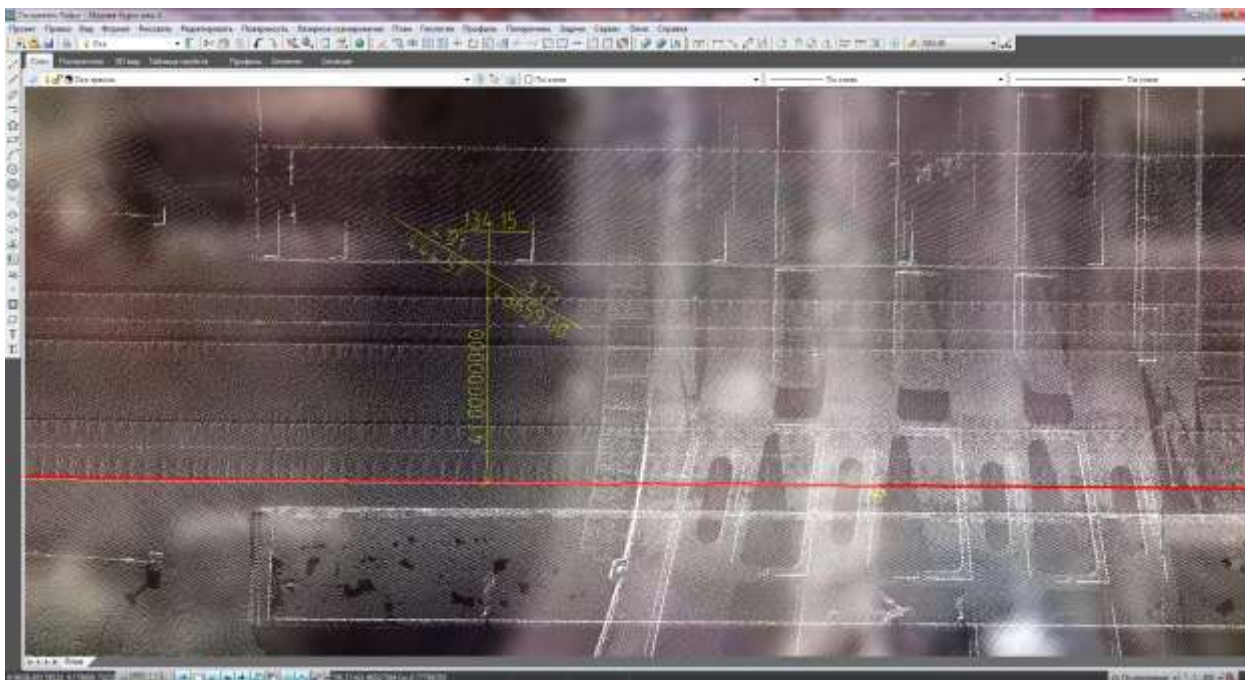
На сечении указываем характерные точки, и назначаем им семантический код. Итоговый вид представлен двумя точками, имеющими код 40 (в выбранной системе кодировки обозначающей опору контактной сети) и отображены соответствующим условным знаком. Здания, ограждения, платформы, сигналы, путепроводы, опоры искусственных сооружений и другие объекты идентифицируются аналогично. Цифровая модель рельефа создается на этапе обработки результатов мобильного лазерного сканирования в специализированном программном обеспечении, однако, если это по каким-то причинам не было сделано, возможно выделить характерные точки поверхности земли, и по аналогии с выше приведенным примером, составить набор точек земли.



«Топоматик Robur» позволяет создавать поперечные профили в любом необходимом сечении, совмещая облака точек лазерного отражения с цифровой моделью рельефа. Эта возможность чрезвычайно удобна для проектировщиков. Пример пересечения железной дороги путепровода показан на следующем рисунке.



