

УДК 622.235:004.42

ГЕОЛОГО-МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ

Г.Ж. Турсбекова, Д.Б. Орынбай, О.В. Грязнова, А.М. Байшибеков

Проведено сравнение существующих методов обеспечения геолого-маркшейдерских и буровзрывных работ на карьерах.

Ключевые слова: буровзрывные работы; геолого-маркшейдерское обеспечение; автоматизация; программное обеспечение; проектирование; компьютерная технология.

GEOLOGICAL SURVEY DESIGN SOFTWARE AND BLASTING IN QUARRIES COMPARED A NUMBER OF SOFTWARE PACKAGES

G.Z. Tursbekova, D.B. Orynbai, O.V. Gryaznova, A.M. Bayshibekov

It is carried out comparison of the existing methods of ensuring geological and surveying and drilling-and-blasting works on pits.

Key words: blasting; geological and surveying software; automation; software; design; computer technology.

Совершенствование буровзрывных работ и повышение качества их дробления в большей мере зависит от решений, принятых еще на этапе проектирования [1]. На карьерах данные работы на всех стадиях сопровождаются геолого-маркшейдерским обеспечением, включающим как полевые, так и камеральные работы. Поэтапная реализация проекта, как правило, сопровождается его корректировкой, что требует четкого организационного и информационного взаимодействия всех участников этого процесса (геологов, маркшейдеров, буровиков и взрывников) [2].

Маркшейдерское обслуживание буровзрывных работ заключается в съемке блока перед обуриванием, разбивке и съемке буровых скважин и нанесении их на план, а также в определении объема взорванной горной массы.

Для определения количества скважин и точного их расположения, производят съемку взрываемого блока. Объем съемочных работ зависит от вида полезного ископаемого, геологического строения участка блока и сложности месторождения в целом. В некоторых случаях достаточно определения бровок уступа и нескольких профилей, характеризующих форму откосов уступов. При сложном месторождении для расчета буровзрывных работ иногда требуется знать не только форму блока, но также состав, свойства горных

пород и полезного ископаемого, слагающих взрываемый блок. В этом случае после бурения и документации скважин составляют поперечные геологические разрезы, характеризующие химический состав, крепость, физические свойства, строение горных пород и полезного ископаемого блока [3].

Маркшейдерское обеспечение буровзрывных работ включает: подготовку графической документации (маркшейдерской основы) для составления проекта буровзрывных работ, вынос в натуру проекта расположения взрывных выработок с пунктов съемочной сети, контроль за параметрами блока (глубина скважин, сетка бурения), инструментальную съемку блока, обработку данных.

Без автоматизации проектирования БВР во многом обесценивается пусть даже достаточно полная и достоверная инженерно-геологическая информация о взрываемости массива горных пород. Тормозится и процесс автоматизации геолого-маркшейдерского обеспечения горного производства на карьерах в целом, так как буровзрывные работы являются его основой. Поэтому необходима разработка программного обеспечения и компьютерной технологии проектирования буровзрывных работ в реальном режиме времени и со всеми его составляющими (ведение и актуализация геолого-маркшейдерской графики, решение маркшейдерских задач, размещение взрывных скважин на

