

при отбойке рудного массива, граничащего с трех сторон с обрушенными породами зарегистрирована интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности соответствующая 2,5-3,0 баллам;

при отбойке рудного массива, граничащего со всех сторон с обрушенными породами сейсмических колебаний не зарегистрировано.

При традиционном последовательном взрывании вертикальных концентрированных зарядов с массой взрывчатых веществ в каждом из них от 13 до 15 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составляла 5...6 баллов и выше.

Указанные результаты исследований получены при величине замедления между отдельными сериями взрывов не менее 75 м/с. Вышеприведенные результаты исследований позволяют прогнозировать интенсивность колебаний земной поверхности уже на этапе составления рабочих проектов на очистную выемку.

Выводы и направления дальнейших исследований. Результаты исследований позволяют определять геометрические параметры систем разработки как из условий обеспечения устойчивости их конструктивных элементов, так и из условия обеспечения допустимой интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности. Реализация результатов исследований при проведении массовых взрывов на шахте им. Орджоникидзе подтвердила высокую достоверность прогнозируемой интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности в процессе проведения взрывных работ. Для массовой реализации результатов исследований необходимо разработать методику определения параметров систем разработки с учетом допустимых объемов одновременно взрывааемых взрывчатых веществ.

Список литературы

1. Сейсмический эффект подземных взрывов на руднике им. Дзержинского / [В.В.Кудинов, В.М.Ткаченко, В.А.Гаврик и др.] // Горнорудное производство (подземная добыча руд): - НИГРИ. – Кривой Рог. – 1975. – С. 114-118.
2. Миндели Э.О. Методы и средства взрывной отбойки / Э.О. Миндели, В.А.Салганик, Г.А.Воротеляк. – М.: Недра, 1977. – С.120-125.
3. Бойко В.В. Действие взрыва в грунтовых и горных породах / В.В.Бойко. – К.: Наукова думка, 1982. – С. 164-166.
4. Кузьменко А.А. Сейсмическое действие взрыва в горных породах / А.А.Кузьменко, В.Д.Воробьев. – М.: Недра, 1990. – С.98-102.
5. Капленко Ю.П. Закономерности распространения волн в среде, находящейся под воздействием неоднородного поля статических напряжений / Ю.П.Капленко, В.А.Колосов // Разработка рудных месторождений / - Кривой Рог: КТУ. – 1997. Вып.61. – С.5-54.
6. Оника С.Г. Определение расстояния и масс зарядов, безопасных по действию ударных воздушных волн в сложных условиях/ С.Г. Оника, В.А.Гаврик, А.В.Курман // Проблемы горно-добывающей промышленности и металлургического комплекса Украины: Сб.науч.трудов НИГРИ. – Кривой Рог. – 1977. – С.87-92.
7. Запорожец В.Ю. Сейсмическое воздействие подземных массовых взрывов на поверхностные сооружения / В.Ю.Запорожец, С.А.Козырев // Горный журнал. – 1999. - №9. – С.63-66.
8. Ефремов Э.И. Способы повышения полезного действия взрыва / Э.И.Ефремов, В.П.Мартыненко // Бюл. УСИВ. – 2002. - №2. – С.6-10.
9. Воротеляк Г.А. Сейсмическое районирование жилых массивов, прилегающих к карьерам / Г.А.Воротеляк, В.А.Гаврик // Достижения и перспективы научно-технического прогресса в горнодобывающей промышленности: – Сб.науч.трудов ГНИГРИ. – Кривой Рог. – 2002. – С.97-103.
10. Вольфсон П.М. Торцовый выпуск руды / Издательский центр ГВУЗ «КНУ». – Кривой Рог, 2015. – 127 с.

