

УДК 622

Докт.техн.наук МОГИЛЬНЫЙ С.Г., канд.техн.наук ШОЛОМИЦКИЙ А.А. (ДонНТУ)

ПОДСИСТЕМА МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ

В настоящее время на горных предприятиях юго-востока Украины, использующих предварительное измельчение горной массы буровзрывным способом [1], происходит увеличение объема маркшейдерских работ при обслуживании буровзрывных работ. В первую очередь это вызвано экономикой горного предприятия. Все чаще на горных предприятиях используют простейшие взрывчатые вещества (ВВ), которые производятся на местах и которые значительно дешевле промышленно изготовленных ВВ. Однако использование простейших ВВ накладывает определенные ограничения на время заряжания и взрывания блока. Поэтому блоки, взрывающиеся простейшими ВВ, обычно меньше, чем при использовании промышленных ВВ, и составляют 40–70 скважин. Уменьшение объемов взрывающихся блоков приводит к увеличению их числа, соответственно возрастает число циклов маркшейдерских работ по проектированию БВР, выноске в натуру и исполнительной съемке взрывающихся блоков. Возрастают требования к оперативности и качеству маркшейдерских работ.

Все это актуально и для других стран СНГ — работы по автоматизации маркшейдерского обеспечения БВР ведутся в России, лабораторией геоинформатики ФГУП ВИОГЕМ, применительно к условиям железорудных (<http://gis.belgorod.ru>).

Задачи маркшейдерского обеспечения БВР регламентируются [2] и делятся на две группы: полевые и камеральные. Полевые работы выполняются маркшейдером и геологом карьера, а камеральные, главным образом, маркшейдером карьера. Последовательность выполнения задач в идеальном случае следующая:

- для составления технического расчета и схемы расположения скважин массовых взрывов маркшейдер карьера (маркшейдер БВР) выполняет съемку участка буровзрывных работ и составляет план М1:1000 или производит выкопировку из плана горизонта района взрывающегося блока в М1:1000;

- проект расположения скважин рассматривается на карьере и выносится маркшейдером с мастером бурового участка в натуру; скважины закрепляются в натуре деревянными колышками с указанием номера скважины, и производится съемка скважин;

- на основании маркшейдерской съемки составляется проект обустройства скважин, где указывается: фактическая высота уступа, проектная глубина скважин, величина перебура, геологические данные и другие сведения;

- после обустройства блока маркшейдер выполняет исполнительную съемку скважин, столб воды, расстояние в ряду, расстояние между рядами, расстояние до верхней бровки расположения скважин, удельный расход ВВ и другие сведения;

- для определения границ опасной зоны и выставления постов охраны маркшейдерская служба карьера составляет выкопировку из сводного плана горных работ в М 1:5000;

- составляются и оформляются в соответствии с типовым проектом ведения буровзрывных работ, следующие документы: ведомость расчета скважинных заря-

дов; план расположения скважин с нанесением схемы взрывной сети; поперечный и продольный разрезы взрываемого блока; план горных работ с указанием опасных зон; акт о готовности к заряданию; уведомление; приказ; распоряжок; распоряжение.

Анализ содержания маркшейдерских задач обеспечения буровзрывных работ на карьере показывает, что наиболее трудоемкими являются камеральные работы, которые выполняются маркшейдером традиционными ручными методами. Это требует с одной стороны, больших затрат времени на расчеты и графические построения, а с другой стороны, не обеспечивает оперативности подготовки и качества документов. В то же время, очевидно, что камеральные работы могут быть выполнены с использованием информационных технологий на компьютере, полностью автоматизировав ручные графические и расчетные работы.

В этих условиях предполагается следующая схема совершенствования маркшейдерского обеспечения буровзрывных работ на карьерах:

- полевые работы выполняются маркшейдерами карьеров и их результаты в виде стандартных полевых журналов передаются в маркшейдерский отдел комбината;
- камеральные работы выполняются централизованно в маркшейдерском отделе комбината с использованием информационных технологий программного комплекса «АРМ-БВР».

