

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Arkadiusza Grześkowiaka pt.
Optymalizacja robót strzałowych w górnictwie skalnym

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzję rozprawy doktorskiej mgr inż. Arkadiusza Grześkowiaka pt.: *Optymalizacja robót strzałowych w górnictwie skalnym* wykonałem jako recenzent wyznaczony przez Radę Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej w dniu 10 lipca 2019 r., w oparciu o otrzymany egzemplarz Rozprawy doktorskiej i Załączników z dnia 10 lipca 2019 r. sygnowanych przez dziekana Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii prof. dr hab. inż. Monikę Hardygóre.

Recenzja została wykonana zgodnie z wymogami obowiązującej Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki wraz z późniejszymi zmianami. Zgodnie z Ustawą (art. 13) rozprawa doktorska „powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego (...) oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej”.

Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa pod względem merytorycznym mieści się w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska.

2. Ogólna charakterystyka dysertacji

Przedstawiona do oceny praca doktorska pt. *Optymalizacja robót strzałowych w górnictwie skalnym* składa się z dwóch części: Rozprawy zasadniczej i Załączników.

Rozprawa zasadnicza zawiera 186 stron, 10 rozdziałów oraz spisy: tabel (41), rysunków (35), fotografii (11) i bibliografii (312 pozycji literaturowych, w tym 100 w językach obcych, głównie w angielskim), rozporządzeń i ustaw (7), norm (2). Publikacje Autora niniejszej rozprawy obejmują 12 pozycji, w tym 5 samodzielnych, prezentowanych w „Pracach Naukowych Instytutu Politechniki Wrocławskiej” i w „Górnictwie Odkrywkowym”.

Załączniki do rozprawy zasadniczej zawierają 154 strony. Stanowią je m.in. zdjęcia ociosów zabierek przed odstrzałem, opis ich szczelinowości, schematy rozmieszczenia otworów strzałowych, przekroje otworów po sondowaniu, ewidencje odstrzałów, połączenia sieci strzałowych, sejsmogramy z pomiaru drgań parasejsmicznych, krzywe składu ziarnowego, parametry usypów po odstrzale. Dodatkowo każdy z projektowanych i wykonanych 20 odstrzałów, przyjętych w rozprawie, był filmowany za pomocą jednej lub dwóch kamer.

Praca została napisana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Witolda Pytla z Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej.

Układ treści i kolejność rozdziałów są prawidłowe, każdy następny rozdział wynika z treści poprzednich. Język jest prosty i komunikatywny. Praca objętościowo jest obszerna. Niektóre rozdziały są opracowane „od podstaw” w ujęciu historycznym, zawierają opis stanu wiedzy na dany temat, kierunki badań w czasie, a także bogatą literaturę przedmiotu z licznymi odwołaniami. Częściowo mają charakter podręcznikowy. Z jednej strony świadczy to o dużej wiedzy Autora rozprawy i dobrym przygotowaniu do jej napisania, z drugiej jednak utrudnia śledzenie właściwego wątku pracy w kolejnych rozdziałach. Dotyczy to rozdziałów (3.1.1), (3.1.3), (4) i (5).

3. Ocena zasadności wyboru tematu, celu i tezy pracy

Inspiracją Autora do wyboru tematu pracy był fakt, że wielu badaczy zajmujących się problemem robót strzałowych w kopalniach odkrywkowych koncentruje się na ocenie wpływu drgań parasejsmicznych na otoczenie. Głównymi wielkościami mającymi wpływ na wielkość drgań parasejsmicznych są wielkość ładunku MW na zwłokę, ładunek MW w serii otworów i odległość strzelania. Autor niniejszej dysertacji uważa, że problem wpływu różnych czynników na efekt strzelania należy rozpatrywać kompleksowo, a dotychczasowa metodologia badań i poszukiwań rozwiązań optymalnych nie wykorzystuje współczesnych możliwości pomiarowych i całościowego rozwiązania problemu.

