

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Aleksandra WRANY pt. „Wpływ parametrów płotów węglowych na deformację chodników przyścianowych przed frontem ściany”

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Aleksandra Wrany pt. „Wpływ parametrów płotów węglowych na deformację chodników przyścianowych przed frontem ściany” opracowana została na podstawie zlecenia Dyrektora Głównego Instytutu Górnicztwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Katowicach z dnia 10 czerwca 2024 r. realizującego Uchwałę Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnicztwa – Państwowego Instytutu Badawczego.

Przedmiotowy przewód doktorski prowadzony jest zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki w związku z art. 179 ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

2. Ocena celowości podjęcia badań

Przygotowanie do eksploatacji partii pokładu wymaga wykonania wielu wyrobisk przygotowawczych, które drążone są często ze znacznym wyprzedzeniem czasowym w stosunku do prowadzenia eksploatacji i przez to utrzymywane są w długim okresie czasu. Wyrobiska te spełniają podstawowe funkcje technologiczne związane z odstawą urobku, transportem, wentylacją czy odwadnianiem, co wymaga zapewnienia wymaganej wielkości przekroju poprzecznego poprzez zastosowanie odpowiedniego systemu zabezpieczenia wyrobiska.

Wyrobiska przygotowawcze, a w szczególności chodniki przyścianowe lokalizowane są w bezpośrednim sąsiedztwie zrobów poeksploatacyjnych. Mogą one bezpośrednio przylegać do zrobów lub mogą być oddzielone od zrobów pozostawionym filarem węglowym. Pierwszy schemat był powszechnie stosowany w przypadku utrzymywania dla potrzeb eksploatacji kolejnej ściany jednego z chodników (najczęściej podścianowego), który dla drugiej ściany spełniał funkcję chodnika nadścianowego (wentylacyjnego). Wykonywanie i utrzymywanie chodników przyścianowych w jednostronnym otoczeniu zrobami sprzyja wymianie gazowej układu wyrobiska kopalni – zroby poeksploatacyjne oraz tworzy niekorzystny z punktu widzenia warunków utrzymania wyrobiska niesymetryczny, zmienny układ geotechniczny.

Względy technologiczne (np. wzrost prędkości postępu ścian, wymagania w zakresie wielkości przekroju poprzecznego wyrobisk przyścianowych, względy bezpieczeństwa itp.) spotęgowały trudności w zapewnieniu wymaganych gabarytów przekroju poprzecznego chodnika utrzymywanego za frontem ściany i stały się podstawą do uzasadnienia celowości jego likwidacji, a dla potrzeb eksploatacji kolejnej ściany drążony jest nowy chodnik

z pozostawieniem od strony zrobów filaru węglowego (tzw. płotu). Pozostawienie filaru węglowego wzdłuż chodnika drążonego i utrzymywanego wzdłuż zrobów wcześniej wybranej ściany, oprócz względów technologicznych w zakresie drążenia chodnika, izoluje go od zrobów ograniczając przepływ powietrza z wyrobiska do zrobów i wypływ gazów ze zrobów do wyrobiska oraz zmniejsza niesymetrię układu warunków geotechnicznych w jego otoczeniu. Z drugiej zaś strony z uwagi na małą szerokość filaru (płotu) i zmienne, zwiększone naprężenia w górotworze filary mogą ulegać spękanom, co umożliwiać będzie migrację powietrza powodując zagrożenia pożarami endogenicznymi.

Mając świadomość, że na obszarach prowadzenia eksploatacji występują zmienne warunki tak pod względem budowy jak i właściwości masywu, zagrożeń naturalnych, technologii robót górniczych, mechanizacji prac, wymagań bezpieczeństwa pracy, wydajności, efektywności produkcji itd. konieczne jest rozpoznanie w ramach prac badawczych i rozwojowych korzystając z nowych metod i narzędzi do opisu procesów zachodzących w górotworze pod wpływem prowadzenia robót górniczych oraz tworzenie nowych metod i narzędzi stosowanych w procesie projektowania eksploatacji złoża.

