

УДК 622.834:528:74

Г. А. Корецкая, Д. С. Корецкий

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАРКШЕЙДЕРСКИХ СЪЁМОК ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Одним из основных видов информации, используемой на открытых горных работах для планирования, оперативного управления и контроля, является маркшейдерская графическая документация. Из-за стремительного развития горной техники и увеличения грузоподъемности транспортных средств вопрос выбора способа съёмки на крупных предприятиях с высокой скоростью движения фронта работ является весьма актуальным.

В настоящее время разработано множество методов автоматизации маркшейдерских работ. В большинстве случаев выбор метода зависит от материальных возможностей предприятия и профессионализма исполнителей. Обычно работы по автоматизации съёмки заключаются в использовании электронных тахеометров, которые сокращают время и упрощают полевые и камеральные работы. Однако использование электронных тахеометров сохраняет человеческий фактор, не позволяет вывести наблюдателя и реєчника из карьера, решить задачу отображения ситуации по всему карьеру на один физический момент времени.

Аэрофотосъёмка значительно повышает производительность маркшейдерских съёмки и дает возможность наиболее полно отобразить информацию о поверхности, но на сегодня она обладает низкой оперативностью. План, составленный по результатам аэрофотосъёмки, передается маркшейдерской службе карьера через определенное время (от 2-х дней до 2-х недель) после съёмочных работ, теряется актуальность результатов съёмки. Кроме того, неэффективно использовать аэрофотосъёмку для картографирования в крупном масштабе небольших площадей.

Традиционная аэрофотосъёмка, которая проводится с помощью самолётов (Ту-134, Ан-2, Ан-

30, Ил-18, Cessna, L-410) или вертолётов (Ми-8Т, Ка-26, AS-350) требует высоких экономических затрат на обслуживание и заправку, что приводит к повышению стоимости конечной продукции. Затраты на аэрофотосъёмку составляют около 4-х млн. руб. в год.

Применение трёхмерных высокоточных лазерных сканирующих систем позволит во много раз увеличить полноту и информативность данных при проведении маркшейдерских съёмки. Достоинствами сканеров типа Riegl является высокая точность, дальность измерения расстояний (до 1000 м с точностью  $\pm 5$  мм), быстрота сбора данных (12000 точек в секунду), надёжность, универсальность, безопасность, высокая экономическая эффективность и наглядность конечных результатов.

Однако при проведении демонстрационной съёмки лазерным сканером Riegl VZ-1000, которая выполнялась на разрезе «Берёзовский» (г. Прокопьевск) в мае 2012 г. были выявлены существенные недостатки:

- необходимость длительных переездов и переходов для выбора ракурса (до 40 мин. между съёмками фрагментов);
- комбинирование метода с топографической съёмкой электронным тахеометром невидимых («мёртвых») зон;
- полуручная «склейка» отснятых фрагментов (отдельных сканов) в единое геопространство;
- зависимость погрешности определения координаты Z (высотной отметки) от угла между марками внешнего ориентирования относительно лазерного сканера;
- необходимость мощных программных средств и компьютерных ресурсов для обработки

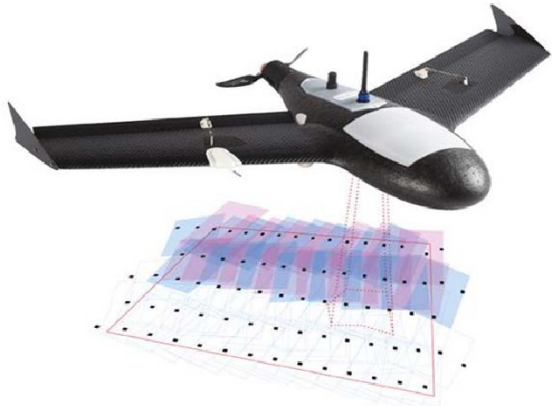
	Вес ~ 2,0 кг
	Размах крыльев 1 00 см
	Рабочие высоты (AGL) 100–750 м
	Крейсерская скорость полета 75 км/ч
	Дальность полёта до 50 км
	Плановая точность (XY план) – 5 см
	Точность по высоте (Z) – 10 см
	Посадочная площадка – 100 × 30 м
	Погода – ветер до 50 км/ч, слабый дождь

