

Practical importance is that effectiveness of protective foam of the half-masks is determined directly in the workplace without any laboratory equipment.

Keywords: anti-dust respirator, pressure drop, breathing resistance, respiratory rate, breathing depth, load.

Стаття надійшла до редакції 24.09.2018

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук, проф. Шевченко В.Г.

УДК 622.12:622.271.4

МАРКШЕЙДЕРСЬКИЙ СУПРОВІД ВНУТРІШНЬОГО ВІДВАЛОУТВОРЕННЯ ТА РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ВІДТВОРЕННІ ПРИРОДНИХ ФОРМ РЕЛЬЄФУ

¹Бубнова О.А.

¹Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПРИРОДНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА

¹Бубнова Е.А.

¹Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України

SURVEYING SUPPORT OF INTERNAL DUMPING AND RECLAMATION OF LANDS WHEN RECLAMATION NATURAL RELIEF FORMS

¹Bubnova O.A.

¹M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics NAS of Ukraine

Анотація. Показано, що при переході від внутрішнього відвалоутворення до рекультивації із відтворенням природних форм рельєфу виникає необхідність у маркшейдерському супроводі, оскільки за прийнятою технологією необхідно створити певні форми рельєфу у визначених місцях та із заданими параметрами.

Оскільки відтворення рельєфу передбачається на великій площі, то найбільш раціональним є застосування аерофотозйомки, яка дозволяє за короткий час отримати актуальну інформацію про існуючий рельєф поверхні. Для зменшення вартості і строку проведення робіт пропонується аерофотозйомку проводити з безпілотних літальних апаратів (БПЛА), обладнаних цифровими фотокамерами і GPS-апаратурою. В роботі наведено переваги сучасного аерофотознімального обладнання та виконано аналіз існуючих моделей. Запропоновано тип БПЛА, який найбільш відповідає завданням аерофотозйомки.

Зйомку пропонується виконувати до початку розробки родовища та після її завершення. Співставлення знімків в графічних програмних комплексах дозволяє визначити необхідний об'єм робіт, просторове положення і розміри тих форм рельєфу, відтворення яких передбачається програмою рекультивації.

В подальшому пропонується за допомогою електронних тахеометрів виносити положення осей довгих форм рельєфу, та закріплювати їх на місцевості дерев'яними вішками із позначками необхідної висоти насипу. Встановлення вішок пропонується по сітці, довжина сторони квадрату якої визначається складністю рельєфу. Пропонується окремо проводити розмічування поверхні на етапах гірничотехнічної підготовки поверхні та укладання потенційно-родючого шару порід. Запропонована технологія робіт дозволяє досягти точності відтворення природних форм рельєфу близько 90 %. Похибки формування рельєфу обумовлюються технічними можливостями гірничого обладнання, що застосовується для укладки порід.

Ключові слова: маркшейдерські роботи, аерофотозйомка, рекультивація, відновлення рельєфу, просторове положення.

Вступ. Видобуток корисних копалин призводить до суттєвих порушень геологічного середовища, які проявляються в змінах гідрологічного, гідрогеологічного режимів, повному руйнуванні природного рельєфу і заміні його техногенним (кар'єри, відвали, шламонакопичувачі, воронки обвалень тощо), зміні

властивостей порід і масиву в цілому. Найбільш очевидними, видимими неозброєним оком, є порушення, пов'язані з рельєфом місцевості.

Останнім часом в ІГТМ НАН України розвивається технологія відновлення мезорельєфу [1], якою передбачається засипання ємності кар'єру, формування у визначених місцях насипів із порід розкриття, що повторюють раніше існуючі форми рельєфу та відсипання потенційно-родючого шару ґрунтів.

Таким чином, формування поверхні відвалу при відновлення природних форм рельєфу є достатньо складним технологічним заданням. Для досягнення необхідних параметрів поверхні необхідно постійно виконувати контроль робіт. Контроль об'ємів земляних робіт і переміщення гірської маси виконується зазвичай маркшейдерськими засобами.

