

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА GLS-1500 TOPCON ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Б.Ф. Азаров

В статье рассмотрена технология наземного лазерного сканирования при выполнении инженерно-геодезических изысканий для детального обследования береговых участков Красноярского водохранилища. Описаны особенности использования наземного лазерного сканера GLS-1500 TOPCON при выполнении инженерно-геодезических работ.

Ключевые слова: наземное лазерное сканирование, лазерный сканер GLS-1500 TOPCON, инженерно-геодезические изыскания, детальное обследование береговых участков.

В июне 2013 г. в соответствии с договором между Институтом Водных и Экологических Проблем Сибирского Отделения Российской Академии Наук и Алтайским государственным техническим университетом им. И.И. Ползунова проводились работы по обследованию берегов Красноярского водохранилища для определения характера и масштаба изменения его морфометрических характеристик за период эксплуатации с применением технологии наземного лазерного сканирования (НЛС).

Работы по наземному лазерному сканированию выполнялись с целью детального обследования участков берегов Красноярского водохранилища с наиболее интенсивным развитием опасных геологических процессов. Фактически в данном случае технология НЛС использовалась для производства инженерно-геодезических работ, сопровождающих инженерно-геологические изыскания в районах развития процессов переработки берегов.

Общие технические требования и правила производства такого рода работ, согласно п. 6.2.7 СП 11-105-97 [1], регламентируются пунктами 10.47-10.63 СП 11-104-97 [2]. На практике выбор того или иного метода работ определяется условиями их производства и характером самого объекта наблюдений. Однако основные технологические процессы, определяющие состав геодезических работ, не зависят от средств и методов их выполнения. Поэтому при выполнении наземного лазерного сканирования природных объектов целесообразно было придерживаться следующей последовательности работ:

- 1) Рекогносцировка участка работ;
- 2) Создание геодезической основы и планово-высотного обоснования;

- 3) Выбор метода геодезической привязки сканерных станций или результатов сканирования с них (так называемых «сканов»);

- 4) Собственно сканирование;

- 5) Камеральная обработка результатов сканирования;

- 6) Интерпретация результатов сканирования.

Планово-высотное обоснование на каждом береговом участке создавалось отдельно в условной системе координат с помощью электронного тахеометра методом полярной засечки. При этом ось абсцисс (ось X) в условной системе координат располагалась либо вдоль берега, либо перпендикулярно к нему, а ось ординат (ось Y) – справа от оси X. Высоты точек задавались также в условной системе. Точность получения координат и высот точек съемочного обоснования определялась приборной точностью тахеометра и составляла порядка ± 1 см в плане и по высоте.

Выбор метода геодезической привязки результатов сканирования зависит от условий района работ и его размеров.

При выполнении сканирования каждый скан (результат сканирования) представляет собой массив точек с пространственными прямоугольными координатами, определенными в системе координат самого прибора. По сути, при создании каждого скана измерения выполняются в отдельной локальной системе координат. Поэтому необходим процесс так называемой «регистрации» – приведения данных сканирования в единую систему координат.

Согласно Руководству пользователя [3] при использовании сканера GLS-1500 возможно три варианта регистрации данных сканирования:

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА GLS-1500 TOPCON ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

1. Регистрация по узловым точкам. В этом случае для каждой пары смежных сканов должны быть отсканированы минимум три общие специальные марки;

2. Регистрация по координатам точки стояния прибора и точки обратного ориентирования (ориентирного пункта – ОРП). В этом случае на станции обязательно должна быть отсканирована марка, установленная на ОРП;

3. Регистрация из обратной засечки. Для этого на сканерной станции обязательно должны быть отсканированы минимум две специальные марки с известными пространственными прямоугольными координатами.

Следует отметить, что первый вариант регистрации возможен как при горизонтальном положении сканера, так и при наклоне, когда прибор размещен в специальной подставке. Второй и третий варианты возможны только при условии, когда база сканера горизонтальна.

При регистрации данных сканирования происходит объединение локальных систем координат сканов в общую систему. Если результаты сканирования необходимо переориентировать в заданную систему координат, то для этого осуществляется так называемая «привязка» полученной модели объекта. Для этого координаты узловых точек (на практике – мест установки специальных марок), используемых для объединения данных сканирования с разных станций, должны быть заданы в той системе координат, в которой должны быть представлены конечные результаты сканирования.

