

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ КАРЬЕРОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Борисович О.П.

(ОАО «Брестпроект», Брест);

Зуева Л.Ф., канд. техн. наук, доц.

(Брестский государственный технический университет);

Суворова А.А.

(КварцМелПром, Малорита)

Рассматриваются вопросы геодезического обеспечения разработки карьеров строительных материалов на современном этапе. Приведены результаты геологических и геодезических изысканий, выполненных на Хотиславском месторождении песка и мела. Показаны основные виды геодезических работ, которые будут выполняться с помощью электронного тахеометра Trimble M3, позволяющего качественно и оперативно выполнять текущую топографическую съемку с целью определения объемов вынутых из карьера полезных ископаемых и разбивочные работы на промплощадке.

Общие сведения о карьере. Карьер Хотиславского месторождения песка и мела расположен в Малоритском районе Брестской области. ;

Инженерно-геологические изыскания проводились методами ударной канатного бурения и статического зондирования; был произведен отбор проб грунта и монолитов, выполнены комплексные исследования глинистых и песчаных грунтов. В результате выявлено, что пески залегают в виде пластообразной залежи, мел - в виде пластовой, вытянутой с юго-запа на северо-восток на 4,8 км при ширине 0,3 - 1,2 км. Мощность мелового слоя в контуре запасов составляет от 1 до 40 м, а песков колеблется от 2,3 до 19,3 м. Вскрышные породы представлены почвенно-растительным слоем и торфом, мощность вскрываемого слоя в среднем всего 0,2 - 2 м. По выдержанности качества мела и внутреннему строению залежей мел относится к I группе - типу крупных месторождений. По пескам, учитывая степень устойчивости качества, месторождение отнесено ко II группе первого типа.

В результате инженерно-геодезических изысканий выполнена топографическая съемка масштаба 1: 500 с высотой сечения 0,5 м на территорию горного отвода. Рельеф месторождения равнинный, абсолютные отметки 157,5 - 162,6 м, относительные превышения карьера 1 - 2 м (местами до 3 м). Также выполнена высотная съемка и обследование автомо-

бильной автодороги от карьера до станции «Хотислав» длиной около 5 км, которая требует реконструкции для нормального функционирования карьера и бесперебойной работы мини-завода по промывке песка, строительство которого планируется при карьере.

Технологическая схема разработки карьера составлена ОАО «Белгорхимпром» г. Минск. Карьер будет разрабатываться двумя уступами. По абсолютной отметке поверхность земли 158,0 м; отметка первого уступа - 152,5 м; второго - 149,25 м, т.е. глубина разработки 5,5 и 8,75 м соответственно. Въездная траншея располагается на южном борту карьера. Площадь участка, предназначенного к разработке, составляет 10,53 га - это 2,3 % от территории горного отвода. Половину участка разработки занимал котлован неправильной геометрической формы, заполненный водой. Поэтому было предложено его осушение смешанным способом с помощью 3-х водопонижительных скважин и открытого зумпфа, что позволит обеспечить устойчивость бортов карьера. Объемная масса мела на месторождении 1,91 г/м³, песка - 1,78 г/м³. Для разработки песка мощность до 6,75 м, а мела - до 21 м. Согласно технического задания, планируемая производительность карьера по 400 тыс. тонн мела и песка в год. Срок службы карьера - 50 лет.

Рекомендации для выполнения маркшейдерских работ. Для геодезического обеспечения разработки карьера Хотиславского месторождения используется электронный тахеометр Trimble M3 (производство - Германия), поэтому остановимся именно на особенностях применения данного класса приборов при выполнении съемочных работ на карьерах.

На территории производственно-хозяйственной деятельности на объекте создают маркшейдерскую опорную сеть методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии 4 классов, 1 и 2 разрядов, нивелированием III и IV классов в соответствии с установленными требованиями, а также с использованием спутниковой аппаратуры. Характеристика сетей, создаваемых с использованием электронных тахеометров и светодальномеров согласно инструкции [2], приводится в таблице. В открытой местности чаще всего используют способ полигонометрии.