В наш час для виконання маркшейдерських робіт на кар'єрах використовують в більшій мірі електронні тахеометри, які мають можливість із високою точністю вирішувати безліч маркшейдерських задач.

Водночас при плануванні поверхонь застосування електронних тахеометрів вимагає постійної присутності маркшейдера при виконанні робіт, що є трудомістким. Сучасний розвиток маркшейдерсько-геодезичного обладнання дозволяє виконувати більшу частину робіт автоматизовано. Для того, щоб при відновленні рельєфу максимально точно його відтворити пропонується на етапі, що передує капітальним будівельним роботам на родовищі виконати зйомку поверхні гірничого відводу підприємства та територій, що межує із ним. Ці роботи можна виконати, як за допомогою електронної тахеометрії, супутникових методів, так і аерофотозйомкою чи лазерним скануванням.

Викладення основного матеріалу. В останні роки технічний прогрес зробив крок далеко вперед, що природно відбилося і на технологіях аерофотозйомки [2]. По-перше, з'явилися цифрові аерофотокамери і аерофотознімальні системи, які успішно замінили аналогові камери. По-друге, для здійснення зйомки почали застосовувати БПЛА цивільного призначення [3], що істотно скоротило витрати на аерофотозйомку і підвищило її економічну ефективність при зйомці невеликих за площею ділянок.

Існує величезна кількість аерофотознімального обладнання, яке застосовується для топографічної аерофотозйомки. В даний час цифрове аерофотознімальне обладнання витісняє аналогові фотокамери, які застосовувалися в минулому столітті. Порівняння даних, отриманих з традиційних аерофотоапаратів, супутникових систем з високою роздільною здатністю і цифрових аерофотокамери, показало наступне:

- зображення з цифрових аерофотокамер в якісно кращу сторону відрізняється від інших зображень [4];
- цифрові аерофотознімальні комплекси мають велику економічну ефективність;
- геометрична роздільна здатність цифрових аерофотознімальних систем набагато краще традиційних аналогових;
- цифрові аерофотознімальні комплекси можуть використовуватися в комплексі з повітряним лазерним скануванням, дозволяючи досягти неймовірної

швидкості і точності робіт, яка не досягається при інших видах повітряної зйомки, а також зручність роботи.

У той же час застосування аерофотознімальних комплексів має свої обмеження:

- інерціальна система ІМУ, що входить до складу аерофотоапарата, має обмеження на час безперервного прямолінійного польоту. При швидкості літака в 360 км / год це обмежує довжину маршруту до 120 кілометрів;

- отримання зображення неможливо без високоточних GPS- визначень положення знімальної системи (дані GPS обробляються спільно з даними інерціального пристрою ІМУ). Це накладає обмеження на віддаленість від референцної станції (50 км) [5];

- необхідною умовою отримання зображення є наявність хорошого сузір'я супутників, що змушує при плануванні польоту прогнозувати несприятливі періоди, коли мала кількість супутників (менше 4) і / або їх розташування не дозволяє виконати зйомку.

Серед переваг цифрових аерофотознімальних систем можна відзначити наступні:

- відсутність процесів фотохімічної обробки, трудомістких операцій створення твердих копій і необхідності спеціалізованих фотолабораторій;

- відсутність процесу перетворення фотознімків в цифрову форму;

- відсутність деформації фотоприймача (матриці) і пов'язаних з цим геометричних спотворень аерофотознімків;

- більш висока фотометрична якість, пов'язана з великим динамічним діапазоном цифрових знімків, що проявляється в опрацюванні деталей в глибоких «тінях і світлі»;

- відсутність необхідності внутрішнього орієнтування знімків по координатних мітках при фотограметричній обробці.

За допомогою цифрових аерофотознімальних систем можливе виконання наступних робіт:

- топографічне знімання, створення 3D - моделей місцевості та рельєфу;

- періодичне знімання поверхні кар'єру, відвалу, шламонакопичувача, складу, картографування сучасного їх стану та для розрахунку виконаного об'єму робіт (об'єму заскладованих порід, корисної копалини);

- спектрональні зйомки для різних цілей (наприклад, визначення теплоти відвалу для встановлення його можливого загорання, моніторингу) тощо.