Szczególnie ważnym kryterium oceny skutków winno być także znalezienie innych predyktorów i ich wpływu na zasięg rozrzutu odłamków skalnych, i kształt usypu po odstrzale. Wielkości te są ważne ze względu bezpieczeństwa, a także organizacji pracy przy wtórnym urabianiu odstrzelonego urobku. Stosowanie odpowiedniej, usystematyzowanej procedury rozpoznania, projektowania, wykonania i oceny efektów strzelania prowadzi do poprawy osiągniętych wyników rozdrobienia skał, bez wzrostu niekorzystnych oddziaływań. Doktorant trafnie wybrał też kopalnię, w której prowadził eksperymenty związane z pracą doktorską.

Problem oceny zagrożeń związanych ze stosowaniem zwiększonych ładunków MW i kontroli skutków ich stosowania jest aktualny, co wykazano też w rozdziale 7. Kopalnia, w której wykonywano doświadczenia spełnia warunki do prowadzenia badań będących przedmiotem rozprawy, jak również (dzięki istnieniu bocznicy kolejowej) ma możliwość wywiezienia kruszywa do dowolnego odbiorcy w kraju „tanim” transportem kolejowym w relacji z samochodowym.

Wybór tematu pracy Arkadiusza Grześkowiaka pt. *Optymalizacja robót strzałowych w górnictwie skalnym* jest też ważny z punktu widzenia naukowego i utylitarnego. Dotyczy oceny możliwości (warunków) jakie muszą być spełnione do prowadzenia robót strzelniczych w kopalniach tak, by ograniczyć lub nie powodować zwiększenia niekorzystnych drgań parasejsmicznych, rozrzutu odłamków i uzyskać odpowiednie rozdrobienie urobku.

Celem pracy jest: Identyfikacja parametrów sterujących efektami robót strzałowych oraz metod ich kontroli pozwalająca na uzyskanie optymalnych wyników. Osiągnięcie tych zamierzeń możliwe będzie przez rozbudowę procedury projektowania i badania efektów strzałowych. Celem jest też wykazanie, że uwzględnienie w analizie drgań parasejsmicznych parametrów mających dodatkowo wpływ na oddziaływania parasejsmiczne i rozrzut odłamków skalnych pozwala na właściwą prognozę tych zagrożeń.

W pracy postawiono tezę: **Zastosowanie procedury optymalizacyjnej w robotach strzałowych oraz projektowania zintegrowanego pozwala na poprawę osiąganych efektów i minimalizację negatywnych skutków stosowania MW w górnictwie skalnym.**

Zwiększony popyt na kruszywa łamane notowany jest od dawna. Związany jest z rozbudową sieci dróg i infrastruktury w kraju. Wymusza to zwiększony zakres robót strzelniczych. Można więc spodziewać się wzrostu zagrożeń i niekorzystnego wpływu robót strzałowych na środowisko, a także zwiększonych zadań przewozowych kruszywa. Niezbędne zatem będzie podjęcie badań nad zabezpieczeniem środowiska przed szkodliwym wpływem techniki strzelniczej. Warunkiem skuteczności zastosowania procedury optymalizacyjnej jest pełne i wszechstronne podjęcie działań nad problemem, począwszy od prac projektowych poprzez przygotowanie strzelania, aż do monitorowania i ocenę efektów.

Należy uznać, że teza postawiona została w sposób uzasadniony.

4. Omówienie rozprawy naukowej

Na początku znajduje się: Spis ważniejszych oznaczeń i Terminologia stosowana w pracy.

1. Wstęp

Autor przedstawia zarys historii stosowania MW w górnictwie surowców skalnych wraz z prezentacją literatury opisywanych zagadnień. Rozwój budownictwa mieszkalnego jak i drogownictwa wymuszają ograniczenia stosowania MW ze względu na konieczność ochrony środowiska. Pojawiają się związki ilościowe łączące efekty robót strzelniczych z parametrami geometrycznymi strzelania, a także uwarunkowania prawne stosowania techniki strzelniczej w pobliżu infrastruktury budowlanej.

