

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО 3D-СКАНИРОВАНИЯ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Бауэр Т. В., Котова Е. В. студенты гр. ГПС-191, 2 курс

Научные консультанты:

Цибаев С. С., старший преподаватель кафедры разработки месторождений
полезных ископаемых, Горный институт;

Зорков Д. В., к.т.н., доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Горный институт

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева». 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28

В настоящее время, в горнодобывающей промышленности России активно внедряются современные информационные технологии: диспетчеризация открытых и подземных горных работ, беспроводные системы передачи данных, дроны для построения цифровой модели карьера, системы позиционирования персонала, высокоточные системы позиционирования, системы планирования горных работ, системы управления промышленной безопасностью и другие цифровые системы [1]. При этом возрастающий объем проводимых горных выработок как на поверхности, так и под землей требует постоянного сопровождения со стороны маркшейдерской службы предприятий. Сегодня для съемок горных выработок маркшейдеры широко применяют электронные тахеометры. Для детального обследования требуется достаточно трудоемкие операции с тяжеловесным оборудованием (около 40 килограммов). Затрачивается довольно много времени на полевую, затем камеральную обработку, анализ и выдачу результатов исследования.

Одним из перспективных направлений снижения трудоемкости маркшейдерских работ, а также создания детальных моделей участков шахтного поля представляется использование лазерного 3D-сканирования. Такое сканирование широко используется в геодезии. Именно лазерное сканирование для горнодобывающей отрасли позволит создать копии нужного объекта высокой точности посредством перевода геометрических форм в математические модели.

Лазерное 3D-сканирование — технология бесконтактного неразрушающего получения цифровой копии физических объектов с помощью лазерного луча. За счет отличий отражения лазерных лучей от разных участков поверхности детали, лазерные 3D-сканеры получают «облака точек» — массив координат точек на поверхности, которые, с помощью программного обеспечения, объединяют в данные о форме исследуемой детали [2].

Лидар - технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления поглощения и рассеяния света в оптически прозрачных средах. Лидар как прибор представляет собой, как минимум, активный дальномер оптического диапазона [3].

Чаще всего трехмерное лазерное сканирование используется для измерения и проверки качества изготовления поверхностей со сложной геометрией, реверс-инжиниринга, сравнения полученной детали с эталонной или САД-моделью. Особенно эффективно использование 3D-сканеров в тех случаях, когда получить данные о форме изделия традиционными методами занимает много времени или практически невозможно. Измеряемые величины при наземном лазерном сканировании являются аналогичными, как и при работе с электронными тахеометрами, однако принцип тотальной съёмки объекта, а не его отдельных точек, характеризуют лазерные сканеры, как съёмочную систему, результатом работы которой является трехмерное изображение, так называемый скан, который имеет свою внутреннюю систему координат [4].

Благодаря своей универсальности, простоте и высочайшей точности получаемых данных, методика получила чрезвычайно широкое распространение в самых различных областях деятельности современного человека. На данном этапе лазерное сканирование применяется на таких участках поверхности как:

- 1) строительство и ремонт зданий и сооружений;
- 2) топографическая съёмка и обследование дорог, строительство туннелей и мостов;
- 3) документация существующих инженерных коммуникаций на объектах строительства;
- 4) контроль морских установок по добыче нефти;
- 5) судебная экспертиза;
- 6) восстановление исторических реликвий;
- 7) медицина.

Существующее оборудование для решения вышеприведенных задач сканирования на поверхности представлено следующими основными типами: дискретного и непрерывного действия (таблица 1).

Практическое применение систем лазерного 3D-сканирования на горных предприятиях России и стран СНГ произошло на предприятиях Заполярного филиала ПАО «Норникель»: рудники «Маяк», «Комсомольский», «Октябрьский», «Таймырский» и «Скалистый» получили по одному комплекту оборудования для мобильного лазерного сканирования горных выработок.

На предприятии ПАО "НЛМК"- Стойленский ГОК внедрен трехмерный лазерный сканер для контроля устойчивости бортов карьера (рисунок 1).



Рисунок 1 – Работа лазерного 3D-сканера RIEGL VZ-400I

Таблица 1 – Сводные технические характеристики систем лазерного 3D- сканирования

Характеристики	Тип съемки				
	Непрерывный		Дискретный		
	ZEB-REVO Horizon	Heron Lite	RIEGL VZ-400I	FARO Focus 3DS-150	Leica RTC360
Точность	0,625°	3 см	5 мм	0,015°	1 мм
Погрешность, мм	+/- 15	+/-3	+/-3	+/- 2	+/- 2
Вес, кг	4,1	2,5	9,7	4,2	5,3
Разрешение точек в секунду	43200	300000	500000	976000	2000000
Дальность съемки, м	30	100	800	0,6-150	0,5-150
Время работы от одного заряда, ч	4,0	3,8	4,5	4,5	4,0
Степень защиты (IP)	IP 64	IP 65	IP 64	IP 54	IP 54
Визуализация в режиме реального времени	Есть	Есть	Нет	Есть	Есть
Тип лидара	-	Velodyne Puck LITE	-	-	-
Наличие камеры			Есть	Есть	Есть
Страна производитель	Великобритания	Италия	Австрия	США	Швейцария
Стоимость, руб	3.122.483	–	3.700.000	4.629.000	2.000.000
Наличие представительства в РФ	Есть	Есть	Нет	Есть	Нет