Dotychczasowe obserwacje, jak stwierdził Doktorant, wykazują, że w ostatnim okresie wraz ze zmianami warunków prowadzenia eksploatacji oraz utrzymywania wyrobisk przygotowawczych i wynikających z nich wymagań stosowane metody określania szerokości filarów węglowych oparte są głównie o lokalne doświadczenia i nie gwarantują w pełni zapewnienia bezpieczeństwa pracy i skuteczności zabezpieczenia wyrobisk. Przedstawiona do recenzji praca dotyczy tego właśnie bardzo ważnego z punktu widzenia bezpieczeństwa i efektywności eksploatacji górniczej zagadnienia.

Biorąc zatem powyższe pod uwagę stwierdzam, że podjęcie tematu jest jak najbardziej celowe, a wyniki badań oczekiwane zarówno przez ośrodki badawcze jak i w szczególności przez praktykę górniczą.

3. Ogólne omówienie pracy

Przedstawiona do recenzji praca składa się z 106 ponumerowanych stron maszynopisu zawierającego streszczenie w j. polskim i j. angielskim, spis treści, 10 rozdziałów zawierających obok tekstu 29 tabel i 57 rysunków, spis literatury, spis tabel oraz spis rysunków.

Streszczenia w j. polskim i j. angielskim o objętości ok. 1,5 strony każde zawiera uzasadnienie celowości podjęcia badań oraz syntetyczny opis zawartości pracy.

Rozdział 1 liczący 2 strony zawiera wprowadzenie, w którym Doktorant przedstawił ogólne tło poruszanych w pracy zagadnień.

Rozdział 2 liczący niespełna 2 strony zawiera cel i zakres pracy. Doktorant sformułował cel naukowy pracy jako „*określenie wpływu wybranych czynników geologiczno-górniczych oraz parametrów geometrycznych płotu węglowego na deformację chodników przyścianowych przed frontem eksploatacji*”. Jako cel użyteczny Doktorant wyznaczył „*opracowanie metody oceny skojarzonego ryzyka utraty funkcjonalności chodników przyścianowych, uwzględniającej ich deformację oraz zagrożenie szczelinowymi pożarami endogenicznymi*”.

Dla osiągnięcia celów pracy założono zakres obejmujący rozpoznanie literaturowe tematu, badania dołowe deformacji chodników przyścianowych oddzielonych od zrobów poeksploatacyjnych płotem węglowym, obliczenia numeryczne wpływu szerokości płotu węglowego na deformację wyrobiska przyścianowego i stopień spękań płotu węglowego

oraz opracowanie wzorów empirycznych dla obliczania liniowej gęstości spękań, metody prognozowania deformacji chodników przyścianowych wykonanych i utrzymywanych w warunkach pozostawienia płotu węglowego oraz metody oceny skojarzonego ryzyka utraty funkcjonalności chodników przyścianowych.

W rozdziale 3 na 9 stronach Doktorant podjął temat wpływu parametrów płotów węglowych na deformację chodników przyścianowych. Opis rozpoczął od omówienia wpływu parametrów geometrycznych płotów węglowych skupiając się głównie na szerokości i smukłości płotu. W oparciu o literaturę głównie zagraniczną podał przykłady doświadczeń stosowania płotów węglowych do ochrony chodników przyścianowych. Następnie podjął temat wpływu parametrów wytrzymałościowych węgla oraz górotworu w stropie i spągu eksploatowanego pokładu na deformację chodników przyścianowych, przedstawiając konkretne przykłady z kopalń zagranicznych. W dalszej części rozdziału Doktorant podjął temat wpływu nachylenia warstw skalnych na deformację chodnika przyścianowego i sąsiadującego płotu węglowego przedstawiając przykłady opublikowane w pracach zagranicznych wyników badań dołowych i modelowania numerycznego. W podsumowaniu stwierdził, że w wielu krajach prowadzono badania dołowe oraz symulacyjne z wykorzystaniem modelowania numerycznego, dla oceny wpływu różnych parametrów filarów węglowych na ich nośność i ich wpływ na deformację chodników przyścianowych.