Рис.1. Технические характеристики и схема полёта БПЛА Gatewing X100

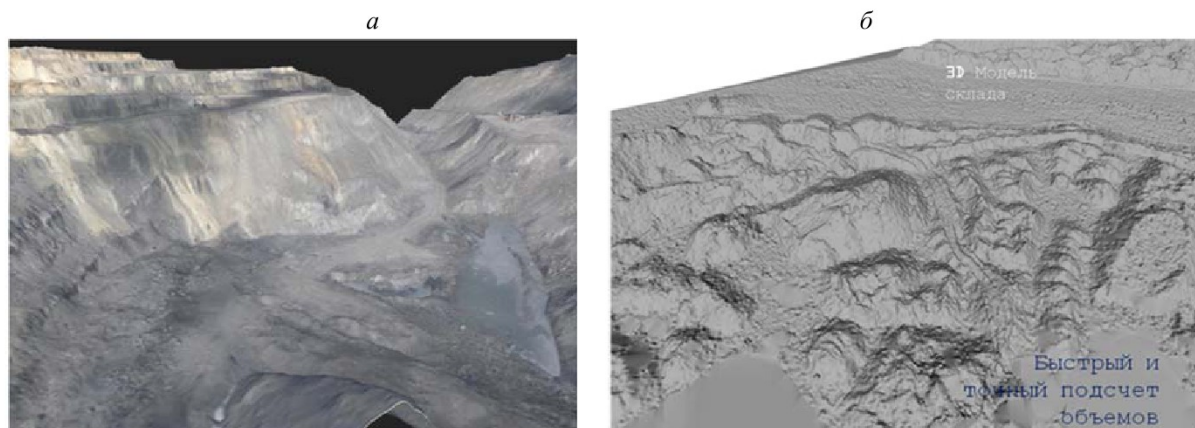


Рис. 3. 3D модели рельефа: а) разреза «Берёзовский»; б) угольного склада

результатов измерений;

– стоимость оборудования трёхмерной лазерной сканирующей системы и программного обеспечения оценивается до 150 тыс. долларов.

Одним из перспективных способов решения маршейдерских задач на крупных карьерах в ближайшее время может стать метод дистанционного картографирования с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [1].

Стимулом к развитию беспилотной авиации послужило успешное использование БПЛА армиями США и Израиля в ходе военных операций. Первые работы по внедрению БПЛА для гражданских целей начались в 2010 г. представителями компаний ЗАО «Лимб», ООО «ЦДС «НефтеГазАэроКосмос» и др [2, 3].

В Кузбассе в августе 2012 г. была проведена демонстрационная съёмка на угольном разрезе «Берёзовский» (годовой уровень угледобычи более 2 млн. т) с использованием новейшей системы картографирования на базе БПЛА Gatewing X100, технические характеристики которого и схема полёта приведены на рис. 1.

Получение изображений выполняется с использованием компактного и сверхлёгкого беспилотного самолёта, оснащённого цифровой камерой высокого разрешения, установленной на бор-

ту этого самолёта.

Параметры полета позволяют выполнить съёмку с высокой степенью наложения (до 75%), так что параллельные маршруты и перекрывающиеся изображения будут охватывать всю заданную область работы. Полёт выполняется в полностью автоматическом режиме от взлёта и до посадки. Наземная контрольная станция управления (GCS) используется для запуска, управления полётом и процессом съёмки. В случае наступления нештатной ситуации, станция позволяет оператору немедленно прервать полёт, но, как правило, запрограммированная процедура «спасения» автоматически возвращает самолёт и гарантирует безопасную посадку.

Демонстрационные испытания состояли из двух запусков. Первый – для съёмки разреза площадью 1,4 кв.км. Высота полёта 150 м. Продолжительность – 43 мин. Второй полёт – съёмка угольного склада. Продолжительность – 28 мин. Погодные условия – переменная облачность. Gatewing X100 приземлился мягко в точно заданном месте.