Таке широке застосування цифрових аерознімальних систем для маркшейдерсько-геодезичних робіт вимагає вивчення можливих способів, методів і обладнання для реалізації їх окремих видів.

В даний час випуском цифрових аерофотоапаратів (АФА) займається цілий ряд виробників: Z / I Imaging підрозділ Hexagon AB (Швеція), Leica Geosystems підрозділ Hexagon AB (Швеція), Microsoft-Vexcel Imaging GmbH підрозділ Microsoft Corporation (США), Visionmap Ltd (Ізраїль), Optech Inc. (Канада), IGI mbH (Німеччина). Модельний ряд існуючих цифрових АФА досить широкий, як і їх характеристики.

Водночас для досягнення економічної ефективності аерофотозйомки необхідною є умова забезпечити її недорогим літальним апаратом, яким може бути безпілотний літальний апарат (БПЛА). БПЛА знайшли застосування у виробництві топографічних аерофотозйомок в зв'язку з тим, що застосування для цих цілей традиційних літальних апаратів (літаків, вертольотів) призводить до завищеної вартості кінцевої продукції, а на малих площах зйомки і зовсім економічно неефективно. В даний час БПЛА використовують для повітряного спостереження, різних зйомок, для запобігання злочинності та ін. Також БПЛА використовують для цілей топографії.

Цивільні БПЛА поділяються за конструктивним виконанням на три основних види [6]: БПЛА з нерухомим крилом; гвинтокрилий БПЛА; БПЛА з декількома несучими гвинтами (3, 4, 6, 8, 12 або 16 гвинтів). Кожен з перелічених видів БПЛА має свої відмінні характеристики і область застосування.

Так БПЛА з нерухомим гвинтом може використовуватися для доставки вантажів, для тривалих польотів з різним обладнанням. Але у даного типу БПЛА відсутня можливість зависання над точкою і низька точність позиціонування.

Гвинтокрилі БПЛА мають можливість злітати і сідати вертикально, можуть зависати і добре маневрувати. Використовують їх в основному для моніторингу стану протяжних технічних систем. Ці БПЛА дорогі в техобслуговуванні і ремонті, однак мають досить високу швидкість і дальність польоту.

Мультикоптери (БПЛА з декількома гвинтами) мають всі характеристики гвинтокрилих БПЛА, але при цьому більш легко керуються, маневрені, можуть зависати над точкою. Їх, як правило, застосовують для робіт, що вимагають точності, в тому числі кінозйомки, топографічні аерофотозйомки тощо. У той же час даний тип БПЛА не має можливості здійснювати тривалі польоти з урахуванням обмеженості енергії. Спільними характеристиками всіх БПЛА є: невеликі габарити, відсутність пілота в кабіні.

Виходячи із аналізу інформації про існуючі типи БПЛА, їх характеристики та класифікацію для топографічної аерофотозйомки підходять БПЛА вертолітного або літакового типу з автоматичним або напівавтоматичним керуванням. При цьому БПЛА повинен бути обладнаний автопілотом, який буде дотримуватись заданих параметрів польоту і витримувати навантаження у вигляді цифрової фотокамери. Також БПЛА повинен відповідати класу по висоті польоту.

Однією з основних характеристик є швидкість польоту, яка визначає продуктивність зйомки. Параметри БПЛА визначають можливість використання певних типів фотокамер та іншого обладнання, оскільки кожен елемент має свою вагу, а отже повинна забезпечуватися можливість його підняття в повітря і перенесення. Огляд камер [7] показав, що вони різняться за вагою і за якістю знімків. Найкраща якість відповідає професійним аерофотокамерам, але вони і найважчі. Тому при виборі типу і моделі БПЛА необхідно керуватися необхідним масштабом зйомки для підбору оптимального комплексу БПЛА - цифрова фотокамера.