В качестве исходных пунктов для построения маркшейдерской опорной сети служат пункты государственной геодезической сети и сетей сгущения. Плотность плановой маркшейдерской сети всех классов и разрядов для топографической съемки текущих изменений на городских (поселковых) территориях и территории производственно-хозяйственной деятельности, в застроенной части принимается не менее четырех пунктов на 1 кв. км, в незастроенной части - не менее одного пункта на 1 кв. км. На-

пример, плотность высотной маркшейдерской сети при съемке в масштабе 1:2000 и крупнее незастроенных территорий принимается не менее одного репера на 5 - 7 км².

Необходимое количество пунктов маркшейдерской сети на карьере определяется с учетом перспективы развития горных работ, размеров, глубины карьера и др. Для обеспечения съемки открытых разработок создаются, как правило, в период детальной разведки исходя из требований, предъявляемых к съемке земной поверхности в масштабе 1:2000.

Длины сторон треугольников и полигонометрических ходов маркшейдерской сети принимаются равными 1,5 - 2,0 км. Высоты пунктов, расположенных в непосредственной близости от месторождения, определяются нивелированием с точностью не ниже IV класса.

Центр пункта обычно представляет собой, как правило, забетонированный металлический штырь диаметром 25 - 30 мм и длиной от 200 до 700 мм, зазубренный или загнутый в нижней части в виде крючка. Для штыря выбирается в зависимости от устойчивости пород, глубины промазвания. В головке штыря высверливается отверстие, наносится керн с крестообразной насечкой, фиксирующей центр пункта. Допускается керн вычеканивать медной проволокой.

Технические характеристики полигонометрических ходов

Показатели	IV класс	1 разряд	2 разряд
Предельная длина отдельных полигонометрических ходов <*> в зависимости от числа сторон n в ходе, км	8 при n = 30 10 при n = 20 12 при n = 15 15 при n = 10 20 при n = 6	10 при n = 50 12 при n = 40 15 при n = 25 20 при n = 15 25 при n = 10	6 при n = 30 8 при n = 20 Ю при n = 10 12 при n = 8 14 при n = 6
Длина сторон хода, км: наименьшая <***>, км	0,25	0,12	0,08
Средняя квадратическая погрешность измерения длины стороны	до 500 м - 2 см от 500 до 1000 м - 3 см свыше 1000 м - 1:40 000	до 1000 м - 3 см свыше 1000 м - 1:30 000	до 1000 м - 5 см

Примечания: 1. Предельная длина ходов: между исходным и узловым пунктами - 2/3 длины отдельного хода, определенного в зависимости от числа сторон n; между узловыми пунктами - 1/2 длины отдельного хода, определенного в зависимости от числа сторон n (при уменьшении числа сторон n хода соответственно на 2/3 и 1/2).

2. <***> При измерении линий светодальномерами и электронными теодолитами предельная длина сторон не устанавливается, однако следует избегать перехода от наименьших сторон хода к максимально возможному.

При открытом способе разработки месторождений съемка карьеров, разрезов (далее - карьеры) выполняется в масштабе 1:1000 или 1:2000, внешних отвалов - 1:2000 или 1:5000. Определение пунктов в съемочных сетях относительно ближайших пунктов маркшейдерской опорной сети осуществляется с погрешностью, не превышающей 0,4 мм на плане в принятом масштабе съемки и 0,2 м по высоте.

При ширине экскаваторной заходки менее 20 м, если по результатам съемки определяют объемы выемки для оплаты труда, пункты съемочного обоснования определяются в соответствии с требованиями, установленными для съемки в масштабе 1:1000. Съемочная сеть на карьере закрепляется центрами долговременной сохранности и центрами временного пользования.

Пункты съемочной сети размещаются равномерно вдоль месторождения за его границей. Не менее одной трети пунктов закрепляется долговременными центрами. На каждом километре вдоль месторождения размещается не менее 3-4 пунктов.

Плановое положение пунктов съемочной сети карьера определяется геодезическими засечками, проложением теодолитных ходов, совместным проложением ходов и полярным способом, используя в качестве исходных пункты маркшейдерской опорной сети. Высоты пунктов определяются техническим и тригонометрическим нивелированием.

