

ГЕОЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

УДК 622.235

ЗАСТОСУВАННЯ ВІДЕОЗЙОМКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДВООКИСУ АЗОТУ В ПИЛОГАЗОВІЙ ХМАРІ ПРИ ВИБУХАХ

Н.С. Мірошніченко, інж. (ННДІОП)

Рассмотрены особенности проведения видеосъемки пылегазового облака и ограничения, связанные с метеорологическими условиями. Определены критерии выбора изображений, используемых при оценке концентрации двуокиси азота в пылегазовом облаке.

На даний час викиди шкідливих газів в атмосферу внаслідок діяльності гірничодобувних підприємств досягли рівня, який негативно впливає на здоров'я людей та екологічну ситуацію в прилеглих до кар'єрів районах. Тому питання оперативного контролю концентрації шкідливих газів, які виділяються при вибухових роботах у кар'єрах, є актуальним. Метод та засоби дистанційного контролю газового складу продуктів розкладу вибухових речовин, побудовані на відеозйомці та комп'ютерній обробці даних, розглянуто в праці [1].

Дистанційний метод дає можливість визначити концентрацію двоокису азоту (NO_2), який утворився в результаті вибухових робіт у кар'єрі. Для отримання достовірної інформації велике значення має врахування погодних умов та правильний вибір місця розміщення апаратури. Для підвищення точності вимірювання необхідно також виявити ті кадри відеозапису, які несуть найповнішу інформацію про концентрацію NO_2 . У даній статті розглянуто обмеження при відеозйомці, особливості її проведення та подальшої комп'ютерної обробки зображень пилогазової хмари, яка утворилася при веденні вибухових робіт.

Перед початком робіт в місці проведення вибуху доцільно встановити та відзняти тест-об'єкти. Одним з тест-об'єктів є вимірювальна лінійка, за

допомогою якої оцінюють масштаб зображення. Це дає можливість при обробці даних вимірювання визначити геометричні розміри пилогазової хмари. Вимірювальну лінійку слід помістити недалеко від місця закладки зарядів у полі зору відеокамери. Лінійка повинна мати такі розміри, щоб її можна було легко побачити на зображенні, отриманому за допомогою відеокамери.

Як другий тест-об'єкт використовується калібрувальна кольорова таблиця, за допомогою якої можна уникнути помилки вимірювання, пов'язаної з неправильною передачею кольору при зйомці відеокамерою. Наприклад, при проведенні експерименту білий колір калібрувальної таблиці на реальному зображенні мав такі параметри:

червона складова $R_p = 184,95$;

зелена складова $G_p = 208,61$;

синя складова $B_p = 239,43$,

в той час як ідеальний білий колір характеризується такими параметрами:

червона складова $R_{i,l} = 255$;

зелена складова $G_{i,l} = 255$;

синя складова $B_{i,l} = 255$.

При різниці між значеннями реальних та ідеальних кольорових складових 6,1–27,5 % помилка вимірювання концентрації NO_2 становитиме 16–143 %. Тому необхідно ввести поправочні коефіцієнти, які обчислюються за формулами

$$K_R = \frac{R_p}{R_{i,l}}; \quad K_G = \frac{G_p}{G_{i,l}}; \quad K_B = \frac{B_p}{B_{i,l}}, \quad (1)$$

де K_R, K_G, K_B – поправочні коефіцієнти відповідно червоної, зеленої та синьої складових кольору.

Відкоректовані величини параметрів складових кольору пилогазової хмари знаходимо за формулами

$$R_{\text{кор}} = \frac{R_{\text{хм.р.}}}{K_R}; \quad G_{\text{кор}} = \frac{G_{\text{хм.р.}}}{K_G}; \quad B_{\text{кор}} = \frac{B_{\text{хм.р.}}}{K_B}, \quad (2)$$

де $R_{\text{хм.р.}}$, $G_{\text{хм.р.}}$, $B_{\text{хм.р.}}$ – реальні параметри відповідно червоної, зеленої та синьої складових кольору зображення пілогазової хмари.

Калібрувальну кольорову таблицю, що містить гаму ідеальних кольорів з відомими параметрами, бажано розмістити поблизу місця закладки зарядів.

Вибір місця розміщення апаратури для відеозйомки є однією з найважливіших складових цього методу. Як правило, апаратура розміщується на уступі кар'єру на безпечній відстані від місця проведення вибухових робіт [2]. Бажано встановлювати відеокамеру під кутом 90° до напрямку вітру, щоб уникнути труднощів, пов'язаних із визначенням швидкості руху та розсіювання хмари.

Крім того, при відеозйомці пілогазової хмари необхідно правильно вибрати масштаб зображення. При цьому на зображенні має бути видно:

- вимірювальну лінійку;
- калібрувальну кольорову таблицю;
- гірську породу;
- ділянку неба.

Для правильного вибору масштабу зображення необхідно оцінити висоту підйому пілогазової хмари. Така оцінка проводиться на основі емпіричних даних або теоретичних розрахунків за формулами, наведеними в праці [3]. Виходячи з цього, беруть, як мінімум, подвійний масштаб зображення, що дає можливість не тільки визначити максимальну висоту підйому пілогазової хмари, але й простежити за її подальшим рухом та розсіюванням.

Дані щодо кольору гірської породи та ділянки неба мають бути отримані до моменту проведення вибухових робіт, оскільки вони використовуються для корекції кольору та вибору методу обробки зображень.

