

УДК 528.01/06

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ТЕХНОГЕННЫХ ЗОН

**А. Горб**

Навигационно-геодезический центр, Харьков

**Д. Ерёмко**

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”

**Ключевые слова:** лазерное сканирование, 3D-моделирование, Tin-модель, определение объема, GNSS-технологии.

### Постановка проблемы

В настоящее время на смену двумерным картографическим материалам приходят объемные, хорошо детализированные 3D-модели местности. Увеличение количества крупных проектов в этой сфере подтверждает эту тенденцию. Ярким примером является проект по созданию 3D-модели поверхности (рельефа) шлаковых отвалов. Характеристика объекта:

- площадь съемки около 70 га;
- максимальный перепад высот не превышает 60 м;
- большая часть территории состоит из насыпей шлака различного размера;
- на территории объекта постоянно ведутся плановые работы по разгрузке и вывозу доменного шлака.

После ознакомления с различными материалами об объекте и рекогносцировки на местности необходимо определить метод съемки и программное обеспечение для обработки измерений.

### Анализ последних исследований и публикаций, которые относятся к решению этой проблемы

Существует достаточное количество материалов с решением подобных задач. Примечательным является кардинальное отличие в методах сбора информации, в то время как алгоритмы обработки схожи между собой. Наибольшее распространение получил метод аэрофотосъемки, при котором возможно использование как стереофотограмметрических технологий, так и фотографирование одним фотоаппаратом при достаточно большом количестве залетов над объектом.

Методы лазерного сканирования (ЛС) и геодезической съемки реже применяются для подобных задач. Результат ЛС излишне информативный и в ряде случаев затрудняет процесс обработки. Геодезическая съемка зачастую выступает дополнением к материалам аэрофотосъемки в качестве уточняющей информации, подтверждая тем самым целесообразность комбинирования методов сбора информации для большей полноты данных.

### Нерешенная часть проблемы

Объект съемки имеет сложную геометрию с многочисленными выступами, углублениями и насыпями. Осложняет работу большое количество техники, работающей на территории шлаковых отвалов, наличие построек и растительности рис. 1. При движении грузовых автомобилей появлялось облако пыли, оседающее в течении 5–10 минут.



*Рис. 1. Вид объекта*

Высокая стоимость и свойства объекта делают применение аэрофотосъемки в качестве метода сбора информации нецелесообразным, тогда как комбинирование лазерного сканирования и GNSS-технологий обеспечит максимальную полноту и качество данных, что упростит процесс обработки.

### Постановка задачи

Разработка метода комбинирования GNSS-технологий и ЛС с целью повышения информативности данных и темпов полевых работ.

Создание узловых точек в заданных районах с помощью перманентной сети GNSS-станций дало возможность:

- осуществлять контроль точности;
- выполнить привязку облака точек к нужной системе координат (СК) с минимальной погрешностью;
- “сшить” в единую базу данных сегменты объекта.

Выбор программного обеспечения для обработки данных ЛС, дополнения данными GNSS, создания Tin-модели и расчета объема доменных шлаков.

### Изложение основного материала

В рамках выполнения проекта по созданию 3D-модели поверхности шлаковых отвалов были определены такие этапы:

- лазерное сканирование и съемка GNSS-приемником территории шлаковых отвалов;
- создание опорных точек;
- привязка облака точек к заводской системе координат;
- обработка полевых измерений (сшивка сканов в единое облако точек, очистка облака точек от шумов, дополнение данными GNSS-съемки);
- создание детальной Tin-модели местности.

### Полевые измерения

Перед началом полевых работ объект условно разделили на девять участков таким образом, чтобы сканирование каждого из них занимало не более 10 ч. Шаг сканирования задавали в зависимости от расстояния и угла обзора. Необходимо отметить, что яркий солнечный свет не повлиял на результат съемки. Обнаружены незначительные недостатки, связанные с видимостью объекта сканером на расстоянии свыше 180 м и наличием шумов из-за рабочих процессов на объекте, но в целом результаты работ положительные.

Для контроля измерений, уточнения контуров и съемки сложнодоступных мест применялся GNSS-приемник GS08 NetRover производства фирмы Leica Geosystems (Швейцария). Полученный материал в ряде случаев позволил дополнить облако точек и свести к минимуму размер “слепых зон”.