По результатам съёмки получены 692 фотографии разреза и 183 фотографии угольного склада разрешением 3648×2736, привязанные с помощью ГНСС (Глобальных навигационных спутниковых систем), ортофотоплан (рис. 2) и 3D мо-



Рис. 2. Ортофотоплан угольного разреза «Берёзовский»

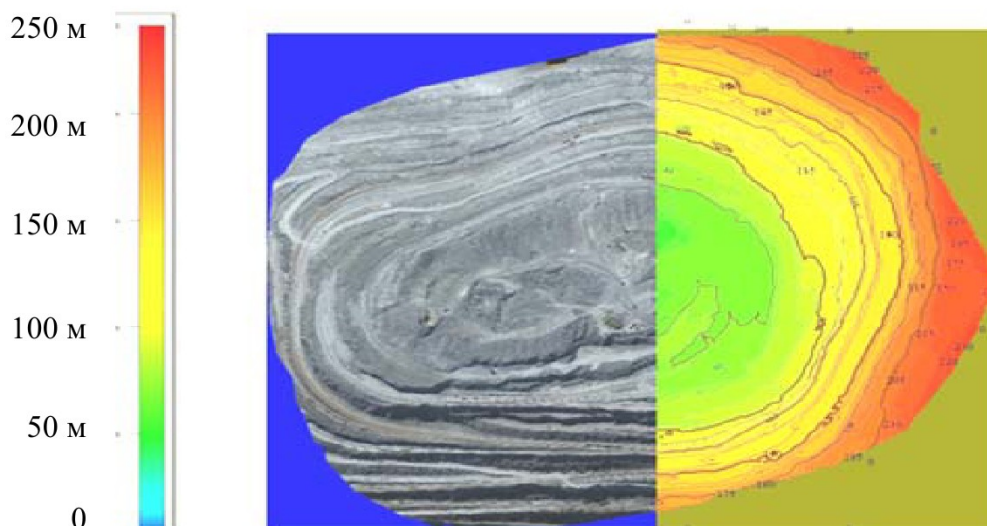


Рис. 4. 3D модель рельефа с текстурой (слева), горизонтали и градация цветом по высоте (справа)

дели рельефа (облака точек) снимаемых объектов (рис. 3).

«Слепые зоны» в 3D моделях отсутствуют. Тёмная поверхность угольного склада не доставила проблем для построения точной модели и подсчёта объёма (рис. 4).

Руководители и специалисты ЗАО «Стройсервис», разреза «Берёзовский», ООО «Геострой», а также представители КузГТУ смогли убедиться в главных преимуществах новейшего фотограмметрического решения: всепогодность, простота использования, быстрый запуск, полностью автоматический полёт, высокое качество снимков и ортофотопланов, безопасность и законченность решения.

Планируемые эффекты от внедрения БПЛА:

- экономия на аэрофотосъёмке (4 млн. руб. в год);
- улучшение оперативности, полноты и точности данных маркшейдерских съёмки;

- контроль за состоянием земельных угодий;
- контроль за ведением дорожных работ и оценка состояния линий электропередач, тепло-трасс, нефте- и газопроводов;
- мониторинг открытых горных работ.

Факторы, сдерживающие развитие рынка:

- отсутствие нормативно-правовой базы для интеграции БПЛА в единое воздушное пространство;
- остаются не урегулированными вопросы сертификации, страхования и регистрации.

Сегодня Gatewing X100 является самым быстрым и самым лёгким беспилотником в мире. Данное инновационное решение соединяет в себе современные технологии, делая его уникальным инструментом для получения актуальных цифровых данных быстро, точно и с минимальными затратами и может быть рекомендован для маркшейдерского обеспечения открытых горных работ

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сечин, А. Ю. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъёмки для картографирования (часть 2) / А. Ю. Сечин, М. А. Дракин, А. С. Киселёва. – Москва: «Ракурс», 2011. – 98 с.
2. Gatewing X100 [Электронный ресурс] / Авторский сайт Андрея Миронова про беспилотную технику, 2012. – Режим доступа: <http://bespilotie.ru/getewing-x100/>
3. БПЛА Gatewing X100 практическое применение в геодезии и маркшейдерии [Электронный ресурс] / NovaNet (официальный импортер и дистрибутор компании Gatewing в России), 2012. – Режим доступа: <http://www.nova-net.ru/about/news/126-bpla-gatewing-x100-prakticheskoe-primeneniye-v-geodezii-i-markshejderii.html>.

□ Авторы статьи:

Корецкая  
Галина Александровна,  
ст. преподаватель каф.  
маркшейдерского дела,  
кадастра и геодезии  
КузГТУ.  
Email: kga1957@mail.ru

Корецкий  
Дмитрий Сергеевич,  
кадастровый инженер  
ООО «Геострой»,  
г. Кемерово,  
Email: doter12345@ya.ru