

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій  
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

## **АВТОРЕФЕРАТ кваліфікаційної роботи**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Комп'ютерне конструювання мехатронних систем»  
за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

**на тему «Застосування дрону для георозвідки на кар'єрах»**

Здобувач



Владислав ПОЛОВИНКИН

Кривий Ріг 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі автоматизації, електро- та робототехнічних систем.

Керівник:



Налобіна Олена Олександрівна,  
д-р техн. наук, професор,  
професор

Захист відбудеться 22 січня 2024 р. о 10:00 год на засіданні  
екзаменаційної комісії ([https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting\\_NjQwNDRmZTgtNGJhNi00YzU3LWJkMjQtNGQ3NTdiNDJmNjdm%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d](https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_NjQwNDRmZTgtNGJhNi00YzU3LWJkMjQtNGQ3NTdiNDJmNjdm%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d)).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 19 січня 2024 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** На даному етапі відсутні будь-які рекомендації, щодо використання технологій зйомок із застосуванням дронів на відкритих гірничих роботах з видобутку корисних копалин; рекомендації щодо конструкцій, систем їхнього керування.

**Постановка проблеми.** Топографічна та геодезична картографії є незамінними в багатьох аспектах людської діяльності, включно з навігацією, архітектурою, та добичею мінералів. Вони є основою для дизайну та конструювання різноманітних об'єктів, тому швидке та точне створення цих планів є дуже важливим. Існують різні сучасні техніки для цього, включаючи лазерне сканування, глобальну супутникову навігаційну систему (ГСНС) і тахеометрію.

Знімання з використанням безпілотних літальних апаратів (КД) або картографічних дронів (КД) стає все більш популярним завдяки таким перевагам, як доступна ціна обладнання та ефективність польових робіт, що також включає створення тривимірних моделей і автоматизоване дешифрування зображень. Ефективні передові технології є ключовими для прогресу системи картографії та спостереження які мають забезпечити швидкий, точний та надійний збір просторових даних у цифровому форматі. Використання дронів для створення деталізованих карт є одним з таких інструментів. Інноваційні практики у сфері кадастру та картографії вимагають новітніх технологій для розроблення картографічної бази та впровадження сучасних методів.

Найбільш ефективним методом для створення картографічних основ є використання аерофотознімання великого масштабу за допомогою дронів. Такий метод запропоновано до використання під час зйомки бортів та уступів кар'єрних бортів. Така тенденція пояснюється потребою в оперативності, повноті і точності отримання даних для раціонального використання та охорони надр, безпечного ведення гірничих робіт.

**Мета дослідження.** проведення системного дослідження, спрямованого на обґрунтування доцільності використання дронів, як засобу підвищення ефективності георозвідки на кар'єрах.

### **Задачі дослідження:**

- виконати аналіз чинних наукових досліджень за темою кваліфікаційної роботи;
- проаналізувати сучасні методи георозвідки та можливості застосування дронів;
- провести теоретичні дослідження з метою встановлення можливостей дронів у георозвідці;

- змодельовати процес управління дроном;
- провести дослідження ринку дронів із застосуванням методу експертного оцінювання з метою вибору оптимальної моделі;
- виконати економічне обґрунтування проєкту.

**Об'єкт дослідження** – процес геологічної розвідки на кар'єрах.

**Предмет дослідження** – конструкції дронів і їхні характеристики.

**Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності.** У кваліфікаційній магістерській роботі

- обґрунтовано модель управління дроном із прийнятим основним критерієм - висота польоту;
- запропоновано використання ПІД-регулятора для системи управління дроном;
- на основі системного аналізу сформовано перелік основних вимог до дронів для георозвідки у гірничій галузі;
- виконано дослідження ринку дронів і вибір оптимальної моделі із застосуванням методу експертного оцінювання, що дозволило надати рекомендацію щодо моделі - дрон Perimeter 8+.

Виконано розрахунки вартості науково-дослідної роботи (НДР), спрямованої на доведення доцільності використання дронів на кар'єрах і наступного запровадження обраної конструкції та встановлено термін окупності проєкту - 3,03 роки.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, 2 додатків. Загальний обсяг роботи становить 64 сторінки, робота містить 29 рисунків, 6 таблиць. Список використаних джерел складається з 25 джерел.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Проведено аналіз чинних досліджень з питань використання дронів для вирішення виробничих проблем, що дало можливість довести перспективність їхнього застосування, зокрема для проведення георозвідувальних робіт у гірничодобувній галузі.

Теоретичними результатами роботи є: класифікація дронів, яка базується на засадах системного аналізу їхніх конструкцій та характеристик; аналітичний огляд сучасного програмного забезпечення дронів, придатих для виконання робіт на георозвідці.

Використання методу математичного моделювання процесів покладено в основу розробки математичної моделі керування.

Системний аналіз конструкцій дронів і переліку можливих робіт, для виконання яких вони можуть бути застосовані, покладено в основу сформованих вимог до дрону для георозвідки.

Проведено також дослідження комплексу факторів, що впливають на похибку реалізації зйомки гірничих об'єктів, а також на стійкість та керованість дронів. Наведено аналітичні залежності статичної стійкості по куту атаки й за швидкістю польоту.

В результаті проведення досліджень ринку дронів із застосуванням методу експертного оцінювання рекомендовано до використання оптимальну модель - дрон Perimeter 8+, так як його ключові параметри тривалість польоту, супротив вітру та вагопідйомність отримали найвищі бали експертів.