Рукопись поступила в редакцию 13.04.16

УДК 528.021

О.С. КУЛКОВСЬКА, д-р техн. наук, проф., Ю.Ю. АТАМАНЕНКО, аспірантка,
О.С. НАМІНАТ, асистент, Криворізький національний університет

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗЙОМКИ МІСЦЕВОСТІ БЕЗПЛОТНОЮ МОДЕЛЛЮ

В статті розглянуто спосіб визначення лінійних елементів зйомки місцевості під час фіксування дорожньо-транспортної пригоди за допомогою квадрокоптера, в результаті чого було отримано планові аерофотознімки із кутом відхилення оптичної осі від прямовисного положення, який не перевищує 3°. Описано детальний порядок роботи на місці скоєння аварії, що включає в себе налаштування моделі, огляд місцевості, взліт квадрокоптера над місцем ДТП, обліт заданої території, відео і фотозйомку, посадку моделі. Висота польоту квадрокоптера контролюється за

допомогою пульта дистанційного керування. Передача матеріалів відео та фотозйомки здійснюється по бездротовій системі Wi-Fi зв'язку, які автоматично зберігаються на карті пам'яті квадрокоптера та комп'ютерного мобільного обладнання. У разі потреби отримують скріншоти фотографій, на яких чітко показано висоту польоту, відстань моделі до пульта дистанційного керування, рівень сигналу, рівень живлення акумуляторної батареї, GPS – статус, режим польоту, статус літального апарату, якість сигналу пульта дистанційного керування, дату, годину тощо. Політ відбувається в межах 15 хвилин, посадку квадрокоптера здійснюють у зручному місці, не використовують при цьому злітно-посадочну смугу. Подано результати фотозйомки, обробка яких виконувалась із використанням стандартної комп'ютерної програми Spotlight Pro 10. Метою опрацювання було отримати відмасштабований фотознімок, на якому швидко і достовірно за допомогою лінійних функцій можна визначити необхідні лінійні елементи, які потрібно відображати за вимогами діючих відповідних нормативно-правових документів при складанні схеми аварії. Пропонується зосередити зусилля на дослідженні причин виникнення помилок визначення лінійних елементів зйомки місцевості запропонованим способом та дослідити шляхи їх усунення.

Ключові слова: зйомка місцевості, лінійні елементи, дорожньо-транспортна пригода, квадрокоптер, схема аварії, металева рулетка, лазерний сканер, Spotlight Pro 10, растрове зображення, аварійний трикутник, розмір сторони трикутника, коефіцієнт збільшення фотознімка.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Автоматизація процесу фіксування ДТП вимагає вдосконалення порядку опрацювання матеріалів аерофотознімання, розгляду запропонованого способу визначення елементів зйомки місцевості безпілотною моделлю.

Аналіз досліджень і публікацій. Використання металевої рулетки є основним методом, який використовують інспектори поліції при фіксуванні дорожньо-транспортних пригод [1]. Новітнім і перспективним методом, що відповідає сучасним вимогам є метод наземного лазерного сканування [2]. Зважаючи на складну економічну ситуацію, в якій сьогодні знаходиться наша країна, можна припустити, що таке цінне обладнання, яким є лазерний сканер, вряд чи зможуть закупувати та використовувати співробітники поліції. Зазначимо, що технічні можливості використання безпілотної моделі у фіксуванні ДТП розглядалися раніше у публікаціях [3,4].

Постановка завдання. Було поставлено завдання - здійснити експериментальне випробування фіксування дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) у місті Кривому Розі безпілотною моделлю разом із співробітниками сектору Криворізького відділу поліції Головного управління Національної Поліції та опрацювати спосіб визначення лінійних елементів, отриманих матеріалів зйомки. На рис. 1 приведено фрагмент схеми місця ДТП з відстанями, вимірними металевою рулеткою та відстанями, які визначені запропонованим способом.

Викладення матеріалу та результати. Автоматизація процесу фіксування ДТП шляхом застосування літального апарату, а саме квадрокоптера, оснащеного знімальною апаратурою, а також пристроями зберігання і передачі інформації, управління і зв'язку забезпечує: можливість використання мобільної безпілотної моделі у фіксуванні пригод інспекторами поліції; високу точність, детальність зйомки наявних і важкодоступних ділянок, порівняно з стандартними видами зйомок [5]; перспективу відмови від стандартних методів, які не відповідають необхідній точності в процесі картографування ділянки ДТП [6]; можливість зменшення часу фіксування аварії на різних шляхах сполучення та сприяє швидкому звільненню проїжджої частини дороги; відсутність необхідності в обладнанні злітно-посадкової смуги, так як зліт квадрокоптера здійснюється практично з будь-якої точки; формування матеріалів аерофо-зйомки, які можуть служити звітною документацією про місце скоєння ДТП.

