

РЕЦЕНЗИЯ

относно дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“
Тема на дисертационния труд: **„УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОТО НА РУДАТА ЧРЕЗ
МОДЕЛИРАНЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕТО НА ПОЛЕЗНОТО ИЗКОПАЕМО СЛЕД
ВЗРИВЯВАНЕ”**

Професионално направление 5.8. Проучване, добив и обработка на полезни изкопаеми

Докторска програма „Открит и подводен добив на полезни изкопаеми“

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Димитър Димитров Кайков**

Член на научното жури: **проф. д-р инж. Димитър Стоянов Анастасов**

Основание за представяне на настоящата рецензия

Настоящата рецензия се изготвя на основание Заповед No 3-296/20.04.2022 г. на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“- София на първото заседание на Научно жури, състояло се на 05.05.2022 г.

Докторантът е отчислен с право на защита съгласно Заповед на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“ No P-294/20.04.2022 г. Представеният от маг. инж. Димитър Димитров Кайков комплект материали е в съответствие с чл. 4 на Закона за развитие на академичния състав в Република България, чл. 30 от Правилника за неговото прилагане и чл. 36 от Правилата и процедурите за приемане и обучение на докторанти и придобиване на ОНС „Доктор“ и научна степен „Доктор на науките“ на Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“.

1. Документи и материали, представени от докторанта

За откриване на процедура за защита на дисертационния труд докторантът е представил следните документи:

- Заявление за разкриване на процедура по дисертационни труд;
- Протокол No 5/01.04.2022 г. от Разширен катедрен съвет на катедра „Разработване на полезни изкопаеми“;
- Заповед за зачисляване No P-114/16.02.2022 г.;
- Заповед за отчисляване No P-294/20.04.2022 г.;
- Заповед за утвърждаване на научно жури No P-296/20.04.2022 г.;
- Удостоверение за положени изпити ССПМ No 351-2022 от 13.04.2022 г.;
- Диплома за завършено висше образование;
- Автобиография;
- Дисертационен труд;

- Автореферат;
- Научни, научно-приложни и приложни приноси;
- Списък на публикации по дисертационния труд и копия от тях;
- Електронен носител на дисертационния труд.

2. Информация за допустимост на процедурата

Дисертационният труд е докладван и обсъден на Разширен катедрен съвет на катедра „Разработване на полезни изкопаеми“, катедрен съвет на катедра „Разработване на полезни изкопаеми“, Протокол No 5/01.04.2022 г. Разширеният катедрен съвет единодушно предлага на ФС на МТФ докторанта да бъде отчислен с право на защита и да се пристъпи към разкриване на процедура за защита на дисертационния труд.

На 15.04.2022 г. Протокол No 5 на ФС на МТФ е взето Решение за отчисляване с право на защита на маг. инж. Димитър Димитров Кайков и да се открие процедура за защита на дисертационния труд.

Данните за публикационната дейност на докторанта са за група А – 50 точки и за група В – 30 точки, което напълно покрива минималните национални и институционални наукометрични показатели за придобиване на ОНС „Доктор“.

3. Актуалност на темата на дисертационния труд

Качеството на добиваните руди в световен мащаб се явява много важен фактор при минно-добивните дейности и процеси, както при подземния, така и при открития добив на полезни изкопаеми.

В края на ХХ и началото на ХХI век са формулирани главните направления за управление и стабилизация на качеството на добиваните полезни изкопаеми, а именно – геоложко моделиране; минно-технически фактори и планиране; направление на минно-добивните процеси; селективен добив; осреднителни процеси; рудна подготовка; стабилизация на съдържанията на полезни изкопаеми в товаропотоците към обогатителната фабрика.

В този аспект е разработен и дисертационния труд, в който се предлага нов подход за моделиране и трансформация на рудния масив след взривяване при открит добив на благородни метали – в случая златно-сребърно рудно находище „Ада тепе“.

4. Структура и обем на дисертационния труд

Представеният ми за рецензиране дисертационен труд е в обем от 176 страници, като са включени 100 фигури и 44 таблици. Съдържанието е структурирано в увод, три глави, основни приноси, публикации по дисертацията, използвана литература и 5 приложения. Общо са цитирани 182 литературни източника, като 131 са на латиница, 40 са на кирилица и останалите са интернет ресурси.

5. Съдържание на дисертационния труд

Във **Въведението** се обосновава актуалността на поставената цел, а именно повишаване качеството на рудата при открит добив чрез използване на числени методи за прогнозиране местоположението на полезните изкопаеми след взривяване.