Для того, щоб використовувати БПЛА для аерофотозйомки, він повинен бути обладнаний фотокамерою для власне зйомки, системою управління для ке-

рування ним з землі, GPS-системою для координатної прив'язки фактичного місцезнаходження в момент знімка. Крім того, він може також нести на борту тепловізор для інфрачервоної зйомки, радіолокатор для радіолокаційної зйомки тощо.

У загальному вигляді технологія створення картографічних матеріалів з використанням БПЛА ідентична традиційної технології, яка виконується з пілотованих літальних апаратів. Однак і для планування польоту і для обробки знімків використовують спеціальне обладнання, що прискорює виконання робіт та підвищує їх точність.

Для умов маркшейдерського супроводу рекультивації земель та відтворення природних форм рельєфу пропонується виконати зйомку поверхні до будівництва кар'єру, та на етапі формування поверхні під відновлення рельєфу.

Якщо відновлювальні роботи запроєктовані після закінчення експлуатації кар'єру, то така зйомка виконується після ліквідаційних робіт. У разі, коли відновлювальні роботи планується виконувати паралельно із вийманням корисної копалини (для умов горизонтальних та положистих покладів), то аерофотозйомку пропонується виконувати на етапі відсіпки відвалу на певній ділянці, де заплановані рекультиваційні роботи.

Наявність двох результатів зйомки поверхні надає можливість порівняння їх та точного визначення об'ємів робіт в кожній конкретній точці відновлювальної території за допомогою програмного забезпечення (рис. 1).

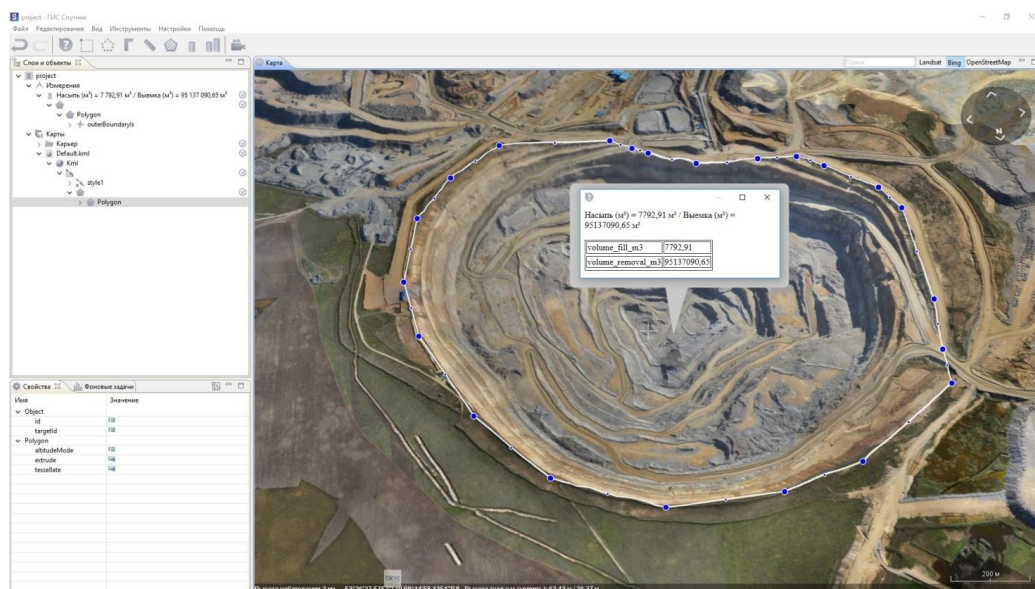


Рисунок 1 – Визначення об'єму кар'єру за аерофотознімком на прикладі програми Agisoft PhotoScan Pro [8]

Роботи пропонується виконувати по сітці 0,5 x 0,5 м. Для кожної вершини сформованих таким чином квадратів визначити об'єм насипу.

Потім після планування поверхні до відмітки, що менша за мінімальну на 1 м ($H_{\min} - 1\text{м}$), в натурі встановити маячки у вигляді дерев'яних вішок, висота над земною поверхнею яких визначатиме висоту насипу в точці ($h_{\text{пп}}$). Пропонується встановлювати вішки по сітці 10 x 10 м або 20 x 20 м в місцях для повер-

хня не має суттєвих коливань висотних відміток, та по сітці 1 x 1 м в місцях різкої зміни висотних відміток.