Таблица 1 – Возможности сравниваемых программ

Возможности программ	K-MINE	Surpac	Whittle
Формирование блочной модели месторождения:	7	3	1
градиентная заливка	+	+	+
указание системы координат	+	+	-
фильтрация отображения блоков по условию	+	+	-
загрузка нескольких блочных моделей для расчета	+	-	-
указание параметров разных блочных моделей	+	-	-
использование блочных моделей с переменным размером блока	+	-	-
редактор свойств блочной модели	+	-	-
Подготовка технико-экономических данных добычи и переработки горной массы:	10	9	8
стоимость единицы товарной продукции, полученной из блока	+	+	+
стоимость добычи	+	+	+
стоимость переработки	+	+	+
бортовое минимальное содержание руды в породе	+	+	-
содержание руды в концентрате	+	+	-
дифференциация затрат по типам работ	+	+	-
дифференциация затрат по глубине	+	+	-
общепроизводственные затраты	-	-	+
формирование выражения для расчета ценности блока	+	-	+
настройки типа денежных единиц	+	+	+
настройки единиц измерения полезного компонента	+	+	+
настройки единиц веса при формировании отчетов	-	-	+
Указание горнотехнических факторов отработки месторождения:	2	1	2
задание угла наклона борта карьера для произвольного азимутального угла	+	-	+
отображение цифровых топомоделей поверхности	+	+	+
Задание дополнительных показателей:	2	1	1
вертикальные пределы учета блочной модели	+	+	-
введение дополнительных пустых блоков на боковых и нижних плоскостях блочной модели	+	-	-
Выбор метода оптимизации контуров карьера и установок отображения результата в графическом поле программы:	9	4	3
средства реализации метода вариантов	+	+	-
метод Лерчса–Гроссмана пространственный	+	+	+
метод Лерчса–Гроссмана плоский	+	-	-
метод плавающего конуса	+	+	-
отображение результатов расчета набором блоков	+	+	+
графическое сглаживание набора блоков	+	-	+
отображение результатов расчета набором изолиний	+	-	-
отображение результатов расчета набором контуров	+	-	-
размещение полученных результатов расчета по слоям, соответствующим условным горизонтам	+	-	-
Изменение отпускной цены конечного продукта горного предприятия с целью формирования серии вложенных карьеров, отображающих порядок отработки месторождения:	3	2	1
указание процента (или коэффициента) уменьшения/увеличения цены конечного продукта	+	+	+
представление получаемого карьера на экране в разных видах (цвет, прозрачность и т. п.)	+	+	-
возможность искусственной коррекции всяких экономических показателей	+	-	-
Формирование и анализ отчетных форм:	5	2	2
возможность предварительной коррекции вида отчета	+	-	-
сохранение отчета в других форматах	+	-	+
анализ полученного карьера по отдельным зонам и горизонтам при помощи отчета	+	+	-
расчет дисконтированного денежного потока	+	+	+
расчет технико-экономических показателей для достижения плановой производительности карьера по руде	+	-	-
Итого	38	22	18

блоке с учетом категории взрываемости пород, диаметра и конструкции заряда; расчет параметров взрывания, подготовка текстового файла с номерами и координатами взрывных скважин для ввода данных эксплуатационного опробования) [4].

Программное обеспечение должно содержать полный спектр задач маркшейдерского и геологического обеспечения, поддерживать максимальную скорость обработки данных и быть удобным в использовании.

На выбор программы влияет множество факторов – цена рабочего места, трудоемкость в освоении, наличие широкого спектра инструментов по загрузке и обработке исходной информации: от ввода и расчета данных маркшейдерских съемок до камеральной обработки в реальном времени в режиме 3D графики. Необходимыми функциями также является возможность построения данных съемок непосредственно в самой рабочей модели, расчет объемов фигур традиционными и компьютерными методами, анализ результатов ведения горных работ и формирование пакета отчетной документации различного вида.

Сравнительный анализ ряда программных продуктов показал, что наиболее подходящим для решения данных проблем является применение программного комплекса ГИС K-MINE. В таблице 1 приведено сравнение возможностей некоторых применяемых программ [5].

Результаты сравнения показали преимущества программы K-MINE. По многим пунктам эта программа превосходит продукты, представленные в данном сравнении. Кроме того, K-MINE позволяет ускорить процесс перехода работы из режима 2D в 3D. Инструментарий работы с трехмерными моделями в K-MINE очень удобен для работы с базой данных, созданной в AutoCAD Civil 3D.

K-MINE – это современная компьютерная разработка, позволяющая решать задачи геопрограммного анализа данных различной сложности. Она обеспечивает эффективность и точность работы за счет простоты использования, мощной трехмерной графики и возможности автоматизировать трудоемкие процессы горного производства.

Создание цифровой модели основных обслуживаемых участков месторождения в K-MINE позволяет качественно и быстро производить расчеты объемов отгруженной горной массы, строить профили авто-съездов, оформлять в графическом виде текущую документацию.

Возможности программы велики. Это создание электронных карт местности, моделей горно-технологических объектов (карьеры, отвалы, шахты, хвостохранилища и т. д.), моделей месторождений, трехмерное моделирование, импорт и экспорт

данных из других ГИС-систем. Маркшейдерское обеспечение горных работ (открытых и подземных), обработка данных различных съемок, контроль качества выполнения буро-взрывных работ (определение гранулометрического состава взорванной горной массы, ведение карты буримости и взрывов, составление паспортов буро-взрывных работ). Геологическое обеспечение горных работ (открытых и подземных), планирование и проектирование горных и буровзрывных работ. Проектирование объектов генпланов и элементов строительства, коммуникаций, зданий и сооружений, геолого-экономическая оценка и подсчет запасов месторождений полезных ископаемых.

Программный комплекс K-MINE состоит из следующих модулей:

- модуль маркшейдерского обеспечения;
- модуль геологического обеспечения, модуль трехмерного моделирования месторождений;
- модуль проектирования открытых горных работ;
- модуль проектирования подземных горных работ;
- модуль проектирования буровзрывных работ;
- модуль подготовки и векторизации растровых изображений;
- модуль определения гранулометрического состава взорванной горной массы;
- модуль работы с картографическими данными.

