

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ І ПАСПОРТИЗАЦІЯ БЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА КАР'ЄРАХ ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ НА ОСНОВІ НАЗЕМНОЇ ЦИФРОВОЇ ФОТОТЕОДОЛІТНОЇ ЗЙОМКИ

(Представлено к.т.н., доц. Соболевським Р.В.)

Розглянуто основні задачі і принципи тривимірного проектування і моделювання товарних блоків. Виконано наземну фототеодолітну зйомку гранітного товарного блока Лезниківського родовища із застосуванням спеціально розробленого кріплення для з'єднання теодоліта і цифрової камери, на основі якої побудована цифрова тривимірна модель блока. Розроблено алгоритм обчислення комерційного об'єму товарного блока. Складено паспорт товарного блока і розглянуто основні його складові.

Вступ. На українському ринку декоративного каменю спостерігається велика кількість операцій купівлі–продажу товарних блоків, це зумовлено малою кількістю підприємств повного циклу – від видобування блоків до виготовлення кінцевої продукції за рахунок власних виробничих потужностей, а також неконкурентноздатною продукцією з каменю на світовому ринку. Основними етапами процедури купівлі–продажу товарних блоків є: вибір блока на складі; визначення його геометричних параметрів; узгодження комерційного об'єму блока між покупцем і продавцем; визначення або затвердження його фізико-технічних параметрів, а саме: міцності, тріщинуватості, декоративності та ін.; оформлення документів купівлі–продажу; відвантаження і доставка товарного блока. Найбільші проблеми виникають на етапі узгодження комерційного об'єму товарного блока та при виборі способу визначення його геометричних розмірів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Точне об'єктивне визначення комерційного об'єму, який визначає вартість продукції, стає нагальним науково-практичним завданням, вирішення якого потребує, в першу чергу, дослідження точності вимірювання лінійних розмірів товарних блоків. Неточність вимірювання спричиняє багато факторів, серед яких можна виділити людський, нерівності граней блока, його об'єм та умови, за яких здійснюють виміри [15]. Внаслідок цих та інших факторів виникає похибка вимірювання розмірів нетто, яка не дає можливості узгодити об'єм товарного необробленого блока між покупцем і продавцем, а це, в свою чергу, призводить до економічних втрат. Отже точність вимірювання розмірів блоків визначає економічну ефективність всього процесу видобування декоративного каменю, що робить актуальним пошук шляхів удосконалення методики визначення розмірів і об'ємів товарних блоків.

Оскільки якість будь-якої продукції значною мірою зумовлюється технологією виробництва, то необхідно вміти об'єктивно оцінювати рівень роботи її виробників, їх можливості забезпечення випуску продукції необхідної якості. Проблема об'єктивної оцінки якості товару виявляється в умовах ринкової конкуренції і виникає у взаємостосунках споживача і виробника. Тому створення методів кількісної оцінки якості продукції, яка часто відрізняється різноманітністю споживачьких властивостей, є досить важливо.

Визначальним фактором, який формує кінцеву якість товарної продукції, є тріщинуватість масиву гірських порід. Прогнозування останньої безпосередньо на площадці добувних робіт за допомогою сучасних дистанційних цифрових методів дасть можливість управляти якісними параметрами гранітних монолітів і блоків. До методів оцінки блочності належать статистичні, графоаналітичні, гірничо-геометричні, ймовірнісні, гранотектонічні, дослідного видобування, графостатистичного моделювання та ін. При цьому найбільш перспективним є цифровий фотограмметричний метод, який ґрунтується на використанні сучасних дистанційних цифрових засобів зйомки ділянки кар'єру (оголення, вибою) з наступною автоматизованою обробкою отриманих у результаті зйомки даних в спеціальному програмному забезпеченні.

Розширення сфери використання цифрових методів фотограмметрії, підвищення економічної ефективності виконання робіт, управління якістю кінцевої продукції, автоматизація і стандартизація виробничих процесів є першочерговим завданням розвитку каменевидобувної галузі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивченню основних положень наземної фотограмметричної зйомки присвятили свої наукові праці російські вчені: М.Я. Бобир [3], В.Б. Дубиновський [17], О.М. Лобанов [16, 17] та українські вчені С.Г. Могильний [18], О.Л. Дорожинський [9], О.В. Долгіх [7], Л.В. Долгіх [6, 7].

Постійно ведуться роботи з автоматизації процесу обробки знімків. Значний внесок у розвиток цифрової обробки зображень, орієнтованої на розв'язання фотограмметричних задач, внесли російські вчені: Р.Н. Гельман [4], О.Г. Чибунічев [22], Ю.Ф. Книжников [10] та ін.

Питанням автоматизації маркшейдерських робіт на базі використання цифрових фотограмметричних методів займалися О.В. Долгіх [7], Л.В. Долгіх [6, 7], М.М. Малецький [7], П.І. Федоренко [21].

Метою статті є розробка методів управління якістю блоків декоративного природного каменю, дослідження якісних параметрів блочної товарної продукції та розробка паспорта товарного блока.

Викладення основного матеріалу статті. Оцінка рівня якості продукції – це ряд взаємопов'язаних операцій, що містять вибір номенклатури показників якості, визначення їх кількісних значень і співставлення їх з базовими. При цьому під базовими значеннями показника якості продукції розуміють такі, що прийняті за основу при порівняльній оцінці. Управління якістю продукції гірничого підприємства є сукупністю технічних, техніко-економічних і організаційних дій, спрямованих на забезпечення в процесі видобування каменю як абсолютного рівня якості корисних копалин, так і його стабільності.

Загальний алгоритм вирішення завдання формування якості продукції гірничодобувного підприємства [11] складається з таких етапів:

1. Виходячи з вимог споживачів, оцінки природних умов і загальних економічних критеріїв висуваються вимоги (стандарт) до якості видобутої корисної копалини, які забезпечують найбільшу загальну ефективність гірничодобувної і переробної галузей.