Маркшейдерські роботи з розмічування поверхні пропонується виконувати за допомогою електронних тахеометрів. Відсіпання насипів після становлення вішок можливе тільки ковшовими гірничими машинами або відвалоутворювачами-метальниками.

На етапі відсіпання потенційно родючого шару також пропонується встановити вішки із визначенням висоти шару насипу, але по розрідженій сітці.

Таким чином можливе точне виконання робіт із планування поверхні із заданими параметрами. Точність робіт визначається точністю та масштабом аерофотозйомки. При зйомці в масштабі 1:500 (висота знімання близько 200 м) досягається точність визначення положення точок на земній поверхні $\pm 5-10$ см. Точність відсіпання шарів порід залежить від технічних можливостей гірничого обладнання, що застосовується для укладки порід.

Висновки. В роботі розглянуто сучасний стан розвитку обладнання. Яке може використовуватись для топографічних зйомок поверхонь, зокрема кар'єрів, відвалів, шламонакопичувачів. Показано, що найбільш сучасним є аерофотознімальні комплекси, якими можуть обладнуватись БПЛА вертолітного або літакового типу з автоматичним або напіваавтоматичним керуванням.

Запропоновано порядок маркшейдерських робіт з супроводу рекультивації земель з відтворенням природних форм рельєфу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Четверик М.С., Малеев Е.В. Обоснование технологии восстановления мезорельефа при использовании отвалообразователя-метателя / Геотехническая механика. ИГТМ НАН Украины. Днепр. 2017. Вып. 137. С. 202-212.
2. Barton J. D. Fundamentals of Small Unmanned Aircraft Flight / Johns Hopkins APL Technical Digest. 2012. V. 31, № 2. P. 132-149.
3. Civil Aviation Safety Authority, Australia. "Unmanned Aircraft and Rocket Operations" / CASR Part 101. Australia: CASR, January 2003. 56 p
4. Аванесов Г.А., Киенко Ю.П. Цифровые аэросъемочные комплексы / Геопрофи. 2017. № 1. С. 8-17.
5. Operation of unmanned aerial vehicles in the general airspace system / A.Urbahs; V.Petrovs; K.Savkovs // Space and Global Security of Humanity Riga, 2010. – 21 с.
6. Classification of Unmanned Aerial Vehicles / Dr. Maziar Arjomandi – MECH ENG 3016 Aeronautical engineering –The University of Adelaide Australia, 2011. –49 p.
7. Цифровые аэрофотоаппараты UltraCam [Электронный ресурс]; режим доступа: <http://www.jena.ru/files/demo/AW-UltraCamCameraSystem.pdf>.
8. Технологии Геоскан для маркшейдерских работ [Электронный ресурс]; режим доступа: <http://www.geoscan.aero/ru/blog/600>.

REFERENCES

1. Chetverik, M.S., Maleev, Ye.V. (2017), "The rationale for the restoration of meso0relief using a spreader-thrower", *Geo-Technical Mechanics*, no. 137. p. 202-212.
2. Barton, J. D. (2012), "Fundamentals of Small Unmanned Aircraft Flight", *Johns Hopkins APL Technical Digest*, vol. 31, no 2. P. 132-149.
3. Civil Aviation Safety Authority, Australia (2003),. "Unmanned Aircraft and Rocket Operations", CASR Part 101, CASR, Australia.
4. Avanesov, G.A. and Kienko, Yu.P. (2017), "Airborne surveying complexes", *Geoprofy*, no 1. p. 8-17.
5. Urbahs, A., Petrovs, V. and Savkovs, K. (2010), "Operation of unmanned aerial vehicles in the general airspace system", *Space and Global Security of Humanity Riga*, p. 21..
6. Maziar Arjomandi (2011), "Classification of Unmanned Aerial Vehicles", *MECH ENG 3016 Aeronautical engineering, The University of Adelaide Australia*, 49 p.
7. Digital aerial cameras UltraCam, available at: <http://www.jena.ru/files/demo/AW-UltraCamCameraSystem.pdf> (Accessed 12/11/2017).
8. Geoscan technologies for surveying, available at: <http://www.geoscan.aero/ru/blog/600> (Accessed 03/10/2018).