Модуль проектирования БВР предназначен для выполнения полного цикла проектирования буровзрывных работ для предприятий с открытым способом добычи полезных ископаемых с отбойкой пород взрыванием. В состав модуля входит ряд процедур, позволяющих значительно облегчить и ускорить процесс проектирования буровых скважин. Модуль функционально интегрирован с модулем геолого-маркшейдерского обеспечения горных работ и позволяет замкнуть цикл проектирования блоков на бурение и взрывание.

В составе модуля выполняются следующие группы функций (рисунок 1):

- проектирование рядов и расстановка скважин (подготовка проекта на бурение);
- проектирование и расчет схем коммутации (подготовка проекта на взрывание);
- расчет зарядов скважин;
- формирование табличной и графической документации при проведении массовых взрывов;
- проектирование скважин и зарядов на основе дешифрирования параметров бурения блоковых скважин;
- контроль качества взрывания.

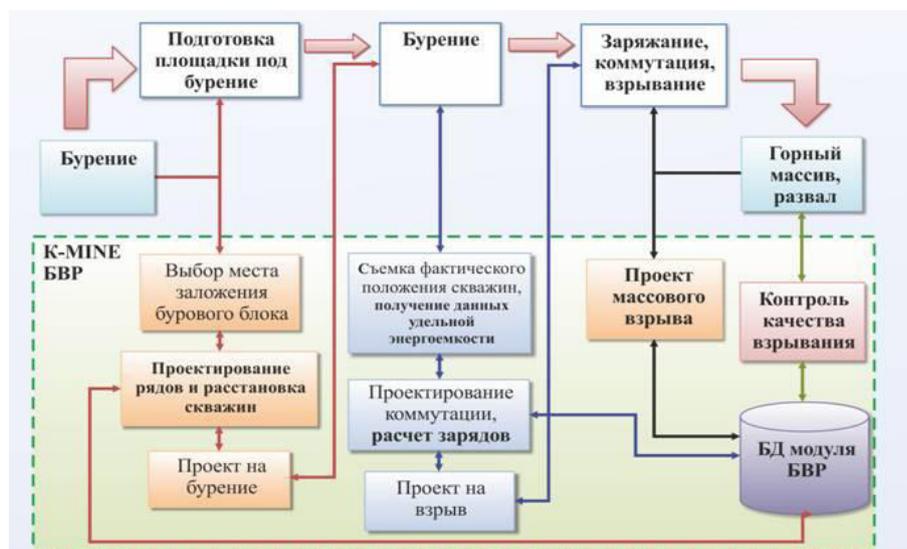


Рисунок 1 – Модуль проектирования БВР

При составлении проекта бурения маркшейдер в соответствии с текущим планом горных работ формирует, прежде всего, контур проектируемого блока (замкнутую область, ограниченную линией отрыва предшествующего взрыва, и проектной линией отрыва, на котором показывается последний ряд скважин предшествующего взрыва (с буровзрывного плана горизонта) и положение бровок уступа (с маркшейдерского плана горизонта) (рисунок 2). В случае большого перерыва во времени между предшествующим и проектируемым взрывами, положение бровок уступа и характерных плановых отметок на поверхности блока снимаются инструментально. Тогда маркшейдер вводит в компьютер данные съемки и автоматиче-

ски на плане отрисовываются линии бровок и характерные точки.

Затем план взрывного блока поступает геологу, который дополняет его на основе цифрового геологического плана горизонта границами минерально-петрографических типов пород, разрывными нарушениями, элементами залегания пород и нарушений, а также присваивает каждому типу пород категорию буримости в соответствии с принятой на предприятии классификацией пород по этому показателю.

Далее взрывник выполняет на плане блока его разбивку на участки по категориям взрываемости. При наличии карты взрываемости эта процедура осуществляется путем простого наложения на указанную карту контура блока и генерализации внутри блока границ участков до прямолинейной конфигурации. Если такой карты нет, то разбивка осуществляется по границам минерально-петрографических типов пород в соответствии с местной классификацией их по взрываемости.

После этого каждой скважине присваивается проектный номер, рассчитываются координаты устьев скважин (x , y , z) и проектные параметры (глубина и перебур) с соблюдением требований типового проекта к параметрам сетки скважин, их типу (вертикальная или наклонная) и глубине. В зависимости от категории взрываемости пород, диаметра и конструкции заряда выполняется размещение скважин на плане блока (вначале первого ряда с расчетом сопротивления по подошве, потом – контурного ряда, а затем – внутренних рядов скважин) [5].