2. На базі стандарту продукції гірничодобувного підприємства розглядаються технічні і технологічні рішення, здатні забезпечити видобування корисних копалин необхідної якості.

3. Техніко-економічним розрахунком встановлюються найефективніші технологічні рішення.

4. При неможливості забезпечення (в існуючих природних, технологічних і економічних умовах) необхідних показників якості або при неприйнятності технологічних рішень, за екологічних умов необхідний перегляд стандартів або модернізація виробництва (гірничого, переробного або обох). В крайньому випадку можливий перегляд стандарту продукції, якщо це не погіршує вирішальним чином її конкурентоспроможність.

Кінцевою продукцією каменевидобувного підприємства є товарний блок. Під блоком розуміють продукт, який складається з монолітної гірської породи, здатний розміщуватися в робочій зоні верстата, має форму паралелепіпеда і призначений для подальшої обробки з метою отримання виробів з природного декоративного каменю [1, 2].

Якість блоків декоративного каменю визначається сукупністю властивостей, що характеризують здатність блочної продукції задовольняти певні потреби покупця. Розрізняють виробничі і споживачькі властивості продукції. Виробничі властивості блочної продукції формуються в процесі її розробки і досягаються на стадії видобування, споживачькі – націлені на задоволення конкретних запитів каменеобробників, споживачів [11].

У світовій практиці відсутні єдині стандарти, що регламентують вимоги до якості, геометричних розмірів і об'єму товарних блоків [20]. Тому каменевидобувним підприємствам важко орієнтуватись на певні стандарти, які не містять чітких вимог до якості продукції. Головними параметрами товарного блока є його форма, розміри й об'єм, які визначають комерційну вартість блока. Класичне вимірювання геометричних розмірів блоків паралелепіпедної форми не є досконалим і потребує оптимізації. Саме тому пропонується обґрунтувати доцільність застосування дистанційного цифрового методу вимірювання розмірів і об'єму природних окремоностей.

Зйомка об'єкта для моделі є важливим процесом, оскільки від її результатів буде залежати не лише якість цифрових знімків, але й якість моделі. Для отримання високоякісних моделей необхідно виконати такі вимоги: 1) знімки повинні бути відкалібровані і позбавлені дисторсійних спотворень; 2) кількість знімків повинно бути не менше восьми (залежить від програмного забезпечення), оскільки зі збільшенням їх кількості збільшується точність відтворення об'єкта в тривимірній формі; 3) знімки повинні мати високу роздільну здатність, яка безпосередньо впливає на деталізацію моделі; 4) використання спеціальної методики фотографування, яка залежить від умов зйомки і розмірів об'єкта, який моделюється.

Важливим фактором, що визначає точність вимірів, є адекватність обраної моделі камери. Для визначення реальних параметрів знімальної камери, таких як: положення головної точки, масштабів зображення по осях x і y , параметрів дисторсії, попереднім етапом технології є процедура калібрування (внутрішнього орієнтування), що забезпечує метричні характеристики одержуваних масивів вимірів.

Розглянемо варіанти задання полігональної моделі блока, один з яких буде використовуватись для алгоритму визначення його об'єму (рис. 1). У випадку явного представлення кожна грань є полігоном, який складається із послідовності координат вершин, тобто об'єкт складається із набору граней. Недоліки такого представлення в тому, що взаємовідношення граней задані неявно і координати кожної вершини з'являються стільки разів, скільки граней мають цю вершину.

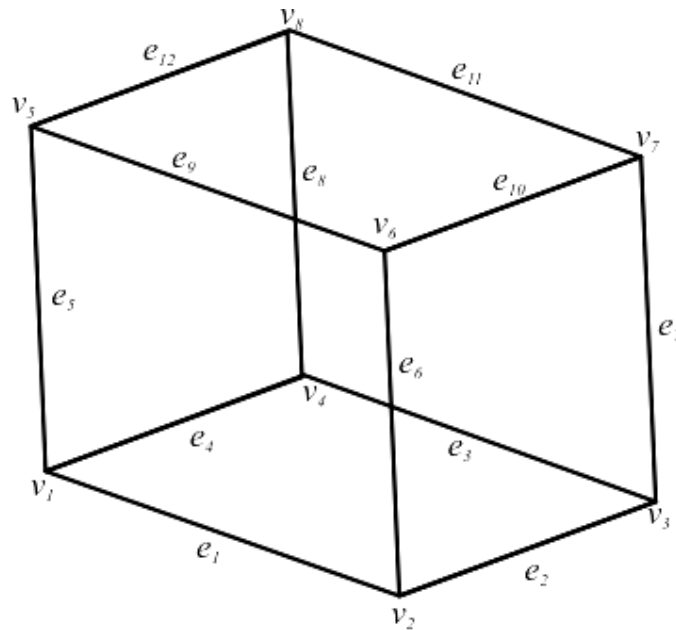


Рис. 1. Полігональна модель блока

Повторюваність координат вершин можна уникнути шляхом виділення координат вершин в окрему структуру (список вершин). В цьому випадку з гранями асоціюються не координати вершин, а індекси в масиві координат вершин:

Вершини	Координати	Грані	Вершини
v1	x1 y1 z1	f1	v1 v2 v3 v4
v2	x2 y2 z2	f2	v6 v2 v1 v5
v3	x3 y3 z3	f3	v7 v3 v2 v6
v4	x4 y4 z4	f4	v8 v4 v3 v7
v5	x5 y5 z5	f5	v5 v1 v4 v8
v6	x6 y6 z6	f6	v8 v7 v6 v5
v7	x7 y7 z7		
v8	x8 y8 z8		

Список вершин кожної грані впорядкований за годинниковою стрілкою, якщо дивитись ззовні блока, що корисно для багатьох алгоритмів, таких як видалення невидимих поверхонь. Але все одно залишаються недоліки – пошук ребер, інцидентних даній вершині, вимагає повного перебору.