Wstęp zawiera 4 podrozdziały. I tak:

Prezentowano opis roli materiałów wybuchowych w rozwoju budownictwa i drogownictwa, a także ograniczenia w ich stosowaniu. Tymi ograniczeniami są: infrastruktura w otoczeniu miejsc stosowania materiałów wybuchowych (MW), ochrona środowiska przyrodniczego i uwarunkowania prowadzenia robót strzałowych. W ślad za zwiększaniem zakresu tych robót powstają nowe przyrządy i urządzenia, które pozwalają odpowiednio przygotować strzelanie, jak i ocenić jakościowo i ilościowo jego wynik.

Wykonano analizę stanu wiedzy związanej z tematem pracy. Objęła ona literaturę krajową i zagraniczną wraz z rozwinięciem tematów badań.

Uzasadnienie wyboru tematu pracy: Autor uważa, że w dotychczasowych badaniach określanie ładunku MW na opóźnienie milisekundowe, lub ładunku całkowitego odpalanego w serii, jest niewystarczające dla prognozy skutków strzelania. Niezbędne jest też określenie warunków budowy geologicznej w strefie strzelania, rzeczywistych zabiorów, przewiertu itd. Doktorant zwraca uwagę na powszechną, pobieżną ocenę rozdrobienia urobku w aspekcie warunków budowy geologicznej i stosowanych parametrów strzelania.

Cel pracy i tezę określono w podrozdziale 1.3.

Autor określa też kryteria ilościowo-jakościowe optymalizacji oraz plan i etapy realizacji badań.

Przyjętymi kryteriami i celami są:

- uzyskanie maksymalnie dużej objętości urobku ze strzelania,
- minimalizacja nadgabarytów w odstrzelonym urobku,

- zmniejszenie rozrzutu odłamków skalnych podczas przeprowadzania strzelań,
- zmniejszenie wielkości i zasięgu oddziaływania drgań parasejsmicznych,
- minimalizacja jednostkowego zużycia materiałów wybuchowych,
- ograniczenie kosztów związanych z usuwaniem szkód i strat.

2. Warunki prowadzenia robót strzałowych w odkrywkowych zakładach górniczych

Warunki te stanowią: przepisy prawne, ustawy i rozporządzenia, ocena budowy geologicznej i własności mechanicznych skał, szczelinowatość górotworu oraz działanie detonacji MW na masyw skalny. Wskazano ogólne związki i uwarunkowania między budową geologiczną a efektami stosowania MW. W niniejszym rozdziale przedstawiono ogólne uwarunkowania prowadzenia robót strzałowych w odkrywkowych zakładach górniczych w świetle obowiązujących przepisów oraz ograniczenia wynikające z przyległej infrastruktury zakładu górniczego, budowlanej i otoczenia. Wskazano także normatywy związane z oceną szkodliwości oddziaływania drgań parasejsmicznych.

3. Roboty strzałowe w górnictwie odkrywkowym

Autor daje przegląd metod pozyskiwania skał w górnictwie odkrywkowym: strzelań „na kruszywo”, „na bloki” i pomocniczych. Szczególną uwagę poświęcił strzelaniom „na kruszywo” i ocenił na podstawie literatury zakres stosowalności, zużycie MW, wielkości wyzwalanej energii skupiając się na doborze technologii strzelania w odniesieniu do budowy złoża. Analiza przeprowadzona w tym rozdziale była pomocna przy przygotowaniu strzelań związanych z główną częścią pracy. Ciekawym fragmentem tego rozdziału jest projektowanie geometrycznych parametrów strzelania. Odbywa się ono przez zastosowanie programów wyznaczających parametry robót wiertniczo-strzałowych. Autor wymienia pozycje w literaturze zagranicznej poświęconej temu zagadnieniu, jak również odnosi je do projektowania tych strzelań w warunkach krajowych. Zebrane w tym rozdziale wiadomości pozwalają na wyznaczenie zależności między metodami odpalania ładunków, a efektem sejsmicznym odstrzału. W rozdziale tym doktorant dokonuje oceny drgań parasejsmicznych (wyrażonej w prędkości drgań) na otoczenie zależnie od wielkości ładunku i odległości strzelania przedstawianych przez różnych autorów.