Переход на предлагаемую технологию обеспечения БВР имеет следующие преимущества:

- повысит качество и полноту выполнения полевых маркшейдерских работ, за счет более полного контроля данных;
- повысит производительность труда маркшейдера на камеральных работах с одновременным значительным улучшением качества документации;
- повысит эффективность взрывных работ за счет выбора оптимального варианта размещения и величины зарядов.

Концепция создания подсистемы маркшейдерского обслуживания БВР

Подсистема маркшейдерского обеспечения буровзрывных работ (АРМ-БВР) должна быть составной частью более общей автоматизированной системы маркшейдерского обеспечения открытых разработок (АСМО). Эта система должна обеспечивать информационную поддержку для всех технических решений горного предприятия. Для создания эффективной автоматизированной подсистемы маркшейдерского обеспечения БВР необходимо иметь всю маркшейдерскую информацию в структурированном виде в базе данных (БД) АСМО. Однако создание АСМО в полном объеме и заполнение ее БД маркшейдерской и геологической информацией, т.е. создание цифровых моделей открытых разработок и месторождения, процесс достаточно длительный и дорогостоящий. Поэтому при реализации первой очереди АРМ-БВР принято решение о смешанной модели данных, которая обеспечит функционирование подсистемы до ввода в эксплуатацию АСМО. Структура используемой информации в АРМ-БВР приведена на рисунке 1. После ввода в эксплуатацию АСМО и заполнения ее БД необходимость в растровых и дополнительных векторных данных отпадет. На первом этапе использования АРМ БВР растровые данные необходимо обновлять 1 раз в год.

В АРМ БВР единичным объектом, подлежащим обработке, является блок, а базу данных АРМ БВР составляет множество блоков:

$$\langle \text{БД АРМ БВР} \rangle ::= \{ \langle \text{блок} \rangle \}_1^n.$$

Блок имеет следующие атрибуты, которые однозначно идентифицируют его в БД и хранят все необходимые для расчетов данные:

$$\langle \text{блок} \rangle ::= \langle ID_{\text{блока}} \rangle \{ \langle \text{атрибут} \rangle \}^{20} \{ \langle \text{скважина} \rangle \}^k \{ \langle \text{пикет} \rangle \}_0^n \{ \langle \text{бровка} \rangle \}_0^m$$

где $\langle ID_{\text{блока}} \rangle$ — уникальный идентификатор блока, который идентифицирует его в базе данных.