Глава първа е озаглавена „Теоретични основи на дисертационното изследване“.

В нея се разглежда същността на управлението на качеството на рудата и в частност при открития добив на полезни изкопаеми, като са обосновани трите основни групи свойства (Г. Константинов, 1997) – полезни, вредни и нискозначими свойства.

Обърнато е внимание на процесите, които променят природната ценност на рудата, включващи пробивно-взривните работи, изкопно-товарните работи, транспорта на рудата, складирането и осредняването на добитата руда. Описани са формулите за изчисляване на загубите, замърсяването и обедняването при открития добив, както и икономическата щета, произлизаща от тези показатели.

Разгледана е същността на информационното осигуряване за управление качеството на рудата и моделиране пространственото разпределение на полезните компоненти, предложени от различни автори.

На тази основа са посочени предимствата при извършване на селективен добив за формиране качеството на рудата, както и влиянието на пробивно-взривните работи. Гореописаното е подкрепено с богата литературна справка и изводи, произтичащи от нея.

Специално внимание е отделено на моделирането за целите на открития добив, като се акцентира на избора на методите, средствата и адекватността им при промишлените експерименти.

Дадена е класификация на моделите за определяне местоположението на рудните зони при взривно разрушаване на масива, както и общата закономерност при формиране на взривения куп руда.

За тази цел успешно са приложени датчици за проследяване на взривното отместване (Blast Movement Monitors – BMM) при добив на скъпоструващи руди (Au, Ag, Pt, U).

Глава втора е посветена на методиката на дисертационното изследване.

В нея е формулирана целта на изследване, включваща повишаване качеството на рудата при открит добив на полезни изкопаеми чрез използване на числени модели за прогнозиране местоположението на полезното изкопаеми след взривяване във взривения куп.

За постигане на целта са решени следните шест основни задачи:

- ⇒ Разработване на теоретични основи на изследвания проблем;
- ⇒ Разкриване на общи закономерности на отместването при взривяване;
- ⇒ Установяване на зависимости между взривното отместване и индивидуалните особености на средата около даден ВММ датчик;
- ⇒ Установяване на приоритетните за проследяване на отместването рудни зони;
- ⇒ Създаване на числен модел за прогнозиране на местоположението на рудата във взривния куп;
- ⇒ Доказване на икономическия ефект от прилагане на числените модели.

Предмет на изследването е моделиране на местоположението на полезното изкопаемо във взривения куп руда.

Обектът на изследването е качеството на рудата при открития добив на полезни изкопаеми след извършването на взривни работи.

Методите на изследване са категоризирани в следния ред: проучване и анализ на научни и с специализирани литературни източници; наблюдение; беседа; измерване на основните фактори, влияещи върху взривното отместване и качеството на рудана; методи за математико-статистическа обработка на резултатите от изследването; методи за статистическо моделиране; методи за машинно обучение; разработени от автора методи за целта на изследването.

Към метода „наблюдение“ са включени всички важни параметри на паспорта на пробивно-взривните работи за дадено взривно поле, както и местоположението на ВММ датчиците в допълнително пробити сондажи.

След взривяването на взривното поле чрез специализиран софтуер ВММ Explorer се установява местоположението на рудните зони.

На тази основа са посочени компонентите на взривното отместване.

Взривяванията са извършени в два варианта – при наличие и при липса на буфер пред откритата повърхност.

Събраната информация от ВММ технологията и промишлените експерименти е обработена чрез вариационен анализ, сравнителен анализ, корелационен анализ и геостатистически методи.

Към организацията на изследване се посочват три етапа.

Първият етап включва периода от юли 2019 до октомври 2019 и е извършено проучване на основни литературни източници и планиране на експериментите в промишлени условия.

Вторият етап е от октомври 2019 до юли 2021 и през него да извършени 200 взривявания, включващи 1 100 наблюдения за взривното отместване на рудния масив.

През Третият етап от август 2019 до юли 2021 е извършена обработка на получените данни от експерименталните взривявания.

Докторантът посочва използването на 10 софтуерни продукта за обработка на данните от изследването.

Глава трета е посветена на анализа на резултатите от дисертационното изследване.

Изведени са закономерностите на отместването при взривяване на рудния масив, в зависимости между векторните компоненти, дълбочината на поставяне на ВММ датчиците, вида на взривното вещество, наличието на буфер пред откритата повърхност, скалните разновидности, климатичните условия и наличието на каверни в масива.

Резултатите са постигнати след прилагане на регресионни модели и корелационен анализ.

