

УДК 514.18

О.М. ГУМЕН, В.В. ПАНЧЕНКО, І.Б. СЕЛІНА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ПРИКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ У ПРОМИСЛОВОСТІ

*Розглядається питання поєднання засобів прикладної геометрії та технології лазерного сканування різного роду об'єктів, його переваги, застосування у сфері будівництва, архітектури, дорожньо-транспортній сфері, гірничодобувній, нафтогазовій, енергетичній промисловості.*

*Ключові слова: лазерне сканування, прикладна геометрія, інфраструктура, моделі об'єктів, 3D-сканування.*

Е.Н. ГУМЕН, В.В. ПАНЧЕНКО, И.Б. СЕЛИНА

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

## ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Рассматриваются вопросы объединения средств прикладной геометрии и технологии лазерного сканирования разного рода объектов, его преимущества, применение в сфере строительства, архитектуре, дорожно-транспортной сфере, горнодобывающей, нефтегазовой, энергетической промышленности.*

*Ключевые слова: лазерное сканирование, прикладная геометрия, инфраструктура, модели объектов, 3D-сканирование.*

O.M. GUMEN, V.V. PANCHENKO, I.B. SELINA

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

## THE USE OF APPLIED GEOMETRY MEANS AND LASER SCANNING TECHNOLOGY IN THE INDUSTRIES

*The questions of pooling applied geometry means and laser scanning technology all sorts of objects, its advantages, the use in the construction industry, architecture, road transport sector, mining, oil and gas, energy industries are considered.*

*Keywords: laser scanning, descriptive geometry, infrastructure, object model, 3D-scanning.*

### Постановка проблеми

На сьогоднішній день дослідження переваг, що дають технології лазерного сканування, є дуже актуальним для різних галузей промисловості. Поєднання геометричних засобів і даної технології в різних сферах потребує більш глибокого аналізу і ширшого практичного впровадження. Багатогранність та проблематика розширення можливостей застосування сучасних технологій є суттєвими.

### Аналіз останніх досліджень

В основі технології тривимірного лазерного сканування лежить метод визначення безлічі тривимірних координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  окремих точок, які знімаються на об'єкті. Вимірювання виконуються з допомогою високошвидкісного лазерного далекоміра [4]. За отриманими даними можна створювати кресленики, перерізи, плани та тривимірні цифрові моделі об'єктів складної геометричної форми [1], що реалізується через лазерні сканери (рис. 1).



Рис. 1 Сучасні лазерні сканери

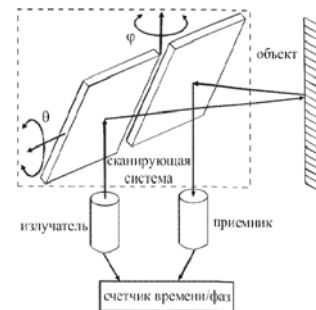


Рис. 2 Принцип роботи сканера

В основному у лазерних сканерах використовується фазовий метод виміру відстані (рис. 2). Фазовий метод вимірювання відстаней заснований на визначенні різниці фаз модульованих сигналів, які посилюються і приймаються. У цьому випадку відстань обчислюється за формулою (1).

$$R = \varphi_{2R} * c / (4\pi * f), \quad (1)$$

де  $\varphi_{2R}$  — різниця між опорним та робочим сигналом;  $f$  — частота модуляції.

Режим роботи фазовимірюючого пристрою залежить від його температури, зі зміною якої трохи змінюється фаза сигналу.

Основні технічні характеристики наземних лазерних сканерів [2] (коротко):

Точність: від 5 мм до 5 см. Поле зору: від  $40 \times 40^\circ$  до  $360 \times 180^\circ$ . Дальність: від 25 до 2500 м. Поле зору: від  $40 \times 40^\circ$  до  $360 \times 180^\circ$ . Час сканування: від 15с до 15 хв. Кількість точок: від декількох тисяч до декількох мільйонів.