В моделі список ребер граней є набором ребер і вершини грані визначаються через ребра:

Ребра	Вершини	Вершини	Координати	Грані	Ребра
e1	v1 v2	v1	x1 y1 z1	f1	e1 e2 e3 e4
e2	v2 v3	v2	x2 y2 z2	f2	e9 e6 e1 e5
e3	v3 v4	v3	x3 y3 z3	f3	e10 e7 e2 e6
e4	v4 v1	v4	x4 y4 z4	f4	e11 e8 e7 e3
e5	v1 v5	v5	x5 y5 z5	f5	e12 e5 e4 e8
e6	v2 v6	v6	x6 y6 z6	f6	e12 e11 e10 e9
e7	v3 v7	v7	x7 y7 z7		
e8	v4 v8	v8	x8 y8 z8		
e9	v5 v6				
e10	v6 v7				
e11	v7 v8				
e12	v8 v5				

Таким чином, для кожного ребра ми задаємо напрямок. Наприклад, ребро e1 спрямовано від точки v1 до точки v2. Грані також орієнтовані, тобто ребра задані за годинниковою стрілкою, якщо дивитись на блок ззовні. Саме цей варіант представлення полігональної моделі блока і буде використовуватись для алгоритму визначення об'єму блока.

На сьогодні розрахунок корисного об'єму блока виконується за його нетто-розмірами, а це призводить до завищення ціни на блочну продукцію, недостовірних розрахунків сировини для виготовлення готової продукції, погіршення її якості при цьому не враховується вплив технології

видобування блоків на їх якість, глибина поверхневої мікротріщинуватості і прихованої тріщинуватості товарного блока. Тому для розрахунку корисного об'єму товарного блока рекомендується брати комерційні розміри.

Для визначення об'ємів вписаного і описаного паралелепіпеда в товарний блок необхідно виконати певну послідовність математичних операцій, в результаті яких отримаємо такі формули:

$$\begin{aligned} V_{on} &= (X2_{max} - X1_{min}) \cdot (Y2_{max} - Y1_{min}) \cdot (Z2_{max} - Z1_{min}); \\ V_{en} &= (X2_{min} - X1_{max}) \cdot (Y2_{min} - Y1_{max}) \cdot (Z2_{min} - Z1_{max}), \end{aligned} \quad (1)$$

де X_{min} , Y_{min} , Z_{min} і X_{max} , Y_{max} , Z_{max} – мінімальні і максимальні значення координат точок блока по відповідних осях (напрямки осей системи координат відповідають напрямкам ребер, які виходять з кута найближчого до початку системи координат).

Отже для визначення комерційного об'єму товарного блока необхідно мати координати вершин ребер полігональної моделі блока, причому для більш достовірної і повної інформації про товарний блок доцільно мати проміжні характерні точки. Слід зазначити, що у формулі (1) потрібно вносити поправку на технологію виймання (відокремлення від масиву) природного каменю, що суттєво вплине на кінцеве значення комерційного об'єму блока. Згідно з ДСТУ Б В.2.7-59-97, необхідно віднімати від кожної грані вписаної моделі блока по 5 см.

З метою отримання необхідних координат точок товарного блока (об'єкта зйомки) була виконана наземна цифрова фототеодолітна зйомка товарного блока на Лезниківському родовищі гранітів цифровою неметричною камерою Samsung S1050 і теодолітом 2Т30П. Для поєднання цифрової камери з теодолітом застосовувалось розроблене автором знімне кріплення з лазерною рулеткою і циліндричним рівнем. Даний пристрій-кріплення призначений для синхронізації руху теодоліта, камери та виставлення цифрової камери за рівнем. Загальний вигляд кріплення та основні його конструктивні елементи зображені на рисунку 2. Більш високу оперативність зйомки, скорочення часу польових робіт і менший обсяг геодезичних обчислень можливо досягти використанням лазерної рулетки Bosch DLR-25 з дальністю вимірювань 25 м і похибкою 2 мм, яка є найбільш придатною для прийнятих умов фототеодолітної зйомки і за відношенням ціна–якість.

Поєднання лазерної рулетки Bosch DLR-25, теодоліта 2Т30П і цифрової неметричної камери Samsung S1050 на кар'єрах декоративного каменю для зйомки подробиць є оптимальним варіантом за вартістю і точністю, оскільки відстані будуть виміряні з точністю до 2 мм, кут – з точністю до 30", а дисторсійні похибки зведені до мінімуму за рахунок попереднього калібрування камери.