Важен момент от дисертацията са създадените от автора модели на взривното отместване за целта на изследването. В тази връзка са използвани статичен подход за първа апроксимация, динамичен подход за втора апроксимация и комплексен подход за трета апроксимация.

В раздел III.4. е посочен икономическият ефект в резултат на приложения подход на моделиране.

Системното използване на ВММ датчици води до намаляване на загубите от 3 315 OZ (1 OZ = 1 840\$) или 6 100 000 \$. С финансовия показател за възвръщаемост на инвестициите се установява, че вложените средства в ВММ технологията се възвръщат над 18 пъти.

6. Характеристика и оценка на дисертационния труд, научните резултати и приносите

Формулираната тема на дисертацията напълно отговаря на същността на изследванията и постигнатите научни, научно-приложни и приложни резултати. Литературната справка и проучването на проблема е извършена задълбочено и на високо ниво.

Използваният математико-статистически подход за обработка на данните от експерименталните изследвания показва добро владение на методите за научно потвърждение на постигнатите резултати.

Тематиката на дисертационния труд напълно отговаря на изискванията за

професионално направление 5.8. „Проучване, добив и обработка на полезни изкопаеми“ по докторска програма „Открит и подводен добив на полезни изкопаеми“.

Приемам като цяло формулираните от докторанта девет приноса, като ги определям като:

Научни приноси:

- Проучен и обобщен е световният опит при моделиране местоположението на полезното изкопаемо след взривяване в съответствие с проблемите за управление на качеството на рудата в условията на открити рудници.
- Разкрити са нови закономерности между отделните показатели, определящи взривното отместване.
- Изведени са група локални показатели за всеки поставян ВММ датчик във взривяваното поле с цел придобиване на по-пълна информация на индивидуалните особености на средата около всеки датчик.

Научно-приложни приноси:

- Приложен е комплекс от математико-статистически методи за установяване на неразкрити до момента зависимости между взривното отместване и комплекса от разгледаните фактори.
- Създадени са регресионни модели за апроксимирано установяване на дължината на хоризонталния вектор на отместване за условията на изследвания рудник. Те се базират на множествена линейна регресия (MLR), многослоен перцептрон (MLP), машина на опорните вектори (SVR) и ансамблов алгоритъм за развиване на регресионни дървета (XGBoost).
- Приложен алгоритъмът XGBoost за прогнозиране на хоризонталното отместване в различни зони от взривяваното поле.
- Съвместно са приложени изкуствен интелект с геостатистически методи за прогнозиране на векторното поле на отместването при взривяване

Приложни приноси:

- Създадена е цялостна методика, базирана на количествени методи, за оценяване на приоритета за проследяване на отделните рудни зони при взривното отместване в открити рудници.
- На базата на изкуствен интелект е създаден прототипен модел за оценка и избор на рационалната конфигурация на ВММ датчиците във взривявано поле от краен брой разгледани конфигурации.

7. Оценка на автореферата

Авторефератът е в обем от 56 страници и напълно отговаря на съдържанието на

дисертационния труд по раздели, графики, таблици, научни и научно приложни-приноси и публикации.

8. Критични бележки и препоръки

Представеният ми за рецензиране дисертационен труд представлява творческо постижение, базирано на проучване, методика на изследване, промишлени експерименти, доказани резултати и постигнат икономически ефект.

Препоръчвам на докторанта да продължи изследванията си и в други минни обекти освен рудник „Ада тепе“.

В тази насока препоръчвам да се експериментират различни схеми на взривяване и определяне посоката на развитие на минните работи, свързани с образуваните купове отбита руда.

По отношение на публикационната дейност препоръчвам представяне на резултатите на международни конференции и публикуването им в престижни научни издания с импакт фактор.

9. Заключение

Дисертационният труд отразява коректно изследванията на автора, които имат безспорен научен и научно-приложен характер.

Представеният дисертационен труд, публикациите на автора и формулираните приноси имат всички достойнства и считам, че съответстват напълно на изискванията на „Закона за развитие на академичния състав в Република България“, Правилника за приложението му и Правила и процедури за приемане и обучение на докторанти и придобиване на ОНС „Доктор“ и научна степен „Доктор на науките“ на Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, София.

Давам положителна оценка на дисертационния труд и предлагам на уважаемото Научно жури да присъди на маг. инж. Димитър Димитров Кайков образователна и научна степен „Доктор“ по професионално направление 5.8. Проучване, добив и обработка на полезни изкопаеми, докторска програма „Открит и подводен добив на полезни изкопаеми“.

19.06.2022 г.

Рецензент:

(проф. д-р инж. Д. Анастасов)