#### Формулювання цілей

Ціллю даної роботи є виявлення множини застосування лазерних технологій сканування у поєднанні із засобами прикладної геометрії. Аналіз сфери застосування та переваг використання такої технології, а також визначення перспектив впровадження в нових сферах промисловості розглядаються в даному дослідженні.

#### Основна частина

Суть технології лазерного сканування полягає у визначенні просторових координат точок поверхні об'єкта. Кількість точок визначається регулярною сіткою (кількість рядків і кількість стовпчиків задаються користувачем) – так звана, матриця сканування [3]. Чим більша щільність матриці сканування, тим більша щільність точок на поверхні об'єкта. Результатом роботи являється множина точок з відомими тривимірними координатами. Такі набори точок прийнято називати хмарами точок або сканами. Кількість точок в одному скані може варіюватись від декількох десятків тисяч до десятків і сотень мільйонів [2]. Робота по скануванню, найчастіше, відбувається в декілька сеансів через форму об'єкта, коли всі поверхні не видно з однієї точки (наприклад, чотири стіни будівлі) [5]. Отримані з різних точок стояння скани суміщаються за допомогою спеціального програмного модуля в єдиний простір – хмару точок всього об'єкта. Хмара точок всього об'єкта несе максимум інформації про нього. В подальшому по цій хмарі точок можна вирішувати найрізноманітніші задачі:

- отримання тривимірної моделі об'єкта;
- отримання креслеників, у тому числі, перерізів, планів, фасадів;
- виявлення дефектів конструкцій шляхом порівняння з проектною моделлю;
- визначення і оцінка значень деформації шляхом порівняння з раніше проведеними вимірами;
- отримання топографічних планів методом віртуальної зйомки;
- розрахунок об'ємів між поверхнями та ін.

Розглянемо застосування та основні переваги технології лазерного сканування у тих галузях, де є найбільша необхідність використання даної технології, а саме: будівництво, архітектура, дорожньо-транспортна сфера. Дану технологію також застосовують у гірничодобувній, нафтогазовій, енергетичній промисловості.

#### Застосування в будівництві та експлуатації споруд



Рис. 3 3D будівельна модель

Основні переваги застосування:

- коригування проекту в процесі будівництва;
- оптимальне планування і контроль переміщення, установки і видалення великих частин споруд або обладнання;
- моніторинг стану об'єкта при експлуатації;
- можливість відновлення втрачених креслеників (рис. 3).

### Застосування в архітектурі

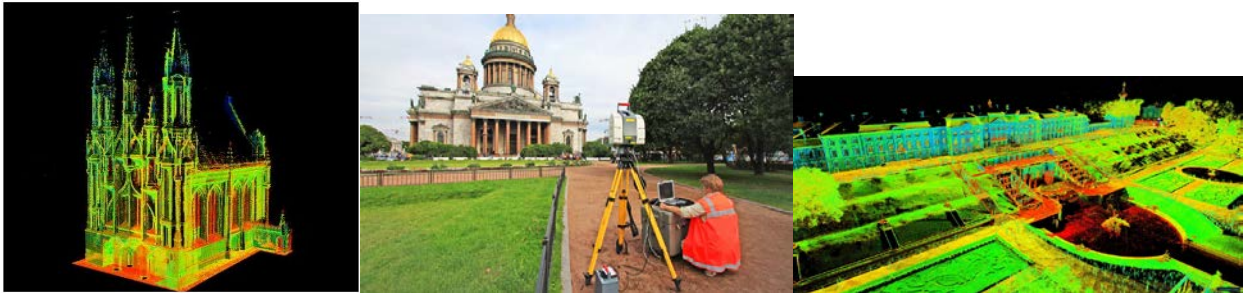


Рис. 4 Застосування лазерних сканерів для отримання архітектурних моделей

Основні переваги застосування:

- архітектурні обміри;
- геодезичне забезпечення проектування і монтажу фасадних конструкцій;
- контроль деформацій (рис. 4);
- 3D-моделювання будівель, вулиць і кварталів;
- складання детальних планів і 2D-креслеників;
- моніторинг фасадів (рис. 4);
- створення і відновлення технічної і конструкторської документації.