W tej części pracy zawarty jest również stan wiedzy w literaturze krajowej i zagranicznej związany z rozrzutem odłamków skalnych przy robotach strzelniczych wyrażony zarówno w formie wzorów empirycznych, jak i praktycznej oceny odległości rozrzutu w kopalniach.

Przestawiono opis powietrznej fali podmuchu oraz wzory na obliczanie promienia fali, a także sposoby ograniczenia niekorzystnych oddziaływań: odpowiednie stosowanie parametrów strzelania, a także ekrany sejsmiczne i mechaniczne (maty osłonowe). Za istotne uznano inwentaryzację obiektów znajdujących się w otoczeniu kopalni w celu zabezpieczenia się jej przed ewentualnymi, nieuzasadnionymi roszczeniami z tytułu skutków strzelania.

Określony jest też wpływ wiercenia otworów strzałowych i stosowanych systemów inicjacji ładunków, a także czasów opóźnień na wyniki strzelania w kontekście uzyskiwanego rozdrobienia urobku po odstrzale i sposobu jego oceny.

4. Koszty robót wiertniczo-strzałowych

Koszt całkowity strzelania jest sumą kosztów składowych: robót wiertniczych, materiałów i środków strzałowych, prac dodatkowych w układzie rodzajowym kosztów. W formie tabelarycznej przedstawiono i porównano koszty jednostkowe środków strzałowych i materiałów wybuchowych. Dokonano także porównań ich stosowania w odniesieniu do kosztów jednostkowych produkcji kruszyw. Przedstawiono wyniki obliczeń. Szkoda, że Autor nie pokusił się choćby o przybliżoną ocenę kosztów optymalizacji robót strzałowych.

5. Organizacja i zarządzanie w zakładach górniczych

Rozdział o charakterze ogólnym: jak zarządzać jakością robót wiertniczo-strzałowych, omówienie narzędzi zarządzania, kosztów utrzymania jakości produkcji. Rozdział może być ewentualnie wykorzystany jako materiał szkoleniowy, uzupełniający istniejącą praktykę zarządzania w kopalniach surowców skalnych.

Przedstawiono problematykę związaną z jakością procesu technologicznego jakim są roboty wiertniczo-strzałowe oraz wynikające z tego koszty. Zwrócono uwagę na zagrożenia i koszty wynikające z niewłaściwego nadzorowania działań i straty spowodowane brakiem stosowania odpowiedniego systemu kontroli.

6. Warunki optymalizacji robót strzałowych

We Wstępie Autor przyjął, że termin optymalizacja jest rozumiany jako ulepszenie czegoś co już istnieje w formie przemyślanego i zaprojektowanego procesu nawiązującego do cyklu podnoszenia jakości Deminga polegającej na cyklicznym planowaniu, wdrażaniu i kontroli zmian. W rozdziale 6 podaje warunki jakie muszą być spełnione, by kolejne eksperymenty strzelania obejmowały możliwie jednorodne warunki geologiczne, górnicze, a także parametry energetyczne i geometryczne MW. Przedstawiono schemat organizacji oraz etapów technologicznych prowadzenia robót strzałowych i ich optymalizację.