Рис. 2. Фототеодолітне кріплення

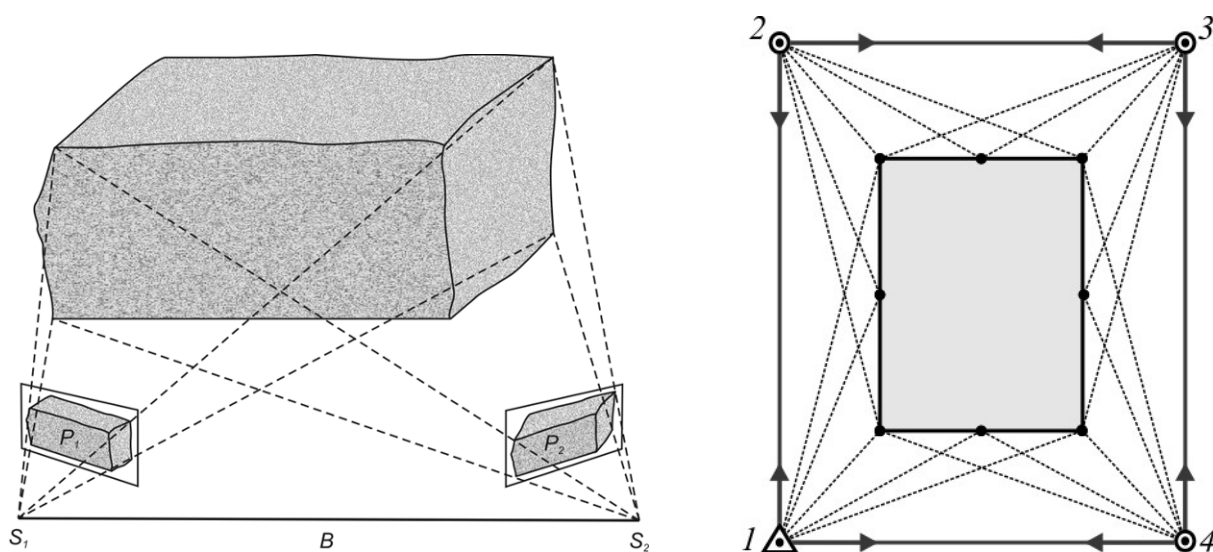


Рис. 3. Схема зйомки блока

Цифрова фототеодолітна зйомка об'єкта дослідження виконувалась з різних боків, відповідно до методики, описаної в роботі [8]. Об'єкт фотографувався з чотирьох точок, що забезпечило необхідну точність побудови тривимірної моделі. Попередньо лінійні розміри блока були виміряні мірною сталевією рулеткою, тобто класичним контактним способом, особливості якого розглянуті в роботі [15].

Відстань до об'єкта зйомки обиралась згідно з висновками [12, 13], де оптимальними розмірами площадки для зйомки товарних блоків є довжина 12 м і ширина 8 м, при яких забезпечується оптимальна відстань фотографування, кут конвергенції та максимальна площа заповнення знімків. Схема виконання зйомки зображена на рисунку 3.

За результатами наземної цифрової фототеодолітної зйомки отримано координати точок товарного блока, які згруповані по гранях, що, в свою чергу, згруповані по ребрах. Подальша обробка отриманих даних полягає у виборі відповідного програмного комплексу обробки вихідних даних, побудови тривимірної моделі та обчислення її об'єму.

Серед програмного забезпечення, яке дозволяє визначати об'єми гірської маси і окремих об'єктів кар'єру за результатами геодезичної зйомки, слід виділити «Credo», «Civil3D», «Pythagoras», «AutoCad», «K-Mine» [5], «Самара», «ТороCad», «Ceonics», «Land Desktop». Всі перераховані програми рахують об'єми однаково, оскільки в їх основу закладений один і той же алгоритм, тому точність визначення об'єму залежить від якості зйомки, а не від алгоритму програми.

Побудова тривимірної моделі товарного блока і визначення його об'єму за результатами фототеодолітної зйомки виконувались у програмі «K-Mine» і «PhotoModeler». Алгоритм визначення об'єму в програмі «K-Mine» наведений нижче.

При імпорті координат точок блока з файлу даних (формат CSV) задаються такі параметри об'єкта: клас – 3Д-текст, шар – точки, тип імпорту – в окремі об'єкти, кут повороту, масштабування та відповідність полів. Результат імпорту координат зображений на рисунку 4. Для побудови моделі користуємось тетраедральною триангуляцією («Блочна модель»–«Операція з каркасами»–«Тетраедральна триангуляція»). В результаті отримуємо вихідну модель, яку необхідно відредагувати за допомогою функції «Видалення тетраедрів». Наступним етапом є конвертація моделі із тетраедрів у каркаси, об'єднання каркасів та визначення об'єму блока («Блочна модель»–«Розрахунок об'єму блочної моделі»). Результат побудови тривимірної моделі товарного блока в програмі «K-Mine» зображений на рисунку 5.

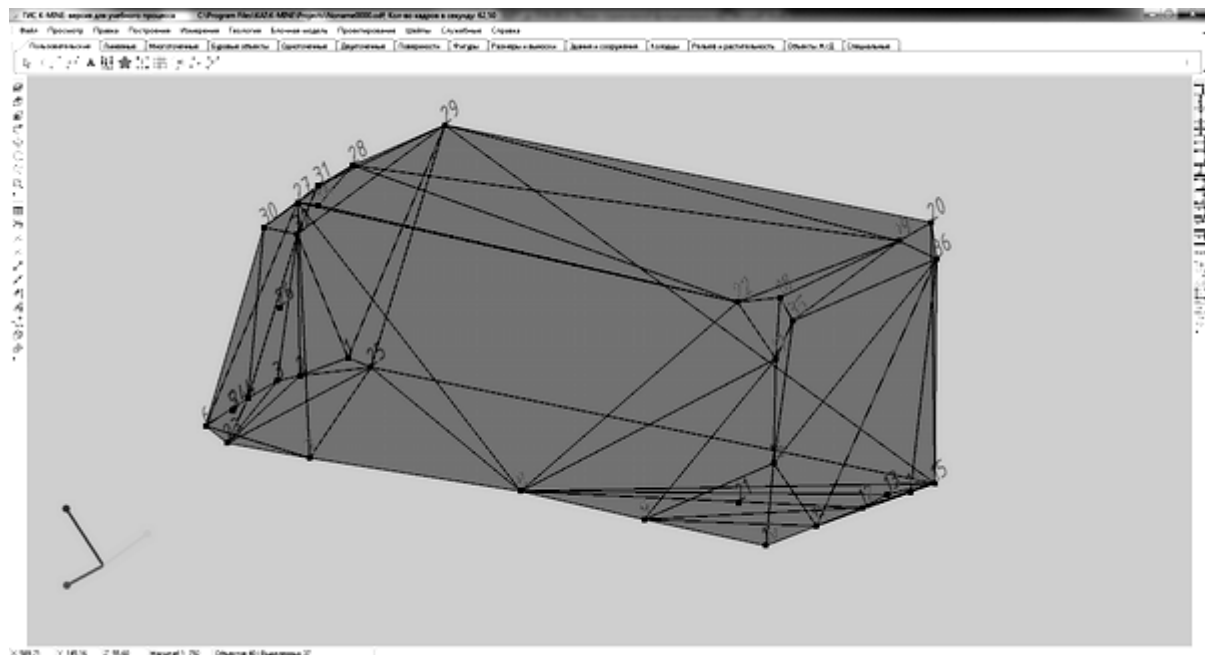


Рис. 4. Модель товарного блока після імпорту координат у програмі «K-Mine»: а – масив точок; б – каркасна сітка