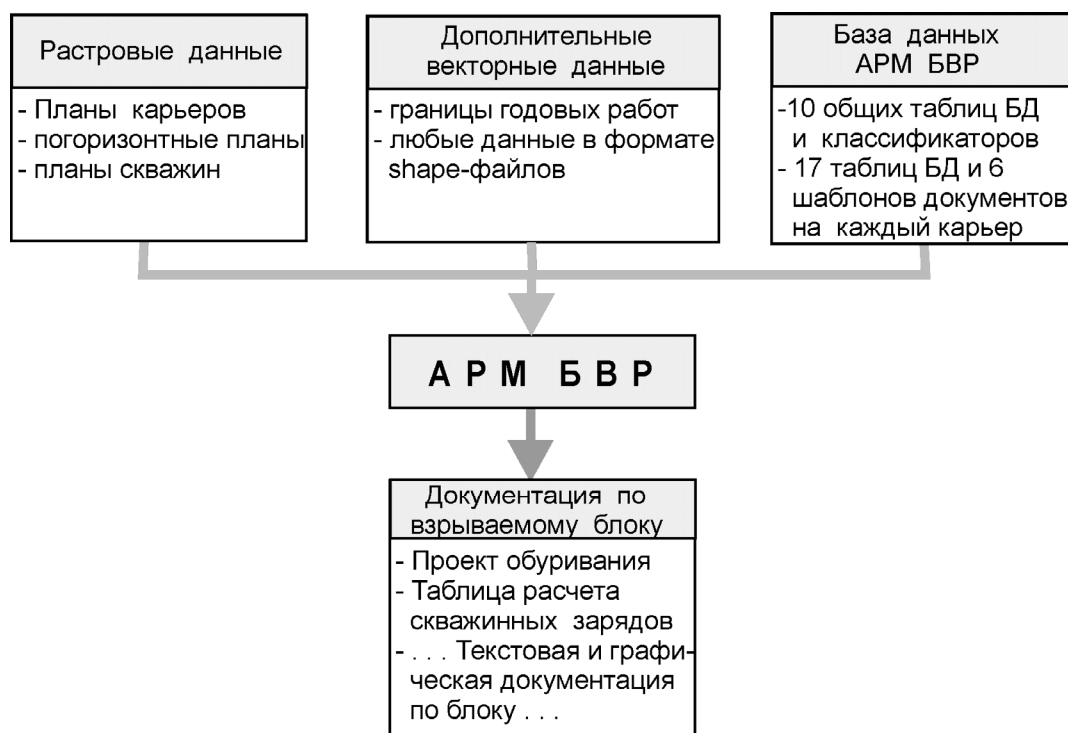


Рис. 1. Информационная структура АРМ БВР

Неотъемлемыми общими атрибутами взрывного блока являются следующие параметры:

$$\begin{aligned} \{ \langle \text{атрибут} \rangle \}^{20} = & \langle ID_{\text{карьера}} \rangle \times \langle ID_{\text{горизонта}} \rangle \times \langle ID_{\text{экскаватора}} \rangle \times \langle ID_{\text{оператора}} \rangle \times \langle T_{\text{проекта}} \rangle \times \\ & \langle T_{\text{взрыва}} \rangle \times \langle \gamma_{\text{угол отрыва}} \rangle \times \langle ID_{\text{ВВ}} \rangle \times \langle U_{\text{ВВ}} \rangle \times \langle \text{Зона} \rangle \times \langle L_{\text{перебур}} \rangle \times \langle D_{\text{скважины}} \rangle \times \\ & \langle R_{\text{мскв}} \rangle \times \langle R_{\text{мрс}} \rangle \times \langle R_{\text{спт}} \rangle \times \langle R_{\text{людей}} \rangle \times \langle R_{\text{оборудования}} \rangle \times \langle R_{\text{пр}} \rangle \times \langle P_{\text{арх}} \rangle \times \langle \text{Pr} \rangle \end{aligned}$$

где (в порядке следования) $\langle ID_{\text{карьера}} \rangle$ — идентификатор карьера, идентификаторы горизонта, экскаватора, оператора; $\langle T_{\text{проекта}} \rangle$ — дата создания проекта, — дата взрыва, угол отрыва пород от массива, идентификатор ВВ; идентификатор геологической зоны, величина перебура для данной зоны, диаметр скважин блока; расстояние между скважинами в ряду, расстояние между рядами скважин; сопротивление по подошве, безопасные расстояния для людей, для оборудования; домер до скважин последнего ряда, признак архива и примечание.

Многие из этих параметров выбираются из соответствующих классификаторов и в таблице проектов хранятся только их идентификаторы, остальные параметры хранятся как значения и могут редактироваться. Сам проект может находиться в не-

скольких состояниях: разработки, исполнения и архивном. В первых двух состояниях проект может быть дополнен, изменен или удален. После исполнения взрыва проект переводится в архивное состояние, в этом случае информация о нем не может быть изменена или удалена. Данные по каждому проекту сопровождаются сведениями об исполнителе — операторе, т.е. авторе всех данных по проекту.

