

УДК 622.271+528.71

В.Г. ЛЕВИЦЬКИЙ, Р.В. СОБОЛЕВСЬКИЙ, А.В. ПАНАСЮК (Житомирський державний технологічний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КУТА І ВІДСТАНІ ЦИФРОВОЇ ФОТОГРАМЕТРИЧНОЇ ЗЙОМКИ НА ТОЧНІСТЬ ПОБУДОВИ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ ОБ'ЄКТІВ КАР'ЄРУ ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ

Проаналізовано процес визначення лінійних розмірів продукції каменевидобувних та каменеобробних підприємств за допомогою створеної по цифровим знімкам тривимірної моделі об'єкту, досліджено вплив кута і відстані цифрової фотограмметричної зйомки на точність визначення лінійних розмірів товарних блоків декоративного каменю.

Гірниче виробництво, зокрема каменевидобувна галузь, потребує розробки нових методів автоматизації маркшейдерського забезпечення гірничих робіт на основі використання як сучасних приладів і технологій, так і вже існуючих досягнень минулого століття. Сьогодні активно ведеться робота по розробці виробничих цифрових камер, наземних лазерних сканерів, сучасних фотограмметричних методик, які з більшою ефективністю дозволять вирішувати задачі автоматизації маркшейдерських робіт на кар'єрах.

З'являються програмні продукти, які дозволяють будувати тривимірні моделі різних по масштабу об'єктів на основі інформації, отриманої за допомогою як професійних, так і неметричних цифрових камер. Серед таких програм слід відзначити PhotoModeler та ImageModeler. Дані програми створюють тривимірні моделі шляхом перетворення плоских зображень (цифрових знімків) у точно розраховані тривимірні точки, лінії і площини. Також ведуться дослідження по автоматичній ідентифікації однойменних областей і точок стереопари знімків і розпізнаванню зображень.

При сучасному розвитку комп'ютерної і цифрової техніки єдиним раціональним напрямком автоматизації маркшейдерських робіт на кар'єрах є запровадження і використання дистанційних методів, одним з яких є цифрова наземна фотограмметрична зйомка. Використання електронних тахеометрів і GPS не завжди є ефективним, оскільки даний комплекс обладнання дозволяє вирішити і автоматизувати невеликі задачі виробництва, і значно поступається фотограмметричним методам.

Аналіз комплексу робіт по маркшейдерському забезпеченню гірничовидобувних підприємств дозволяє зробити висновок про необхідність впровадження у виробництво нових технологій, які б забезпечили автоматизацію робіт, зменшили б частку ручної праці і підвищили довіру до результатів вимірювань та обчислень [1]. При цьому автоматизація повинна здійснюватись на основі використання наземної фотограмметричної зйомки, нових електронних приладів і відповідного програмного забезпечення.

На сьогодні основними задачами при впровадженні вищенаведених технологій маркшейдерського забезпечення робіт на кар'єрах декоративного каменю є:

- вибір відповідного цифрового обладнання для виконання фотограмметричної зйомки із необхідною точністю [2];
- розробка методики виконання наземної фотограмметричної зйомки в залежності від умов і розмірів об'єктів дослідження;
- обґрунтування параметрів цифрової фотограмметричної зйомки;

- вибір відповідного програмного забезпечення для аналізу і обробки, отриманих в результаті попередньої фотограмметричної зйомки, цифрових знімків об'єктів дослідження;

- створення тривимірних моделей об'єктів дослідження з метою визначення їх геометричних характеристик з високою точністю;

- складання маркшейдерської документації на основі цифрових знімків і побудованих тривимірних моделей об'єктів в автоматичному режимі.

Метою статті є дослідження впливу кута і відстані цифрової фотограмметричної зйомки на точність визначення лінійних розмірів товарних блоків декоративного каменю.



а

б

Рис. 1. Цифрові знімки товарного блоку з коефіцієнтом заповнення 74% (а) і 68% (б) та кутом фотографування 45° (а) і 135° (б)

Дослідження впливу кута фотографування на точність визначення лінійних розмірів об'єкта проводилося у програмному продукті PhotoModeler Pro 5. Для дослідження було обрано товарний блок об'ємом $1,07 \text{ м}^3$ (рис. 1). Геометричні параметри блоку визначались традиційним способом, тобто мірною рулеткою, при чому знімалися розміри на окремих гранях по три рази в трьох різних положеннях. В результаті виконаних вимірювань були отримані наступні середні значення лінійних розмірів об'єкта дослідження: довжина $L_{\text{бл}} = 132,1 \text{ см}$, ширина $B_{\text{бл}} = 85,2 \text{ см}$, висота $H_{\text{бл}} = 94,9 \text{ см}$.

Цифрова фотограмметрична зйомка виконувалась неметричною цифровою камерою Samsung S1050 з різних ракурсів з інтервалом 10° , яка дала можливість отримати 17 знімків об'єкта (кут фотографування в межах від 10° до 170°). При цьому фокусна відстань камери в процесі зйомки залишалась постійною ($f = 7,8 \text{ мм}$). Для побудови тривимірних моделей товарного блоку було зроблено по два додаткових знімки. В результаті побудови 17 тривимірних моделей блоку було отримано по 17 значень довжини, ширини і висоти товарного блоку. На основі отриманих даних побудований графік залежності похибки вимірювання Δa від кута фотографування (рис. 2).