Теодолитные ходы прокладываются между пунктами маркшейдерской опорной сети или строятся в виде замкнутых полигонов. На исходных пунктах измеряются углы между стороной теодолитного хода и двумя направлениями на пункты маркшейдерской опорной сети. Длины сторон теодолитного хода принимаются не более 400 м и, как правило, не менее 100 м. Длина хода принимается не более 1,8, 3 и 6 км при съемке в масштабах 1:1000, 1:2000 и 5000 соответственно. При необходимости допускается определение отдельной точки полярным способом, расстояние до нее принимается не более 400 м. Стороны теодолитных ходов измеряются светодальномерами, тахеометрами, насадками, рулетками и другими приборами, обеспечивающими требуемую точность измерений. Разность между двумя измерениями линии допускается не более 1:1500 ее длины.

Обработка результатов линейных измерений выполняется в соответствии с руководствами по эксплуатации приборов. Угловые невязки в теодолитных ходах допускаются не более $45'' \sqrt{n}$, где n - число измеренных углов в ходе. Линейные невязки в теодолитных ходах допускаются не более 1:3000 длины хода.

Если при создании съемочных сетей используются приборы или методика измерений, обеспечивающие более высокую точность измерений,

допускается изменять параметры построения съемочных сетей. При этой погрешности положения пунктов, полученные по предварительной оценке точности, не должны превышать установленных величин. При исполнении для измерения сторон светодальномеров группы Т и электронный тахеометров предельная длина сторон хода не устанавливается, а количество сторон в ходе принимается не более 50 при съемке в масштаба 1:5000 и 1:2000, 40 и 20 - соответственно в масштабах 1:1000 и 1:500. Угловые невязки в таких ходах допускаются не более величины $20''$ где n - число измеренных углов в ходе, линейные невязки - $0,4 \text{ мм}$ в плане в масштабе съемки.

Для передачи высот на пункты съемочной сети, определяемые способом геодезических засечек, превышения между пунктами определяются из тригонометрического нивелирования в прямом и обратном направлениях или в одном направлении, но не менее чем с двух исходных пунктов. При полярном способе повторное определение превышения выполняется изменением высоты цели или инструмента. Расстояния между исходными и определяемыми пунктами принимаются не более 1 км при измерении вертикальных углов теодолитами типа ТЗ0; 1,5 км - теодолитами типа Т1 и 2 км - более точными теодолитами. Расхождение между двумя определениями высоты пункта (с учетом поправок за кривизну Земли и рефракцию) допускается не более $0,03 l$ (см), при расстояниях до 1 км; $0,02 l$ (см) при расстояниях более 1 км, где l - длина стороны, м. Если число определений высоты пункта больше двух, отклонение любого определения от среднего арифметического значения допускается не более 20 см.

Длина ходов тригонометрического нивелирования, прокладываемых с использованием электронных тахеометров, принимается не более 10 км. Расхождение прямого и обратного определения превышения - $0,01 \frac{L}{n}$, а невязка в ходе $-0,01 \frac{L}{4n}$, где L - соответственно длина стороны и длина хода, м; n - число сторон.

При расстояниях от исходного пункта до определяемых более 700 м и одностороннем тригонометрическом нивелировании в превышения вводятся поправки за кривизну Земли и рефракцию.

В зависимости от способа разработки, размеров и формы выработанного пространства для съемки горных выработок применяют следующие способы: нивелирования площади, тахеометрический, наземный стереофотограмметрический, профилейных линий и ультразвуковой локации (подводной части горных выработок).

Объектами съемки при открытой разработке россыпей являются: рельеф и ситуация земной поверхности в пределах территории произвола!

венно-хозяйственной деятельности; отвалы; контуры бьефа, рельеф берегов и дна; водотоки (для дражных разработок); разведочные выработки (шурфы, скважины и т.п.); траншеи, канавы, котлованы, дамбы, плотины, перемычки, дренажные выработки и сооружения; бровки уступов и траншей; поверхности плотика и кровля вынимаемых песков; геологическая и гидрогеологическая ситуация; осыпи, обрушения и оплывины; транспортные пути, постоянные линии электропередачи, связи и др.