Доведено доцільність проведення науково-дослідних робіт, спрямованих на реалізацію проєкту з вибору та запровадження дронів у роботі маркшейдерської служби підприємства.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі була розглянута теоретична можливість використання дрону в кар'єрі, проаналізована література, видання, статті схожі по тематиці. Хотілось би відмітити що переважна кількість робіт знаходяться на стадії теоретичного дослідження та майже не мають фактичного (практичного) застосування.

1. Обґрунтовано модель управління дроном із прийнятим основним критерієм - висота польоту;

2. Запропоновано використання ПІД-регулятора для системи управління дроном;

3. На основі системного аналізу сформовано перелік основних вимог до дронів для георозвідки у гірничій галузі;

4. Виконано дослідження ринку дронів і вибір оптимальної моделі із застосуванням методу експертного оцінювання, що дозволило надати рекомендацію щодо моделі - дрон Perimeter 8+.

5. Виконано розрахунки вартості науково-дослідної роботи (НДР), спрямованої на доведення доцільності використання дронів на кар'єрах і наступного запровадження обраної конструкції та встановлено термін окупності проєкту - 3,03 роки.

## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Половинкин В. Перспективи використання дронів у гірничодобувній промисловості. Матеріали міжн. наук. конф. The mining and metals sector: integration of business, technology and education». Riga, the Republic of Latvia. November 29–30, 2023. Volume 2. PP. 49-51. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-96>.

## АНОТАЦІЯ

Половинкин Владислав Іванович. Застосування дрону для георозвідки на кар'єрах. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». ОПП «Комп'ютерне конструювання мехатронних систем» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кривий Ріг, 2024.

Об'єкт дослідження: процес геологічної розвідки на кар'єрах.

Предмет дослідження: конструкції дронів і їхні характеристики.

Мета роботи: проведення системного дослідження, спрямованого на обґрунтування доцільності використання дронів, як засобу підвищення ефективності георозвідки на кар'єрах.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз чинних наукових досліджень за темою кваліфікаційної роботи;
- проаналізувати сучасні методи георозвідки та можливості застосування дронів;
- провести теоретичні дослідження з метою встановлення можливостей дронів у георозвідці;
- змоделювати процес управління дроном;
- провести дослідження ринку дронів із застосуванням методу експертного оцінювання з метою вибору оптимальної моделі;
- виконати економічне обґрунтування проєкту.

При виконанні дослідження було використано такі методи: діалектичний, системний аналіз, порівняльний аналіз, метод експертного оцінювання.

В роботі розглядається можливість залучення квадрокоптера при виконанні маркшейдерських робіт в кар'єрі, а саме виконання розвідки, зйомки ділянок під розробку, проектування нових шляхів, огляд відвалів та борти кар'єру на наявність змін. Залучення дрону до георозвідки значно змінює підхід до роботи, так як час на виконання робіт скорочується в декілька разів, що є вагомим аргументом в бік використання дрону.

Кваліфікаційна робота має 63 сторінки, 29 ілюстрацій, 6 таблиць, 2 додатки, та 25 джерел у переліку посилань.

Ключові слова: ГЕОРОЗВІДКА, КВАДРОКОПТЕР, ВИКОРИСТАННЯ У КАР'ЄРІ, МАРКШЕЙДЕРСЬКА РОБОТА, АЕРОФОТОЗЙОМКА.

## ABSTRACT

Polovynkyn Vladyslav. Using a drone for geological exploration at quarries. - Qualifying work on the rights of the manuscript.

Theses for a Master's degree in Mechanical trades, the specialty 133 "Mechanical trades", Educational Program "Computer-Aided Design of Mechatronic Systems", TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNICS", LLC, Kryvyi Rih, 2024.

Object of research: the process of geological exploration in quarries.

Subject of research: drone designs and their characteristics.

The purpose of the work: to conduct a systematic study aimed at substantiating the feasibility of using drones as a means of increasing the efficiency of geological exploration in quarries.

To achieve this goal, it was necessary to solve the following tasks

- analyze existing scientific research on the topic of the work;
- analyze modern geological exploration methods and the possibilities of using drones;
- conduct theoretical research to determine the capabilities of drones in geological exploration;
- model the drone control process;
- to conduct a study of the drone market using the expert evaluation method to select the optimal model;
- to perform an economic feasibility study of the project.

The following methods were used in the study: dialectical, system analysis, comparative analysis, and the method of expert evaluation.

Main results obtained in the work:

- the drone control model with the main criterion - flight altitude - is substantiated;
- the use of a PID controller for the drone control system is proposed;
- based on the system analysis, a list of basic requirements for drones for geological exploration in the mining industry was formed;
- a study of the drone market and the selection of the optimal model using the expert evaluation method, which allowed us to provide a recommendation for the model - the Perimeter 8+ drone.

The cost of research and development (R&D) aimed at proving the feasibility of using drones in quarries and the subsequent introduction of the selected design was calculated and the payback period of the project was set at 3.03 years.

The qualification work consists of 63 pages, 29 illustrations, 6 tables, 2 appendices, and 25 sources in the list of references.

Key words: GEOLOGICAL EXPLORATION, QUARRY, QUARRY USE, SURVEYING, AERIAL PHOTOGRAPHY.