

ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ МОСТОВ

Павлов О.В., Токмаков Е.В.

Научный руководитель: Яковлев А.Н., к.ф.–м.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: pavlovtsk@gmail.com

Каждое сложное инженерное сооружение в процессе строительства и эксплуатации нуждается в непрерывном мониторинге и контроле для получения полной и достоверной информации о состоянии объекта. Эти данные необходимы для своевременного принятия решения о проведении ремонтных работ, определения пригодности объекта к эксплуатации и даже предупреждения чрезвычайных ситуаций. При обследовании сложных инженерных сооружений, таких как мосты, виадуки, плотины и т.п., важной частью являются обмерные работы с целью получения точных геометрических параметров конструкций.

Современные технологии обследования позволяют получить не только точную информацию о деформационных изменениях несущих конструкций, но и выявить мелкие дефекты любой сложности.

Традиционные геодезические методы с использованием нивелира, теодолита и безотражательного тахеометра не дают полной и объективной информации о состоянии объекта, так как являются относительно малоинформативными, при этом требуя огромного количества измерений и времени для этих измерений. Наземное лазерное сканирование (НЛС) значительно упрощает задачи мониторинга инженерно-технических сооружений и является одним из перспективных методов получения информации об объекте.

«Центром лазерных технологий» при кафедре ЛИСТ ИФВТ ТПУ был проведен комплекс работ по съемке Козинского железнодорожного моста, Красноярский край (Рис.1). Общая протяженность моста составила 332 м, максимальная высота 54 м.



Рис.1. Козинский мост, Красноярский край

Главные задачи по данному объекту:

- получение массива данных (облако точек)
- создание комплекта обмерных чертежей
- создание твердотельной трехмерной модели моста

- фиксация крупных дефектов (трещин, смещений, разрушений, поврежденных) несущих и ограждающих конструкций

Данные, полученные в результате обследования моста, использовались компанией-заказчиком для разработки проектно-сметной документации под выполнение ремонтных работ, а также для экспертизы пригодности моста для дальнейшей эксплуатации.

Наземное лазерное сканирование Козинского моста проводилось в светлое время суток и заняло 2 рабочих дня. Съемка производилась системой наземного лазерного сканирования Leica Scanstation C10 (Рис.2.).



Рис.2. Лазерный сканер Leica Scanstation C10

Перед началом съемки было произведено плано-высотное обоснование и привязка пунктов обоснования к местной системе координат с использованием электронного тахеометра LEICA TS15 и GNSS приемника LEICA GS10.

Перед началом проведения съемки были определены на местности наиболее оптимальные места для станций сканера, чтобы полученное облако точек содержало наиболее полную информацию обо всех конструктивах моста. Съемка проводилась методом тахеометрического хода в два этапа: под мостом по несколько станций на каждый пролет, и по мосту. Всего было создано 33 точки установки сканера.

Камеральная обработка результатов сканирования заняла 1 неделю и состояла из нескольких этапов:

1. Сшивка облаков точек с каждой станции в единое облако точек.
2. Уравнивание в системе координат и определение оценки точности измерений.
3. Очистка облака точек от лишних элементов и «шумов».
4. Построение трехмерной твердотельной модели.

5. Построение векторных обмерных чертежей, построение разрезов путем преобразования трехмерной модели в двумерные чертежи.
6. Создание топографического плана 500 масштаба моста и прилегающей территории.

Сшивка облаков точек производилась в программе Leica Cyclone. В результате сшивки было получено общее облако в 500 млн. точек, после удаления лишних объектов и «шумов» из облака размер общего скана сократился до 400 млн. точек (Рис.3). Расстояние между точками по сетке на поверхности объекта составило 3-5 мм. Каждая точка в облаке имеет три координаты и интенсивность. Проведенный анализ по оценке точности измерений показал, что невязка (погрешность) между первой и последней станцией составила 10 мм при 33 станциях.