Каждая скважина содержит следующую информацию:

$\langle \text{скважина} \rangle ::= \langle \text{имя} \rangle \langle \text{Метрическая и информация} \rangle \langle \text{Геологическая информация} \rangle$

В свою очередь $\langle \text{Метрическая информация} \rangle$ содержит метрические и технологические параметры скважины:

$\langle \text{Метрическая и информация} \rangle ::= \langle Z_{\text{устья}} \rangle \langle H_{\text{уступа}} \rangle \langle L_{\text{перебур}} \rangle \langle L_{\text{проект}} \rangle \langle L_{\text{факт}} \rangle \langle R_{\text{вр}} \rangle \langle R_{\text{нбр}} \rangle$
 $\langle R_{\text{врс}} \rangle \langle R_{\text{мрс}} \rangle \langle V_{\text{ожид}} \rangle \langle M_{\text{зар}} \rangle \langle N_{\text{ряда}} \rangle \langle N_{\text{рядю}} \rangle \langle T_{\text{тип}} \rangle \langle H_{\text{воды}} \rangle \langle D_{\text{зар}} \rangle \langle D_{\text{заб}} \rangle$

где $\langle Z_{\text{устья}} \rangle$ — отметка устья скважины, высота уступа, величина перебура для конкретной скважины, проектная глубина, фактическая глубина скважины, расстояние до верхней бровки, расстояние до нижней бровки, расстояние в ряду, расстояние между рядами, ожидаемый объем горной массы, масса заряда, номер ряда, номер скважины в ряду, тип скважины, высота столба воды, длина заряда, длина забойки. Эти данные позволяют выполнить проект обурирования блока и в сочетании с геологической информацией выполнить вариант расчета для сосредоточенных скважинных зарядов.

Геологическая информация по скважине состоит:

$\langle \text{Геологическая информация} \rangle ::= \langle \text{имя} \rangle \{ \langle \text{слой} \rangle \}_1^k$;

где $\langle \text{имя} \rangle$ — имя (номер) скважины, совокупности слоев пород, которые характеризуются:

$\langle \text{слой} \rangle ::= \langle N_{\text{слоя}} \rangle \langle ID_{\text{породы}} \rangle \langle Z_{\text{кровли}} \rangle \langle Z_{\text{почвы}} \rangle$;

номером слоя, идентификатором породы и отметками кровли и почвы для данного слоя. По геологической информации можно отстроить стратиграфию для данной скважины.

Для составления графической документации по блоку необходимо отображать положение верхней и нижней бровок уступа, нижней бровки вышележащего уступа и пикетных точек, которые характеризуют поверхность взрываемого блока, поэтому блок имеет дополнительную, общую для данного блока маркшейдерскую информацию. Описание этой информации основано на идее ссылочной модели [3], поэтому первичным здесь является множество пикетов, которые имеют следующие атрибуты:

$\langle \text{пикет} \rangle ::= \langle ID \rangle \langle \text{Код} \rangle \langle \text{Имя} \rangle \langle X \rangle \langle Y \rangle \langle Z \rangle$,

где $\langle ID \rangle$ — уникальный идентификатор в БД пикетов, $\langle \text{Код} \rangle$ — код, определяющий принадлежность к какому-либо типу пространственных объектов, $\langle \text{Имя} \rangle$ — имя пикета, например его номер при тахеометрической съемке, и координаты точки.

На множестве пикетных точек строятся линии бровок, как совокупности отрезков:

$\langle \text{бровка} \rangle \Rightarrow \langle \text{линия} \rangle ::= \langle ID_{\text{линии}} \rangle \{ \langle \text{отрезок} \rangle \}_1^k$;

т.е. понятие бровка тождественно понятию линия, которая имеет уникальный идентификатор $\langle ID_{\text{линии}} \rangle$. А отрезок, в свою очередь, определяется как совокупность ссылок на соответствующие съемочные пикеты:

$$\langle \text{отрезок} \rangle := \langle ID_{\text{линии}} \times ID_{\text{пред}}^p \times ID^p \times ID_{\text{след}}^p \times \text{Тип} \times \text{Цвет} \times \text{Толщина} \rangle ;$$

собственно отрезок определяется ссылками на две точки $\langle ID^p \rangle$ и $\langle ID_{\text{след}}^p \rangle$, а ссылка на предыдущую точку линии — $\langle ID_{\text{пред}}^p \rangle$, нужна лишь для технической реализации операций редактирования линии — например при удалении точек. Тип, цвет и толщина отрезка определяют его визуальные параметры при отображении графики.

