

DRONES IN THE MINING INDUSTRY**Nalobina O.,***Professor,**Metinvest Politechnik, Zaporizhzhia, Ukraine***Holotiuk M.,***associate Professor**Metinvest Politechnik, Zaporizhzhia, Ukraine***Bundza O.***associate Professor**Metinvest Politechnik, Zaporizhzhia, Ukraine***ДРОНИ В ГІРНИЧОДОБУВНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ****Налобіна О.,***д.т.н., професор**ТОВ Технічний університет «Метінвест політехніка», Запоріжжя, Україна***Голотюк М.***к.т.н., доцент**ТОВ Технічний університет «Метінвест політехніка», Запоріжжя, Україна***Бундза О.***к.т.н., доцент**ТОВ Технічний університет «Метінвест політехніка», Запоріжжя, Україна*<https://doi.org/10.5281/zenodo.10515165>**Abstract**

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are becoming more and more commonplace in our lives. The use of UAVs in many industries where they are capable of performing complex tasks has become relevant. An important industry is mining, which requires constant monitoring of the correct and complete development of deposits, occupational safety, hazardous emissions, etc. New technologies based on the use of UAVs can solve these problems.

The article analyzes the possibilities of using UAVs in the mining industry based on the analysis of existing research.

Анотація

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) все більше входять у наше життя. Актуальним стало використання БПЛА у багатьох галузях промисловості, де вони здатні виконувати складні завдання. Важлива галузь – гірничодобувна потребує постійного контролю за правильним і повним відпрацюванням покладів, безпекою праці, небезпечними викидами, тощо. Вирішити ці проблеми можуть нові технології, які базуються на використанні БПЛА.

У статті проаналізовано можливості використання БПЛА у гірничодобувній промисловості на основі аналізу чинних досліджень.

Keywords: unmanned aerial vehicle, mining industry, analysis.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, гірничодобувна галузь, аналіз.

Значний перелік виробничих процесів потребує використання та аналізу просторових даних. Залежно від поставлених задач у якості таких даних використовуються результати дистанційного зондування Землі, що є продуктом обробки зображень поверхні. Такі дані достатньо високої якості отримують із застосуванням технології дистанційного зондування, що базуються на використанні повітряних засобів – безпілотних літальних апаратів (БЛА).

Сьогодні безпілотні технології – вже не фантастика. Вони міцно увійшли до нашого життя. Особливо часто їх застосовують у випадках, коли необхідно провести обстеження досить великих ділянок зі складним рельєфом у досить короткі терміни.

Застосування БПЛА дозволяє компаніям економити не лише час, але й позбавляє їх від великих

фінансових витрат. Всі ці фактори призвели до того, що ряд великих світових гірничодобувних компаній розпочав активне впровадження БПЛА у технологічні процеси.

Аналіз чинних наукових досліджень доводить значний інтерес вчених до проблеми застосування БПЛА в гірничій промисловості.

Згідно [1] запровадження цифрових технологій у вугільних компаніях є об'єктивною необхідністю. Зараз вугільна галузь перебуває на новому етапі цифрової трансформації.

Rathore, I., Kumar, N. P. [2] вивчали можливість та подальші напрямки розвитку технології БПЛА. Зокрема у гірничій промисловості автори рекомендують їх використовувати для виявлення

зон ризику та небезпеки на діючих шахтах; для розвідки покинутих кар'єрів; для пошуку та порятунку людей; для оцінки зони зсуву; виявлення тріщин у вибоях шахт.

Tögök та ін. [3] запропонували методика, яка поєднує використання даних, зібраних БПЛА, із лазерним скануванням даних, отриманих на землі, для визначення зон розломів у недоступних для людини областях кар'єру. Це дослідження доводить можливість використання БПЛА в поєднанні з контрольними польовими вимірюваннями та дистанційними вимірюваннями для моделювання зон розломів, які можуть бути основою для підрахунку геологічних запасів.

Автор [4] надав комплексний огляд поточного стану технології застосування безпілотників в гірничодобувній промисловості та запропонував до використання літаючий дрон у підземних умовах шахти.