W rozdziale 4 liczącym niespełna 10 stron Doktorant zawarł opis wybranych metod projektowania filarów węglowych stosowanych w górnictwie światowym wykorzystujących metody empiryczne, analityczne oraz modelowanie numeryczne. Autor wyniki przywoływanych prac przedstawił w formie opisu słownego, równań empirycznych, rysunków i wykresów. Podsumowując przedmiotowy rozdział stwierdził, że opisane metody nie pozwalają na określenie stopnia deformacji chodnika zlokalizowanego przy płocie węglowym. W dostępnej literaturze do projektowania eksploatacji szerokie zastosowanie w przeważającej większości znajdują się metody prognozowania deformacji chodników, które nie uwzględniają sąsiedztwa płotów węglowych. W literaturze szeroko przedstawia się metody modelowania numerycznego oparte o metodę elementów skończonych, metodę elementów brzegowych, metodę różnic skończonych czy metodę elementów rozdzielnych. Metody te wykorzystujące profesjonalne oprogramowanie pozwalają na określenie pól naprężeń i przemieszczeń w filarze i otaczającym go górotworze. Metody te wymagają jednak przyjmowania wielu właściwości ośrodka i licznych założeń upraszczających, co prowadzi do konieczności kalibracji modeli w oparciu o obserwacje dołowe.

W rozdziale 5 liczącym niespełna 6 stron podjęto temat pożarów endogenicznych – szczelinowych w płotach węglowych. W rozdziale tym na tle danych statystycznych omówiono występowanie pożarów endogenicznych (szczelinowych) w otoczeniu wyrobisk korytarzowych, przy uwzględnieniu sposobu prowadzenia eksploatacji oraz stosowanych systemów wentylacji w kopalniach. W oparciu o literaturę omówiono podstawy oceny skłonności węgla do samozapalenia, mechanizm zjawiska pożaru endogenicznego, szczelinowego oraz zagrożenia pożarem endogenicznym szczelinowym w płocie węglowym przed frontem ściany.

Rozdział 6 liczący 20 stron stanowi jedną z podstawowych części rozprawy. Doktorant przedstawił przebieg i wyniki badań dołowych spękań płotów węglowych oraz deformacji chodników przyścianowych. Badania przeprowadzono w 28 stanowiskach pomiarowych zlokalizowanych w 10 chodnikach przyścianowych wykonanych w 7 pokładach. Badania deformacji chodników przyścianowych obejmowały makroskopową ocenę deformacji przekroju poprzecznego chodników oraz pomiary wysokości i szerokości wyrobiska. Na tej podstawie określono konwergencję poziomą i pionową oraz zmniejszenie pola przekroju

poprzecznego badanych wyrobisk w okresie od ich wykonania. Badania spękań płotów węglowych były prowadzone w tych samych stanowiskach pomiarowych w specjalnie wykonanych otworach za pomocą endoskopu otworowego. Wyniki badań przedstawiono w postaci opisu słownego, wykresów i zestawień tabelarycznych dla poszczególnych stacji pomiarowych, wyrobisk i mierzonych wielkości.

Zamieszczone w tym rozdziale rozprawy wyniki badań dołowych stanowiły podstawę do przeprowadzenia dalszych analiz oraz opracowania wzoru empirycznego dla oceny spękań płotów węglowych oraz metody prognozy deformacji chodników

W rozdziale 7 o objętości 10 stron Doktorant przedstawił sposób opracowania wzoru empirycznego dla oceny spękań płotów węglowych poprzez oznaczenie wskaźnika gęstości spękań. Do tego celu zastosował metody statystyczne. Analizę przeprowadził dla wszystkich 10 chodników przy uwzględnieniu 10 parametrów charakteryzujących warunki geotechniczne i górnicze. Efektem analizy statystycznej było uzyskanie wzoru dla obliczenia wskaźnika gęstości spękań. Opracowana metoda określania wskaźnika gęstości spękań w płotach węglowych została w następnych etapach pracy wykorzystana do kalibracji modeli numerycznych stosowanych do prognozy deformacji wyrobisk przyścianowych.