Всего для выполнения работы осуществлено более 300 стоянок сканера. В результате получено более 190 миллионов координатных точек (рис. 3).

### Создание съемочного обоснования

Для определения координат опорных точек принято решение использовать в качестве исходных пунктов сеть перманентных базовых GNSS станций – System.NET. Определение координат точек опорного геодезического обоснования выполнено с помощью двухчастотных геодезических GNSS-приемников, схема привязки представлена на рис. 2.

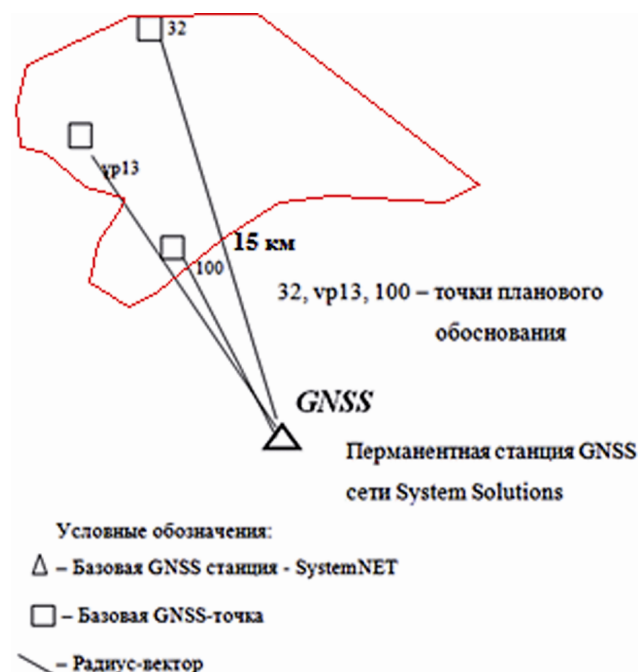


Рис. 2. Схема привязки опорных точек

Перед началом выполнения полевого этапа съемки проведен детальный анализ и выбрана методика GNSS-измерений, наиболее удовлетворяющая требованиям точности. Режим статической съемки, используемый для создания, прежде, высокоточных геодезических обоснований полностью удовлетворял требованиям этой работы.

Периоды сессий наблюдений планировали перед началом полевых работ, используя программное обеспечение Leica Geo Office v.7.0.1. (Leica Geosystems) и Pinnacle (ТОРKON). Сессии наблюдений проводили с двух базовых приемников, чтобы обеспечить проект избыточными данными, необходимыми для уравнивания. Продолжительность сессии наблюдения определена с учетом желаемой точности измерения и длины базовой линии. Продолжительность сессии составляла не менее 40 минут при длине базовой линии до 15 км. Количество наблюдаемых спутников – не менее семи (в среднем 11–12).

Обработка результатов полевых GNSS-измерений выполнена с использованием программного обеспечения (Leica Geo Office v7.0.1).