Такие объекты определяют минимальную информацию для решения задачи маркшейдерского обеспечения буровзрывных работ и подготовки данных, для участка буровзрывных работ, по которым проводится расчет взрыва блока.

Программная реализация

На основе вышеизложенных объектных представлений создан АРМ БВР — программный комплекс для автоматизации сбора, обработки и хранения в базе данных маркшейдерской и геологической информации.

В АРМ-БВР предусматривается выполнение следующих шагов:

— обработку тахеометрической и ординатно-линейных съемок после выноса проекта блока и определение координат устьев скважин и съемочных пикетов (рис. 2);

— далее в БД заносится информация, необходимая для расчета проекта блока (рис. 3).

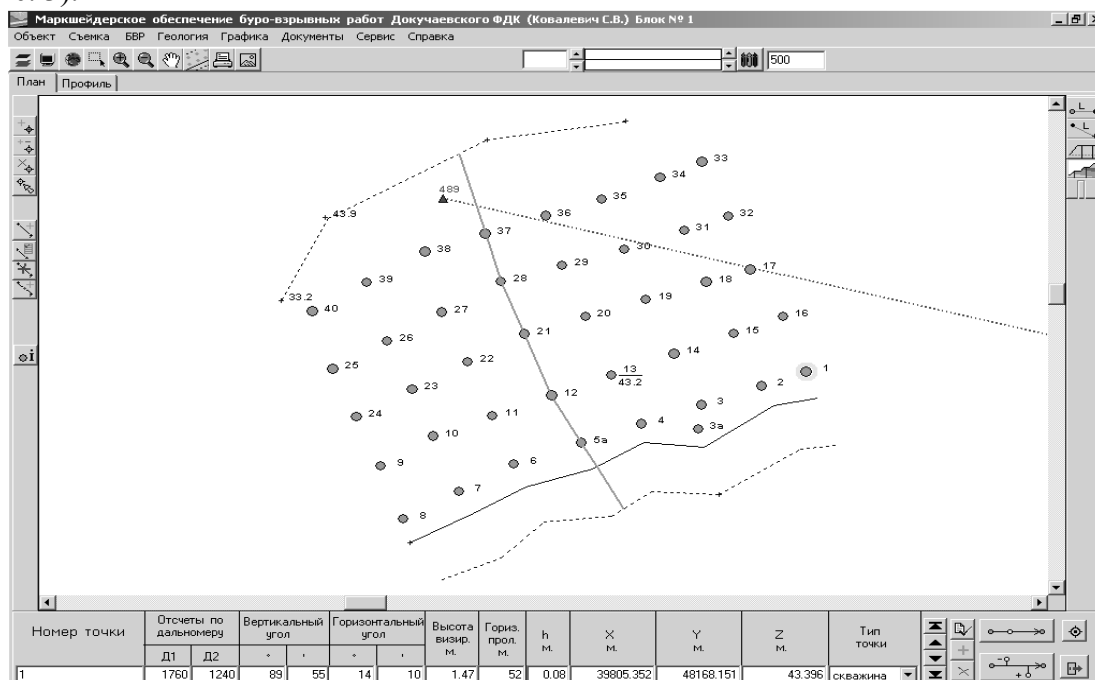


Рис. 2. Обработка тахеометрической съемки в АРМ-БВР

После этого, можно рассчитать проект взрывания блока. Однако на горных предприятиях для определенных (постоянных) горно-геологических условий имеются утвержденные типовые проекты, поэтому зачастую первые два этапа не выполняют, и после обурирования блока выполняется маркшейдерская исполнительная съемка блока. После обработки маркшейдерской съемки в АРМ БВР заносится геологическая информация о составе горных пород данного блока.