Основным методом съемки сегодня является тахеометрическая съемка, которая выполняется теодолитами типа ТЗО, Т1 5, авторедукционными или электронными тахеометрами.

При съемке *теодолитами и редуционными тахеометрами* отсчеты по горизонтальному кругу разрешается округлять до десятков минут. Расстояние от инструмента до пикета принимается не более 150, 200 и 300 м при съемке бровок уступов и других нечетких контуров соответственно в масштабах 1:1000, 1:2000 и 1:5000. Если высота уступа (вынимаемого слоя) меньше 3 м, то расстояние до пикета принимается не более 150 м. При съемке четких контуров (здания, сооружения) расстояния от инструмента до пикета принимаются не более 80, 100 и 150 м при съемке соответственно в масштабах 1:1000, 1:2000 и 1:5000. При съемке пикеты выбираются в характерных местах поверхности слоя, но не реже, чем через 40 м. При съемке бровок и откосов пикеты определяются вдоль верхней и нижней бровок не реже, чем через 20 м. При сложной и невыдержанной форме откоса снимаются характерные точки на откосе. На каждой станции составляется абрис.

Вычисление горизонтальных проложений и высот пикетов выполняется в журнале тахеометрической съемки или на компьютере. Высоты пикетов и горизонтальные проложения после вычисления округляют до дециметров. Погрешность нанесения пикета на план допускается не более 0,5 мм.

При выполнении съемки *электронным тахеометром* ограничения на мощность вынимаемого слоя и длины хода не применяются, предельное расстояние от прибора до отражателя устанавливается исходя из соответствующих технических характеристик прибора и условий видимости.

Ежемесячно производят съемку разрабатываемой части с целью определения объема горной массы, извлеченной за отчетный месяц. Допустимая погрешность определения объема вынутых на полигоне за месяц пород не должна превышать 6 %.

Отвалы снимаются ежегодно к началу подсчета запасов и ежегодно составления планов развития горных работ, а также после отработки месторождения.

При разработке карьеров внешние отвалы вскрышных пород снимаются в масштабе 1:2000 или 1:5000. Планы породных отвалов составляются в проекции с числовыми отметками и произвольным ориентированной сетки координат относительно сторон листа с таким расчетом, чтобы уступок поверхности в пределах проектного контура отвала по возможности размещался на одном листе.

Контрольный подсчет объемов добычи и вскрыши по карьере выполняется один раз в год до 1 февраля, следующего за отчетным годом. Для этого используются съемки, выполненные в начале и в конце контролируемого периода, или проводится разовая съемка карьера (части карьера).

Объемы вынутых горных пород по данным маркшейдерской съемки определяются способами среднего арифметического, вертикальных, горизонтальных сечений, объемной палетки и другими способами, обеспечивающими необходимую точность результата. При выборе способа учитывается технология разработки и вид съемки горных выработок.

При условии, когда технологическая схема разработки позволяет определять объемы горных пород непосредственно по съемке уступов, пользуются способом среднего арифметического. Этот способ не применяется, если верхняя или нижняя площадка уступа в пределах заходки имеет поперечный уклон более 0,015, тогда при нанесении на план горных выработок бровки уступа и промежуточного сечения используется способ горизонтальных сечений.

Объемы горных пород, определенных по тахеометрической съемке, подсчитываются способом вертикальных сечений, по стереофотограмметрической съемке - одним из перечисленных выше способов, кроме способа среднего арифметического.

Способ объемной палетки применяется для подсчета объема вынутых горных пород, если они изображены на плане в проекции с числовыми отметками, а также для подсчета объема вынутых горных пород, если заходка имеет неправильные, сложные контуры и поверхности.

Объемы горных пород подсчитываются способами среднего арифметического и горизонтальных сечений по формуле:

$$V = \frac{S_H + S_P}{f \cdot h_{cp}}$$

где V - объем экскаваторной заходки (слоя или блока), м³; $1/f$, S_H - площадь сечений соответственно по верхним и нижним бровкам; h_{cp} - средняя высота заходки, м.

