

В.Д. СИДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф.,
М.В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц., М.П. СЕРГЄЄВА
Криворізький національний університет

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ГІРНИЧОГО ВІДВОДУ

Для зйомки інженерного об'єкту території гірничого відводу розглянуто методику виконання просторового зображення автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» методом лазерного 3D- сканування в рішенні задач геоінформаційного забезпечення інфраструктури гірничодобувного підприємства.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Застосування сучасних технологій, що базуються на використанні передових програмних розробок і обладнання, вимагає детального вивчення в області дослідження параметрів і їх точності. Насамперед, це пов'язане з тим, що не всі сучасні засоби вимірювання включені в діючі інструкції із проведення маркшейдерського забезпечення гірничих і геодезичних робіт [1]. Розроблення технологій польових вимірювань і камеральна обробка даних на об'єктах гірничодобувної промисловості залишаються актуальними. Зокрема, маркшейдерське забезпечення зйомки об'єктів є трудомістким завданням, що обумовлене високою навантаженою технологічними елементами виробничих цехів, значною кількістю інженерно-технічних споруд на об'єктах гірничої промисловості, а також необхідністю оперативного проведення маркшейдерського забезпечення гірничих робіт.

Аналіз досліджень та публікацій. Теоретичні основи технології лазерного сканування викладені в роботах [2], де розглядається впровадження технології наземного лазерного сканування в рішенні задач геоінформаційного забезпечення інфраструктури гірничодобувного підприємства.

У нормативних документах застосування технології наземного лазерного сканування як методу отримання маркшейдерсько-геодезичних вимірювань згадується тільки в [1]. Насправді технологія наземного лазерного сканування може бути використана для рішення багатьох завдань маркшейдерсько-геодезичного забезпечення на об'єктах гірничої промисловості, відповідаючи при цьому по параметрам точності необхідним нормам і правилам, а по продуктивності перевершуючи раніше існуючі методи маркшейдерського забезпечення зйомки.

Постановка завдання. Оцінка відповідності точності технології тривимірного наземного лазерного сканування діючим нормативним документам при рішенні завдань маркшейдерського забезпечення робіт на об'єктах гірничодобувної промисловості (при контролі над полотном автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне»).

Розроблення технології топографічної зйомки методом тривимірного наземного лазерного сканування. Камеральне опрацювання польових результатів досліджень для оцінки точності тривимірного лазерного сканування базується на використанні: теорії помилок вимірювань, методів математичної статистики і методу найменших квадратів.

У якості експериментального методу використовувати аналіз застосування технології тривимірного лазерного сканування інженерного об'єкту на гірничодобувному підприємстві.

Викладення матеріалу та результати. Об'єкт виконання робіт знаходиться на території гірничого відводу шахтоуправління по підземному видобуванню руди (на правах шахт) ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Досліджується відрізок полотна автомобільної дороги з твердим покриттям (асфальт), довжиною 1080 м, шириною 10-12 м на ділянці «Техбаза - кладовище «Західне» і проходить над виробленим простором шахти «Родіна» ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат». Розміри виробленого простору: довжина в площині прошарку -360 м; глибина від 900 до 1140 м; потужність по нормалі -75 м, по вертикалі - 100 м.

Для виявлення можливих (прогнозованих) вертикальних і планових деформацій полотна автомобільної дороги в досліджуваній зоні вибрано метод наземного лазерного 3D- сканування.

Наземне лазерне сканування об'єкту виконувалось приладом «Leica ScanStation 2» s/n 1251517.

За підсумками проведеного рекогносціювання району робіт прийняті рішення:

Збільшити кількість точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі, на яких встановлюються марки-рефлектори, для поліпшення точності «зшивання» окремих сканів в загальну хмарину координованих точок;

На станціях сканування і пунктах полігонометричної маркшейдерсько-геодезичної мережі встановлювати по дві марки-рефлектори на вертикальній металевій штанзі;

Визначити координати точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі: *St3, St4, St9, St10* відносно *St1* автономними супутниковими методами в режимі статички для контролю точності «зшивання» окремих сканів в загальну хмарину координованих точок;

Включити в мережу точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі доступні для сканування пункти полігонометрії: *ППЗ- ПП15* для подальшого порівняльного аналізу приростів координат і перевищень за матеріалами сканування і лінійно-кутових спостережень.

Збільшити кількість станцій сканування до 13 для поліпшення густини координованих точок на ділянці автомобільної дороги між станціями сканування 11 і 12;

Порівняльний аналіз для виявлення можливих деформацій проводити виключно накладанням *TIN*- моделей нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» з результатів сканувань.