№ п.п.	Номер скважины	Высота уступа (м)	П. бур (м)	Расстояние (м)				Удельный расход ВВ (кг/куб.м)	Примечание	Тип скважины
				до нижн. бровки	до верхн. бровки	в ряду	между рядами			
1	1	13.4	1.5	11.1	4	7		0.45		норма

Рис. 3. Форма заполнения таблицы проекта блока

Теперь в АРМ БВР имеется вся информация, необходимая для расчета скважинных зарядов, подготовки графической документации плана блока и разрезов (рис. 2 и 4) и печати необходимых документов.

Выводы

АРМ БВР системы АСМО находится в опытно-промышленной эксплуатации и совместно с маркшейдерской службой Докучаевского флюсо-доломитного комбината идет тестирование программы и ее оптимизация для условий карьеров комбината.

В настоящее время в АРМ БВР автоматизированно выполняются только ввод и обработка маркшейдерской и геологической информации. Собственно расчет скважинных зарядов выполняется взрывцехом. Это связано со следующими причинами организационного характера — у взрывцеха в настоящее время еще нет компьютеров, на которых можно было бы выполнять обработку. И хотя в АРМ БВР имеется возможность расчета сосредоточенных скважинных зарядов, ей пока не пользуются. Очень часто на практике возникает необходимость расчета рассредоточенных зарядов и использования разных ВВ. Эта возможность будет интегрирована в АРМ БВР, когда будут готовы технические условия, когда компьютеры маркшейдерского и геологического отделов и взрывцеха будут объединены в локальной сети комбината.