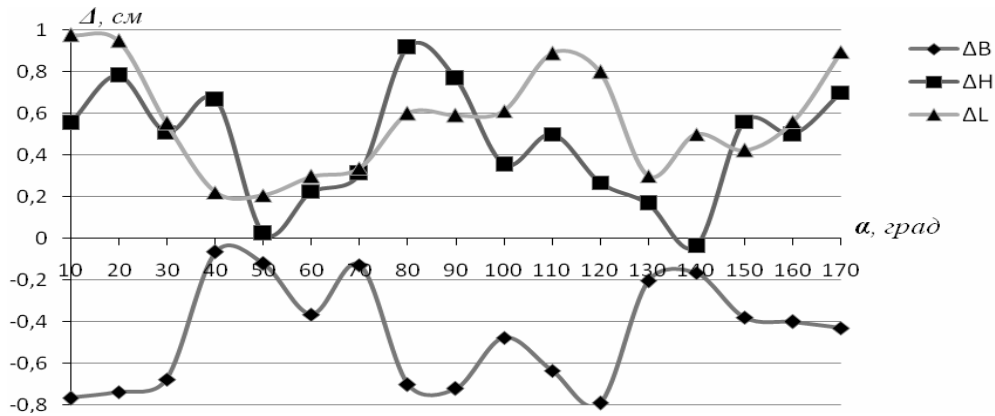


Рис. 2. Залежність точності визначення лінійних розмірів товарного блоку від кута фотографування

З графіка видно, що найбільш оптимальними є кути фотографування 40° , 50° , 130° і 140° , оскільки при цих кутах спостерігається зменшення похибки Δa і наближення кривих графіка до осі абсцис. Отже, при горизонтальних кутах фотографування 45° та 135° досягається найбільша точність визначення довжини, ширини і висоти об'єкта дослідження. Оптимальна схема цифрової фотограмметричної зйомки товарного блоку зображена на рис. 3.

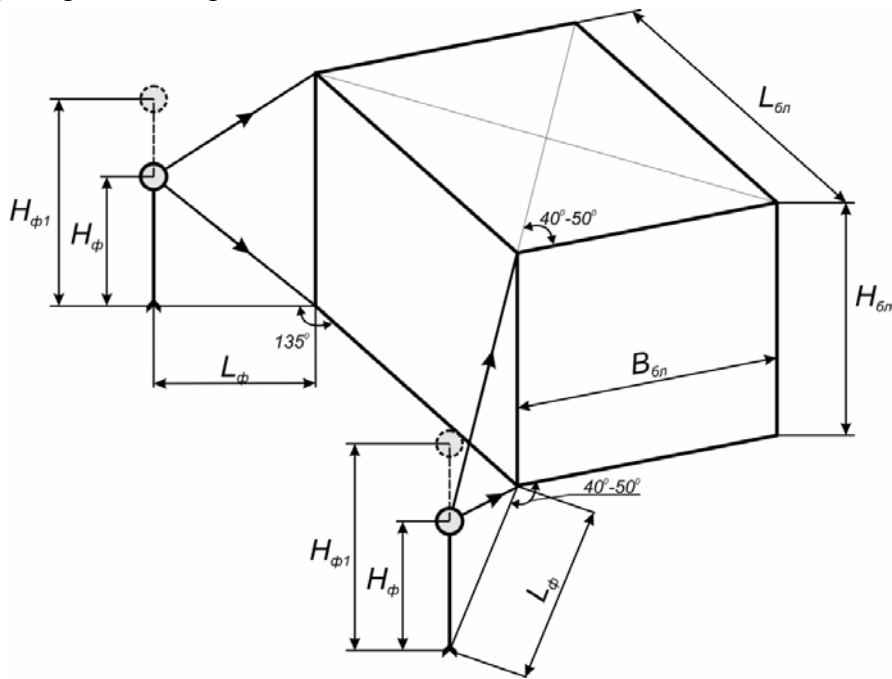


Рис. 3. Оптимальна схема цифрової фотограмметричної зйомки товарного блоку: $L_{бл}$, $B_{бл}$, $H_{бл}$ – довжина, ширина і висота блоку; $L_{ф}$, $H_{ф}$ – відстань і висота фотографування.

Максимальна середня квадратична помилка спостерігається при визначенні ординати точки, тобто при визначенні відстані від об'єкту дослідження до базису фотографування [3]. Звідси, задаючись необхідною точністю координат точок можна регулювати параметри зйомки відповідно до віддаленості об'єкта.

Розрахунок базису і відстаней виконують із умови забезпечення заданої точності визначення відстані, оскільки її отримують із більшою помилкою m_Y , ніж координати X, Z . Формули попереднього розрахунку середніх квадратичних помилок приведені нижче:

$$m_X = \frac{X}{f} m_Y, \quad m_Z = \frac{Z}{f} m_Y, \quad m_Y = \frac{Y^2}{Bf} m_p = \frac{Y}{p} m_p, \quad (1)$$

де f – фокусна відстань, B – базис фотографування, Y – відстань від об'єкту до базису, p – горизонтальний паралакс.