Схему точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі на етапі робіт показано на рис. 1.

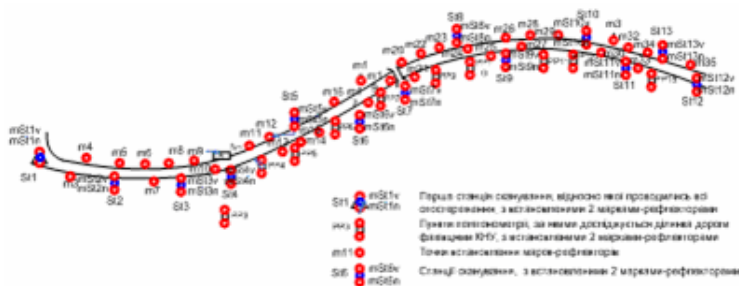


Рис. 1. Схема закладки точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі етапу робіт

Рух автомобільного транспорту в районі робіт інтенсивний і потребує додаткових затрат в часі і кількості сканувань окремих секторів дороги «зашумлених» великовантажним транспортом (*TIR*).

На етапі робіт координати точок тимчасової знімальної мережі для побудови *TIN*- моделі нерегулярної поверхні полотна проїжджої частини обстеженої ділянки автомобільної дороги визначені в березні 2014 р. за результатами наземного *3D*- сканування відносно *St1* ($X=0; Y=0; H=0$) з точністю не гірше ± 11 мм в плані і ± 10 мм по висоті. Зрівнювання і оцінка точності координат в програмному забезпеченні «*Cyclone SCAN*» наведені на рис. 2.

Constraint ID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status	Weight	Error	Error Vector
TargetID: mpp13v	ScanWorld 10 (Leveled)	ScanWorld 11 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m
TargetID: m20	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, 0.000) m
TargetID: m22	ScanWorld 7 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, 0.000) m
TargetID: mst7n	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, 0.000) m
TargetID: m26	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m
TargetID: mpp13n	ScanWorld 10 (Leveled)	ScanWorld 11 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m
TargetID: mpp5v	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 6 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(-0.001, 0.000, -0.001) m
TargetID: mpp15n	ScanWorld 11 (Leveled)	ScanWorld 12 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, -0.001) m
TargetID: mpp6n	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 6 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.001, -0.001) m
TargetID: m29	ScanWorld 10 (Leveled)	ScanWorld 11 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.001, 0.001) m
TargetID: m28	ScanWorld 9 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, 0.000, -0.001) m
TargetID: m6	ScanWorld 2 (Leveled)	ScanWorld 3 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.000) m
TargetID: m20	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, -0.001, 0.001) m
TargetID: m9	ScanWorld 3 (Leveled)	ScanWorld 4 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.001, -0.001) m
TargetID: m20	ScanWorld 7 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.002, -0.001) m
TargetID: m17	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, -0.001) m
TargetID: mst3n	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.000, -0.001) m
TargetID: m5	ScanWorld 1 (Leveled)	ScanWorld 3 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.001, -0.002) m
TargetID: m32	ScanWorld 11 (Leveled)	ScanWorld 12 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.000) m
TargetID: m27	ScanWorld 9 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.000, -0.002) m
TargetID: m24	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 9 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.002) m
TargetID: m18	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.002, -0.001, 0.000) m
TargetID: mpp15v	ScanWorld 11 (Leveled)	ScanWorld 12 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, -0.002, -0.001) m
TargetID: mst5v	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.000, 0.000) m
TargetID: m15	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 6 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, -0.001) m
TargetID: m8	ScanWorld 3 (Leveled)	ScanWorld 4 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, 0.000, -0.002) m
TargetID: m11	ScanWorld 3 (Leveled)	ScanWorld 5 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, 0.002, -0.001) m
TargetID: st9	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.000, -0.002) m
TargetID: m19	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.002, 0.002, 0.001) m
TargetID: m3	ScanWorld 1 (Leveled)	ScanWorld 2 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.002, 0.001) m
TargetID: m17	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 6 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(-0.002, 0.000, 0.001) m
TargetID: mst3n	ScanWorld 7 (Leveled)	ScanWorld 9 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.001, 0.002, 0.001) m
TargetID: mst6n	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, -0.003, 0.000) m
TargetID: m8	ScanWorld 2 (Leveled)	ScanWorld 4 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, 0.000, 0.003) m

Координати точок тимчасової знімальної мережі етапу робіт: *St3, St4, St9, St10*, в системі координат 1963 р. визначені у березні 2014 р. комплектом двох частотних приймачів GNSS *Leica GX1230GG* і *ATX1230GG* в режимі статики від початкової точки знімальної мережі *St1*.

