

## ЦИФРОВЫЕ СПОСОБЫ МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЪЕМОК ГОРНЫХ РАБОТ

*С.В. Турсбеков, В.И. Нифадьев*

Рассматривается лазерное сканирование как один из видов автоматизации маркшейдерских съемок и обеспечение безопасности их проведения.

*Ключевые слова:* лазерное сканирование; маркшейдерские съемки; горные работы; трехмерная модель.

Увеличивающиеся темпы автоматизации производства не оставляют в стороне и маркшейдерское обеспечение горных работ. Ведение горнографической документации на бумажной основе не позволяет своевременно принимать оперативные управленческие решения, а также отслеживать состояние объектов в реальном времени.

Применение традиционных методов маркшейдерских съемок и устаревших приборов замедляет процесс получения результатов. Зачастую исполнителям приходится находиться в зонах опасных природных и техногенных процессов. Что касается маркшейдерских съемок недоступных полостей в подземных выработках, то там практически невозможно получение полных и достоверных результатов.

На многих предприятиях уже появились цифровые электронные безотражательные тахеометры и GPS-приемники. Это отрадный факт, поскольку применение таких приборов способ-

ствует увеличению производительности труда и повышению уровня безопасности производства. Немаловажен и экономический эффект от внедрения современной техники и программного обеспечения.

Но в настоящее время активно внедряется технология лазерного сканирования. Это прорыв в автоматизации маркшейдерских съемок и обеспечении безопасности их проведения. Это построение трехмерных моделей любого объекта, будь то технологические сооружения со сложными конструктивными элементами, поверхности разрабатываемых карьеров или недоступные подземные выработки. Это получение в кратчайшие сроки полноценных сведений о происходящих деформациях зданий и сооружений, земной коры и кровли подземных выработок, информации о смещении оползней и обрушений. Это многократное упрощение работы при проектировании и реконструкции промышленных сооружений.

Принцип работы лазерного сканера аналогичен принципу работы безотражательного электронного тахеометра и заключается в измерении времени прохождения лазерного луча от излучателя до отражающей поверхности и обратно до приемника. Путем деления этого времени на скорость распространения лазерного луча определяется расстояние до объекта.

Технология наземного лазерного сканирования заключается в измерении расстояний до большого количества точек, расположенных на снимаемом объекте. Измерения происходят со скоростью несколько тысяч точек в секунду. Углы в данном случае не измеряются, а задаются поворотом зеркала, одновременно регистрируясь запоминающим устройством. Плотность сканирования зависит от дальности и может достигать десятых долей миллиметра.

Для производства работ не нужен непосредственный доступ к объекту, не нужны отражатели или другие приспособления, необходима лишь прямая видимость. Конечно, любой объект не будет виден целиком с одной точки. Чем сложнее сооружение или поверхность, тем больше нужно точек, с которых будет производиться сканирование. Данные сканирования, полученные с различных точек установки прибора, в процессе камеральной обработки сводятся в единое трёхмерное «облако точек». Оно в дальнейшем служит основой для построения моделей.

Время, затрачиваемое на полевые работы, зависит от расположения объекта, расстояния до него, требований к плотности измерений и детализации. Несравнимое преимущество лазерное сканирование имеет перед традиционными технологиями в части безопасности измерений, а также при получении данных об элементах, тахеометрическая съёмка которых вообще невозможна.

По результатам сканирования составляется трёхмерная модель, успешно конвертируемая в САД и ГИС-приложения. Используя такую модель, возможно создание любых сечений, моделей отдельных взятых элементов и измерение любых геометрических параметров, и, конечно, составление обычных топографических планов.

В настоящее время существует несколько моделей лазерных сканеров наземного базирования различных производителей. Они отличаются размерами, точностью, областью сканирования, дальностью, температурным режимом и другими параметрами.

Получая трёхмерную цифровую модель карьера, мы во-первых, решаем задачи вычисле-

ния объемов добычи полезного ископаемого. Имея данные лазерного сканирования, возможно постоянное редактирование модели карьера после каждого взрыва очередного блока и выемки породы и руды. Объем взорванного блока может быть получен с высокой точностью через несколько часов после взрыва путем наложения друг на друга двух моделей (до и после взрыва). Методом проведения сечений через заданный интервал получаем планы сечений и традиционный топографический план карьера<sup>1</sup>.

Во-вторых, работы по вычислению объемов породы (руды, шлака и т. п.) на различных отвалах, складах и хранилищах. Зачастую такие объекты труднодоступны или имеют сложную форму, что далеко не всегда учитывается и приводит к погрешностям определения объемов. Установлено, что при полном соблюдении методики съёмки при сканировании, погрешность вычисления объема будет находиться в пределах 1 %.

В-третьих, определение береговой линии хвостохранилищ. Там, где невозможен доступ человека из соображений безопасности, применение технологии лазерного сканирования позволяет получить модель пляжа с выделением береговой линии. Эта линия определяется однозначно, поскольку сканер не получает отражения от водной поверхности.

В-четвертых, наблюдения за деформациями. Это могут быть здания и сооружения, земная поверхность на подрабатываемых территориях, оползни, отвалы, обрушения и другие области возможных смещений. И все измерения осуществляются не по контрольным точкам, а в режиме сплошных наблюдений. Величина и направление деформаций вычисляются путем наложения моделей объекта для каждого цикла измерений.

И это далеко не полный список возможностей наземного лазерного сканирования. В процессе внедрения технологии постоянно растет интерес заказчиков и постоянно увеличивается область применения этой методики.

Что касается подземного маркшейдерского сканирования, то в мире на сегодняшний день существует единственный тип сканеров, предназначенный для съёмки недоступных полостей (очистных камер, рудоспусков и пр.).

В дальномере, который является центральным элементом этой системы, используется ла-

<sup>1</sup> Долгоносов В.Н. Аналитические способы расчета устойчивости карьерных откосов: монография / В.Н. Долгоносов, Ф.К. Низаметдинов и др. Караганда: Санат-Полиграфия, 2009. 332 с.

зерный диод, обеспечивающий бесконтактное измерение расстояний до препятствий из практически любых материалов; он способен работать как в темных, так и освещенных шахтах, не нуждаясь при этом в отражателях. Узкий лазерный луч не приводит к возникновению ложных отраженных сигналов и обеспечивает определение мелких объектов на большом расстоянии. Он может отражаться от рассеивающей поверхности фактически под любым углом.

Расстояние рассчитывается исходя из времени прохождения лазерного импульса до отражающей поверхности и обратно.

Задачи горнодобывающего предприятия, которые решаются при помощи системы мониторинга полостей, следующие: составление пространственных моделей горных выработок в системе координат шахты; определение их геометрических параметров и объемов; учет на основе этих данных потерь, разубоживания, состояния и движения запасов полезного ископаемого; подготовка

в электронном виде трехмерных моделей для последующего их использования при помощи соответствующего программного обеспечения.

Необходимо отметить, что все измерения, производимые при помощи лазерных сканеров, как наземных, так и подземных, позволяют получить модели в той системе координат, в которой ведется горно-графическая документация и проводятся все маркшейдерские работы.

Лазерное сканирование не ставит цель “уйти” от тахеометров и нивелиров. Технологии должны взаимодействовать. И первая задача традиционной геодезии – координирование опорных точек, по которым данные сканирования будут трансформированы в требуемую систему координат.

Экономия средств и положительный эффект при использовании лазерных сканеров достигаются за счет многократного сокращения временных затрат на полевые работы, а также за счет полноты получаемой информации.