

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПРОЕКТУВАННЯ БУРОВИБУХОВИХ РОБІТ НА ОСНОВІ ДЕШИФРУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ БУРІННЯ БЛОКОВИХ СВЕРДЛОВИН

М.В.Назаренко, С.А.Хоменко, ПП «КРИВБАСАКАДЕМІНВЕСТ», Україна

Наведено результати аналізу сучасної технології проектування буровибухових робіт з використанням систем точного позиціонування бурових верстатів та збирання інформації про технологічні показники процесу буріння. Для вибору оптимальних режимів буріння і підривання гірських порід обґрунтована методика розрахунку питомої енергоємності буріння з визначенням параметрів порід за складністю руйнування та буріння. Розглянуто приклади застосування комплексу проектування БВР геоінформаційної системи K-MINE.

Якість підготування порід при проведенні масових вибухів у кар'єрах є одним з головних чинників ефективності наступних технологічних процесів з видобутку та переробки корисної копалини, а саме: екскавації, транспортування та дроблення. Від якості підготування гірничої маси вибухами залежать також об'єми вторинних буровибухових робіт: подрібнення негабаритів, усунення порогів та завищених відміток у подошвах уступів, перебування масиву тощо.

До головних факторів, що ускладнюють проектування вибухових робіт з метою досягнення необхідної якості подрібнення гірничої маси, є неоднорідність характеристик міцності гірських порід, що складають вибухову одиницю (блок). Невизначеність у властивостях порід, що складають гірський масив, призводить до додаткових витрат на буріння і вибухи у середньому на 20-25%, а також до зайвого подрібнення гірничої маси [1]. Особливо це характерно для випадків, коли вибуховий блок складають декілька різних за властивостями порід. При розробці проекту такого блоку традиційними способами закладаються параметри, що орієнтовані на породи з найгіршими, з точки зору подрібнення, властивостями. Таким чином, в результаті вибуху отримуємо масив переподрібнених порід із збільшенням зон розкиду шматків підірваної гірничої маси від місця проведення вибуху, що в умовах невеликої ширини робочих майданчиків може призвести до скидання значних об'ємів на уступи, що знаходяться нижче, і транспортні берми. І навпаки, вибір розріджених сіток і невірних типів вибухових речовин може призвести до підвищеного виходу негабаритів, поганого опрацювання подошви блоку, що значно підвищує витрати на їх повторне підривання і подрібнення.

На якість підготовки гірничої маси вибухами впливають фізико-механічні і технологічні показники вміщуючих порід (в першу чергу їх міцність і тріщинуватість), а також енергетичні показники вибухових речовин (ВР). Причому, у зв'язку з нерівномірністю розповсюдження цих властивостей у межах одного виймального блоку, достатньо складно підібрати такий режим підривання, при якому отримують задовільну якість підготування гірничої маси і мінімізують при цьому витрати. Як правило, традиційний підхід до проектування БВР має на увазі використання сіток свердловин з мінімальним кроком під породи з максимальними властивостями міцності, а вибухових речовин - з максимальними енергетичними показниками [2].

Одним зі способів отримання необхідних відомостей про властивості масиву гірських порід є використання інформації, що може бути отримана безпосередньо з бурового верстата під час буріння блокових свердловин. Головним параметром, що характеризує властивості гірського масиву, є питома *енергоємність буріння*. Такий підхід привабливий тим, що не порушує існуючу технологію ведення робіт у кар'єрі і не потребує додаткових витрат на детальні геологічні вивчення гірського масиву.

Інформація щодо енергоємності буріння може бути розрахована на базі прямих показників роботи бурового верстата, а саме: швидкості обертання бурового інструменту, лінійної швидкості його подачі, осьового навантаження на буровий став, крутячого моменту на валу двигуна, діаметр бурового долота, типу бурового інструменту тощо.

Енергоємність буріння може бути описана за допомогою виразу [3, 4]:

$$e = \frac{N}{v} \quad (1)$$

де e – енергоємність буріння 1 м погонного свердловини, Дж/м;

N – потужність обертача, кВт;

v – швидкість буріння, м/год

$$N = 2\pi \cdot 10^{-2} \cdot M_{кр} \cdot n \cdot \eta^{-1} \quad (2)$$

де $M_{кр}$ – момент обертання долота, Н·м;

n – частота обертання бурового інструменту, с⁻¹;

η – ККД трансмісії обертача

$$M_{кр} = 2,84 \cdot k_1 \cdot D \cdot (0,22 \cdot P_o)^m \quad (3)$$

де k_1 – емпіричний коефіцієнт, що залежить від міцності порід;

D – діаметр долота, м;

P_o – осьове зусилля, кН;

m – показник якості очищення свердловини (1,25 – дуже добра; 1,5 – задовільна; 1,75 – незадовільна).