Пример вид «План»:

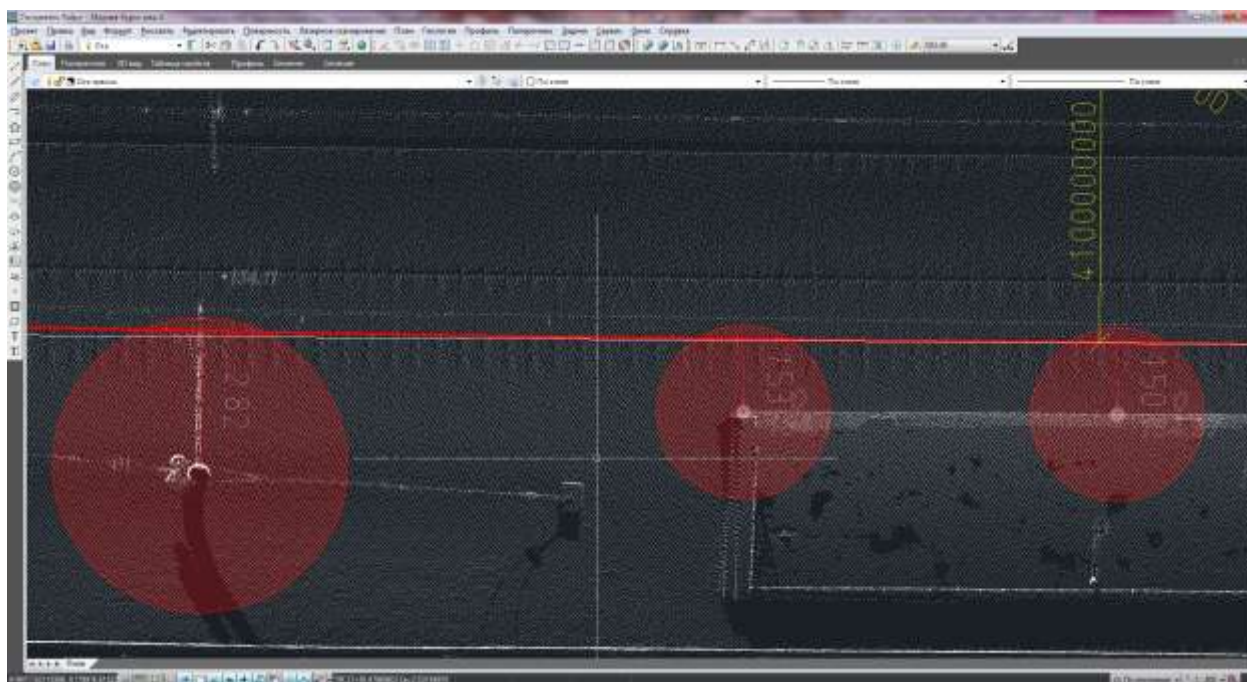


«Топоматик Robur» имеет возможность накладывать точки поверхности на привязанное по координатам растровое изображение. Это позволяет совместить ортофотопланы (если работы по мобильному лазерному сканированию сопровождаются их созданием) и точки отражения.



Визуальное определение и возможность кодировать точки лазерного отражение позволяет проектировщику, использующему «Топоматик Robur», начинать работать до завершения всего комплекса инженерно-изыскательских работ (съёмка подземных коммуникаций, геологические исследования). При назначении габарита кодированным точкам, например,

для опоры контактной сети 3.1 метра, для платформ 1.89 м, инженер-проектировщик на основе точек лазерного отражения, не имея топографического плана, может провести укладку нового положения пути. При нарушении габаритов, проектировщик будет информирован как о самом нарушении путем изменения цвета обозначающего габарита, так и о величине габарита. Как это выглядит на экране монитора, показано на рис. ниже.



Вывод. На сегодняшний день, в результате развития технологии лазерного сканирования, появления мощных персональных компьютеров и разработки отечественных высокопроизводительных САПР, таких как «Топоматик Robot», использование материалов лазерного сканирования для проектирования стало достаточно простым и доступным. А методы производства мобильного лазерного сканирования позволяют достичь необходимой точности.

Контакты:

Заместитель начальника производственно-технологического отдела

Портнов Алексей Владимирович

тел. 8(495)730-4-111 доб.522, м.(967)208-99-54

тел. 8(495)663-00-60 доб.1393

A.Portnov@transputstroy.ru