Авторами розглянуто можливість застосування дистанційного зондування, 3D-картографії навколишнього середовища шахти, управління рухом, контролю руди, картографування розривів породи. Також вчені рекомендують використовувати БПЛА для вимірювання фрагментації породи після проведених вибухів; для визначення токсичного середовища, проведення термічного моніторингу, виявлення гарячої точки, тощо.

В роботі [5] авторами виконано аналіз функціональних можливостей БПЛА в різних сферах, зокрема й в гірничій промисловості. Розглядається можливість використання БПЛА з бездротовими сенсорними мережами для підвищення ефективності видобутку та забезпечення безпечного робочого середовища для шахтарів.

Авторами критично представлені потенційні можливості застосування БПЛА в шахтах і варіанти їх використання. В роботі також обговорюється базова архітектура бездротової мережі для шахтного високонапруженого робочого середовища. Також із врахуванням можливих сценаріїв катастроф на шахті, автори пропонують систему зв'язку для надзвичайних ситуацій на базі БПЛА.

Запропонована в роботі система спостереження на базі БПЛА допоможе шахтарям і членам рятувальних команд у різних надзвичайних ситуаціях.

F. Sheikh та інші [6] за основну мету своєї роботи ставили комплексне оцінювання застосування БПЛА в гірничій справі й на цій основі надали рекомендації щодо їхнього використання. Дослідження було проведено в шахті Soapstone.

Отримані та оброблені дані обстеження, виконаного з використанням БПЛА, автори порівнювали зі звичайними методами обстеження. Виконане дослідження дозволило довести легкість отримання даних за допомогою БПЛА на території підприємств гірничодобувної промисловості.

Автори наголошують на важливості забезпечення безпеки робітників на шахтах. Безпека може

бути забезпеченою за умови, що всі робочі зони будуть під постійним спостереженням і контролем. Це можна зробити за допомогою таких ефективних інструментів, як БПЛА.

Крім вирішення питання безпеки, автори пропонують використовувати отримані дані та зображення для розрахунку площ, аналізу запасів, оцінювання стійкості забою.

Вчені довели переваги БПЛА, показали великий комплекс робіт, які можна виконувати з їхнім застосуванням в гірничодобувній промисловості.

Alvarado M. та інші [7] проаналізували можливість застосування БПЛА на відкритих розробках, де вибухові роботи є невід'ємною частиною великомасштабного відкритого видобутку корисних копалин, які часто відбуваються в безпосередній близькості від населених пунктів і часто призводять до викидів твердих частинок і газів, потенційно небезпечних для здоров'я.

Відомі методи моніторингу якості повітря передбачають обмежену кількість фіксованих місць відбору проб для перевірки складного середовища та збору достатньої кількості даних для підтвердження ефективності моделі.

Дані польотних приладів, що передаються як телеметрія з БПЛА, забезпечують миттєві мікрометеорологічні дані високої роздільної здатності, які можуть допомогти в інтерпретації концентрацій, виявлених бортовими датчиками якості повітря. Крім того, ця інформація, включаючи місце знаходження, мікрометеорологічні дані та якість повітря, може надходити в режимі реального часу до аналітичного програмного забезпечення.

З метою доведення ефективності застосування літального апарату авторами використовувалися БПЛА з нерухомим крилом і з кількома гвинтами. Доведено, що за допомогою БПЛА можна проводити швидкі й точні вимірювання змінюючи траєкторію польоту.

Dunnington L., Nakagawa M. [8] дослідили можливість застосування БПЛА, обладнаного газовими датчиками, для фіксації викидів газу над вугільними шарами.

Автори встановили, що додатковий потік повітря від дрона перешкоджає здатності приладу відчувати газ. Тому дрон додатково оснастили мініатюрним інфрачервоним передавачем вуглекислого газу, який за потреби може реєструвати до 100% об'єму вуглекислого газу. Це забезпечує додатковий рівень безпеки.

Як бачимо проблема використання БПЛА у гірничій промисловості є актуальною, різноплановою й потребує подальших розробок вчених. Такий інтерес наукової спільноти доводить перспективність застосування БПЛА.