Для визначення енергоємності шарошечного буріння 1 погонного метру свердловини використовується вираз [5]:

$$v = \frac{P_o \cdot n^{0,8}}{\Pi_6^{1,6} \cdot D}, \text{ м/ГОД} \quad (4)$$

Звідки

$$\Pi_6 = \left(\frac{P_o \cdot n^{0,8}}{v \cdot D} \right)^{0,625}$$

де P_o – осьове зусилля, кН;

n – частота обертання бурового інструменту, хв⁻¹;

Π_6 – показник складності буріння за Ржевським В.В. [6];

D – діаметр бурового долота, см.

$$\Pi_6 = 0,07 (\sigma_{ст} + \sigma_{зд} + 10\gamma) \quad (5)$$

де $\sigma_{ст}$ – межа міцності на стиснення, МПа;

$\sigma_{зд}$ – межа міцності на здвиг, МПа;

γ – питома вага гірничої маси, т/м³.

Згідно класифікації Ржевського В.В. всі породи поділяються на п'ять класів за показниками складності руйнування та складності буріння (табл. 1). Таким чином, всі породи можна розділити на 25 категорій, що будуть об'єднані однією спільною ознакою. При цьому показник категорії співпадає з величиною Π_p або Π_6 .

Таблиця 1 – Класифікація гірських порід, за складністю руйнування та буримості за В.В. Ржевським

Руйнування		Буріння	
Клас породи та її характеристика	Показник Π_p	Клас породи та її характеристика	Показник Π_6
I – напівскельні, щільні та зв'язні м'які породи	1÷5	I – легкобуримі	1÷5
II – скельні породи, що легко руйнуються	5,1÷10	II – середньої буримості	6÷10
III – скельні породи середньої складності руйнування	10,1÷15	III – складнобуримі	11÷15
IV – скельні породи, що руйнуються складно	15,1÷20	IV – вельми складнобуримі	16÷20
V – скельні породи, що руйнуються вельми складно	20,1÷25	V – виключно складнобуримі	21÷25
Позакатегорійні породи	>25	Позакатегорійні породи	>25

Зазначена класифікація використовується при формуванні паспортів на буріння і вибухи, і значною мірою впливає на параметри бурових сіток, виду та кількості вибухівки, що закладається у свердловини.

На сучасному етапі розвитку гірничої промисловості в Україні та інших країнах світу, більшість надрокористувачів виконують роботи з удосконалення парку бурового устаткування: виконується закупівля нових бурових верстатів або модернізуються ті, що існують. Одним з актуальних рішень, що дозволяють якісно поліпшити роботу бурового устаткування, є використання систем точного позиціонування із застосуванням засобів супутникової навігації з доукомплектацією обладнанням для фіксації та збереження характеристик, за якими можна розрахувати питому енергоємність буріння і класифікувати породи за буримістю та складністю руйнування.

Зазначений підхід використовується в інтегрованому рішенні системи точного позиціонування бурового обладнання та комплексу проектування та ведення буровибухових робіт, реалізованого на базі середовища ГІС K-MINE (Рис. 1).