W rozdziale 8 liczącym ponad 17 stron Doktorant przedstawił jeden z elementów celu użytecznego pracy, a mianowicie swoją propozycję metody prognozy deformacji wyrobisk przyścianowych zlokalizowanych w sąsiedztwie płotów węglowych. Jest to również jedna z podstawowych części rozprawy. Symulacje przeprowadzono na modelach płaskich w postaci tarczy odwzorowującej budowę górotworu w rejonie wyrobisk, w których prowadzono badania dołowe przypisując poszczególnym warstwom właściwości określone na drodze badań laboratoryjnych i analiz teoretycznych. W modelach do obliczenia przemieszczeń górotworu oraz konwergencji wyrobisk wykorzystano program Phase2 oparty o metodę elementów skończonych z zastosowaniem modelu sprężysto – plastycznego i izotropowego, a warunek stanu granicznego określano według kryterium Hoek'a – Browna, w którym parametr m_b wyznaczano w oparciu o wskaźnik GSI. Obliczenia numeryczne prowadzono przy zmiennych wartościach wskaźnika GSI płotu węglowego dla każdego z przedmiotowych chodników. Zbudowano 10 modeli numerycznych odzwierciedlających budowę górotworu i sytuację górniczą poszczególnych chodników. Spośród uzyskanych wyników obliczeń w recenzowanej pracy zamieszczono mapy przemieszczeń całkowitych górotworu otaczającego poszczególne wyrobiska. W następnej kolejności w oparciu o wyniki modelowania numerycznego, według przyjętej w rozprawie metody postępowania, określono zależności między liniową gęstością spękań, a wskaźnikiem GSI płotu węglowego. Wyniki przeprowadzonych symulacji wykorzystano do porównania z wynikami badań dołowych, wykazując wysoką zgodność.

W rozdziale 9 liczącym 10 stron Doktorant przedstawił kolejny z elementów celu użytecznego pracy, a mianowicie swoją propozycję metody, która w uproszczony sposób pozwala na ocenę skojarzonego zagrożenia utraty funkcjonalności chodnika przy płocie węglowym wynikającego z warunków utrzymania chodnika i zagrożenia pożarem endogenicznym, szczelinowym. Metoda oparta jest o macierz warunków utrzymania chodnika przyścianowego przy płocie węglowym, a dla jej wykorzystania opracowano odpowiedni algorytm. Doktorant stwierdził, że wyniki oceny mogą być wykorzystane do wskazania koniecznych do zastosowania środków zapobiegawczych.

Kolejny rozdział 10 to podsumowanie i wnioski. Na 2 stronach sformułowano stwierdzenia końcowe podkreślające osiągnięcia pracy. Stwierdzono, że cele pracy zostały osiągnięte.

Na końcu pracy zamieszczono spis literatury, który liczy 103 pozycje (w tym ponad 60 % w języku obcym).

Praca zawiera również spisy 29 tabel i 57 rysunków.

4. Ocena merytoryczna pracy

Ocenę merytoryczną pracy przeprowadzono pod kątem następujących aspektów:

- sformułowanie problemu i celowość podjęcia tematu,
- rozeznanie literaturowe podjętego tematu,
- zastosowane metody badawcze,
- prezentacja, interpretacja i analiza wyników badań,
- elementy pracy stanowiące indywidualne osiągnięcie Doktoranta,
- osiągnięcie założonego celu i udowodnienie postawionej tezy,
- formalne aspekty pracy.

Recenzowana praca porusza ważny, zarówno z punktu poznawczego jak i utylitarne, problem dotyczący zapewnienia funkcjonalności chodników przyścianowych w podziemnych kopalniach węgla kamiennego. Dotyczy rozwiązania konkretnego problemu technicznego, dlatego biorąc pod uwagę aspekty przedstawione wcześniej (punkt 2 recenzji) podjęcie tematu jest uzasadnione. Swoje zainteresowania Doktorant skupił na zagadnieniach związanych z deformacjami chodników przyścianowych, rozwojem spękań płotów węglowych oraz zagrożeniem pożarami endogenicznymi. Temat oraz cel i zakres pracy sformułowane zostały poprawnie. Dla uszczegółowienia celów (głównie celu naukowego) podjętych badań korzystne byłoby sformułowanie tezy pracy.