7. Metody badania i oceny efektów strzelania

Rozdział ten jest podstawowy w przedstawionej pracy. Zawiera opracowanie organizacji i wyboru miejsc odstrzałów, których wyniki będą podstawą badań, oceną budowy geologicznej, parametrów geometrycznych strzelania, konstrukcji ładunków, liczby szeregów otworów, masy ładunków, opóźnień milisekundowych, rodzaju MW. Odstrzały przeprowadzono w latach 2014-2017 w liczbie 37, ostatecznie przyjęto do dalszych badań 20. Kryterium selekcji stanowiła ich jednorodność ze względu na warunki geologiczne i górnicze odstrzałów. Za pomocą diagramów wytypowano główne przyczyny niepowodzeń i nieprawidłowości w odniesieniu do uzyskanych efektów strzelania. Wielkości parametrów odstrzałów zawarto w Tab. 19. Wykorzystując te wyniki porównano obliczany różnymi metodami zasięg rozrzutu odłamków skalnych z rozrzutem rzeczywistym. Przeanalizowano zależność zasięgu rozrzutu odłamków skalnych od wielkości ładunku całkowitego. Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że wzrost ładunku całkowitego, liczby otworów czy szeregów nie spowodowały zwiększenia rozrzutu odłamków skalnych. Urobek po odstrzale był fotografowany, a dane fotogrametryczne opracowano z zastosowaniem programu PowerSieve uzyskując krzywą składu ziarnowego masy skalnej po odstrzale, co pokazano w Załącznikach 1-20G i przykładowo na Rys. 7.8 (rozprawa doktorska str. 142).

Badano też wpływ drgań parasejsmicznych na otoczenie zależnie od ładunku zredukowanego, co przedstawiono w ujęciu historycznym na Rys. 7.10. Stwierdzono, że stosowana zależność propagacyjna do wyznaczania bezpiecznych wielkości ładunków MW przy robotach strzałowych współcześnie prowadzonych w kopalni Braszowice (Rys. 7.9) powinna zostać zweryfikowana. Pozwoli to na ograniczenie niekorzystnych oddziaływań

parasejsmicznych na przyległe budynki. Wyniki te były też pomocne w dalszej części pracy do wyznaczania predyktorów mających wpływ na skutki robót i efekt sejsmiczny.

Rozdział ten zawiera również analizę regresji prostej i wielorakiej. W tabeli w Załączniku 22 znajdują się dane do obliczeń. Wykonano je przy pomocy pakietu statystycznego PQStat oraz Statistica. Parametrami endogenicznymi były: ładunek zredukowany ρ [$\text{kg}^{0.5}/\text{m}$], zasięg rozrzutu odłamków skalnych R_r [m], rozdrobienie urobku po odstrzale S_i [%], objętości urobionej skały w czasie odstrzałów V_u [m^3]. Predyktorami (zmiennymi egzogenicznymi) były: długość otworów L [m], długość przybitki l_p [m], zabiór rzeczywisty z [m], odległości między otworami a [m], odległość między szeregami otworów b [m], liczba otworów w serii n [szt.], liczba szeregów i [szt.], ładunek max na opóźnienie Q_z [kg], ładunek całkowity serii Q_c [kg], zużycie jednostkowe MW q [kg/m^3]. Za istotne uznano prawdopodobieństwo na poziomie $p < 0,05$.

Dane wyjściowe i wyniki obliczeń dla regresji prostej i wielokrotnej zestawiono w tabelach 25 do 40. Kolorem niebieskim zaznaczono w tabelach predyktory skorelowane (dodatnio lub ujemnie) ze zmienną endogeniczną. Ciekawe omówienie wyników tych badań przedstawiono w podrozdziale 7.12. Stwierdzono istotną zależność dla następujących zmiennych: $\rho = f(z, L)$, $R_r = f(b, i, Q_z, Q_c)$, $S_i = f(i, q)$, $V_u = f(Q_c, q)$. Poszerza to dotychczasową wiedzę na temat wpływu różnych parametrów na efekty strzelania i uzasadnia celowość podjętych badań oraz kontynuowanie prac nad tym zagadnieniem.

8. Procedura optymalizacyjna robót wiertniczo-strzałowych

W tej części Autor proponuje opracowanie i wdrożenie procedury optymalizacyjnej składającej się z trzech części: Audytu strzałowego, Projektowania współbieżnego (zintegrowanego) i Standaryzację działań.

