УДК 528.622.1

Е.А.ПРАВДИНА
Факультет освоения подземного пространства,
группа ГГ-021

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНО-СКАНИРУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МАРКШЕЙДЕРСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ

Рассматривается принципиальная возможность соединения плоского плана горных работ с 3D-моделью местности, полученной в результате съемки лазерным сканером. Это позволяет усовершенствовать существующую горно-графическую документацию благодаря преимуществам лазерного сканирования по сравнению со съемкой классическим методом с помощью оптико-механических приборов и электронных тахеометров. Такими преимуществами являются высокая точность, достоверность и простота использования 3D-модели. Данные свойства вместе с информативностью плана позволяют получить объемный план горных работ, точный и простой в использовании.

This article reviews a potential possibility to combine a 2D-mining plan with a 3D-terrain model, resulting from a laser scanner survey which allows improving existing mining graphic documentation owing to advantages of laser scanning as compared to classical techniques utilizing optical and mechanical instruments and distance-measuring theodolites. These advantages include high precision, data reliability and simplicity of the 3D-model application. These qualities combined with the information capacity plan of the plan help to work out a 3D-mining plan, which is precise and easy to use.

В настоящее время термин лазерное сканирование достаточно известен. Диапазон областей применения лазерного сканирования весьма разнообразен: нефтегазовая отрасль, городское хозяйство, дорожная отрасль, электроэнергетическая, горная промышленность.

Остановимся подробнее на применении лазерного сканирования на открытых горных работах.

Основными задачами маркшейдерского обслуживания на карьерах являются:

- ведение установленной маркшейдерской документации;
- систематическое производство маркшейдерских съемок, составление и пополнение на этой основе маркшейдерских планов;
- контроль за ведением горных работ в соответствии с утвержденным проектом;
- производство ежемесячных замеров горных работ – съемка складов полезного ископаемого и отвалов пустой породы для подсчета объемов добычи;
- наблюдение за деформациями бортов карьеров и устойчивостью углов откосов уступов карьера;
- маркшейдерское сопровождение буровзрывных работ;
- определение береговой линии хвостохранилищ.

Прежде для решения этих задач использовались оптико-механические приборы (теодолит, нивелир), планиметр, калькулятор. В настоящее время технические возможности значительно выросли: электронные тахеометры, лазерные светодальномеры, персональные компьютеры и программное обеспечение, например AutoCad. Но в любом случае требуется план горных работ.

По плану открытых горных работ решаются такие простейшие задачи, как определение высоты и угла наклона откоса уступа, элементов залегания пласта, построение вертикального разреза.

Без плана горных работ, независимо от того, выполнен он на бумажном носителе

или в цифровом виде, не может нормально функционировать ни одно горное предприятие. Подобная необходимость в плане объясняется его информативностью. В частности, на плане открытых горных работ отмечаются верхние и нижние бровки, разведочные скважины, транспортные пути, линии электропередачи, местоположение конвейеров, экскаваторов, бульдозеров и другой техники, промплощадки, склады, отвалы; наносится координатная сетка, границы добычных участков, горного отвода и прочая информация.

Но в то же время план обладает свойством накапливать погрешности при работе с ним. В процессе классической съемки и составления плана на бумажном носителе погрешности накапливаются следующим образом. Например, необходимо нанести на план уступ карьера. Выбор снимаемых характерных точек верхней и нижней бровки в достаточной мере субъективен, зависит от опыта и квалификации съемщика, идентифицирующего в данном случае положение бровки или контура других снимаемых объектов. Затем погрешности могут возникать непосредственно при выполнении съемки (горизонтировании, наведении на вешку, взятии отсчета и т.д.).

Следующий этап – нанесение точек – выполняется с определенной погрешностью, приблизительно 0,2 мм в масштабе плана. При масштабе 1:2000 ошибка будет составлять на местности 0,4 м!