Точність вимірювань відносно початкової точки знімальної мережі *St1* ± 10 мм.

Результати зрівнювання і оцінки точності координат точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі етапу робіт в програмному забезпеченні «*LeicaGeoOffice*» наведено на рис. 3.

Назва і номер пункту	П'яте сканування					
	статус	дата	Y, м	X, м	H, м	Δ
M5 <i>St1</i>	Control	07/18/2011 07:44:08	4364767,4980	5304676,4470	98,8870	0,0
<i>St3</i>	Measured	05/22/2014 10:13:21	4364998,4251	5304667,5080	98,1375	0,2
<i>St4</i>	Measured	05/22/2014 08:34:48	4365090,8793	5304678,3716	96,1724	0,2
<i>St9</i>	Measured	05/21/2014 14:58:20	4365554,1781	5304887,7319	96,7013	0,2
<i>St10</i>	Measured	05/21/2014 15:32:14	4365635,2017	5304898,4399	96,4807	0,4

Зрівнювання і оцінка точності координат точок знімальної мережі, виконані в програмному забезпеченні «*LeicaGeoOffice*»

Точність визначення координат точок знімальної мережі відносно базової станції *St1* не гірше ± 10 мм

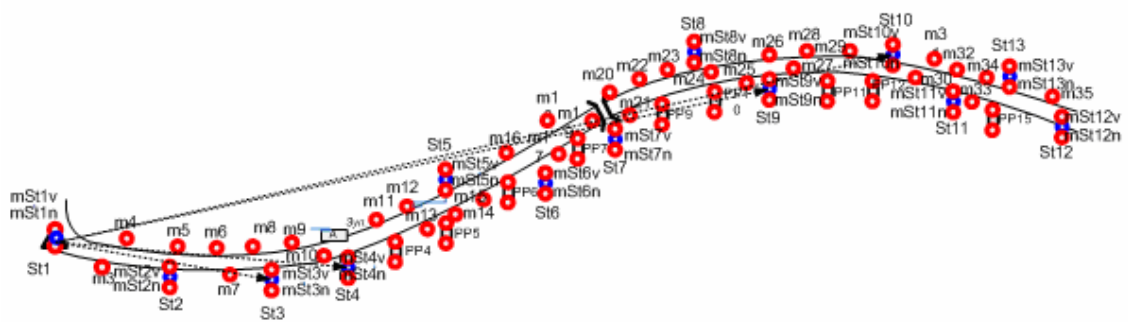


Рис. 3. Зрівнювання і оцінка точності координат точок знімальної мережі в програмному забезпеченні «*LeicaGeoOffice*»

Абрис «зшитих» хмарин координованих точок з сканування проїжджої частини всієї ділянки автомобільної дороги на етапі робіт наведений на рис. 4.