A u d y t s t r z a ł o w y. W możliwie jednorodnych warunkach geologiczno-górnicznych wyznacza się przynajmniej trzy odstrzały i ocenia się przed odstrzałem: skanowanie laserowe zabierek, geometrię strzelania, przebieg otworów, budowę geologiczną złoża, jego ciągłość (lub jej brak). Po odstrzale ocenie podlegają skutki parasejsmiczne, rozrzut odłamków, kształt usypu urobku, ociosu i spągu.

P r o j e k t o w a n i e w s p ó ł b i e ż n e (z i n t e g r o w a n e). Zawiera propozycję utworzenia nowej lub zmianę dotychczas istniejącej grupy nadzorującej roboty wiertniczo-strzelnicze, która będzie prognozować zmiany parametrów strzelań na etapie ich przygotowania i prognozować skutki ich wykonania w postaci drgań parasejsmicznych, rozrzutu odłamków skalnych, kształt usypu urobku po odstrzale, masy urobku.

S t a n d a r y z a c j a d z i a ł a ń. Chodzi tu o to, żeby przez systematycznie prowadzone obserwacje (analizę) projektowania robót strzelniczych i ocenę wyników strzelań osiąść wiedzę i kontrolę nad skomplikowanym procesem sterowania robotami strzelniczymi w kopalni. Pozwoli to na „zmniejszenie obciążenia inżyniera strzałowego i osób dozoru, ponieważ nie muszą one nieustannie koncentrować się na unikaniu pomyłek prowadzących do powstawania strat”.

Ważnym elementem całego procesu optymalizacji robót wiertniczo-strzałowych ma być stosowanie odpowiednich programów komputerowych wspierających pracę zespołu prowadzącego wyżej wymienione procedury.

9. Wytyczne technologii strzelania optymalnego

Autor rozprawy, na podstawie projektu strzelania oraz analizy otrzymanych wyników przedstawił zalecenia (nazwane wytycznymi) stosowania konkretnych parametrów robót strzelniczych dla uzyskania optymalnych wyników strzelania. W sumie wyróżnił ich 17. Dla przykładu można wymienić kilka: „Ocena ilości i jakości spękań, występowania zwietrzliny przed strzelaniem”, „Strzelanie w zabierkach z zastosowaniem ładunku całkowitego $Q_c \geq 4300$ [kg] MW, umieszczonego w otworach strzałowych o długości $L=14$ do 15 [m], w liczbie $n > 40$ [szt.] oraz rozmieszczonych w 3 lub 4 szeregach”, „Tworzenie ewidencji odstrzałów w oparciu o zastosowane i sprawdzone parametry oraz gromadzenie informacji w postaci bazy danych na potrzeby weryfikacji parametrów strzelania w kolejnych odstrzałach”. Na zakończenie wymienia skały, w których wykonano odstrzały. Wyniki te mogą być wykorzystane w praktyce przemysłowej. Niniejszy rozdział, choć przedstawiony jest jako część odrębna pracy, może być uważany jako część aplikacyjna połączona z rozdziałem 10.

10. Wnioski i podsumowanie

Rozdział ten jest dobrym i pełnym podsumowaniem całości rozprawy. Rozwiązanie ważnego problemu jakim jest optymalizacja robót strzałowych możliwa jest jedynie, gdy spełnione jest równocześnie kilka warunków: dokładna analiza warunków geologicznych strzelania, staranny opis warunków górniczych i przygotowanie strzelania.

W wyniku odstrzału uzyskuje się masę skalną o określonym kształcie i rozdrobieniu. Powstaje efekt sejsmiczny oddziałujący szkodliwie na infrastrukturę w otoczeniu kopalni. Wielkościami

tymi można sterować przez określenie parametrów strzelania (predyktorów) jak np. zabioru, przewiertów, długości przybitki, itd. Autor określił je przy pomocy pakietu statystycznego.