При подсчете объемов вычисляют среднюю высоту заходки:

$$h_{ср} = \frac{\sum Z_B}{n_B} - \frac{\sum Z_H}{n_H}. \quad (2)$$

Здесь Z_B и Z_H - сумма отметок соответственно по верхним и нижним бровкам; n_B и n_H - число речных точек по этим бровкам.

Объемы горных пород способом вертикальных сечений подсчитываются по формуле:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot a_1 + \frac{S_2 + S_3}{2} \cdot a_2 + \dots + \frac{S_{n-1} + S_n}{2} \cdot a_{n-1}, \quad (3)$$

где S_1, S_n - площади сечений на границах вынудой заходки, м²; $S_1, S_2, \dots, S_{n-1}, S_n$ - площади промежуточных сечений, м²; a_1, a_2, \dots, a_{n-1} - расстояния между сечениями, м.

При маркшейдерской съемке уступов (открытый способ разработки карьера) допустимая погрешность σ (%) определения объема вычисляется по формуле:

$$\sigma_{V_{дон}} = \frac{1500}{\sqrt{V}}, \quad (4)$$

где V - объем вынутых горных пород, приведенный к объему в целике, куб. м.

Формула (4) используется при объемах от 20 до 2000 тыс. м³. Если объем больше 2000 тыс. м³, то принимают $\sigma_{дон} \sim 1\%$.

При организации на карьере оперативного учета с применением взвешивающих устройств их тип и количество выбираются с учетом вида карьерного транспорта, грузоподъемности транспортных сосудов.

По результатам взвешивания допустимая погрешность массы горных пород принимается не более 3 %; допустимая погрешность среднего значения плотности горных пород в целике по заходке, вынудой за месяц, принимается не более 4 %.

При открытом способе разработки карьеров ведется графическая документация, в основном это планы и разрезы горных выработок по горизонтам либо по направлениям продвижения фронта работ, по поперечным направлениям; сводные планы и картограммы. Виды графической документации и масштабы для её составления рекомендуются в таблице 10 Инструкции по производству маркшейдерских работ [2].

В последние годы появилось много новых электронных высокопроизводительных геодезических приборов и программных средств: электронные теодолиты и тахеометры; программные комплексы по обработке геодезических и геологических данных; большеформатные принтеры, сканеры и др. Уходят в прошлое тахеографы, тахеометрические таблицы.

Внедрение в работу маркшейдерских служб *электронных тахеометров*. Тахеометр Trimble M3 (точность измерения углов - 5", расстояний - 5 мм + 2 мм/км без отражателя, 3 мм + 2 мм/км по призме, дальность: до 210 м без отражателя, 5000 м по одной призме) позволяет значительно упростить и ускорить процесс съемочных работ, повысив их качество. При выполнении текущих съемок и определения объемов горных пород появилась возможность получать точные замеры углов и расстояний при обработке информации в полевых условиях. Тахеометры работают в различных режимах проведения измерений с сохранением результатов оперативной памяти прибора.

По окончании замеров все данные автоматически заносятся в мини-прибор, обрабатываются с использованием специального пакета программ. В карту памяти помещается 10000 строк данных. Благодаря специализированному программному обеспечению, наличию дисплея и простоте обработки информации значительно облегчена процедура идентификации точек. Электронный тахеометр Trimble M3 имеет различные режимы наблюдений с отражателем и в безотражательном режиме. Прикладные программы «свободная станция» и «обратная угловая засечка» позволяют определить координаты места установки прибора в карьере и, работая в безотражательном режиме, выполнять текущую топографическую съемку тахеометрическим методом. Кроме этого можно в полевых условиях определять площадь верхнего и нижнего сечений карьера на момент измерений. По проекту длина карьера 4,8 км, поэтому все измерения на первом уступе можно выполнять с южного борта карьера с закрепленных пунктов маркшейдерской сети. В карьере достаточно использовать условную систему координат.