Аналіз формул (1) показує, що помилка m_Y залежить від точності визначення паралакса m_p , на яку впливають [4]:

- точність стереофотограмметричного вимірювання;
- помилки елементів внутрішнього орієнтування (фокусної відстані та координат головної точки знімка);
- помилки куткових елементів зовнішнього орієнтування знімків.

Середня помилка m_p становить 0,010-0,015 мм.

Дослідження впливу відстані фотографування виконувались з врахуванням вищезазначених результатів, тобто при куті фотографування 45° . Зйомка проводилась на відстані від об'єкту в межах 1-5 м з інтервалом 0,5 м. Було отримано 9 знімків товарного блоку і побудовано відповідну кількість тривимірних моделей, по яким визначались геометричні параметри об'єкту дослідження. На основі абсолютних похибок вимірювання Δb , тобто різниці між значеннями розмірів блоку виміряними дистанційним і традиційним способами, побудована залежність відхилень Δb від відстані фотографування, приведена на рис. 4.

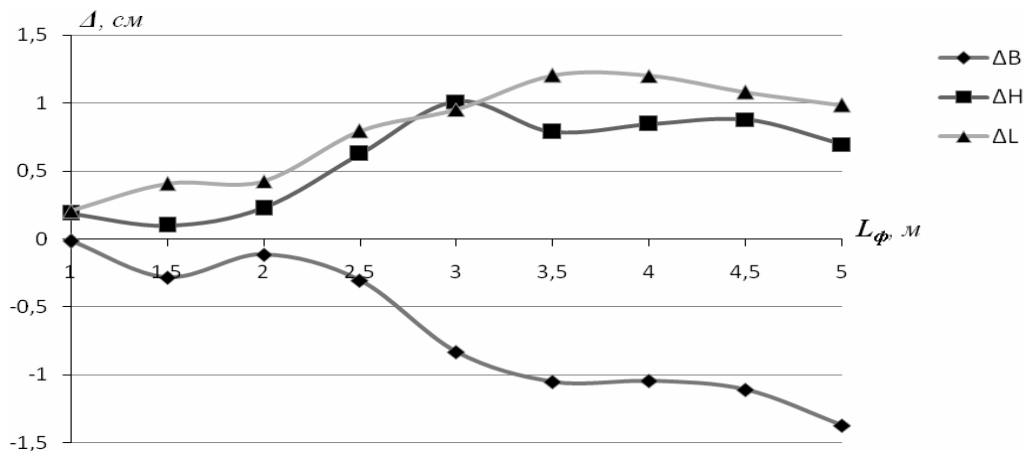


Рис. 4. Залежність точності визначення лінійних розмірів товарного блоку від відстані фотографування

Аналіз вищезазначеної залежності показує, що найбільша точність визначення лінійних розмірів товарного блоку спостерігається на близькій відстані фотографування (1-2 м). Тому основним показником при виборі відстані фотографування є коефіцієнт заповнення P , тобто відношення площі фігури, отриманої шляхом оконтурювання зображення об'єкту дослідження на знімку, до площі всього знімка.

Висновки.

При визначенні оптимальних умов проведення цифрової фотограмметричної зйомки встановлено, що при куті фотографування 45° і максимальному коефіцієнті запов-

нення знімку об'єктом дослідження забезпечується найбільша точність визначення лінійних розмірів товарних блоків. При дослідженні впливу відстані фотографування на точність визначення розмірів товарних блоків встановлено, що знімки з більшим значенням коефіцієнта заповнення знімку мають вищу точність, тому зйомку об'єктів кар'єру декоративного каменю необхідно виконувати з дотриманням вищенаведених рекомендацій і схеми фотографування, приведеної на рис. 3.

Ефективність маркшейдерських робіт можливо підвищити шляхом використання сучасних комп'ютерних технологій, в тому числі цифрових камер для отримання інформації про об'єкт дослідження. За рахунок впровадження дистанційних способів визначення шуканих величин досягається висока точність і надійність отриманих значень, а також висока оперативність виконуваних робіт, що є досить важливим в сучасних умовах гірничого виробництва.

Библиографический список

1. **Левицький В.Г., Соболевський Р.В.** Дослідження точності вимірювання лінійних розмірів товарних блоків природного каменю та її впливу на техніко-економічні показники кар'єру // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – 2007. - №4(43). – С. 149-155.
2. **Левицький В.Г.** Удосконалення методики аналітичної обробки знімків, отриманих неметричними цифровими камерами при виконанні фотограмметричної зйомки // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки. -2008. – С. 154-158.
3. **Кордуба Ю.Г., Смірнов Є.І.** Фотограмметрія: Навчальний посібник. – К.: МАПУ, 2007. – 256 с.
4. **Дорожинський О. Л.** Основи фотограмметрії: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 214 с.

© Левицький В.Г., Соболевський Р.В., Панасюк А.В., 2009