### Застосування в дорожньо-транспортній сфері

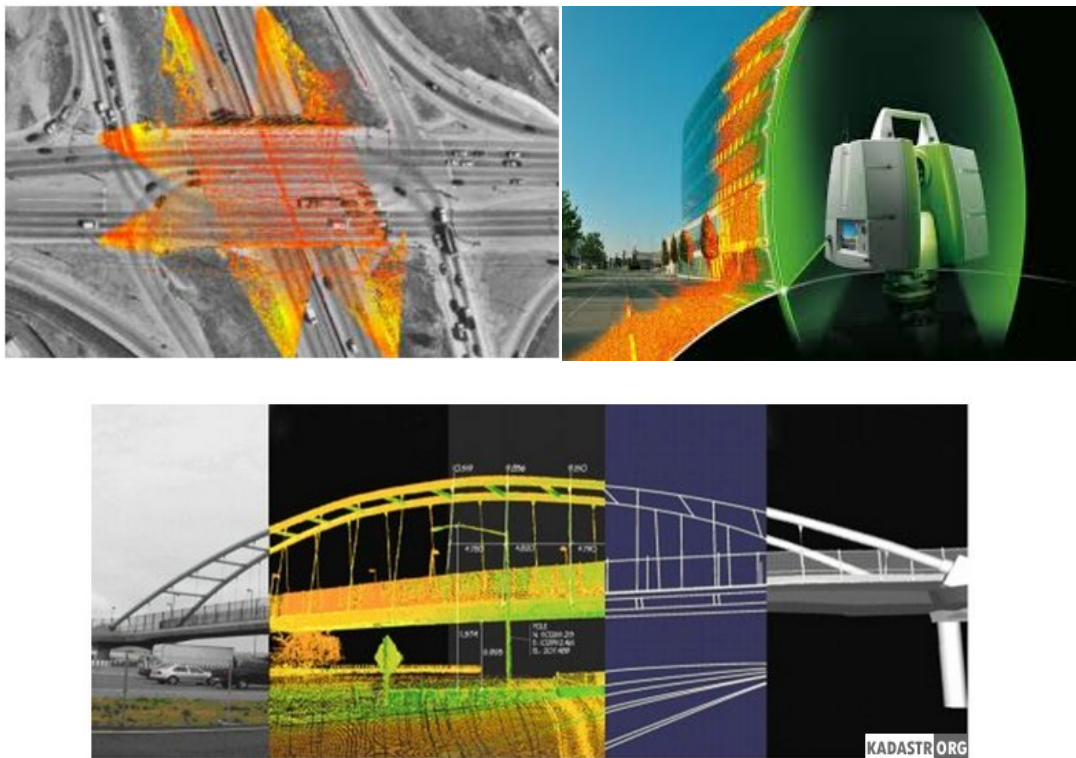


Рис. 5 Застосування лазерних сканерів для контролю над дорожньо-транспортним полотном у різних об'єктах інфраструктури

Основні переваги застосування:

- створення 3D-моделі рельєфу;
- проектування, реконструкція та будівництво об'єктів інфраструктури (рис. 5);
- діагностика стану рейкової колії;
- будівництво під'їзних шляхів;
- контроль граничних відхилень;
- можливість застосування системи «автопілот» (рис. 5);
- можливість підвищення безпеки на дорогах (рис. 5).