Возможности обработки полевых измерений и построения топографических планов и разрезов. Первый этап обработки полевых измерений - импорт данных из приборов в программу их обработки. Для этих целей может использоваться программа AutoCAD компании Autodesk. Дополнительный модуль к Land Desktop - Autodesk Survey - предоставляет широкие возможности, поддерживая импорт из файлов с данными полевых измерений. Эта программа поддерживает свыше 60 различных типов эле

тронных приборов, включая накопители данных, тахеометры и цифровые нивелиры. Причем если точки съемки были снабжены соответствующими описателями, то при импорте они отрисовываются различными символами, на разных слоях и соединяются ситуационными линиями. В последней версии базового модуля Autodesk Land Desktop 3 есть специальная утилита, которая позволяет закачивать данные в программу напрямую из приборов фирмы Trimble.

Для создания карты путем цифрования или векторизации растровой подложки оптимальным выбором будет программа Autodesk Raster Design (усиленная версия CAD Overlay), которая устанавливается на Autodesk Land Desktop. Функция полуавтоматической оцифровки горизонталей, которая присваивает получающимся линиям соответствующие отметки, позволяет создавать модели рельефа непосредственно в Land.

Исходными данными для построения ЦМР могут служить любые комбинации данных проекта: точечные данные и группы точек, контуры и ASCII-файлы точек. Программа имеет богатые возможности для визуализации и анализа трехмерных поверхностей.

Для обработки также может использоваться программный комплекс CREDO (СП «Кредо-Диалог», г. Минск), который обеспечивает полный технологический цикл проектирования от обработки топографо-геодезических данных (CREDO-DAT), создания цифровой модели местности (CREDOTER, CREDO_MIX) и объемной геологической модели (CREDO_GEO) до функционального и конструктивного проектирования (CREDO_MIX, CREDOPRO и CAD_CREDO) и получения проектной документации.

Система CREDO_MIX — это пакет программ, предназначенных для следующих операций: обработки результатов площадных и линейных изысканий; создания и редактирования цифровой модели местности и цифровой модели проекта; проектирования горизонтальной и вертикальной планировки, планов инженерных коммуникаций; озеленения, благоустройства; автомобильных, железных дорог и других транспортных сооружений; ведения генеральных планов, дежурных планов красных линий и застройки; подсчета объемов земляных работ.

Также может использоваться программа САПР *CADdy* немецкой фирмы ZIEGLER-Informatics GmbH, прикладные модули которой для инженерной геодезии были подробно описаны в журнале «САПР и графика» (1997, № 5,6).

Таким образом, внедрение новой техники кардинальным образом меняет труд маркшейдера: увеличивает производительность и повышает качество выполняемых работ, ускоряет процесс обработки тахеометрических съёмок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков, А.С. Полевая геоинформатика. Применение современных геодезических приборов и программных средств для создания и ведения ГИС / А.С. Жуков // САПР и графика. - М., 2002. - № 3.
2. Инструкция по производству маркшейдерских работ: РД 07-603-03. - М., 2003.
3. Программный комплекс CREDO: справ, пособие. - Минск, 2003. - Т. 7,13.
4. Пояснительная записка к проекту по карьере «Хотиславский», 1 очередь / ОАО «Белгорхимпром. - Минск, 2005.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ИНЖЕНЕРНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Хадарович Л.В.
(ПРУП «Геосервис», Минск)

Рассматривается геодезический контроль, который требуется осуществлять по завершении строительства большинства сложных инженерных сооружений - периодически выполнять пространственный геодезический мониторинг состояния конструкции по отношению к проектной (в идеальном случае) либо по отношению к первому циклу измерений после окончания строительства объекта.

Определяется техническое состояние вытяжной башни градирни № 1 Минской ТЭЦ-3. При этом ПРУП «Геосервис» были выполнены следующие виды работ: определение отклонения оси ствола вытяжной башни градирни от вертикальной оси (крена башни); проверка вертикальности осей граней градирни; определение осадки градирни (этот вид работы в данной статье рассматриваться не будет).