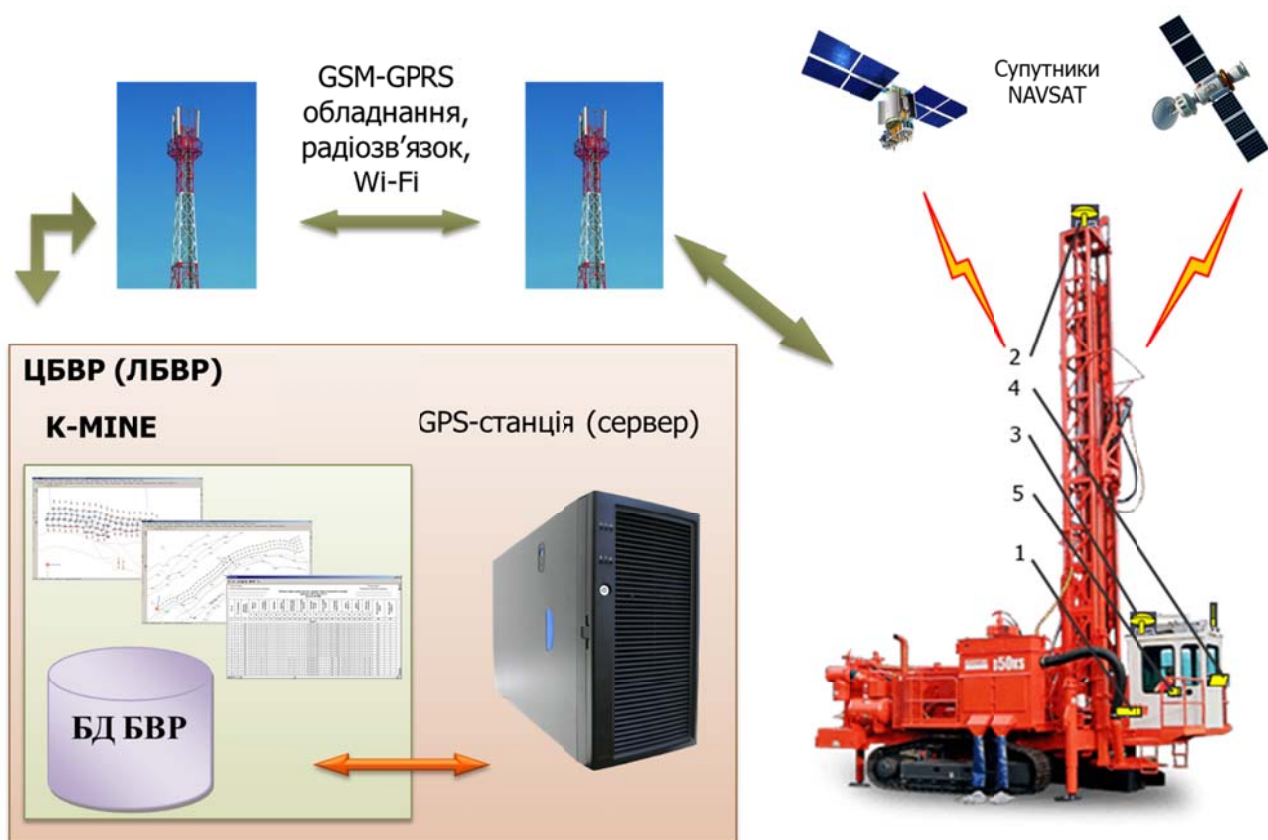


Рис. 1. Структурна схема системи взаємодії комплексу проектування БВР ГІС K-MINE і системи точного позиціонування бурових верстатів

Додаткове обладнання бурового верстату з отримання даних для розрахунку енергоємності:

1. Бортовий комп'ютер;
2. GPS/ГЛОНАСС приймач;
3. GPS/ГЛОНАСС приймач;
4. Монітор машиніста;
5. Блок індикації параметрів бурового верстата;
6. Антена ШБД.

Вихідними даними для роботи системи є просторова інформація про місце розташування бурового блоку, що проектується, а також очікувана інформація про категоризацію гірських порід за буримістю та схильністю до руйнування. Очікувана інформація екстраполюється на блок, що проектується, з сусідніх вибухових блоків за результатами проведених раніше вибухів.

Проект на буріння (попереднє розташування вибухових свердловин у блоці на базі вибраних типових паспортів) виконується стандартними засобами проектування комплексу

БВР К-MINE [7]. Отримані дані передаються до бази даних (БД) системи точного позиціонування бурових верстатів, звідки за каналами зв'язку - безпосередньо на дисплей оператора бурового верстата (Рис. 2).