### Застосування у гірничодобувній промисловості

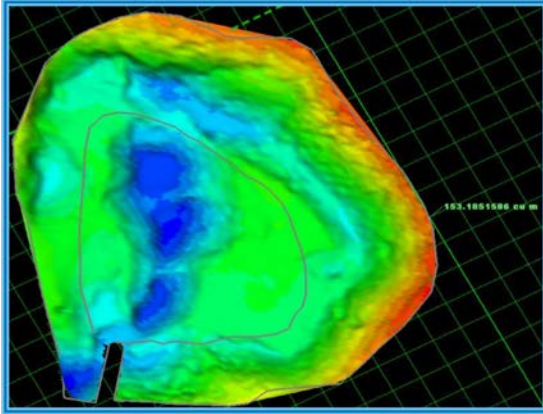


Рис. 6 3D модель кар'єру

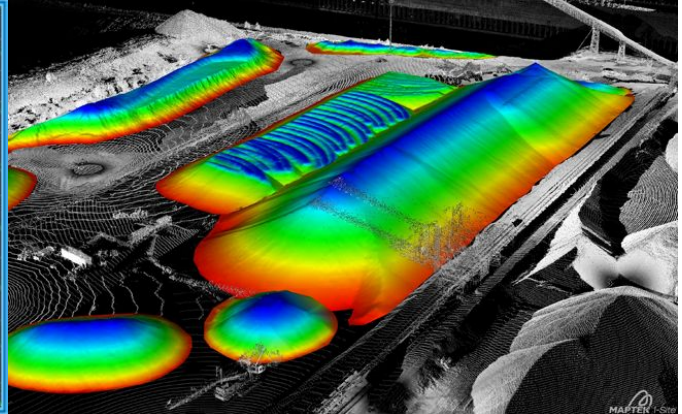


Рис. 7 3D модель зони гірничих порід, на якій показано «пусту породу»

Основні переваги застосування:

- 3D-моделювання відкритих кар'єрів і підземних виробок (рис. 6);
- визначення обсягів виробок і складів;
- маркшейдерський супровід буропідричних робіт (рис. 7);
- будівництво та проектування об'єктів облаштування родовищ.

### Застосування в нафтогазовій промисловості

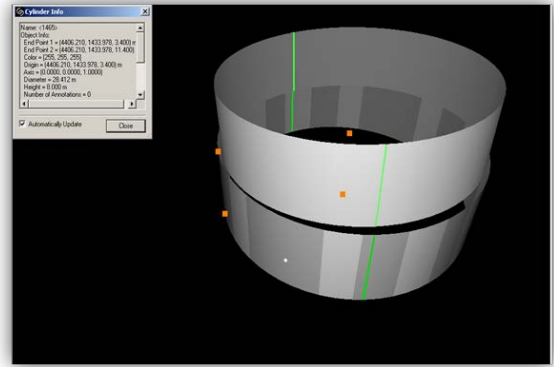
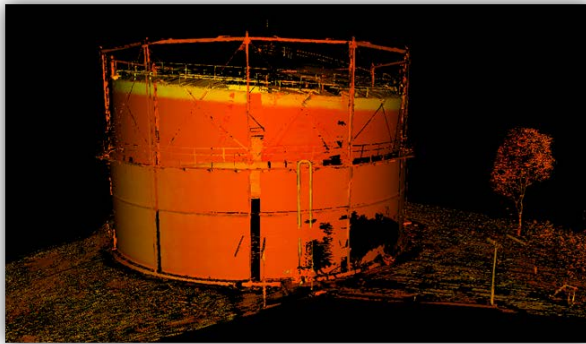


Рис. 8 Сканована та отримана модель нафтового резервуару

Основні переваги застосування:

- 3D-моделювання родовищ, продуктопроводів, відкритих кар'єрів і підземних виробок;
- високоточні цифрові моделі складних технологічних об'єктів і вузлів (рис. 8);
- інвентаризація і моніторинг;
- геометричний контроль резервуарів;
- маркшейдерський супровід буропідричних робіт;
- проектування об'єктів облаштування родовищ (рис. 8).

### Застосування в енергетичній промисловості

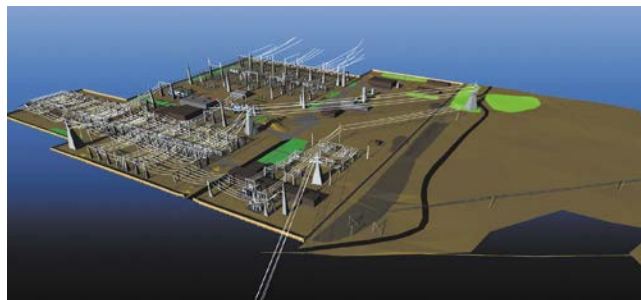


Рис. 9 3D модель трансформаторної станції (отримана скануванням поверхні)

Основні переваги застосування:

- зйомка об'єктів (кабелі, опорні конструкції);
- створення 3D-моделей (рис. 9);
- моніторинг стану об'єкта;
- контроль деформацій;
- складання планів і креслеників.