При последующей графической работе с планом (вычислении площади, построении вертикального разреза) возможны даже грубые ошибки, точность вычисления значительно уменьшается.

Характерной особенностью классического метода съемки с использованием оптико-механических приборов или электронных тахеометров является то, что в процессе съемки какого-либо контура, например бровки уступа, производится съемка отдельных точек, принадлежащих этому контуру, в результате чего получаем так называемую дискретную модель непрерывного контура. Затем при построении плана недостающая информация между точками заполняется интерполированием либо вручную, либо средствами специальных программных продуктов при компьютерной обработке, трансформируя дискретную модель контура в непрерывную. При этом возникает ошибка аналогии реальному положению снятого таким образом контура.

Применение современного программного обеспечения позволило значительно снизить ошибки графических построений, но при этом не исключило ошибки аналогии, обусловленной самим методом съемки.

Съемка с использованием лазерно-сканирующих систем значительно снизила влияние ошибок аналогии, обусловленных самой методикой съемки классическим методом, и ошибок измерения, а также графических ошибок при составлении планов. Это стало возможно благодаря следующим факторам.

Плотность покрытия при сканировании составляет несколько десятков тысяч точек на квадратный метр, т.е. информация реального положения объекта отражена наиболее полно.

Сканер определяет сразу три координаты точки, поэтому сразу возможно построение объемной модели (непосредственно в поле), которая впоследствии может использоваться для решения всевозможных маркшейдерских задач.

Точность съемки, заявленная при сканировании, может достигать 10 мм (она зависит от параметров конкретного сканера, от отражающих свойств поверхности снимаемых объектов, от погодных и атмосферных условий, от дальности измерения) и при дальнейшей обработке не уменьшается.

3D-модель поверхности снимаемого объекта получается с достоверными контурами и цветовым разграничением различных геометрических элементов (откосы, трубы, резервуары и т.д.), что значительно увеличивает информативность снятого объекта и позволяет расширить круг инженерных задач, связанных с созданием и использованием горно-графической документации, производной от этой модели.

Конечно, съемка сканером подразумевает ряд специфических особенностей: вы-

полняется всегда несколько сканов (как правило, два-три) для устранения так называемых мертвых зон; на каждой точке стояния необходимо делать дополнительную съемку специальных маркеров, которые используются впоследствии при сшивании нескольких сканов в один. При этом используется GPS либо электронный тахеометр. В этом случае тоже возникают погрешности измерения, но они меньше, чем при использовании для этих целей оптико-механических приборов (теодолитов, нивелиров), и получаются одного порядка с погрешностями измерений при съемке лазерными сканерами.

Полученные сканы при всех очевидных достоинствах обладают явным недостатком: они не несут необходимой информации о расположении разведочных скважин, транспортных путей, линий электропередач, местоположении конвейеров, экскаваторов, бульдозеров, промплощадки, складов и отвалов. Нет на сканах и координатной сетки, границ добычных участков, горного отвода, т.е. всего того, что есть на плане горных работ.

В этом случае возможно выполнить построение всех этих объектов в режиме «виртуального маркшейдера»: обрисовать скважины, транспортные пути, уступы и т.д. поверх скана и получить таким образом план горных работ. План, выполненный подобным образом, имеет ряд преимуществ: он точен, прост в обращении, выполнен в объемном виде.

Если же на предприятии уже имеется план горных работ, можно соединить наглядность плана горных работ и функциональность скана (3D-модели снятого объекта).

Результат подобной работы свидетельствует о принципиальной возможности соединения плоского растрового изображения с 3D-моделью скана, что имеет практическое значение по модификации горнографической документации на горных предприятиях.

На сегодняшний день далеко не у всех предприятий существует возможность проводить периодическое сканирование. Но в определенных случаях, когда необходимо составить модель, наиболее точно отражающую снимаемый объект, применение лазерного сканера обосновано и оправдывает затраченные средства.

Научный руководитель д.т.н. проф. *В.Н.Гусев*