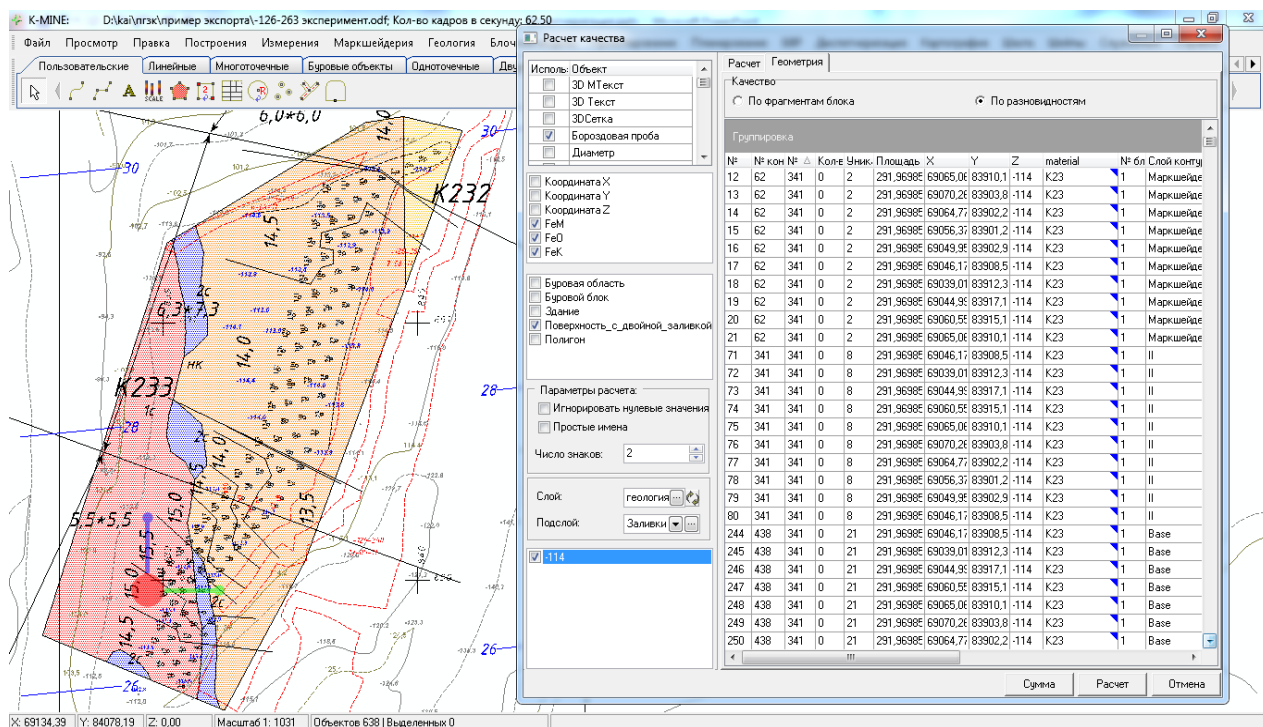


Рис. 2 Передача технологічних даних проекту на буріння з ГІС К-MINE до системи точного позиціонування бурових верстатів

При роботі системи точного позиціонування наведення на точку буріння свердловини виконується автоматично за заданими координатами, глибина буріння свердловин також задається автоматично. Точність розташування устаткування в системах точного позиціонування складає до 10 см в плані і за висотою.

Після виконання буріння виконується зворотня передача координат, глибин фактичних свердловин та показників, що фіксуються під час буріння, в К-MINE для їх подальшого використання при розрахунку зарядів свердловин і проектуванні схем комутації, або у випадку отримання відмінних від очікуваних показників енергоємності для коригування проекту (Рис. 3).

Вся інформація, що знімається зі свердловини (тип верстата, діаметр свердловини, тип бурового інструменту, координати гирла, технологічні показники буріння тощо), автоматично заносяться до БД (Рис. 4).

Кожна свердловина характеризується низкою показників, які можна проглянути у вигляді таблиць та графіків (рис. 5)

За допомогою внутрішніх функцій табличного редактору БД, що реалізують вирази (1-5), виконується розрахунок показників міцності порід. Результати розрахунку заносяться у відповідні поля БД.

Наступним кроком робіт з проектування є винесення свердловин у просторі моделі і розрахунок об'ємних показників міцності порід у тривимірному просторі вибухового блоку.

Для визначення об'ємних показників міцності використовується математичний апарат блокового моделювання [8] з тривимірною інтерполяцією показників в межах вибухового блоку. У якості інтерполяторів можуть бути використані методи: найближчого сусіда, зворотних відстаней у ступені (Inverse Distance Weight – IDW), методи ординарного або універсального крайгінгу (Рис. 6).