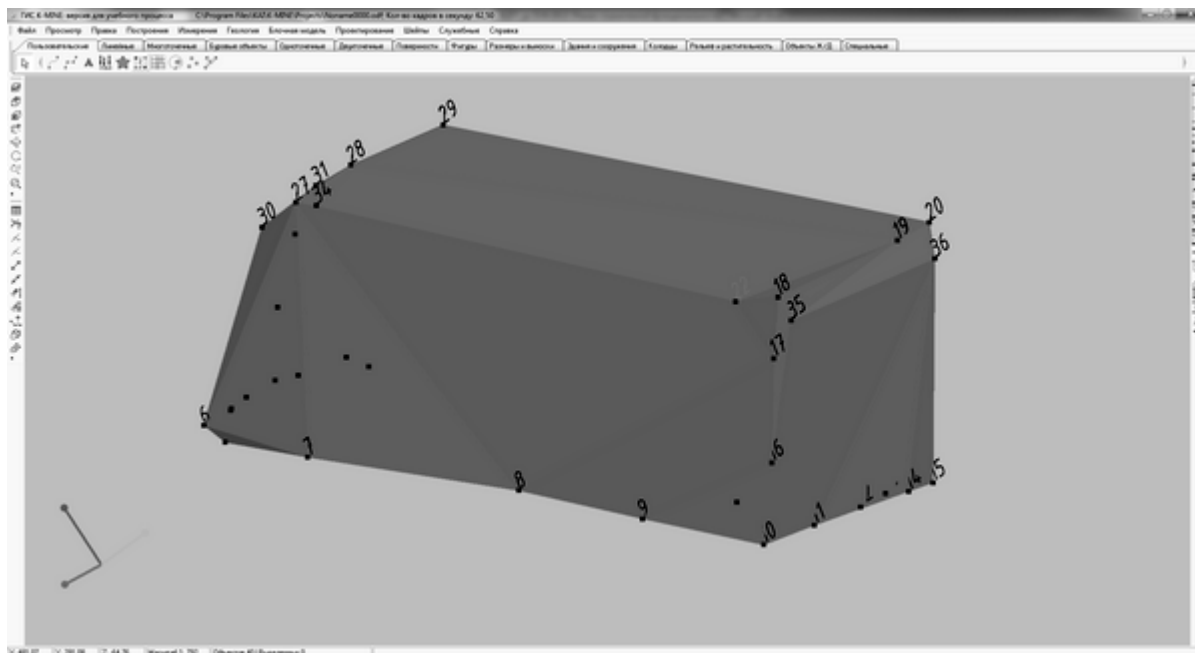


Рис. 5. Тривимірна модель товарного блока в програмі «K-Mine»

В результаті обробки даних, отриманих після зйомки блока, і побудови його тривимірної моделі в програмі «K-Mine» було визначено бруutto-об'єм блока $5,682 \text{ м}^3$, нетто-об'єм $5,169 \text{ м}^3$ і комерційний об'єм $4,731 \text{ м}^3$.

До основних можливостей і переваг «K-Mine» слід віднести [5]:

- для рішення спеціальних завдань гірничого виробництва в середовищі «K-Mine» використовується математичний апарат аналітичної просторової геометрії. Результати розрахунків зберігаються в таблицях бази даних;
- наявність засобів аналітики, в тому числі порівняльний аналіз планових і фактичних показників роботи кар'єру, облік видобутих і погашених запасів, аналіз залишків гірської маси та ін.;
- обробка даних дистанційного зондування і лазерного сканування. Використання для зйомки вимірвальних приладів з GPS дозволяє практично в реальному часі передавати дані зйомки на центральний пристрій;
- можливість швидкого пошуку по базі даних зйомок будь-якого об'єкта з координатами;
- підготовка, формування і ведення спеціальної графічної нормативної і додаткової звітної документації.

З метою оптимізації роботи програми «K-Mine» для кар'єрів декоративного каменю пропонується використати наведений вище алгоритм обчислення комерційного об'єму блоків і створити нову функцію «Розрахунок комерційного об'єму блока». Разом з цим, слід враховувати технологію відокремлення монолітів від масиву та розділення монолітів на блоки для визначення зони поверхневої мікротріщинуватості та якісного об'єму товарного блока. В нашому випадку три грані блока були відокремлені алмазно-канатним обладнанням, яке не спричиняє зони підвищеної мікротріщинуватості і підвищує значення якісного об'єму, та три грані буро-клиновим способом, який створив зону підвищеної мікротріщинуватості шириною 1,6–2,5 см. Показники мікротріщинуватості визначаються методами гірничої кваліметрії, які розглянуті в роботі [11].

Створення тривимірної моделі за результатами фотограмметричної зйомки виконувалось у програмному середовищі «PhotoModeler Pro 5». Програма дозволяє створювати вихідні тривимірні моделі шляхом перетворення двовимірної інформації, яку містять цифрові знімки, у точно розраховані тривимірні точки, лінії і площини. Особливості створення тривимірних моделей товарних блоків і наступне визначення їх об'єму в програмі «PhotoModeler Pro 5» розглянуто в роботі [14]. Результат обробки цифрової зйомки в «PhotoModeler Pro 5» зображений на рисунку 6.