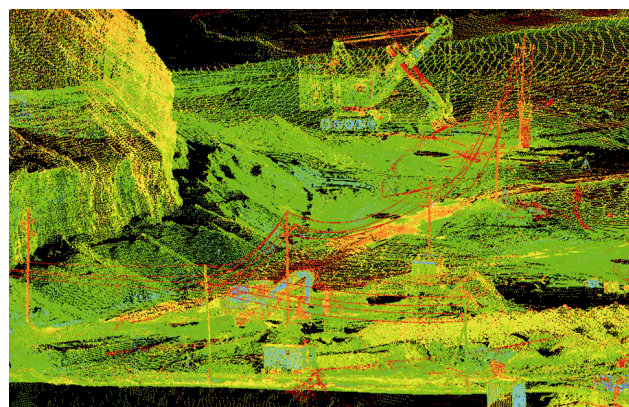


Рис. 3. Фрагмент облака точек

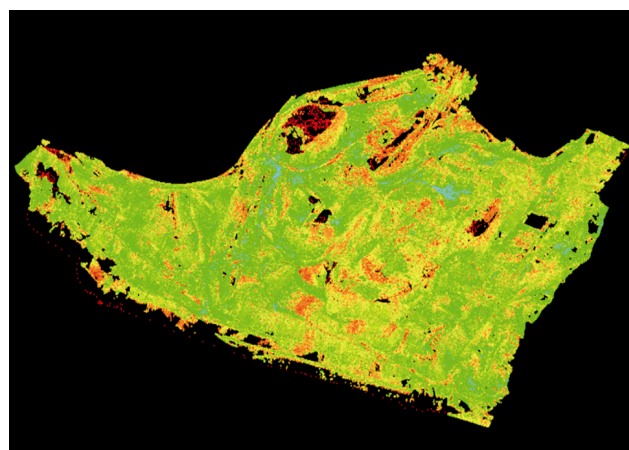


Рис. 4. Очищенное от шумов облако точек

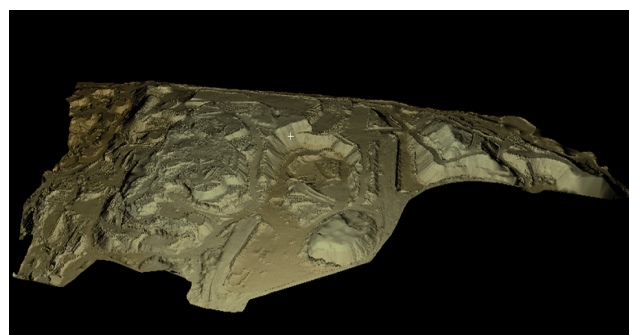


Рис. 5. Изображение Tin-модели шлаковых штабелей

### Камеральная обработка данных

В процессе проведения камеральной обработки были выполнены работы:

- по сшиванию отдельных сканов в единое облако точек с помощью модуля Cyclone-REGISTER;
- по привязке облака к заводской СК;
- по очистке облака точек от шумов из-за техники и людей, случайно попавших в область сканирования. В результате получена объективная модель штабелей из многомиллионного облака точек (рис. 4);
- по дополнению облака точек данными GNSS-съемки.

Завершающим этапом в камеральной обработке было создание Tin-модели. Хороший уровень детализации (отсутствие смазанных участков) и полнота являлись основными требованиями проекта. Алгоритмы создания и редактирования mesh в программном продукте 3DReshaper в полной мере позволили выполнить эту задачу (рис. 5).

### Выводы

Полевые работы заняли 12 дней, включая лазерное сканирование и GNSS-съемку. В процессе подтверждена корректность использования технологии лазерного сканирования для этого направления геодезических работ, так как ЛС позволяет получить наиболее полные и достоверные полевые данные об объекте.

Необходимо отметить важность комбинирования методов съемки. Применение GNSS-технологий дало возможность избежать проблем, связанных с детализацией поверхностей, густо заросших растительностью, позволив сохранить полноту информации.

### Литература

1. Заровняев Б. Н. Использование лазерного сканирования для исследования геомеханического состояния бортов карьеров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2012.
2. Тревого И., Баландюк А., Григораш А. Анализ технологических возможностей современных на-

земных лазерных сканеров // Современные достижения геодезической науки и производства. – 2010.

3. Романишин И., Малицкий А., Лозинский В. Классификация и основные характеристики наземных 3D-сканеров // Современные достижения геодезической науки и производства. – 2014.
4. Takeo K. Scene reconstruction from multiple uncalibrated views / K. Takeo, M. Han – The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2000. – 21 p.
5. Tomasi C. Shape and motion from image streams: a factorization method (orthographic method) / C. Tomasi, T. Kanade. – School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 1992. – P. 137–154.

### Застосування лазерного сканування для моделювання рельєфу техногенних зон

О. Горб, Д. Єрьоменко

Наведено й описано спосіб комбінування лазерного сканування і GNSS-технологій для застосування в задачах 3D-моделювання техногенних зон.

### Применение лазерного сканирования для моделирования рельефа техногенных зон

А. Горб, Д. Ерёмченко

Приведен и описан способ комбинирования лазерного сканирования и GNSS-технологий для применения в задачах 3D-моделирования техногенных зон.

### The use of laser scanning for modeling the relief of technogenic areas

A. Gorb, D. Yeromenko

Shows and describes a process for combining laser scanning and GNSS-technologies for use in 3D-modeling of relief technogenic areas applications.

Чергова 20-та Міжнародна науково-технічна конференція



## «ГЕОФОРУМ-2015»

присвячена професійному святу працівників геології, геодезії і картографії України відбудеться у Львові та його околицях

22–24 квітня 2015 р.