Под геодезической привязкой результатов сканирования понимается задание общей системы координат, в которой должны быть представлены конечные результаты обработки материалов сканирования. Для создания

общей системы координат все специальные марки и по возможности, точки стояния сканера координировались с помощью электронного тахеометра методом полярной засечки. При окончательной обработке материалов сканирования отметки данных точек приводились к отметке уреза воды на дату выполнения работ на каждом участке.

Собственно сканирование выполнялось на точке стояния прибора как при горизонтальном положении сканера, так и при наклонном, когда прибор помещается в специальную подставку (рисунки 1, 2). Сканирование осуществлялось как с одной стоянки прибора, так и с нескольких - двух. Последовательность действий на сканерной станции была следующей. После установки прибора на штатив и его включения автоматически выполнялся прогрев прибора. Затем создавался так называемый «проект» для выполнения измерений и задавались параметры, относящиеся к сеансу сканирования (название станции, при необходимости - имя ОРП, сведения о марке, пространственные координаты и т.д.). Затем, в зависимости от выбранного варианта последующей регистрации данных, осуществлялся выбор одного из двух типов сканирования:

1) отдельное сканирование марки ОРП или нескольких марок и;

2) 3D-сканирование объекта.

В первом случае осуществляется поиск и визирование марок с помощью специального визира и окна видоискателя на приборе вручную, либо с помощью встроенной видеокамеры, когда управление сканером осуществляется через персональный компьютер (ноутбук). Перед сканированием объекта задается область сканирования путем указания



Рисунок 1 – Горизонтальное положение сканера



Рисунок 2 – Размещение сканера в специальной подставке

ее верхнего левого и нижнего правого угла. Причем границы области сканирования могут задаваться как вручную, так и через компьютер. После этого задается плотность сканирования. В приборе GLS-1500 эта операция может быть осуществлена во-первых, введением расстояния до объекта и шага между сканируемыми точками по горизонтали и вертикали (расстояние до объекта может быть определено с помощью специальной функции в режиме настройки при нажатии клавиши «звездочка»); во-вторых, вводом общего количества сканируемых точек и в-третьих, введением горизонтального и вертикального угла между сканируемыми точками. Далее, задав имя скана, переходят к выбору типа данных сканирования. Ими могут быть 3D-координаты и фотоснимки объекта, либо только координаты и только фотоснимки. Затем запускается собственно процесс сканирования.

Камеральная обработка результатов сканирования выполнялась в 2 этапа:

1 – *предварительный*. После окончания сканирования осуществлялся просмотр полученных результатов. Для этого использовался ноутбук с установленным в нем ПО ScanMaster для управления сканером и обработки результатов сканирования. «Сырые» данные сканирования загружались в программу ScanMaster путем создания так называемого «проекта». Проект – это набор баз данных и внешних ресурсных файлов, логически сформированных по папкам. В программе ScanMaster хранение и организация данных осуществляется в проекте архивов. При создании нового проекта программой автоматически создается папка для его хранения. Проект также может быть импортирован в ПО ScanMaster с SD-карты, на которую записываются результаты сканирования в процессе выполнения работ.

После загрузки данных сканирования можно приступить к их обработке. Прежде всего, выполняется регистрация, т.е. приведение данных, полученных при сканировании, в общую систему координат. Если перед выполнением сканирования определены координаты точки стояния прибора или координаты узловых точек (мест установки специальных марок), т.е. предварительно создано съемочное обоснование, то регистрация данных в проекте будет происходить автоматически. В противном случае нужно выбрать тот или иной вариант регистрации и реализовать его уже средствами программы ScanMaster. В полевых условиях предпочтительнее исполь-

зование именно автоматической регистрации проекта, т.к. в этом случае есть возможность оценить полноту и подробность сканирования объекта в целом.

При регистрации проекта есть возможность оценить точность полученной модели, т.к. программой ScanMaster предусмотрена возможность определения ошибок в положении связующих точек по трем координатным осям.