11. Spis załączników

Obejmuje spisy: tabel (41), rysunków (35), fotografii (11), bibliografię (312 pozycji), wykazy rozporządzeń (7) i norm (2).

W Załącznikach do rozprawy doktorskiej zawarta jest szczególnie bogata dokumentacja pracy w postaci, zdjęć, rysunków, wykresów itp.

5. Rozwiązanie postawionego problemu naukowego

Problem naukowy postawiony został w Rozdziale 2. i rozwiązany w Rozdziale 7, 8 i 9. W Rozdziale 7 opracowano organizację i przygotowanie strzelań. Ich wyniki pozwoliły na uzyskanie zależności funkcyjnych między parametrami górniczymi i geologicznymi strzelania, a parametrami obrazującymi skutki w postaci drgań parasejsmicznych, rozrzutu odłamków i usypu urobku po odstrzale. Uzyskane zależności zostały opracowane przez Autora przy wykorzystaniu pakietu statystycznego PQStat i Statistica. W Rozdziale 7. Autor proponuje stosowanie do badań nad robotami strzelniczymi w kopalniach procedury optymalizacyjnej składającej się z trzech części: Audytu strzałowego, Projektowania współbieżnego (zintegrowanego) i Standaryzację zadań. Pozwala to na stałą kontrolę wyników strzelań w kopalniach i stworzenie banku informacji robót strzelniczych.

Można uznać, że postawiony przez Autora problem naukowy został rozwiązany w sposób dobry zarówno w zakresie organizacji prac, jak i w naukowym opracowaniu.

Za oryginalne osiągnięcie Autora uznaję:

- przygotowanie organizacyjne i stałą kontrolę strzelań w kopalni z zapewnieniem jednorodności warunków prowadzenia doświadczeń,
- opracowanie algorytmów przygotowania i oceny prac wiertniczo-strzałowych, przeprowadzenie badań oraz oceny wyników do prowadzenia kolejnych prac górniczo-strzelniczych,
- samodzielne opracowanie wyników w programie statystycznym, dzięki czemu zyskano nowe, interesujące wyniki wzbogacające dotychczasową wiedzę z zakresu wpływu parametrów strzelania na osiągnięte efekty.

Należy podkreślić, że uzyskane przez Autora wyniki wskazały na celowość kontynuacji badań związanych np. z ekonomiczną oceną prowadzenia banku informacji, przetwarzania danych, czy związanych z określeniem nowych zmiennych mających wpływ na efekty mierzalne odstrzałów, które dotąd nie były badane.

6. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

- Foto 3.2, str. 4 wiersz drugi od dołu jest „podbierakowe” ma być „podbierkowe”,
- Str. 166 wiersz 10 od dołu jest „strzelanie zabierek” ma być „strzelanie w zabierkach”,
- Rys. 8.0, str. 149 jest niezrozumiały.

Tabele 25 do 40 wymagają pełnych objaśnień wierszy nagłówkowych jak poniżej:

- (kolumna 2) wsp. b – współczynnik kierunkowy prostej o równaniu $y = bx + a$

kąta nachylenia prostej regresji względem osi X,

- (kolumna 3) błąd b – błąd oszacowania współczynnika b (szacunkowy błąd średni),

$$b = \frac{s}{\sqrt{N}} \quad s - \text{odchylenie standardowe, } N - \text{liczba obserwacji,}$$

- (kolumna 4 i 5) -95 % CL; +95% CI – przedział ufności,

- (kolumna 6) stat t – statystyka testowa (test współczynnika korelacji),

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-2} \quad r - \text{Pearsona (wzór Gosseta),}$$

- (kolumna 7) p – istotność statystyczna (krytyczny poziom istotności),
(całka po powierzchni z pola gęstości funkcji),

- (kolumna 8) powinno być β (beta) – standaryzowany współczynnik regresji,

$$\beta = \frac{b \cdot s_x}{s_y} \quad s_x - \text{odchylenie standardowe dla predykatora,}$$

s_y – odchylenie standardowe dla zmiennej zależnej.