Про автора

Бубнова Олена Анатоліївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник у відділі геомеханічних основ технологій відкритої розробки родовищ, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна bubnova@nas.gov.ua.

About the author

Bubnova Olena Anatoliivna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology Institute of Geotechnical Mechanics name by N. Polyakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnipro, Ukraine, bubnova@nas.gov.ua.

Аннотация. Показано, что при переходе от внутреннего отвалообразования к рекультивации с воспроизведением природных форм рельефа возникает необходимость в маркшейдерском сопровождении, поскольку по принятой технологии необходимо создать определенные формы рельефа в определенных местах и с заданными параметрами.

Поскольку восстановление рельефа предполагается на большой площади, то наиболее рациональным является применение аэрофотосъемки, которая позволяет за короткое время получить актуальную информацию о существующем рельефе поверхности. Для уменьшения стоимости и срока проведения работ предлагается аэрофотосъемку проводить с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), оборудованных цифровыми фотокамерами и GPS-аппаратурой. В работе приведены преимущества современного аэрофотосъемочного оборудования и выполнен анализ существующих моделей. Предложен тип БПЛА, который наиболее соответствует задачам аэрофотосъемки.

Съемку предлагается выполнять до начала разработки месторождения и после ее завершения. Сопоставление снимков в графических программных комплексах позволяет определить необходимый объем работ, пространственное положение и размеры тех форм рельефа, восстановление которых предусматривается программой рекультивации.

В дальнейшем предлагается с помощью электронных тахеометров выносить положения осей длинных форм рельефа, и закреплять их на местности деревянными вешками с отметками необходимой высоты насыпи. Установление вешек предлагается по сетке, длина стороны квадрата которой определяется сложностью рельефа. Предлагается отдельно проводить разметки поверхности на этапах горнотехнической подготовки поверхности и заключения потенциально плодородного слоя пород. Предложенная технология работ позволяет достичь точности воспроизведения природных форм рельефа около 90%. Погрешности формирования рельефа обуславливаются техническими возможностями горного оборудования, применяемого для укладки пород.

Ключевые слова: маркшейдерские работы, аэрофотосъемка, рекультивация, восстановление рельефа, пространственное положение.

Annotation. It is shown that, while transiting from internal dumping to reclamation with creation of natural relief shape, surveying supervision is needed since, according to the adopted technology, it is necessary to reclamate certain shape of relief in certain locations and with given parameters.

Since relief reclamation should be performed on great territory, the most rational is to use aerosurveying. In order to reduce cost of the works, it is proposed to perform aerial aerosurveying from unmanned aerial vehicles (UAVs) equipped with digital cameras and GPS equipment. Advantages of the modern aerosurveying equipment and analysis of existing models are presented in this paper, as well as the most suitable for the aerosurveying type of UAV is proposed.

It is proposed to perform aerosurveying before and after deposit development. Comparison of images with the help of graphic software complexes allows determining the required volume of works and spatial location of those shapes of relief, which should be reclamated according to the program.

In the future, it is proposed to fix positions of axes of long relief shapes with the help of electronic tacheometers and to mark them in the ground by wooden piles with recorded required height of the earthfill. It is further proposed to fix piles along the grid, and length of driving square of the grid should be determined according to the complexity of the relief. It is proposed to separately mark the surface at the stages of mining technical preparation of the surface and laying a potentially fertile layer of rocks. The proposed technology of work allows to achieve the accuracy of reproduction of natural forms of relief about 90%. Errors in the formation of relief are due to the technical capabilities of mining equipment, which is used for laying rocks.

Keywords: surveying works, aerosurveying, reclamation, relief reclamating, spatial location.

Стаття надійшла до редакції 08.11.2018

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук, проф. Четвериком М.С.