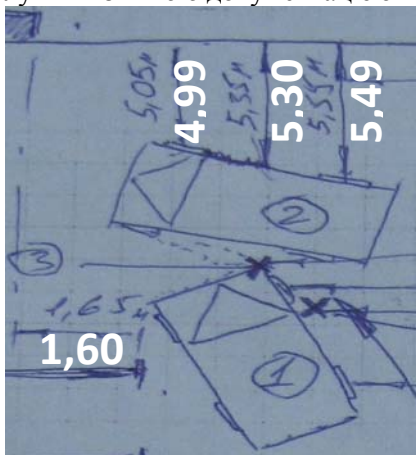


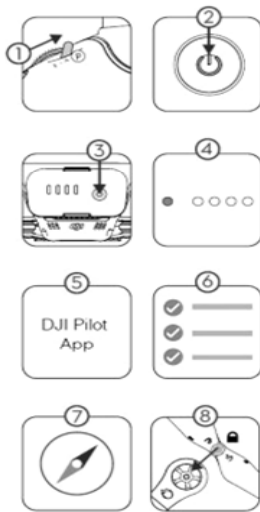
Рис. 1. Фрагмент схеми місця скоєння ДТП

Нижче наводиться порядок роботи, який полягає у наступному. Після прибуття на місце скоєння аварії оглянули місцевість і встановили літальний апарат на рівну відкриту площадку. Процес підготовки моделі до польоту здійснювався за такою схемою (рис. 2): перевели перемикач режимів польоту на пульті дистанційного керування (ДК) вправо в положення (P MODE). P MODE - Режим позиціонування, A MODE - Режим АТТІ і F MODE - Функціональний Режим (1); увімкнули пульт ДК, натиснули на кнопку живлення один раз, потім відпустили і натиснули утримуючи її протягом 2 сек (2); вставили Intelligent Flight Battery у модель Phantom 3 Professional. Включили батарею,

натиснули на кнопку живлення один раз, потім відпустили і натиснули її утримуючи протягом 2 сек (3); переконалися в тому, що LED індикатор на пульті ДК горить зеленим світлом, показуючи цим, що пульт ДК готовий до використання (4); підключили мобільний пристрій до пульта ДК кабелем USB і запустили додаток DJI Pilot (5); у додатку натиснули на кнопку «Camera». Переконалися, що квадрокоптер готовий до польоту натисканням кнопки меню «Контрольний список» на екрані (6); виконали калібрування компаса, натиснувши кнопку «MODE» у додатку, обравши «Compass Calibration». Калібрування компаса виконується перед кожним новим польотом, так як компас дуже чутливий до електромагнітних перешкод, які можуть викликати зниження стабільності польоту (7); встановили пропелери з чорною гайкою на мотори з чорними осями і закрутили їх проти годинникової стрілки.

Вставили пропелери з сірими гайками на мотори з сірими осями і закрутили їх за годинниковою стрілкою (8).

Рис. 2. Процес підготовки моделі до польоту



Перед початком польоту пересвідчилися у тому, що Статус бар квадрокоптера (Aircraft Status Bar) у додатку DJI Pilot показує «Safe to Fly (GPS)», забезпечуючи цим надійне повернення моделі у випадку втрати сигналу з нею [7].

Налаштування безпілотної моделі не потребувало багато часу, що дозволило значно пришвидшити процес реєстрації ДТП, не зупиняючи потік транспортного руху на дорозі.

Виконавши зазначену інструкцію, запустили модель над місцем скоєння ДТП, контролювали висоту польоту, при цьому слідкували за ситуацією на прилеглий території. Політ керували за допомогою лівого і правого тумблера на ДК: лівий відповідає за висоту та обертання навколо своєї осі, правий забезпечує напрям польоту вправо - вліво, вперед - назад. Піднімаючись на різні висоти, оцінювали прилеглу ситуацію на екрані монітору по бездротовій системі Wi-fi зв'язку, і у разі задоволення вимог, яких необхідно дотримуватися при оформленні аварій,

застосовували корисну функцію скріншот, яку допомагав виконати помічник оператора [8]. Згідно з вимогами Інструкції щодо оформлення працівниками поліції матеріалів про адміністративні порушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху [9], на знімках повинні бути зафіксовані (рис. 3): автомобільний транспорт учасників ДТП (1,2), дорога, перехрестя (3), дорожні знаки (4), бордюри (5), дорожні розмітки (6), допоміжний аварійний трикутник із відомими зафіксованими розмірами (7), який повинен мати горизонтальне положення на дорозі.



