

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ СЪЕМКИ ПОДЗЕМНЫХ КАМЕР И ПУСТОТ

Съемка подземных пустот и камер является важной маркшейдерской задачей. В статье предложена классификация методов решения данной задачи применительно к маркшейдерской съемке камер при разработке мощных рудных залежей. Рассмотрены два наиболее перспективных способа съемки: фотопланиметрический способ и лазерные системы сканирования. Изложена сущность последнего способа, приводится краткое описание прибора, методики измерения, дается сравнительная характеристика.

Studying underground voids and chambers is an important mining surveying problem. The article offers a classification of methods to solve these problems with reference to mine surveying of chambers in development of large ore deposits. The two most promising surveying methods are studied: the photoplanimetric analysis and the laser scanning systems. The essence of these techniques is explained, brief descriptions and comparison characteristics of the devices as well as the measuring techniques are given.

С начала ведения подземных разработок пластовых и рудных месторождений перед специалистами горной отрасли остро стоят вопросы изучения подземных пустот и камер, получения информации о них, что формулируется в общем виде как решение задачи «трех О»: обнаружить, определить, обеспечить\*.

Направления, связанные с решением первой задачи, в основном охватывают все области геофизики, но в настоящее время все они еще далеки от совершенства.

Решение второй задачи должно ориентироваться на совершенствование существующих и разработку новых способов маркшейдерско-геодезической съемки подземных пустот на основе внедрения достижений современной науки и техники. Прежде всего, необходимо научное обоснование оптимальных норм точности на выполнение такой съемки. Для обеспечения установленных норм точности требуется создание таких приборов и методик съемки подземных пустот, которые позволяют получать пол-

ную и достоверную информацию об ориентации пустоты в пространстве, ее конфигурации или объеме\*\*.

Сравнив технические показатели, определили и взяли за основу в данной работе последние два способа съемки подземных пустот. Так, к оптимальному решению поставленных задач на современном уровне относят применение лазерных сканирующих систем (ЛСС) типа CMS 100 и фотопланиметра, своего рода прибора для формирования световых сечений.

Данная сканирующая система была разработана с целью оптимизации времени выполнения съемок, а также автоматизации процесса планирования горных работ канадской компанией «Ortech» в 1993 г. Система «Cavity Monitoring System CMS 100» предназначена для съемки подземных полостей, недоступных или опасных для пребывания в них человека.

ЛСС CMS 100 состоит из лазерной сканирующей головки, контроллера, управ-

\* Гусев В.Н. Оценка погрешности измерений фотопланиметрическим способом / В.Н.Гусев, Д.Е.Курганов, В.А.Голованов // Межв. сборн. научных трудов: Маркшейдерское дело и геодезия. ЛГИ. 1991.

\*\* Дробкин М.М. Фотограмметрический метод съемки подземных очистных и подготовительных выработок на руднике «Каула – Котсельваара» // Горный журнал, 1970. № 10.

ляющего системой, и кейса со встроенным источником питания и блоком памяти, который используется также как транспортировочный ящик. Кроме того, для ввода сканирующей головки в недоступную полость можно воспользоваться специальным набором мачт и штанг.

Непосредственно перед съемкой ЛСС ориентируют и привязывают к координатной сетке шахты с помощью традиционных маркшейдерских методов.

Лазерную сканирующую головку закрепляют на штативе или штанге и сканируют окружающее пространство. Головка вращается на  $360^\circ$  в горизонтальной плоскости и на  $140^\circ$  – в вертикальной. Предельный угол обзора можно устанавливать в вертикальной плоскости. Плотность сканирования определяется пользователем и варьируется от 0,5 до  $10^\circ$ . Максимальная скорость сканирования составляет  $21^\circ$  в секунду. Дальность сканирования достигает 350 м на поверхности с отражением 20 %, что соответствует темным горным породам. Точность каждой точки получаемой модели колеблется в пределах 2 см. Сканирование можно проводить при полном отсутствии света.

Съемка осуществляется как в полностью автоматическом режиме, так и в ручном. При использовании первого происходит сканирование всех поверхностей, находящихся в пределах дальности действия ЛСС. При применении второго режима можно выделять наиболее интересующие оператора области для сканирования. Полная съемка полости в автоматическом режиме при максимальной плотности измерений (полный цикл наблюдений одной полости состоит из 53000 точек) и предельного угла обзора составляет не более 20 мин.