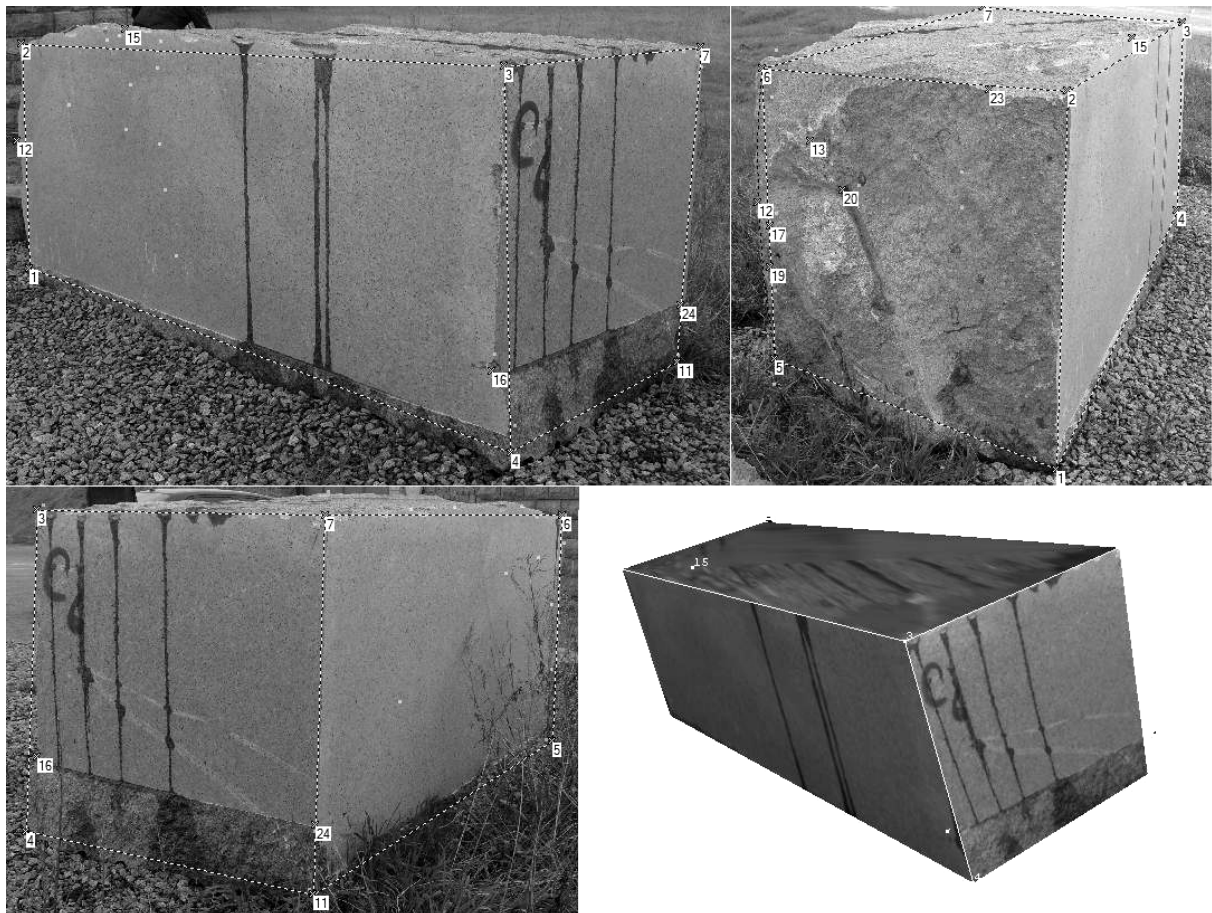


Рис. 6. Тривимірна модель товарного блока в програмі «PhotoModeler Pro 5»

На сьогодні на каменевидобувних підприємствах України відсутня документація, яка б вмішувала повну технічну, геометричну і візуальну інформацію про товарний блок, як об'єкт купівлі–продажу. Традиційно базові параметри товарного блока показують його маркування, яке наноситься фарбою і виконується на кар'єрах по-різному. Приклад маркування зображений на рисунку 7, який містить дані лише про масу, розміри і номер блока, а на деяких кар'єрах взагалі лише номер блока.