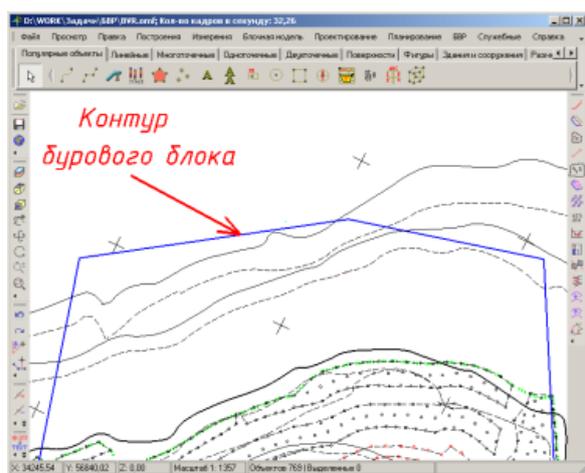


Рисунок 2 – Проект контура блока



Рисунок 3 – Взорванная горная масса

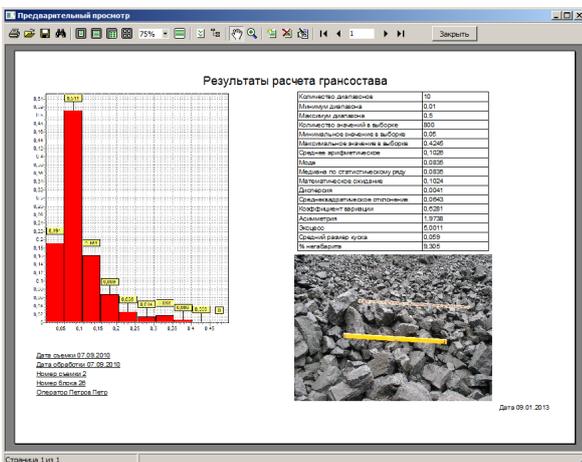


Рисунок 4 – Результаты расчета гранулометрического состава

В соответствии с проектом бурения маркшейдер выносит на местность скважины первого ряда (иногда и контурного ряда тоже) и границы категорий взрываемости, а буровой мастер разбивает на блоке сеть взрывных скважин. По мере обустройства блока осуществляется съемка скважин с присвоением им окончательного номера, измеряется фактическая глубина и обводненная часть скважин, проводится их опробование (химическое по шламу или геофизическое путем каротажа стенок скважин).

Анализ гранулометрического состава позволяет осуществлять контроль качества взрывного дробления. Модуль определения гранулометрического состава взорванной горной массы содержит ряд функций и задач, которые позволяют выпол-

нить распознавание и статистическую обработку для определения крупности кусков взорванных пород по фотографическому снимку (рисунок 3). Фотографические снимки готовятся на карьере в области забоя, в котором необходимо произвести опробование. Работы выполняются с помощью цифрового фотоаппарата.

Результат анализа гранулометрического состава может быть представлен в виде гистограммы (рисунок 4).

Применение компьютерной технологии геолого-маркшейдерского обеспечения и проектирования буровзрывных работ на карьерах существенно снижает время на его проведение, координирует работу всех технических служб рудника, что в целом способствует улучшению взрывной подготовки горной массы и повышению безопасности буровзрывных работ.

Программа согласовывает все виды работ по подготовке горной массы на всех стадиях от составления проекта до анализа проделанной работы, что позволяет достичь наилучших показателей производительности карьера, качества руды и вносит существенный вклад в развитие предприятия. Внедрение системы позволяет не только значительно уменьшить затраты на буровзрывные работы, но и повысить качество взрывных работ. Полнота информации о всех ранее спроектированных и произведенных взрывах, о параметрах и режимах бурения всех обуренных скважин представляют реальную возможность для адаптивного управления буровзрывными работами, что приводит к значительному снижению затрат.

Литература

1. *Кутузов Б.Н.* Современные тенденции в теории, технике и технологии взрывного разрушения пород / Б.Н. Кутузов. М.: МГУ, 1999.
2. *Герасимов А.В.* Внедрение программного обеспечения и компьютерной технологии проектирования буровзрывных работ / А.В. Герасимов. М.: ВИОГЕМ, 1997.
3. *Калашников А.Т.* Автоматизированное проектирование буровзрывных работ / А.Т. Калашников. Губкин: НИИКМА, 1987.
4. *Ершов В.В.* Автоматизация геолого-маркшейдерских графических работ / В.В. Ершов, А.С. Дремуха, В.М. Трость и др. М.: Недра, 1991. 347 с.
5. Геоинформационная система К-MINE. Кривой Рог: КРИВБАССАКАДЕМИНВЕСТ, 2012. 372 с.