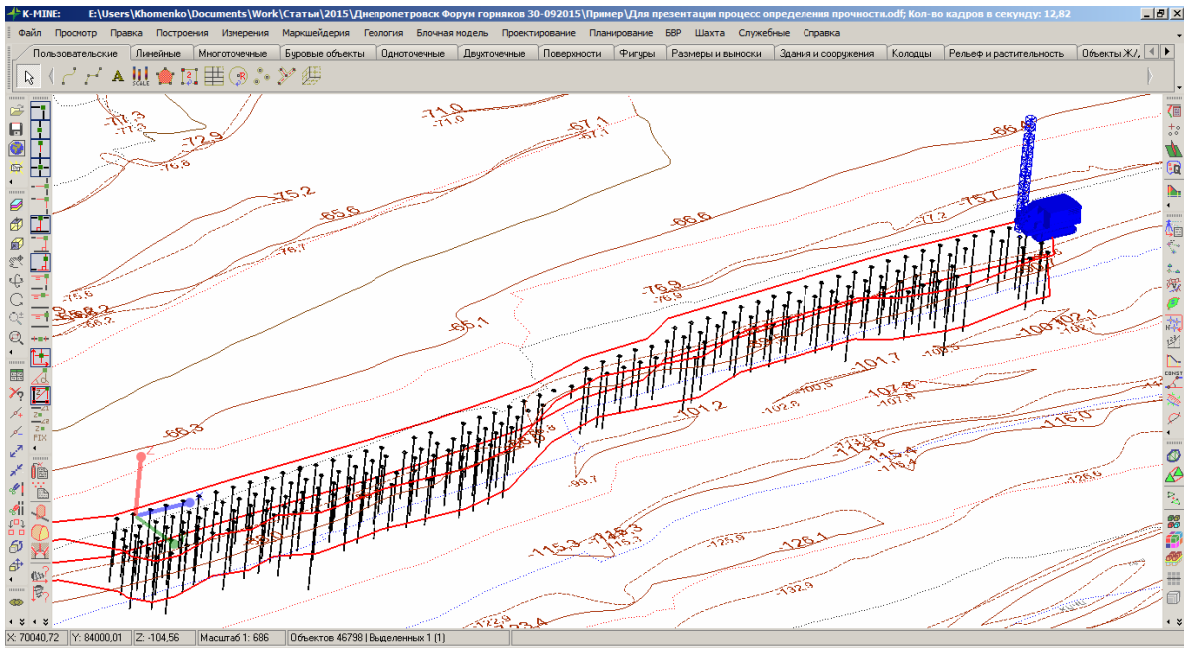


Рис. 3 Передача інформації з системи точного позиціонування бурових верстатів про фактично вибурені свердловини та показники для розрахунку енергоємності

MAIN_TABLE (E:\Users\Khomenko\Documents\GOK_Documents\Poltava\GOK\T3\2013\01-5BP\bvr_test.ini)

База данных Просмотр Проектирование Инструменты Настройки ?

Количество скважин: 223

ID	Номер	X	Y	Z	Диаметр	Тип СКВ
8	8	69747,75	84041,39	-89,470	0,256	Блоковая
9	9	69753,63	84040,75	-89,660	0,256	Блоковая
10	10	69759,46	84040,30	-89,950	0,256	Блоковая
11	11	69754,5	84036,8	-89,670	0,256	Блоковая
12	12	69749,64	84033,08	-89,550	0,256	Блоковая
13	13	69753,74	84032,77	-89,740	0,256	Блоковая
14	14	69759,07	84032,28	-89,820	0,256	Блоковая