Емкости памяти CMS 100 хватает на четыре полных цикла измерений полости (212000 точек), т.е. на четыре независимых объекта. После выполнения съемок ЛСС с помощью кабеля подключается к компьютеру для передачи и обработки данных. При обработке данных в программу вводятся координаты марок, которыми и осуществляется привязка, после чего координаты

всех измеренных точек автоматически переводятся в пользовательскую систему координат.

Программное обеспечение, входящее в комплект сканера, позволяет выполнить:

- перекачку данных из контроллера в компьютер;
- пересчет координат в локальную координатную систему;
- построение 3D-модели полости;
- создание сечений полости с заданным шагом в метрах;
- сохранение данных по 3D-модели полости и каждого сечения (если они делались) в формат DXF.

Дальнейшая обработка осуществляется либо в AutoCAD (построение пространственной модели полости и вычисление ее объема), либо в специализированной программе для планирования горных работ, например, Gemcom.

При применении современных цифровых технологий особенно актуален на сегодняшний день и фотопланиметрический способ съемки подземных пустот. Сам прибор выполнен в виде двух непрозрачных пластин, между которыми помещена кольцеобразная линза из оргстекла и расположенная в ее главном фокусе импульсная лампа, применяемая в электронной ламповой вспышке. Использование цифрового фотоаппарата при съемке нескольких сечений, его экспериментальное внедрение как инновационной технологии в данную методику позволило значительно сократить время всего процесса съемки и упростить обработку результатов съемки. Им можно снять и затем быстро обработать множество сечений больших размеров горизонтальных выработок и глубоких вертикальных и наклонных рудоспусков.

О методах съемки при помощи фотопланиметра ФС упоминалось ранее в научных работах и статьях. В данной работе подробно рассматривается принцип съемки вертикальных выработок. В вертикальных выработках по двум направляющим проволокам, предварительно закрепленным в снимаемой выработке, опускается осветитель и цифровой фотоаппарат. Расстояние

между осветителем и фотоаппаратом выбирается в зависимости от снимаемого сечения\*. Применение цифрового фотоаппарата в режиме видеосъемки при данном способе снимаемых сечений полностью исключает необходимость контроля управления им дистанционно с поверхности, что значительно упрощает процесс фотографирования световых вспышек и соответственно уменьшает время самой съемки, а также повышает вероятность получения полной графической информации о контуре снимаемого рудоспуска. Для масштабирования сечений в поле зрения цифрового фотоаппарата помещаются масштабирующие марки.

Отметка сечения выработки определяется с помощью длиномера, и его показания фиксируются на видеокамере, которая устанавливается непосредственно у прибора.

Перед самой съемкой проводится синхронизация (установка) таймера в меню видеокамеры и цифрового фотоаппарата, чтобы таким образом в процессе съемки получать информацию о положении снимаемых

сечений на определенной глубине в определенный интервал времени\*\*.

Для соблюдения дискретности в процессе съемки также устанавливается временной интервал вспышек, что зависит от характера разрушения и формы вертикальной выработки.

После съемки результаты были перенесены в компьютер и обработаны в программе AutoCAD. Тем самым были решены такие задачи, как масштабирование сечений, трансформирование наклонных сечений и сечений, расположенных под углом к оси фотоаппарата, подсчет площади сечений и многое другое.

Решение перечисленных проблем будет способствовать созданию высоких технологий обнаружения подземных пустот, определения их пространственного положения и успешного решения третьей части задачи «трех О» по обеспечению безопасности, корректировке производственного процесса, погашению при использовании подземных пустот.

Научный руководитель к.т.н. доц. *В.А.Голованов*

---

\* *Драбкин М.М.* Фотограмметрический метод съемки подземных очистных и подготовительных выработок на руднике «Каула – Котсельваара» // Горный журнал, 1970. № 10.

\*\* *Гусев В.Н.* Оценка погрешности измерений фотопланиметрическим способом / В.Н.Гусев, Д.Е.Курганов, В.А.Голованов // Межв. сборн. научных трудов: Маркшейдерское дело и геодезия. ЛГИ, 1991.