2 – *основной*. На этом этапе обработки данных осуществлялась привязка зарегистрированной 3D-модели объекта (т.е. перевод результатов сканирования в заданную систему координат), удаление «шумов» – отразившихся на сканах посторонних объектов (кустарника, деревьев, людей, техники и т.п.), создание облаков точек, создание поверхностей, построение горизонталей, профилей и т.д. Это – самый трудоемкий этап обработки, т.к. приходится анализировать большой объем информации, полученной при сканировании, зачастую избыточной.

Интерпретация результатов сканирования заключается в представлении данных сканирования в виде, удобном для заказчика. В нашем случае по каждому отдельному береговому участку, на котором было выполнено сканирование, предоставлялась следующая информация:

а) ТХТ-файлы пространственных прямоугольных координат облаков точек с дискретностью 5-10 м в условной системе координат с приведением отметок к урезу воды на дату съемки;

б) продольные и поперечные профили, построенные в характерных местах по каждому отдельному береговому участку, на котором было выполнено сканирование;

в) топографические планы масштаба 1:1000 отдельных береговых участков, на которых было выполнено сканирование с высотой сечения рельефа 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 5,0 м в зависимости от перепада высот на участке.

Полевые работы выполнялись с 15 по 28 июня на 4 ключевых участках водохранилища.

Участок №1 представлял собой береговой склон с крутизной от 45° до 90° протяженностью около 600 м и высотой над урезом воды до 120 м.

Сканирование выполнялось с рубки теплохода с высоты над урезом воды около 6,5 м (рисунок 3). Это позволило максимально увеличить область сканирования и обеспечить достаточную устойчивость прибора во время работы.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА GLS-1500 TOPCON ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ



Рисунок 3 – Сканерная станция на участке №1

Участок №2 представлял собой склон протяженностью около 580 м крутизной от 21° до 86° с высотой над урезом воды до 35 м. Сканирование выполнялось также с рубки теплохода.

Участок №3 в районе населенного пункта Краснотуранск на берегу залива Сыда имел протяженность более 400 м и ширину около 80 м. Перепад высот на участке от 14,5 до 4,0 м от уреза воды.

Сканирование на участке выполнялось по схеме «станция – ОРП» с предварительным созданием съемочного обоснования в виде двух точек (сканерной станции и ОРП), координаты которых были определены электронным тахеометром с обязательной привязкой по высоте к урезу воды.

Участок №4 – это естественный песчаный пляж в районе населенного пункта Лебяжье. Протяженность участка более 400 м, ширина до бровки высокого берега примерно 130 м при перепаде высот между бровкой и урезом воды около 6,5 м.

Сканирование на участке выполнялось по схеме «станция – ОРП» с двух стоянок прибора. Всего в процессе выполнения инженерно-геодезических работ было проведено наземное лазерное сканирование четырех береговых участков общей площадью 8 га. Для каждого участка было построено не менее четырех продольных и трех поперечных профилей. Общее количество построенных профилей – 40. На каждый участок были составлены топографические планы масштаба 1:1000 с высотой сечения рельефа от 0,1 до 5 м (в зависимости от перепада высот на участке) с привязкой по высоте к урезу воды Красноярского водохранилища на момент выполнения съемки.

В результате проведенных работ продемонстрирована высокая эффективность применения технологии НЛС для решения задач по обследованию сложных природных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства, Госстрой России, Москва, 1997.
2. СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства, Госстрой России, Москва, 1997.
3. Руководство пользователя ScanMaster, TOPCON Corporation, 2010.

Азаров Б.Ф. – к.т.н., доцент, Алтайский государственный технический университет, E-mail: stf-ofigig@mail.ru.

УДК 625.76.031

ВЗАИМОСВЯЗЬ ГЕНЕЗИСА, МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВОВ ЦЕОЛИТОВЫХ ТУФОВ С ИХ ПУЦЦОЛАНОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Л.Н. Амосова

В статье приведены результаты исследований гидравлической активности природных цеолитовых туфов большинства месторождения Сибири и Дальнего Востока, а также выявленных взаимосвязей с их происхождением и вещественным составом.

Ключевые слова: цеолитовый туф, клиноптилолитовые породы, степень цеолитизации пуццолановая активность, гидравлическая активность.

В связи с широким распространением многочисленных крупных месторождений природных цеолитовых туфов возникла необ-

ходимость проведения комплексных исследований для установления особенностей их поведения в твердеющих системах. Изучение