ID	ID_SKV	INT_OT	INT_DO	POWER	Крепость	Крепость	Цвет	PFM_SPEED	BUR_SPEED	DAVLENIE	DIAMETER	MOMENT
1710	11			0,100	8,327	9	50 (50)	101,090	0,204	223,640	0,256	
1711	11			0,100	8,923	9	50 (50)	101,090	0,181	221,630	0,256	
1712	11			0,100	8,786	9	50 (50)	101,090	0,187	223,390	0,256	
1713	11			0,100	10,552	11	30 (30)	101,090	0,139	222,600	0,256	
1714	11			0,100	10,009	11	30 (30)	101,090	0,163	239,880	0,256	
1715	11			0,100	8,686	9	50 (50)	101,090	0,210	246,330	0,256	
1716	11			0,100	7,796	8	81 (81)	101,090	0,249	245,660	0,256	
1717	11			0,100	8,585	9	50 (50)	101,090	0,215	247,520	0,256	
1718	11			0,100	7,820	8	81 (81)	101,090	0,247	244,880	0,256	
1719	11			0,100	6,566	7	81 (81)	101,090	0,321	240,610	0,256	
1720	11			0,100	5,197	6	Зеленый	101,090	0,473	243,340	0,256	
1721	11			0,100	8,682	9	50 (50)	101,090	0,216	253,150	0,256	
1722	11			0,100	9,935	10	50 (50)	101,090	0,174	253,030	0,256	
1723	11			0,100	10,247	11	30 (30)	101,090	0,166	253,630	0,256	
1724	11			0,100	9,618	10	50 (50)	101,090	0,183	252,670	0,256	
1725	11			0,100	8,949	9	50 (50)	101,090	0,203	249,750	0,256	6,780 8,752 1
1726	11			0,100	9,709	10	50 (50)	101,090	0,181	253,710	0,256	6,370 9,496 1
1727	11			0,100	10,642	11	30 (30)	101,090	0,156	252,220	0,256	6,840 10,400 1

ID	Крепость скр	Цвет
1 1	81 (81)	81 (81)
2 2	81 (81)	81 (81)
3 3	81 (81)	81 (81)
4 4	81 (81)	81 (81)
5 5	Зеленый	Зеленый
6 6	Зеленый	Зеленый
7 7	81 (81)	81 (81)
8 8	81 (81)	81 (81)
9 9	50 (50)	50 (50)
10 10	50 (50)	50 (50)
11 11	30 (30)	30 (30)
12 12	30 (30)	30 (30)
13 13	Красный	Красный
14 14	Красный	Красный
15 15	Пурпурный	Пурпурный
16 16	Пурпурный	Пурпурный
17 17	202 (202)	202 (202)
18 18	202 (202)	202 (202)
19 19	202 (202)	202 (202)
20 20	202 (202)	202 (202)

PARAMETERS

Рис. 4. БД блоковых свердловин з показниками буріння, що отримані з бурового верстата