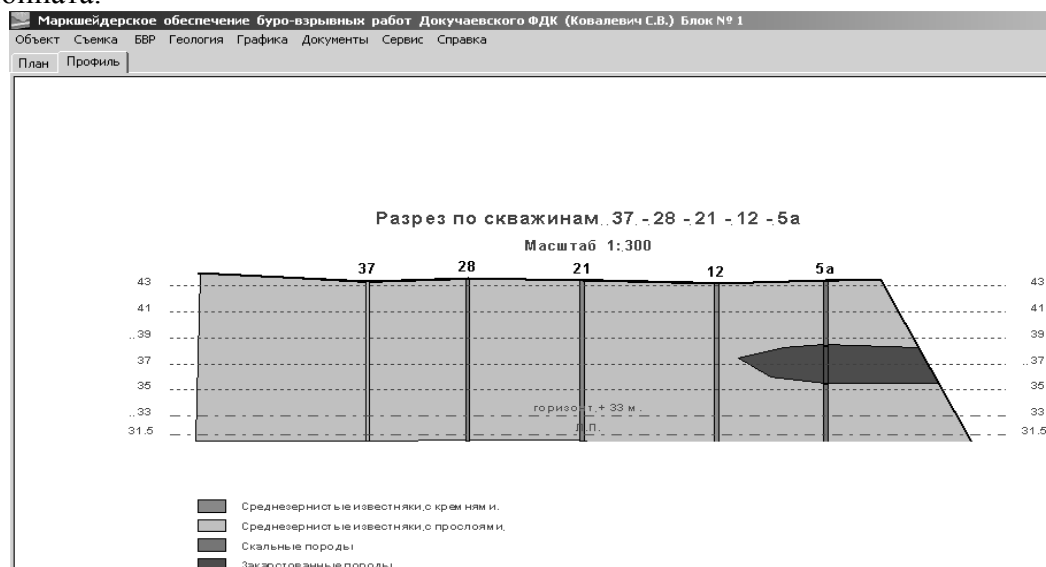


Рис. 4. Построение разреза в АРМ БВР

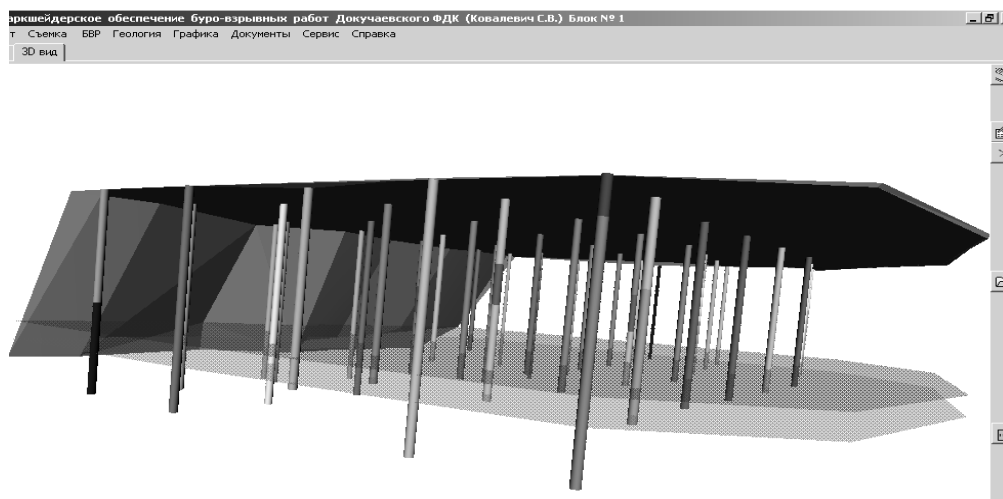


Рис. 5. Трехмерная модель блока

Опытно-промышленной эксплуатация АРМ БВР показала, что при согласованной работе карьерных маркшейдеров, геологов и бурового участка в системе будет достаточно информации для автоматизированного расчета любых вариантов сважинных зарядов и различных взрывчатых веществ. На рисунке 5 показана трехмерная модель взрываемого блока, со скважинами, поверхностями уступа, проектного горизонта и перебура, которую можно построить в АРМ БВР. Авторы считают, что дальнейшее совершенствование буровзрывных работ на открытых разработках связано с построением полной трехмерной модели блока с составляющими его горными породами. При этом ожидается более точный расчет зарядов и снижение расхода ВВ.

Библиографический список

1. Буровзрывные работы, Сб.3. — М.: Стройиздат ; М.: Госстрой СССР, 1991. — 65 с.
2. Инструкция по производству маркшейдерских работ. — М.: Недра, 1987. — 240 с.
3. Шоломицкий А.А. Автоматизированная система маркшейдерского обеспечения открытых разработок // Наукові праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна. Вип.. 62. — Донецьк, ДонНТУ, 2003. — С. 89–94.

© Могильный С.Г., Шоломицкий А.А., 2005

УДК 622.817

Канд.техн.наук АНДРЕЕВ М.М., канд.техн.наук КАМЫШАН В.В. (ИСД), инж. ЯРЕМБАШ М.И. (ИГМ им. Федорова)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕГАЗАЦИИ — ОСНОВНОЙ КРИТЕРИЙ ДОПУСТИМОЙ СКОРОСТИ ПОДВИГАНИЯ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ*

Интегральная относительная метанообильность (иом) выемочного участка q в i -й момент равна всему объему выделившегося на участке метана с момента начала его работы (или любого другого фиксированного момента) I , $\text{м}^3/\text{мин}$, отнесенная к общей добыче угля за этот период A , т/сут . Для каждого выемочного участка, пласта, шахты, группы шахт, q является практически постоянной величиной, выра-

* В подготовке, обработке и анализе материалов статьи принимала участие инж. Л.Д. Звягинцева