Рис.3. Сшитое облако точек моста

Создание твердотельной трехмерной модели производилось в САПР Solidworks компании Dassault Systemes. Каждый элемент: колонны, упоры, пролеты, ограждение и т.д. строились методом точного встраивания в облако точек, благодаря чему были получены точные твердотельные копии реальных объектов. Следует понимать, что лазерный сканер не может производить съемку объектов, которые скрыты за препятствиями, поэтому некоторая часть внутренних конструкций моста была построена по проектным документам. Затем построенные элементы собирались в общую сборку с жесткой привязкой элементов друг к другу в соответствии с реальным их положением друг относительно друга (Рис.4).

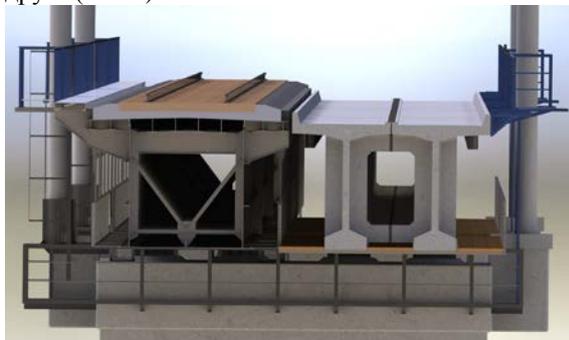


Рис.4. Разрез твердотельной модели

В результате, полученная трехмерная твердотельная модель является точной копией реального моста (Рис.5).

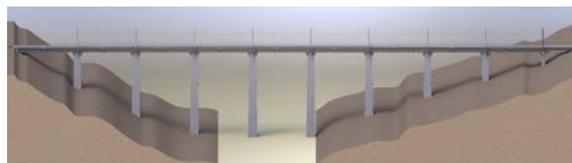


Рис.5. Трехмерная модель моста

Трехмерные твердотельные модели обладают большим количеством возможностей:

- позволяют произвести замер геометрических параметров любого элемента в модели и сделать разрез или сечение в любом месте
- позволяют в автоматическом режиме построить двумерный чертеж любого элемента, либо части модели, либо модели в целом
- позволяют произвести анализ текущего состояния сооружения, а также прочностной расчет в специализированных программах (ANSYS и т.п.)
- позволяют создать информационную систему конструкций с необходимыми чертежами и спецификацией.

На основе трехмерной модели в автоматическом режиме построены обмерные чертежи моста с нанесением размеров и дефектов конструкций (Рис.6).

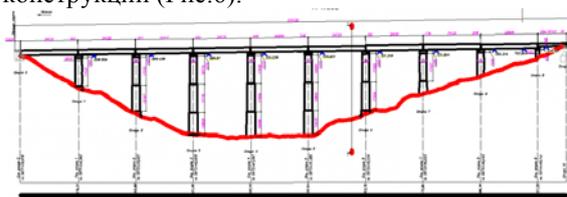


Рис.6. Обмерный чертеж моста

Также на основе результатов сканирования построен топографический план моста 500 масштаба и прилегающей местности (Рис.7).

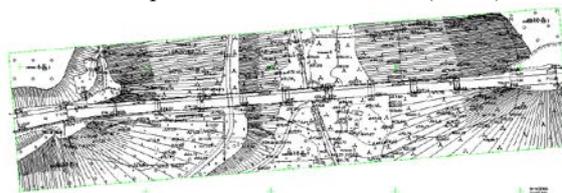


Рис.7. Топографический план

Проведенная работа показывает преимущества обследования сложных инженерных сооружений методом наземного лазерного сканирования. Показано, что по полученным данным можно построить трехмерную твердотельную модель объекта, из которой в дальнейшем можно получить двумерные чертежи, а также произвести расчет прочности конструкции. Результаты наземного лазерного сканирования, а также построенная по этим результатам твердотельная модель содержат актуальную информацию о объекте, что может и в дальнейшем использоваться для мониторинга состояния объекта и предупреждения чрезвычайных ситуаций.