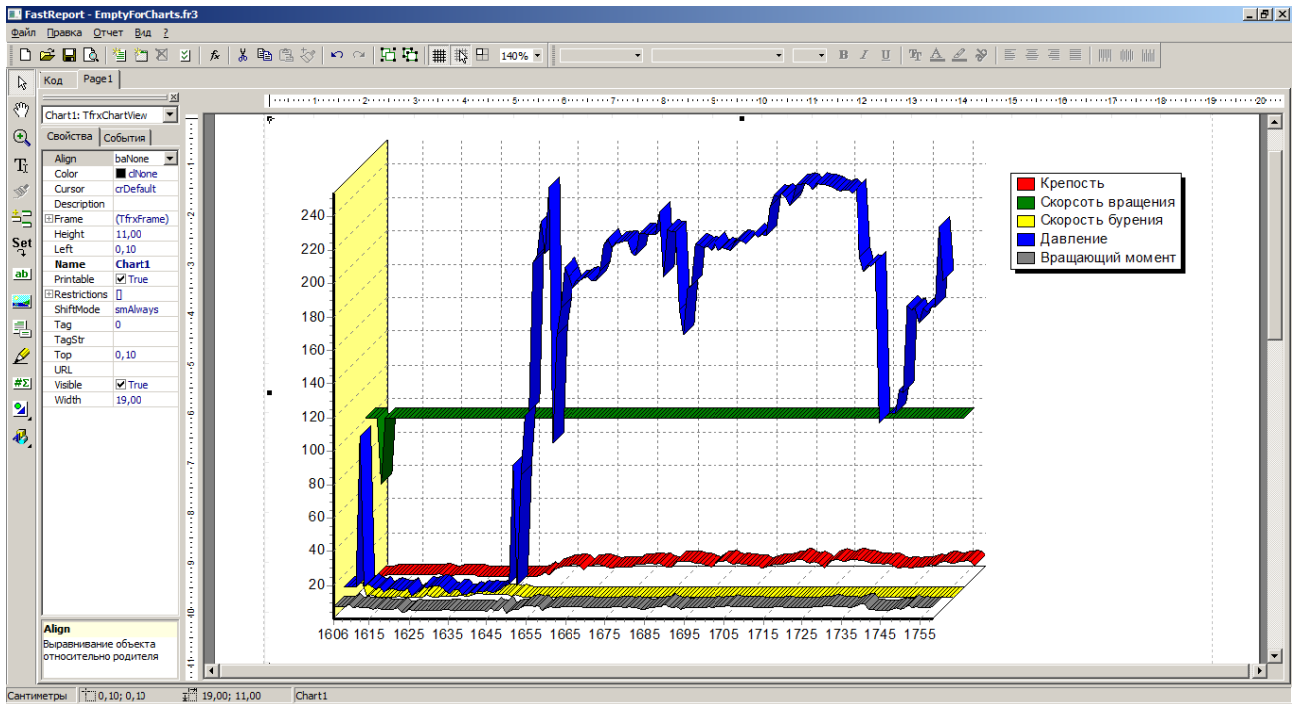


Рис. 5 Перегляд показників буріння свердловин, що були отримані з бурового верстату під час буріння свердловин

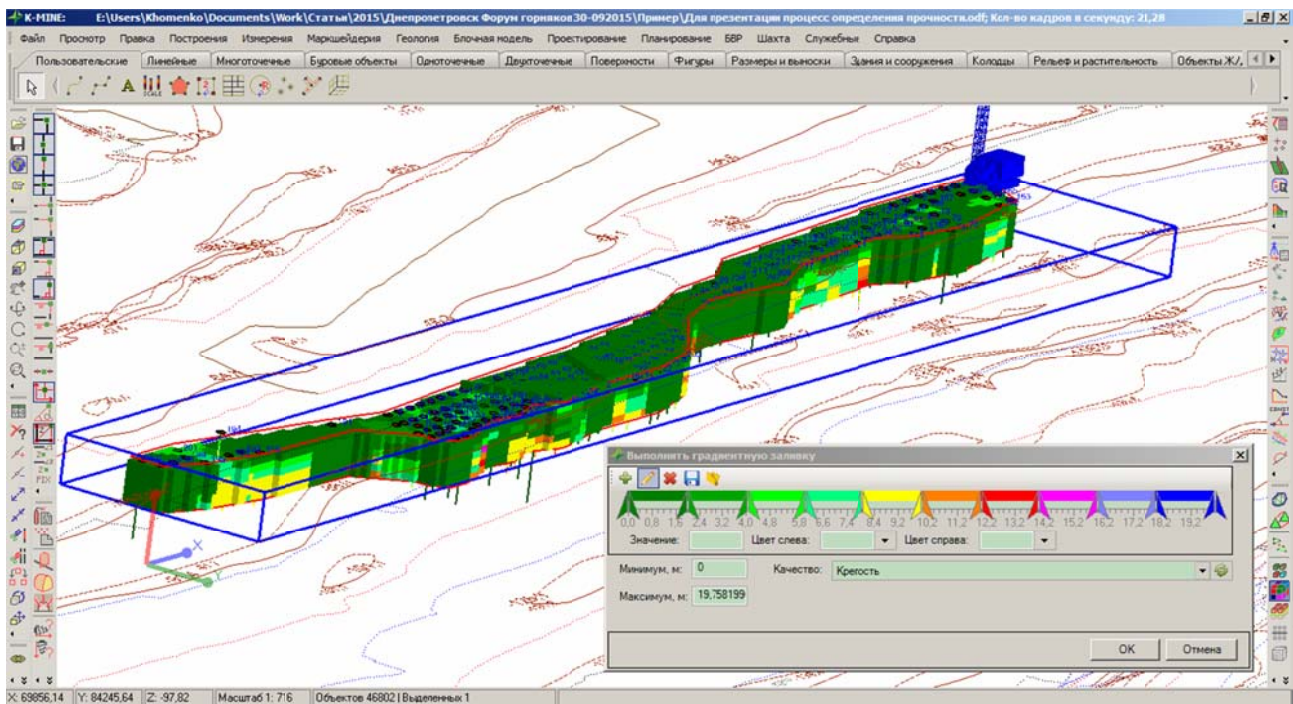


Рис. 6. Розрахунок об'ємних показників міцності порід в межах буро-вибухового блоку методом IDW

