

**Назаров Р.А., аспірант, 1 курс, група ГР-25а,
Гірничо-металургійний факультет
Науковий керівник: Долгіх О.В., доцент, кандидат технічних наук
Криворізький національний університет**

ПРОБЛЕМА ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНИХ СКАНЕРІВ В КАР'ЄРАХ КРИВОРІЖЖЯ

Сучасні технології маркшейдерського контролю відіграють ключову роль у гірничодобувній промисловості, де точність вимірювань визначає ефективність виробничих процесів та безпеку робіт. Одним із найбільш перспективних методів є лазерне сканування, яке забезпечує високоточне отримання тривимірних моделей кар'єрного простору, дозволяє оперативно контролювати обсяги видобутку та прогнозувати ризики обвалів. Однак, попри очевидні переваги, впровадження лазерних сканерів у кар'єрах супроводжується низкою проблем, пов'язаних із складними умовами експлуатації, високою вартістю обладнання та необхідністю обробки великих масивів даних. Це зумовлює актуальність дослідження не лише переваг, а й обмежень даної технології та пошуку шляхів їх подолання.

Основними перевагами використання технології лазерного сканування є:

- Висока точність вимірювань. Лазерні сканери забезпечують високу точність (особливо якщо ми говоримо про стаціонарні сканери, які встановлюються на штативі).
- Швидкість збору даних. Сканування займає набагато менше часу, ніж класичні топографічні зйомки і дає можливість оперативного контролю обсягів видобутку та змін рельєфу.
- Безконтактність та безпека. Можливість роботи з важкодоступними ділянками, тому що дані збираються дистанційно і не потребують перебування робітників в небезпечних зонах для збору даних.
- Повнота інформації. В результаті сканування отримується хмара точок, яка містить детальну інформацію про поверхню і дає можливість створювати детальні 3D-моделі кар'єрного простору. Таким чином з'являється можливість детального аналізу укосів, об'ємів, тріщин та інших характеристик.
- Автоматизація та інтеграція. Легке поєднання з різними ПС та CAD-системами. Можливість використання отриманої інформації при плануванні гірничих робіт та моніторингу небезпечних ділянок.

Але, не дивлячись на суттєві переваги, метод не позбавлений недоліків, що впливають на його практичне застосування.

Одним з основних таких недоліків є проблема точності прив'язки 3D-моделі до системи координат кар'єру. Лазерне сканування створює хмару точок у власній локальній системі координат сканера. Для використання цих даних у виробничих процесах необхідно виконати трансформацію моделі в єдину систему координат кар'єру (наприклад, місцеву або державну геодезичну систему). Для такої трансформації необхідно мати в достатній кількості опорні точки, розташовані в зоні сканування. Через складні умови кар'єру (пил, обмежена видимість) може утворюватись похибка при визначенні координат контрольних маркерів. Якщо кар'єр великий, то сканувати його доведеться в декілька етапів, а поєднання декількох сканів в один веде до накопичення похибки.

Іншими недоліками, які потрібно враховувати, є:

- Пил та атмосферні умови (дощ, сніг, туман). Ці фактори суттєво впливають на якість сканування, знижуючи точність відбитого сигналу (пил та опади можуть розпізнаватись сканером як об'єкти і можуть створювати «шуми» на хмарі точок). При сильному впливі цих факторів сканування стає взагалі неможливим.
- Віб्राції та рух техніки. Сканери, встановлені на рухомих платформах (наприклад, автомобілях), можуть давати похибки через вібрації. Також, всі рухомі об'єкти які попали в зону сканування, створюють «шуми», які доведеться прибирати з хмари точок в програмному забезпеченні.
- Безпека та доступність. Деякі ділянки кар'єру небезпечні для розміщення сканера (обвали, круті укоси). Треба це враховувати, встановлюючи сканер поблизу них.
- Вартість та обслуговування. Обслуговування та калібрування потребують суттєвих витрат.
- Обробка великих обсягів даних. Сканування кар'єру створює великі хмарні моделі точок, які потребують потужних комп'ютерів та спеціального ПЗ для обробки.

Тому, лазерний сканер це лише один з інструментів маркшейдерської служби, що використовується поряд із традиційними методами та іншими сучасними технологіями для забезпечення точності вимірювань. При виборі моделі сканера необхідно спиратись на такі умови, що стоїть в пріоритеті – точність, мобільність чи необхідність в охопленні великих площ і доступ до небезпечних зон. За таких умов сканери діляться на:

- Стаціонарні (на штативі). Найбільш точні і забезпечують високу детальність зйомки, але потребують переміщення.
- Ручні (оператор носить сканер в руках чи закріпленим на рюкзаку). Забезпечують меншу точність, але більш зручні у користуванні.
- Автомобільні. Забезпечують високу продуктивність, але складні в налаштуванні та мають високу вартість.
- Дронові. Дають можливість виконувати сканування небезпечних зон, але БПЛА, на яких вони змонтовані, більш залежні від погодних умов та мають обмежений час польоту.