Każda praca naukowa powinna zawierać przegląd dotychczasowych rozwiązań w zakresie prowadzonych badań oparty o literaturę. Opiniowana praca zawiera taki przegląd zamieszczony w rozdz. 3, 4 i 5.

Opisane w pracy doświadczenia górnictwa światowego dowodzą, że mimo prowadzenia w wielu krajach zarówno badań dołowych jak i badań opartych o modelowanie numeryczne, nie dopracowano się ogólnego opisu zachodzących zjawisk, co powodowało konieczność doboru szerokości filarów węglowych poprzez próby ruchowe w kopalniach.

Liczba zestawionych pozycji literatury oraz krytyczna analiza ich zawartości wskazuje na duże rozeznanie Doktoranta w przedmiotowym temacie i jego przygotowanie do pracy badawczej. Przedstawiony w pracy przegląd dotychczasowych doświadczeń w przedmiotowym zakresie jednak opiera się głównie do wybranych, wysoko punktowanych publikacji zagranicznych. Niedosyt zatem budzi chociażby wspomnienie o doświadczeniach polskich, które są co prawda starsze, ale dotyczą warunków występujących w kopalniach polskich.

W przeglądzie literaturowym Doktorant nie zawarł informacji z wymienionych w spisie literatury wielu pozycji, do części z nich się nie odwołał lub przywołał publikacje nie do końca związane z rozwiązywanym zadaniem.

Opiniowana praca dotyczy konkretnego przypadku technologicznego eksploatacji złoża węgla kamiennego. Stąd po zdefiniowaniu celów pracy, Doktorant, do ich osiągnięcia zastosował następujące metody badań:

- analizę geologiczno – geomechaniczną i górnictwo – techniczną,
- badania dołowe w wyrobiskach czynnych kopalń wraz z analizą statystyczną ich wyników,
- analizę numeryczną,
- algorytmizację zadań.

Analizy geologiczno – geomechaniczna oraz górnictwo – techniczna omówione zostały w rozdz. 6 pracy, który stanowi ogólne kompendium wiedzy w zakresie lokalizacji, warunków geologiczno – górniczych, parametrów technicznych wyrobisk oraz metod ich zabezpieczenia.

Jednym z elementów wkładu własnego Doktoranta w rozwój dyscypliny jest zaprojektowanie i przeprowadzenie badań dołowych w wyrobiskach przyścianowych czynnych ścian. Badania te w każdym stanowisku pomiarowym prowadzone były w trzech sytuacjach górniczych, co zawsze w warunkach czynnej kopalni stwarza wiele problemów technicznych i organizacyjnych. Doktorantowi przeprowadzenie tych badań w pełni się powiodło.

Analizę zasadniczo oparł na następujących założeniach:

- badania prowadzono w 28 stanowiskach pomiarowych zlokalizowanych w 10 chodnikach przyścianowych, zlokalizowanych w 8 pokładach występujących w 7 kopalniach węgla kamiennego,
- miąższość pokładów wynosiła 2,0 – 11,8 m,
- rozpatruje się chodniki przyścianowe w pokładach orzeskich, rudzkich i siodłowych utrzymywane zarówno poza jak i w strefach wpływów eksploatacji górniczej,
- wyrobiska zlokalizowane są na głębokości 392 – 1055 m,
- prędkość postępu ściany 2 – 4 m/d,
- górotwór w otoczeniu analizowanych wyrobisk zbudowany jest z typowych skał karbońskich – głównie z ilowców, piaskowców, mułowców i węgla,
- analizą objęto wyrobiska o wielkości przekroju poprzecznego w świetle obudowy w granicach: szerokość: 5,0 – 6,1 m, wysokość: 3,5 – 4,2 m,
- analizowane wyrobiska zabezpieczone zostały stalową obudową odrzwiową podatną wykonaną z kształtownika V29 lub V32 w rozstawie 0,5 – 1,0 m.