Використання інтегрованих рішень комплексу проектування БВР К-MINE і систем точного позиціонування бурових верстатів дозволяє перейти на якісно новий рівень робіт по бурінню і підризанню порід у кар'єрах. Як було розглянуто вище, властивості міцності порід, навіть у межах одного вибухового блоку, бувають украй нерівномірні. Тому для таких випадків доцільним є застосування різних сіток бурових свердловин, типів вибухових речовин або конструкцій зарядів для різних ділянок блоку. Використання такої методики

дозволяє автоматично, на підставі фактичних показників буріння, визначати необхідний вид зарядів свердловин, а також вести об'ємну модель гірського масиву з параметрами буримості та схильності порід до руйнування.

Подібні рішення дозволяють скоротити загальні витрати шарошок та вибухових речовин (ВР) по підприємству на 10-15 %, а також відкриває дорогу для використання сучасних схем розбурювання масиву порід (наприклад, використання нерегулярних сіток з різномінімним кроком), застосування розподілених і комбінованих зарядів.

Прямий обмін даними комплексу проектування БВР з системами точного позиціонування бурових верстатів дозволяє виключити із загальної схеми проектування етапи робіт з розбивки і фактичної зйомки блокових бурових свердловин маркшейдерською службою підприємств із загального процесу проектування, і значно (до 20-30 %) скоротити час на підготовку блоку для буріння і вибуху. Окрім цього, значно підвищується точність відповідності координат фактично пробурених свердловин проекту (до 0,1 м в плані і по висоті проти 0,5 м при використанні традиційних способів).

Список літератури

1. Лукьянов, В.Г. Взрывные работы: учебник для вузов / В.Г. Лукьянов, В.И. Комащенко, В.А. Шмурыгин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 402 с.
2. Кутузов, Б.Н. Разрушение горных пород взрывом (взрывные технологии в промышленности)/ Кутузов Б.Н. – [3-е изд. перер. и дополн.] – М.: МГГУ, 1994. – 446 с. – (Учебник для ВУЗов; ч. 2).
3. Тангаев, И.А. Буримость и взрываемость горных пород / Тангаев И.А. – М.: Недра, 1978. – 184 с.
4. Тангаев И.А. Энергоемкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых. / Тангаев И.А. – М.: Недра, 1986. – 231 с.
5. Симкин, Б.А. Справочник по бурению на карьерах / Симкин Б.А., Кутузов Б.Н., Буткин В.Д. – [2-е изд., перераб. и доп.] – М.: Недра, 1990. – 223 с.
6. Ржевский, В.В. Основы физики горных пород. / Ржевский В.В., Новик Г.Я. – [Изд.7] – М.: МГГУ, 2014. – 368 с.
7. Система автоматизированного проектирования буровзрывных работ на базе ГИС К-MINE: сборник докладов научно-практического семинара «SVIT GIS-2010» / С.А. Хоменко, С.С. Барановский. – Кривой Рог: 2010. – 278 с.
8. Геоінформаційні технології в надрокористуванні (на прикладі ГИС К-MINE) / [Рудько Г.І., Назаренко М.В., Хоменко С.А., Нецький О.В. та ін.]; під ред. Г.І. Рудька, М.В. Назаренко. – К.: Академпрес, 2011. – 336 с.

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ІЗ ВІДКРИТОЇ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ БУРОГО ВУГІЛЛЯ НАД СОЛЬОВИМИ ШТОКАМИ

А.Ю. Дриженко, О.О. Шустов, Національний гірничий університет, Україна

Виконано аналіз перспектив освоєння родовищ бурого вугілля України над сольовими штоками. Обґрунтовані схеми розкриття кар'єрних полів шляхом проведення внутрішніх траншей зі складуванням порід розкриття поряд із кар'єрами Розроблені календарні плани та обґрунтований порядок розвитку гірничих робіт із видобутку бурого вугілля на перспективних родовищах.

Вступ. У сучасних умовах стану важкої промисловості та енергетики України доцільним є залучення до експлуатації нового типу потужних родовищ бурого вугілля, що залягають над сольовими штоками. Виконано прогноз почергового уведення до експлуатації шляхом будівництва потужного вугледобувного комплексу із продуктивністю 10 – 12 млн. т/рік. Одним із 12 родовищ є детально розвідане Ново-Дмитрівське, що розташоване у північно-