Рис. 3. Скріншот місця ДТП з екрану монітора

У момент фотографування на екрані монітору висвітлювалися параметри польоту (висота польоту, відстань моделі до пульта дистанційного керування, рівень сигналу, рівень живлення акумуляторної батареї, GPS - статус, режим польоту, статус літального апарату, якість сигналу пульта дистанційного керування, дата, година тощо). Оскільки в процесі фіксування аварії здій-

снювали не один знімок, з'явилась можливість показати маршрут зйомки квадрокоптера на карті Google, в результаті чого отримали додатковий фотозвіт до схеми місця ДТП [10].

Паралельно з фотографуванням відбувалась відеозйомка прилеглої території на місці скоєння ДТП для достовірності та додаткової звітності. По завершенню маршруту польоту (в межах 15 хвилин) була здійснена посадка квадрокоптера у зручному місці.

Для визначення лінійних елементів на фотознімках, отриманих у результаті зйомки місцевості безпілотною моделлю, було обрано та проаналізовано комп'ютерну програму Spotlight Pro 10 - професійний гібридний графічний редактор, який дозволяє здійснювати повний комплекс робіт із растровими монохромними, кольоровими зображеннями: картами, схемами та іншими графічними матеріалами [11]. Після завантаження фотографій в програму Spotlight Pro 10, визначили розміри растрового зображення: ширину (338,65 мм) та висоту (190,51 мм), (рис. 4).

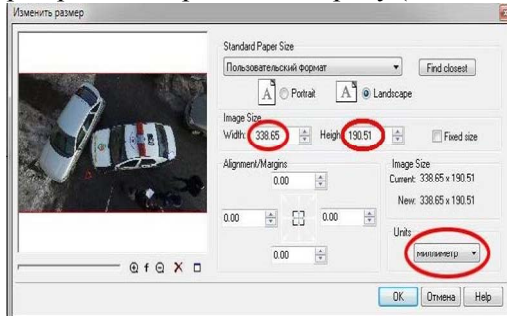


Рис. 4. Розміри фотознімка в Spotlight Pro 10

Оскільки в процесі фіксування ДТП було виконано декілька фотознімків з різної висоти, з метою подальшого аналізу, вимірювання сторони аварійного трикутника виконувалося на усіх фотознімках, результати представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати лінійних вимірювань у програмі Spotlight Pro 10

Фото-знімок	Ширина растрового зображення, мм	Вимірний розмір сторони трикутника, мм	Коефіцієнт збільшення фотознімка	Обчислений масштаб
1	338,65	12,52	9818,67	1/29
2		3,32	37029,28	1/109
3		16,10	7635,85	1/23
4		10,08	12196,15	1/36
5	Фіксований розмір сторони трикутника, мм	9,15	13434,97	1/40
6		13,36	9201,34	1/27
7		12,10	10159,50	1/30
8		8,09	15195,30	1/45
9	363,00	11,54	10652,51	1/31
10		17,01	7226,92	1/21

Для більш точного визначення сторони трикутника відстань вимірювалась від елементів укріплення, які представляють собою правильні геометричні фігури у вигляді кола.

Правильні геометричні фігури набагато легше розпізнати на растровому знімку, тому в програмі Spotlight Pro 10 вимірювалась відстань між центрами визначених кіл.

Після розрахунку коефіцієнта збільшення фотознімка з'являється можливість корегування розмірів растрового зображення, в результаті чого отримуємо зображення необхідного формату.

Для перевірки правильності обчислення виконувалися повторні вимірювання розміру сторони аварійного трикутника, в результаті чого отримувалися розміри трикутника в обраних одиницях вимірювання. У даному випадку було вибрано за одиницю вимірювання - сантиметри.

Спостерігається залежність обчисленого масштабу від коефіцієнту збільшення фотознімка.