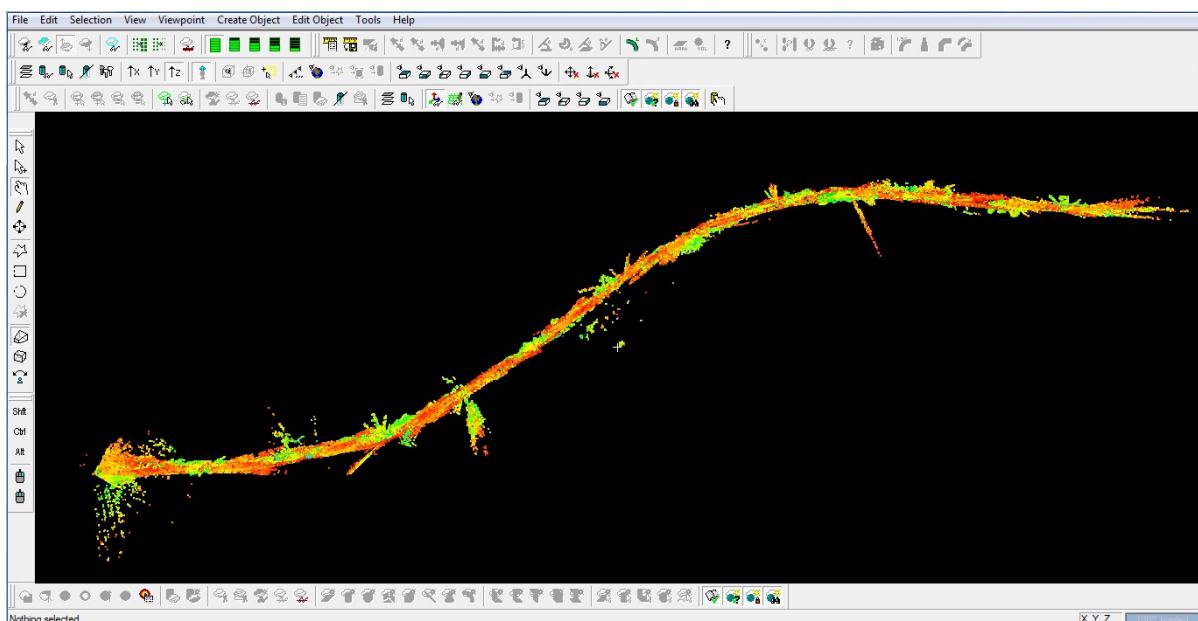


Рис. 4. Абрис хмарини координованих точок на проїжджу частину автомобільної дороги

TIN-модель нерегулярної поверхні від сканованої проїжджої частини ділянки автомобільної дороги побудована в програмному забезпеченні «*Cyclone SCAN*». Тверде покриття автомобільної дороги відтворене за фактичними розмірами і положенням у просторі.

Часткові ушкодження асфальту, утворені внаслідок інтенсивного руху автотранспорту і не пов'язані з деформаціями полотна автомобільної дороги, на *TIN*-моделях не показувались з метою зменшення графічного навантаження і обсягу інформації на магнітних носіях.

Для проведення порівняльного аналізу *TIN*-моделей нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» за результатами сканувань і побудови графіків розбіжностей по осях координат X, Y і по висоті H вибраний крок між суміжними точками вздовж всієї кривої ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» - 3 м.

Точки країв відрізків, за якими проводиться аналіз всієї ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне», пізнані на *TIN*-моделях нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» з сканування за елементами подібності і точками тимчасової знімальної мережі.

На кожному відрізку ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» аналізу підлягають лінії лівого (північного), правого (південного) країв твердого покриття і осьова лінія автомобільної дороги.

Ці полілінії побудовані і відображені на кожній з *TIN*-моделей нерегулярної поверхні з сканувань. З врахуванням пролягання досліджуваної ділянки автомобільної дороги із заходу на схід відрізки наложених одна на одну *TIN*-моделей нерегулярної поверхні з п'ятого і четвертого сканувань спроектовані на пряму лінію паралельну осі Y . Початок першого відрізка (0 м–180 м) віддалений від $St1$ на 14,473 м.

Абрис накладених одна на одну *TIN*-моделей нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» з результатів сканувань наведений на рис. 5.

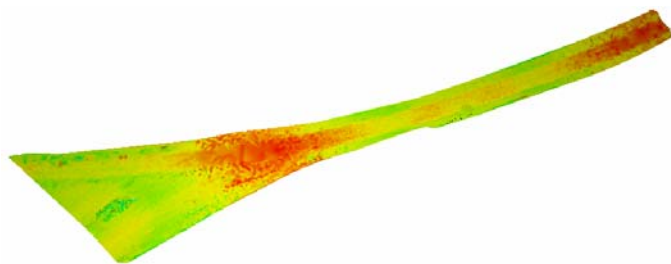


Рис. 5. Абрис накладених *TIN*-моделей нерегулярної поверхні автомобільної дороги «Техбаза – кладовище «Західне»

Графіки розбіжностей *TIN*-моделей нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» по вісях координат X, Y і по висоті H з

результатів сканувань наведені на рис. 6.