Технології лазерного сканування поверхонь значно пришвидшують процес створення робочих креслеників, оскільки можна отримати вже готову 3D модель, маніпуляції з якою мають більшу інформативність та наочність [4].

Всі переваги, що дають технології наземного сканування в різних галузях, можна отримати і більш традиційними методами. Проте, з використанням даної технології робота проходить значно швидше та економічно вигідніше, оскільки потребує менших трудових затрат на виконання одних і тих самих обсягів роботи. За допомогою даних технологій можна отримати досить значні результати у вимірах за швидкістю та точністю.

Саме через ці переваги потрібно надавати ґрунтовні знання інженерам з прикладної геометрії та комп'ютерних технологій на стадії їх підготовки. Оскільки в більшості навчальних закладів, які пов'язані з даним напрямом роботи, не надаються відповідні знання по можливостях наземного лазерного сканування, то більшість підприємств не використовують дані технології (через малу кількість фахівців, нерентабельність використання тощо). Однак, наземне лазерне сканування поверхонь активно реалізується на ринку комерційних послуг, але в більшості випадків замовниками є великі компанії. Також потрібно не забувати про різноманітність лазерних сканерів та можливість їх застосування в специфічних умовах, де традиційні методи моніторингу не можна використати з ряду інших причин (наприклад, неможливість отримання прямих вимірів). Лазерні сканери як точний та універсальний засіб можна використовувати не тільки для отримання швидких 3D моделей об'єктів різного роду складності, а також і для традиційних фотографій. При використанні для фотозйомки лазерних установок досягається значно вища, в порівнянні з традиційними методами, точність, якість та достовірність результатів (немає різних фотоефектів квантової природи), що є дуже важливою умовою для підприємств, які працюють у специфічних щодо освітлення умовах.

#### **Висновки**

Загалом вказані вище переваги використання 3D лазерних технологій дуже вагомі. Подальший розвиток даної технології відкриє людству нові напрямки та можливості використання. Лазерні сканери поверхонь мають дуже високу точність (похибка до 4 мм) зчитування матеріальних точок різного роду об'єктів. Також слід відмітити високу автоматичність процесу, порівняну дешевизну та простоту в використанні.

Сфера використання лазерів у сучасному інформатизованому суспільстві досить широка, тому сучасний інженер має вміти маніпулювати сучасними засобами в роботі з креслениками різних об'єктів, це дозволить впроваджувати дану технологію в нові сфери промисловості.

#### **Список використаної літератури**

1. Allen, S. Seeing into the Past: Creating a 3D Modeling Pipe-line for Archaeological Visualization [text] / S. Allen, P. Feiner, A. Troccoli, H. Benko, E. Ishak, B. Smith. – Department of Computer Science, Columbia University. New York, NY, 2004.
2. A new calibration system of a non-metric digital camera [текст] / R. Matsuoka // Procs. 6th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, pp. 130-137. Zurich, Switzerland. September 22-25, 2003.
3. Staiger R. The Geometrical Quality of Terrestrial Laser Scanner (TLS) // From Pharaohs to Geomatics. FIG Working Week 2005 GSDI-8. Cairo, Egypt April 16-21, 2005.
4. R. Lindenbergh, N. Pfeifer, T. Rabbani. Accuracy analysis of the leica HDS3000 and feasibility of tunnel deformation monitoring. ISPRS WG III/3 Workshop "Laser scanning 2005", Enschede, the Netherlands, September 12-14, 2005. – 6 p.
5. Sayers M.W. The little Book of Profiling. Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles / M.W. Sayers, S.M. Karamihas. – Michigan: The University of Michigan Transportation Research Institute, 1998. – 306 p.