Чим більший коефіцієнт, тим менший масштаб, що свідчить про різну висоту одержання фотознімків, які було включено в опрацювання.

В результаті отримали відмасштабований фотознімок у програмі, на якому можна визначити усі необхідні елементи за допомогою лінійних функцій для подальшого складання схеми місця ДТП.

Порівняння відстаней, вимірних на місці скоєння ДТП працівниками поліції із відстанями, визначеними у програмному комплексі Spotlight Pro 10 на десятих фотознімках за запропонованою методикою, свідчить про збіжність результатів у межах ± 10 сантиметрів.

Також отримані результати дозволили побудувати гістограму розподілу відхилень між визначеними лінійними елементами (рис. 5).



Рис. 5. Гістограма розподілу відхилень між лінійними елементами

Аналіз показав, що в кількісному відношенні відхилення в межах $(-3\div+3\text{см})$ складають 81,4 % від загальної кількості лінійних вимірювань.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Автоматизація процесу фіксування дорожньо-транспортної пригоди може вирішити ряд питань, що стосується методики оформлення протоколу та порядку складання схеми місця ДТП.

В результаті зйомки місцевості безпілотною моделлю отримують не лише фотознімки автомобілів, які потрапили в аварію, але й прилеглої ситуації.

Використання комп'ютерної програми Spotlight Pro 10 дозволило отримати відмасштабоване зображення аерофотознімків, всі необхідні лінійні елементи до звітної документації протоколу, які відрізняються високою точністю, достовірністю та детальністю.

Пропонується зосередити подальші зусилля на перевірці інших комп'ютерних комплексів для опрацювання матеріалів аерофотозйомки безпілотною моделлю, проаналізувати причини виникнення помилок та залежностей, дослідити шляхи усунення погрешностей.

Список літератури

1. **Куліковська О.С.** Аналіз новітніх технологій у фіксуванні дорожньо-транспортних пригод у Криворізькому регіоні / **О.С. Куліковська, Ю.Ю. Атаманенко** // Вісник Криворізького національного університету. - 2014. - № 37. - С. 172-177.
2. **Бондаренко А.А.** Автореферат дисертації. Правовые и технико-криминалистические особенности применения фотограмметрических методов для фиксации обстановки места дорожно-транспортных происшествий / **А.А. Бондаренко** // Волгоградской академии МВД России. - Волгоград. - 2008.
3. **Куліковська О.С.** Технічні можливості застосування безпілотної мобільної моделі для фіксування дорожньо-транспортних пригод / **О.С. Куліковська, Ю.Ю. Атаманенко** // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, 2015. - № 29. - С. 84-87.
4. **Волков В.С.** Совершенствование экспертизы дорожно-транспортных происшествий с применением квадрокоптеров / **В.С. Волков, Д.Ю. Костырин** // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2015. - № 4-1 (15-1). - С. 271-276.
5. **Калантаров Е.И.** Универсальные методы цифровой фотограмметрии / **Е.И. Калантаров, А.В. Говоров, Д.А. Никишин** // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2003. - №6. - С. 47-55.
6. **Суворов Ю.Б.** Экспертное исследование обстоятельств ДТП, совершенных в нестандартных дорожно-транспортных ситуациях или в особых дорожных условиях / **Ю.Б. Суворов, И.И. Чавва** // - М.: ГУ РФЦСЭ. - 2003. - 142 с.
7. Инструкция пользователя Phantom 3 Professional [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://quadrone.ru/index.php?route=information/news&news_id=13.
8. **Городокин В.А.** Экспертиза дорожно-транспортных происшествий, осмотр места ДТП, схема места ДТП / **В.А. Городокин, А.Е. Вязовский** // Издательский центр ЮУрГУ.- Челябинск. - 2010. - С. 14-27.
9. Інструкція з оформлення працівниками Державтоінспекції МВС матеріалів про адміністративні порушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху: станом на 26 січня 2009 р. / Міністерство внутрішніх справ України. - Офіц. вид. МВС України, 2009. - № 77.
10. **Балакин В.Д.** Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / **В.Д. Балакин** // Издательство СибАДИ. - Омск. - 2005. - 138 с.
11. Spotlight Pro 10 - профессиональный редактор [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://soft.oszone.net/programlight>

Рукопис подано до редакції 13.04.16