Розглянемо нижче найбільш перспективні моделі, які на даний час рекомендовані до застосування у гірничій промисловості.



Рис. 1 - Дрон DJI Matrice 300 RTK з підвісом Zenmuse H20T і газоаналізатором U10

Дрон має час польоту 35 хвилин, дальність передачі - 15 км, максимальна швидкість - 84 км/год. Дрон створено на базі польотної платформи Matrice 300 RTK, підвісу Zenmuse H20T та газоаналізатора U10. Час польоту – до 35 хвилин, в одному корпусі Zenmuse H20T знаходиться радіометричний тепловізор, ширококутна 12 Мп камера та 20 Мп камера із зумом.

Застосування M300 RTK або інших моделей DJI з відповідним обладнанням на борту та ПЗ для обробки дозволяє виконувати кілька досить складних, але надзвичайно важливих місій: створення карток місцевості, ортофотопланів, тривимірних мо-

делей рельєфу та об'єктів на ньому, а також виявлення різних аномалій геологічного характеру. Отримані дані будуть необхідні для створення планів польових робіт, будівництва під'їзних шляхів та інфраструктури, подальшого розвитку об'єкта.

Для проведення цілодобового моніторингу роботи об'єкта (або цілого комплексу об'єктів), роботи співробітників, а також місій щодо охорони різних об'єктів (як вдень так й в нічний період) проводять із використанням моделі DJI Phantom 4 RTK (рис.2). Для таких цілей встановлюються спеціальні камери (тепловізійні, інфрачервоні), а також при необхідності додаткові освітлювальні прилади або інше обладнання.



Рис.2- DJI Phantom 4 RTK

У гірничому видобутку безпілотні літальні апарати (БПЛА) вже сьогодні спроможні вирішувати щонайменше кілька завдань:

- картографію місцевості та 3D-моделювання навколишнього простору;
- геологорозвідка;
- контролю процесу видобутку, будівництва об'єктів;
- охорона;
- дослідження підземних шахт та їх інфраструктури;
- забезпечення безпеки видобутку та охорони праці;

- оптимізація під'їзних доріг та інфраструктури в цілому.

- моніторинг стану занедбаних шахт та прилеглих зон;
- керування хвостовими відвалами;
- моніторинг викидів газів у реальному часі.

Список літератури:

1. Hillier B. Industry 4.0: Smart Production of the Future. Experience in Digitalization in Germany / Presentation In: Information Modeling for Infrastructure Projects and Basic ness Development in Greater

Eurasia: VI International Forum, June 7th, 2017. P. 76-79.

2. Rathore, I., & Kumar, N. P.. Unlocking the potentiality of uavs in mining industry and its implications. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2015. 4(3), 852-855.

3. Török, Á., Bögöly, G., Somogyi, Á. and Lovas, T. Application of UAV in Topographic Modeling and Structural Geological Mapping of Quarries and Their Surroundings—Delineation of Fault-Bordered Raw Material Reserves. *Sensors*, [online] 2020. 20(2), p.489. doi:10.3390/s20020489.

4. Shahmoradi, J. Application of Drone Technology in the Mining Industry. *New Mexico Institute of Mining and Technology*. July 2020. 4(34). DOI:10.3390/drones4030034

5. Ranjan, A., Sahu, H. B., Misra, P., & Panigrahi, B. Leveraging unmanned aerial vehicles in mining industry: research opportunities and challenges. *Unmanned Aerial Vehicles in Smart Cities*. 2020. P. 107-132.

6. Sheikh, F., & Bhatnagar, A.. Assessing the use of unmanned aerial vehicles (uav)/drones in mining industry. *IRJET Journal*. 2022. P.1921-1925

7. Alvarado M. ., Gonzalez F., Fletcher A. & Doshi, A. Towards the Development of a Low Cost Airborne Sensing System to Monitor Dust Particles after Blasting at Open-Pit Mine Sites. *Sensors*. 2015. V.15. P. 19667-19687.

8. Dunnington L., Nakagawa M., Fast and safe gas detection from underground coal fire by drone fly over. *Environmental Pollution*. 2017.V. 229. P. 139-145. doi: 10.1016/j.envpol.2017.05.063