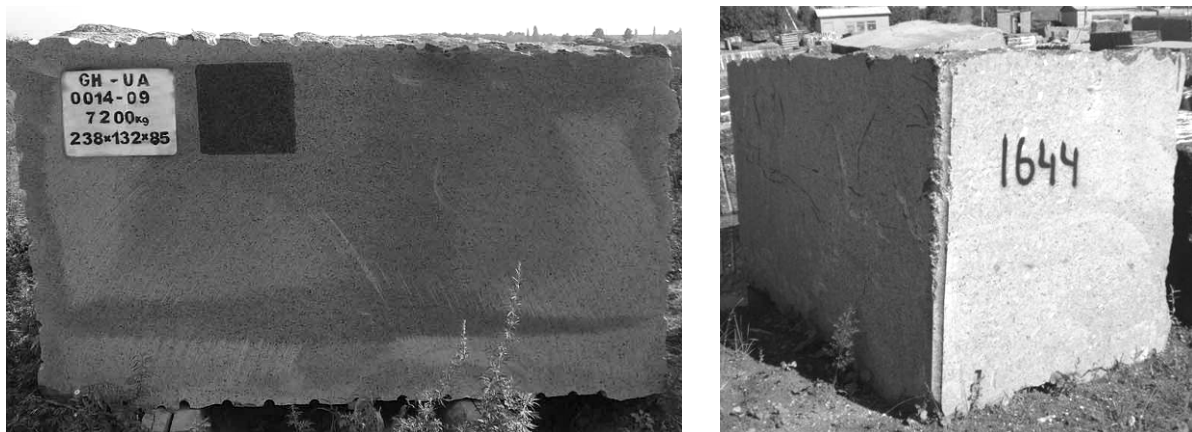

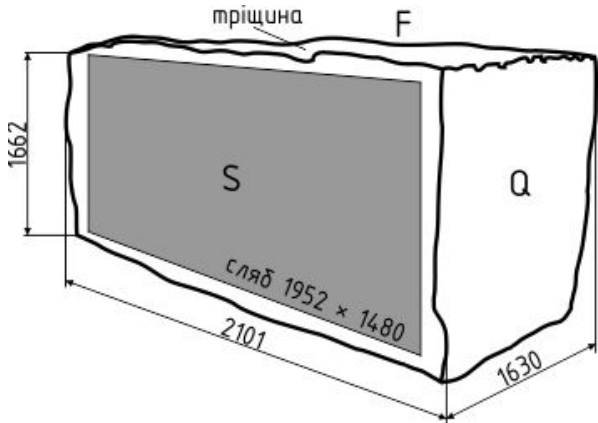


Рис. 7. Маркування блоків на кар'єрах декоративного каменю

Паспорт товарного блока Лезниківського родовища гранітів

Таблиця 1

Маркування блока	№ 63					
Цифрове зображення товарного блока						
Модель блока за даними наземної цифрової стереозйомки						
Об'єм блока	Нетто			5,169 м ³		
	Комерційний			4,731 м ³		
	Якісний			4,669 м ³		
Розміри блока L×B×H, мм	Брутто			2101 × 1630 × 1662		
	Нетто			2022 × 1630 × 1574		
Група блока за об'ємом	I	II	III	IV	V	VI
	>5,0	3,51–5,0	2,01–3,5	1,01–2,0	0,71–1,0	0,01–0,7
Клас якості	«А»		«В»		«С»	
	≤15 %		≤30 %		≤50 %	
Модель цифрової камери	Samsung S1050					
Модель знімального приладу	теодоліт 2Т30П					
Дефекти	<p><u>Тріщини:</u> виявлено одну тріщину</p> <p><u>Параметри тріщин:</u> довжина тріщини 16 см, глибина 23 см, ширина 0,008 см;</p> <p><u>Рудні включення:</u> не виявлено</p> <p><u>Зони підвищеної мікротріщинуватості:</u></p> <p>F – обумовлена використанням гідроклинових установок, середня ширина зони 1,6–2,5 см</p>					
Декоративність	II клас (декоративний)					
Технологія видобутку	алмазно-канатна, буро-клинова					
Оптимальний напрямок розпилювання	вздовж S					
Розміри сляба L×H, мм	1952 × 1480					

Відсутність паспортів товарних блоків призводить до виникнення конфліктних ситуацій і спорів між покупцем і продавцем з приводу точності і достовірності вимірних геометричних розмірів блока, наявності в ньому прихованих тріщин-дефектів та інших фізико-технічних параметрів. Всі ці фактори обумовлюють доцільність впровадження паспортів товарних блоків, що підвищить культуру

каменевидобувного виробництва та дозволить спрогнозувати можливі якісні і кількісні втрати природного каменю, а також спростить і налаштує документообіг, операції купівлі–продажу та економічні відносини між виробником і кінцевим споживачем.

Паспорт повинен складатися з комерційного, технологічного і камерального розділів, які повною мірою найбільш точно і прозоро відображають всю інформацію про конкретний товарний блок на підприємстві.

Комерційний розділ містить такі показники: назва родовища і тип каменю, номер блока, його візуальне фото і тривимірний модель, об'єми (брутто, комерційний, якісний), розміри, клас якості і група блока, наявність дефектів та ціна.

Технологічний розділ містить такі показники: технологія відокремлення даного блока від масиву, від якої залежить глибина мікротріщинуватості поверхні блока і відповідно якість облицювальних виробів, які будуть виготовлені з даного блока; показник технологічності; оптимальний напрямок розпилювання блока (вздовж відповідних тріщин); розміри і вихід слябів (товщиною 20 і 30 мм); декоративність.

Камеральний розділ містить такі показники: параметри цифрової зйомки блока (тип цифрової камери, фокусна відстань, координати головної точки, дисторсія), параметри теодолітної зйомки (тип теодоліта, точність і спосіб зйомки), координати точок ребер, отриманих при зйомці блока, за якими будувалась тривимірний модель і визначались об'єми.

Паспорт товарного блока повинен включатися в офіційну документацію кар'єру, за складання і оновлення якого буде відповідати маркшейдер. Приклад паспорта товарного блока наведений в таблиці 1.

Висновки. Програмний комплекс «К-Mine» дозволяє автоматизувати гірничо-геометричні розрахунки, організувати ведення гірничотехнічної документації, створювати комплексні системи управління гірничими роботами. Використання геоінформаційної системи «К-Mine» підвищує точність розрахунків, скорочує в декілька разів витрати часу на виконання базових операцій по зйомці і обробці даних, що дуже важливо в умовах інтенсивного гірничого виробництва. Отже на основі методики визначення комерційного об'єму товарних блоків з використанням дистанційних засобів зйомки, цифрової фотограмметрії і тривимірного комп'ютерного моделювання були отримані значення комерційних об'ємів товарного блока в програмах «К-Mine» – 4,731 м³ і «PhotoModeler Pro 5» – 4,780 м³. Розбіжність між значеннями нетто-об'єму в «К-Mine» (5,169 м³) і нетто-об'єму блока, отриманого класичним вимірюванням сталюю рулеткою (5,31 м³) складає 0,14 м³, що становить 2,6 %. Одним з головних недоліків класичного вимірювання є складність визначення і врахування прямокутності (непаралельності протилежних граней) блока, що призводить до завищення значень комерційного об'єму і підвищення трудомісткості його подальшої обробки.

Автоматизація процесу визначення об'єму блока і створення його тривимірної моделі дозволить впровадити на кар'єрах декоративного каменю паспортизацію кінцевої товарної продукції.