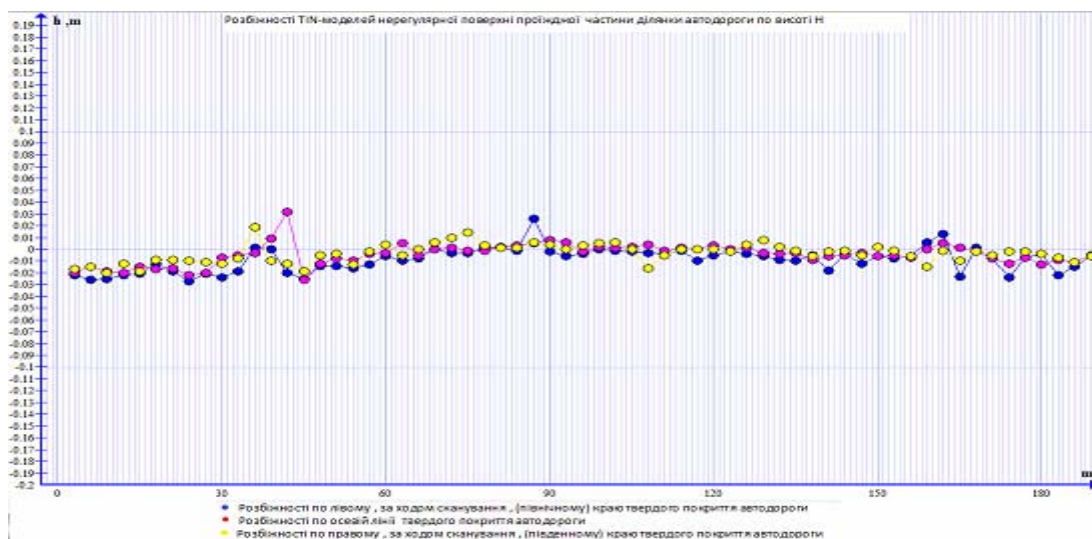


Рис. 6. Графіки розбіжностей *TIN*-моделей нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза – кладовище «Західне» по вісях координат X, Y і по висоті H з результатів сканувань

Висновки та напрямок подальших досліджень. Метод наземного лазерного 3D- сканування за точністю кінцевих результатів і вартістю технологічного процесу доступний у застосуванні для досліджень (визначення площ, об'ємів, деформацій, конфігурацій і точних розмірів) не лише лінійних об'єктів шляхів сполучення, а і кар'єрів, підземних виробок будь-якої конфігурації і призначення.

Отже, наземні лазерні сканери є новим вимірювальним засобом, що дозволяють зробити реальним і повсякденним одержання тривимірних моделей різного призначення.

Усе це дозволяє говорити про те, що найближчим часом технологія наземного лазерного сканування якщо не повністю витисне, то, принаймні, займе провідне положення в області польового збору метричної інформації з метою тривимірного моделювання об'єктів і територій.

Список літератури

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. М.:Недра, 1987,-240 с.
2. GS100 3D laser scanner [Електронний ресурс]: сайт Mensi.- Режим доступу: <http://mensi.com/Website2002/Specs/Spec G100.pdf>.

Рукопис подано до редакції 17.04.14

УДК 622.271.33:622.235

А.Е. ФЕДОТОВ, В.П. БИЦЮК, ПАО «ЦГОК»

Г.И. ЕРЕМЕНКО, М.В. МАРТЫНЮК, кандидаты техн.наук, доц., Б.В. МАРТЫНЮК
Криворожский национальный университет

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРЕ №3 ПАО «ЦГОК» С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Выполнен анализ ведения взрывных работ с учетом физико-механических свойств горных пород, горно-геологических и гидрогеологических условий. Представлена динамика добычи руды и производства вскрышных работ за последние 5 лет. С целью обеспечения заданной производительности выемочно-погрузочного оборудования забой представлен необходимым качеством взорванной горной массы. В качестве основного критерия, которым производится оценка взорванной горной массы, является процент выхода негабаритных кусков взорванной горной массы и гранулометрический состав взорванной горной массы. Технологическая связь между параметрами буровзрывных работ и качеством дробления горной массы устанавливается удельным расходом ВВ, который зависит напрямую от параметров БВР.

Рассмотрены основные технологические характеристики применяемых ВВ и дан анализ параметров БВР и конструкции скваженных зарядов ВВ, а также рассмотрены предложения по их рациональному использованию с целью повышения качества дробления горной массы.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Карьером № 3 ПАО «ЦГОК» разрабатывается «Петровское» месторождение железистых кварцитов, расположенное в Кировоградской области в 1,5 км юго-восточнее пгт «Петрово».

Данное месторождение сложено породами следующих типов: гнейсы, гранитоиды, безрудные кварциты, железистые кварциты и амфиболиты.

Основной продуктивной толщей является второй горизонт артемовской свиты, сложенный переходной и кондиционной пачкой железистых кварцитов.

Железистые кварциты на месторождении представлены следующими разновидностями: магнетитовыми, гематит-магнетитовыми, карбонат-магнетитовыми и силикат-магнетитовыми.

Глубина зоны окисления 50-70 м, иногда до 120 м. Повсеместно развиты пегматитовые жилы. Количество и мощность жил возрастает на северо-запад, начиная от четвертого разведочного профиля. Форма жил очень сложная, мощности их резко меняются.

Пегматиты представляют собой розовые крупнозернистые биотит-кварц-полево-шпатовые породы. Основные физико-механические свойства представленных пород, а именно коэффициент крепости горных пород по шкале проф. Протоdjяконова, трещиноватость, абразивность, и т.д. влияют на характер их взрывного дробления.