При використанні даного методу слід також враховувати метеорологічні умови і час проведення відеозйомки. Відеозйомку пилогазової хмари не рекомендується проводити в таких випадках:

- при сильному дощі;
- з настанням сутінків;
- при наявності відблисків від сонця.

При відеозйомці під час сильного дощу одержують нечітке зображення, кольори якого не відповідають реальним. Помилка вимірювання збільшується в багато разів, а в деяких випадках оцінка концентрації NO_2 в пилогазовій хмарі стає неможливою.

Зображення, одержане при відеозйомці пилогазової хмари з настанням сутінків, виглядає "сизим", тобто в результат вимірювання NO_2 велику помилку вносить синя складова кольору.

Було проведено експеримент, в ході якого здійснювалась відеозйомка гірської породи в різний час доби і отримані такі значення кольорових складових породи при сонячній погоді:

$$R_c = 208,02, \quad G_c = 191,49, \quad B_c = 178,57,$$

де R_c , G_c , B_c – параметри відповідно червоної, зеленої та синьої складових кольору породи на зображенні при сонячній погоді.

При відеозйомці в сутінках було зареєстровано такі значення складових кольору:

$$R_{\text{сут}} = 171,00, \quad G_{\text{сут}} = 192,34, \quad B_{\text{сут}} = 232,71,$$

де $R_{\text{сут}}$, $G_{\text{сут}}$, $B_{\text{сут}}$ – параметри відповідно червоної, зеленої та синьої складових кольору породи з настанням сутінків.

Як видно з наведених вище даних, співвідношення $R/R_{\text{сут}}$ та $B/B_{\text{сут}}$ при сонячній погоді та з настанням сутінків обернено пропорційні. Ця тенденція зберігається і при відеозйомці пилогазової хмари. У деяких випадках подібні помилки виправляються відповідною корекцією кольору,

описаною вище. Однак зі зменшенням кута положення сонця відносно горизонту помилка вимірювання збільшуватиметься, і, нарешті, настане момент, коли оцінка концентрації NO_2 в пилогазовій хмарі стане неможливою.

Аналіз відеозаписів вибухів, що зберігаються в Національному НДІ охорони праці, показав, що зйомка проти сонця небажана. Це пов'язано з тим, що сонце має значно більшу яскравість, ніж пилогазова хмара, і "засвічує" зображення, що призводить до того ж ефекту, що і при зйомці в сутінках.

На якість відеозйомки пилогазової хмари можуть негативно впливати й інші фактори, наприклад тіні, що падають на кар'єр.

Розглянемо випадки, коли тінь, що падає на кар'єр:

- 1) не зачіпає пилогазову хмару;
- 2) накриває весь кар'єр;
- 3) частково накриває пилогазову хмару.

У першому та другому випадках тінь практично не впливає на вибір методу обробки зображення. Для точнішої оцінки концентрації NO_2 в першому випадку калібрувальну таблицю бажано знімати на сонці, а в другому – в тіні.

Третій випадок відрізняється від перших двох лише тим, що калібрувальну таблицю бажано зняти як на сонці, так і в тіні, причому в тих самих умовах, в яких знято пилогазову хмару.

Для правильної оцінки концентрації NO_2 слід вибрати ті зображення пилогазової хмари, які несуть найповнішу інформацію. Для визначення критеріїв вибору таких зображень розглянемо процес підйому пилогазової хмари.

У початковий момент вибуху з хмарию піднімаються не тільки шкідливі гази, але й шматки породи та пил, які з часом осідають. За відсутності вітру хмара набирає максимальну висоту і починає розсіюватися, при вітрі – відноситься в сторону, і тоді процеси її розсіювання в атмосфері протікають швидше.

Крім того, в результаті хімічних реакцій, що відбуваються при вибуху, утворюється не тільки NO_2 (найстійкіша сполука), але й інші азотисті сполуки. Ці речовини є нестійкими і при з'єднанні з киснем повітря досить швидко перетворюються в двоокис азоту. Отже, найбільш інформативними будуть зображення пилогазової хмари, одержані при її зйомці в той період, коли шматки породи та крупний пил осіли і пройшла хімічна реакція перетворення нестійких азотистих сполук у двоокис азоту.

Аналіз відеозаписів вибухових робіт показав, що, як правило, такий момент настає тоді, коли пилогазова хмара досягає максимальної висоти підйому і починаються процеси розсіювання.

Все викладене дає можливість зробити висновок, що труднощі, які виникають при відеозйомці та подальшій комп'ютерній обробці зображення пилогазової хмари, суттєво впливають на точність вимірювань. Однак при правильному виборі зображень та врахуванні описаних вище факторів даний метод можна з успіхом застосовувати для вимірювання концентрації NO_2 в пилогазовій хмарі. Порівняння даних, отриманих за допомогою цього методу, з розрахунковими даними свідчить про добрий збіг результатів (розбіжність становить 16–92 %).

1. *Кривцов М.В., Мірошниченко Н.С.* До обґрунтування вибору методу та засобів контролю газового складу продуктів розкладу вибухових речовин у промислових умовах // Проблеми охорони праці в Україні. Зб. наук. праць. – Київ: ННДІОП, 1998. – Вип. 1. – С. 121–124.

2. *ДНАОП 0.00-1.17-92.* Единые правила безопасности при взрывных работах. – Киев: Норматив, 1992. – 172 с.

3. *Єфремов Е.І., Бересневич П.В., Петренко В.Д. та ін.* // Проблеми екології масових вибухів у кар'єрах. – Дніпропетровськ: Січ. 1996. – С. 71–77.