- R – współczynnik korelacji,

- R^2 – współczynnik determinacji (D).

Do dyskusji podrozdziały i rozdziały:

- (3.1.1). Urabianie skał na bloki,
- (3.1.3). Strzelanie rozluźniające ,
- (4). Koszty robót wiertniczo-strzałowych
- (5). Organizacja i zarządzanie w zakładach górniczych.

Nie wiążą się one w pełni z głównym tematem pracy. Wprawdzie Autor w rozdziale 8 pisze o zarządzaniu w robotach strzelniczych, a w rozdziale 4 określa koszty robót wiertniczo - strzelniczych w kopalni kruszyw, nie odnosi ich jednak do rozwiązywanego przez siebie tematu.

Wymienione rozdziały i podrozdziały mogą być inspiracją i przedmiotem dalszych badań. Rzecz warta do rozpatrzenia przez Autora.

7. Ocena pracy jako rozprawy doktorskiej

Na podstawie przedstawionej pracy doktorskiej Arkadiusza Grześkowiaka pt. *Optymalizacja robót strzałowych w górnictwie skalnym* stwierdzam, że Autor w sposób właściwy sformułował problem naukowy i rozwiązał go w sposób samodzielny z zastosowaniem metod badawczych. Zakres jego wiedzy z zakresu dyscypliny naukowej, której praca dotyczy jest wystarczający. Stwierdzam też, że Arkadiusz Grześkowiak opanował techniki pisania pracy naukowej oraz posiada umiejętność samodzielnego jej prowadzenia.

Szczególnego wyróżnienia wymagają bardzo duże wiadomości z zakresu samodzielnej pracy z programami edytorskimi tekstu i w zastosowaniach inżynierskich, jak: pakiet Microsoft Office, arkusz kalkulacyjny Excel, obróbka filmów Pinnacle Studio, obliczanie długości spękań na ociosach i tworzenie modeli przestrzennych zabierek w programie MicroStation, do obliczenia krzywych składu ziarnowego na usypie programu PowerSieve 3.0, do obliczeń statystycznych programy PQStat i Statistica, do sporządzenia rysunków Corel Draw, do obróbki danych z pomiarów drgań Vibraloc Event.

Arkadiusz Grześkowiak pracował 6 miesięcy w kopalniach Siedlimowice i Góra Kamienista należących do NCC Industri Kruszywa (na pełnym etacie) oraz 6 miesięcy w kamieniołomie granitu „KWARC” Sp. z o.o (w niepełnym wymiarze godzin). Posiada zatwierdzenie OUG Wrocław na niższy dozór ruchu w specjalności technicznej górniczej w odkrywkowych zakładach górniczych, ukończony kurs specjalistyczny dla osób kierujących działem techniki strzałowej i ukończone szkolenie w zakresie nadzoru nad pracami z zastosowaniem materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego. Ponadto otrzymał liczne wyróżnienia i nagrody związane z pracą zawodową.

8. Wnioski końcowe

Recenzowana praca jest podsumowaniem dużej wiedzy Arkadiusza Grześkowiaka z zakresu stosowania techniki strzelniczej w górnictwie odkrywkowym, jej wpływem na otoczenie oraz sposobów ograniczania niekorzystnych oddziaływań na środowisko. Wiedza ta ma charakter naukowy, jak i użytkowy, co jest wynikiem jego wieloletniej pracy w Instytucie

badawczym oraz w kopalniach w charakterze dozoru górniczego. Autor potrafi samodzielnie formułować tematy naukowe prac, prowadzić je i wdrażać.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Arkadiusza Grześkowiaka pt. *Optymalizacja robót strzałowych w górnictwie odkrywkowym* posiada walory naukowe i aplikacyjne oraz spełnia ustawowe wymagania dotyczące rozpraw doktorskich zawarte w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003.65.595 z późn. zm.).

Stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie mgr inż. Arkadiusza Grześkowiaka do publicznej obrony.

Władysław Hryniuk