Анализируя зарубежные и отечественные периодические и сетевые источники, на наш взгляд перспективы применения лазерного 3D - сканирования в горной промышленности представляются в следующих направлениях:

- 1) модернизация самоходного оборудования путем интеграции лидаров для перехода на беспилотное управление;
- 2) съемка уникальных природных подземных объектов (пещеры, гроты);
- 3) съёмка подземных хранилищ (нефть, газ, опасные ядерные отходы);
- 4) построение полной 3D модели сети горных выработок, шахтах или в рудниках (рисунок 2);
- 5) контроль устойчивости бортов, карьеров или разрезов;
- 6) точная оценка объема отбитой рудной массы;
- 7) детальная съемка локальных вывалов или обрушений горных пород для разработки документации по перекрепке поврежденных участков выработок;
- 8) Оценка динамики объема разрушенных горных пород приконтурного углепородного массива горных выработок при их периодическом обследовании;
- 9) значительное уменьшение трудоемкости маркшейдерской съемки.

С применением мобильных сканеров количество членов бригады сокращается с четырех-пяти человек до одного-двух. К примеру, обследование стометровой горной выработки занимает около трех минут против получаса старым методом: скорость измерений у мобильного сканера в 40 раз выше, чем у стационарных моделей.

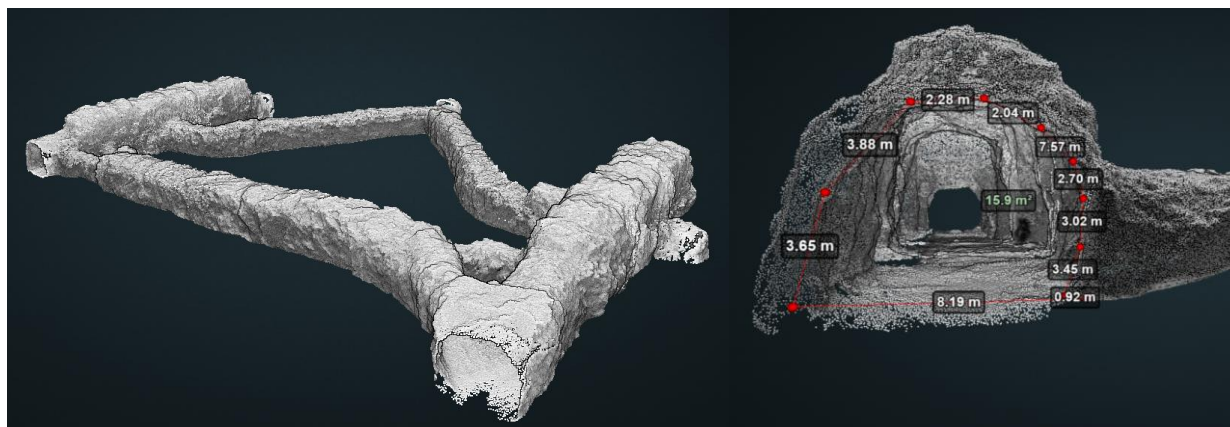


Рисунок 2 – Результаты съемки участка околоствольного двора рудника

На основе полученной цифровой модели сети горных выработок и локальных участков массива горных пород возможно создание достоверных математических геомеханических моделей напряженно-деформированного состояния пород в пределах всего шахтного поля [5]. Комплексный анализ полученных данных позволит оперативно прогнозировать и предотвращать ди-

намические явления в массиве горных пород (горные удары, внезапные выбросы, разрешения целиков, вывалы пород, пучение почвы), наиболее точно обосновать параметры крепления выработок.

Список литературы:

1. Клебанов А. Ф. Цифровая трансформация горнодобывающих предприятий: модная фразеология или объективная необходимость? Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения недр. – М.: ИПКОН РАН, 2018. – С. 61–65.
2. Лазерные 3D-сканеры: обзор и применение [Электронный ресурс] <https://top3dshop.ru/blog/lazernye-3d-skanery-obzor-i-primenenie.html>
3. Лидар – Wikipedia [Электронный ресурс] <https://ru.wikipedia.org/wiki/Лидар>
4. Люфт С. К., Бесимбаева О. Г., Бесимбаев Н. Г., Капасова А. З. Использование метода лазерного сканирования для выполнения маркшейдерских работ в шахтном стволе // Инте-рэкспо Гео — Сибирь. — 2015. — С. 204—209
5. Renev A., Tsibaev S., Kalinin S. The evaluation of negative anthropogenic factors subjection on bolts stability and surrounding massif deformations / Proceedings of the 9th China-Russia Symposium "Coal in the 21st Century: Mining, Intelligent Equipment and Environment Protection" (COAL 2018), Advances in Engineering Research, 2018, vol. 176, pp. 361-366.