Список використаної літератури:

1. Бакка Н.Т. Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений : справочник / Н.Т. Бакка, А.В. Ильченко. – М. : Недра, 1992. – 303 с.
2. Бакка Н.Т. Добыча и обработка природного камня / Н.Т. Бакка, А.Г. Смирнов. – М. : Недра, 1990. – 445 с.
3. Бобир Н.Я. Фотограмметрия / Н.Я. Бобир, А.Н. Лобанов, Г.Д. Федорук. – М. : Недра, 1974. – 472 с.
4. Гельман Р.Н. Влияние размера пикселя на точность измерений цифрового снимка и построения модели / Р.Н. Гельман // Геодезия и картография. – 2004. – № 9. – С. 35–37.
5. Геоинформационная система «К-Mine» версия 5.0. Пособие пользователя. – Кривой Рог : Кривбассакадеминвест, 2010. – 200 с.
6. Долгих Л.В. Практика використання цифрових методів зйомки кар'єрів / Л.В. Долгих // Вісник КТУ. – Кривий Ріг : КТУ, 2007. – Вип. 16. – С. 44–48.
7. Долгих Л.В. Сучасні методи знімальних робіт на кар'єрах / Л.В. Долгих, О.В. Долгих, М.М. Малецький // Вісник КТУ. – Кривий Ріг : КТУ, 2006. – Вип. 13. – С. 48–51.
8. Левицький В.Г. Дослідження впливу кута і відстані цифрової фотограмметричної зйомки на точність побудови тривимірних моделей об'єктів кар'єру декоративного каменю / В.Г. Левицький, Р.В. Соболевський, А.В. Панасюк // Наукові праці ДонНТУ : Серія гірничо-геологічна. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – Вип. 9 (143). – С. 147–151.
9. Дорожнинський О.Л. Аналітична та цифрова фотограмметрия : навч. посібник / О.Л. Дорожнинський. – Львів : Національний університет “Львівська політехніка”, 2002. – 164 с.
10. Книжников Ю.Ф. Зависимость точности стереоскопических измерений от размера пикселя цифровых снимков / Ю.Ф. Книжников // Геодезия и картография. – 2003. – № 4. – С. 32–41.
11. Коробийчук В.В. Особенности горной экспертной кваліметрії / В.В. Коробийчук, Е.А. Зубченко // Добыча, обработка и применение природного камня. – Магнитогорск, 2006. – С. 270–274.

12. *Левицький В.Г.* Дослідження точності наземної цифрової фотограмметричної зйомки елементів кар'єру декоративного каменю / *В.Г. Левицький* // доп. Міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та представників виробництва "Маркшейдерське забезпечення геотехнологій". – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2009. – С. 25–30.
13. *Левицький В.Г.* Створення тривимірних моделей елементів гірничих підприємств на основі цифрової наземної зйомки / *В.Г. Левицький* // тези VIII Всеукр. наук. конф. студентів, магістрів та аспірантів "Сучасні проблеми екології та геотехнологій". – Житомир : ЖДТУ, 2011. – С. 252.
14. *Левицький В.Г.* Створення тривимірних моделей природних окремоостей кар'єру як етап удосконалення маркшейдерського забезпечення видобування декоративного каменю / *В.Г. Левицький, Р.В. Соболевський* // Наукові праці ДонНТУ : Серія гірничо-геологічна. – Донецьк : ДонНТУ, 2010. – Вип. 12 (173). – С. 232–238.
15. *Левицький В.Г.* Дослідження точності вимірювання лінійних розмірів товарних блоків природного каменю та її впливу на техніко-економічні показники кар'єру / *В.Г. Левицький, Р.В. Соболевський* // Вісник ЖДТУ // Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – № 4 (43). – С. 149-155.
16. *Лобанов А.Н.* Фотограмметрия / *А.Н. Лобанов*. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1984. – С. 552. – с. 89.
17. Аналитическая пространственная фототриангуляция / *А.Н. Лобанов, В.Б. Дубиновский, М.М. Машимов и др.* – М. : Недра, 1991. – 255 с.
18. Фотограмметрия / *С.Г. Могильный, И.Л. Беликов, Л.И. Ахонина и др.* – К.-Донецк : Вища школа, 1985. – 278 с.
19. *Сердюков В.М.* Фотограмметрия в промышленном и гражданском строительстве / *В.М. Сердюков*. – М. : Недра, 1977. – 245 с.
20. *Синельников О.Б.* Природный облицовочный камень. Ч. I. Облицовочные камни : учеб. пособие / *О.Б. Синельников*. – М. : МГУ, 2000. – 362 с.
21. *Федоренко П.И.* Использование цифровых методов фотограмметрии для маркшейдерского обеспечения карьеров / *П.И. Федоренко, Л.В. Долгих, А.В. Долгих* // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог : КТУ, 2004. – № 85. – С. 59–62.
22. *Чибуничев А.Г.* О возможностях применения цифровых методов фотограмметрии для решения инженерных задач / *А.Г. Чибуничев* // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1990. – № 6. – С. 76–82.

ЛЕВИЦЬКИЙ Володимир Григорович – старший викладач кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- маркшейдерська справа.

Стаття надійшла до редакції 20.07.2012

Левицький В.Г. Управління якістю і паспортизація блочної продукції на кар'єрах декоративного каменю на основі наземної цифрової фототеодолітної зйомки

Левицький В.Г. Управление качеством и паспортизация блочной продукции на карьерах декоративного камня на основе наземной цифровой фототеодолитной съемки

Levitskiy V.G. Quality management and certification of block production on quarries of decorative stone on the basis of surface digital phototheodolitic survey

УДК 622.1:622.83+622.35

Управление качеством и паспортизация блочной продукции на карьерах декоративного камня на основе наземной цифровой фототеодолитной съемки / В.Г. Левицкий

Рассмотрены основные задачи и принципы трехмерного проектирования и моделирования товарных блоков. Выполнена наземная фототеодолитная съемка гранитного товарного блока Лезниковского месторождения с применением специально разработанного крепления для соединения теодолита и цифровой камеры, на основе которой построена цифровая трехмерная модель блока. Разработан алгоритм вычисления коммерческого объема товарного блока. Составлен паспорт товарного блока и рассмотрены основные его составные.

УДК 622.1:622.83+622.35

Quality management and certification of block production on quarries of decorative stone on the basis of surface digital phototheodolitic survey / V.G. Levitskiy

The considered main objectives and principles of three-dimensional design and modeling of commodity blocks. Land phototheodolitic shooting of the granite commodity block of the Leznikovsky field with application of specially developed fastening for connection of a theodolite and the digital camera, on the basis of which constructed digital three-dimensional model of the block is executed. The algorithm of calculation of commercial volume of the commodity block is developed. The passport of the commodity block is made and is considered the main its compound.