Zaplanowane badania poprzez odpowiedni wybór lokalizacji stacji pomiarowych, obejmowały zróżnicowane warunki utrzymania wyrobisk.

Badania dołowe w wybranych wyrobiskach przyścianowych prowadzone dla 3 przypadków wpływów czynnego frontu eksploatacyjnego obejmowały:

- makroskopową ocenę deformacji obudowy chodnika,
- pomiary szerokości i wysokości przekroju chodnika,
- badania spękań płotu węglowego.

Pomiary wysokości i szerokości przekroju chodnika prowadzono pomiędzy punktami w stropie, spągu i ociosach wyrobiska, co pozwalało na określenie konwergencji pionowej i poziomej, a po uwzględnieniu makroskopowej oceny deformacji przekroju chodnika konwergencji przekroju poprzecznego chodnika. Niedosyt budzi zbyt ogólny opis metody badań oraz brak wielkości początkowych przekroju wyrobiska. Należy również stwierdzić, że przyjęta metoda badań pozwala na określenie konwergencji od momentu wykonania wyrobiska bez możliwości wydzielenia deformacji wynikającej z okresu istnienia wyrobiska oraz od wpływów czynnego frontu eksploatacyjnego. Stanowi to trudność w szczegółowej ocenie badanego procesu.

Wyniki pomiarów przedstawiono w sposób poprawny i czytelny. Uwagi jakie można zgłosić w tym przypadku, to przybliżony sposób wykreślenia wielkości i kształtu zaciśniętego przekroju poprzecznego chodnika oraz zamieszczenie wyników pomiarów w różnych częściach pracy.

Badania spękania płotu węglowego prowadzono w tych samych stanowiskach pomiarowych w specjalnie wykonanych otworach za pomocą endoskopu otworowego. Te

pomiary nie budzą zastrzeżeń. Wyniki badań po ich opracowaniu przedstawiono tabelarycznie.

Zaprezentowane w rozprawie wyniki badań dołowych stanowiły podstawę do przeprowadzenia dalszych analiz oraz opracowania wzoru empirycznego dla oceny spękań płotów węglowych. Aby to osiągnąć, Doktorant opracował wzór empiryczny dla oceny spękań płotów węglowych. Do tego celu zastosował metody statystyczne oparte o analizy wielkowymiarowe i analizę składowych głównych. Analizę przeprowadził dla wszystkich 10 chodników przy uwzględnieniu 10 parametrów charakteryzujących warunki geotechniczne i górnicze. Opracowana metoda statystyczna określania wskaźnika gęstości spękań w płotach węglowych może być stosowana do prognozy spękań płotu węglowego w wyniku oddziaływania czynnego frontu eksploatacyjnego oraz może być wykorzystana do prognozy deformacji wyrobisk przyścianowych np. do kalibracji modeli numerycznych.

Kolejną metodą badawczą zastosowaną do rozwiązania postawionego w pracy zadania była analiza numeryczna, którą przeprowadzono wykorzystując program Phase2, oparty o metodę elementów skończonych (MES), w płaskim stanie odkształcenia. Problem rozwiązywano budując płaskie modele odzwierciedlające górotwór w otoczeniu analizowanych wyrobisk charakteryzując poszczególne warstwy właściwościami, których wartości przyjęto na podstawie dokumentacji. Wątpliwości budzi utożsamianie narzędzi (programów komputerowych) z metodami obliczeń. Programy komputerowe są narzędziem pozwalającym na przeprowadzenie skomplikowanych obliczeń w krótkim czasie i z reguły mają różne opcje do wyboru. W rozwiązaniu problemów naukowych istotą są metody obliczeń, na które powinno się głównie powoływać. W opiniowanej pracy jako metodę modelowania wykorzystano metodę elementów skończonych, ale również stosowano równania stanu granicznego (kryterium Hoek'a - Browna), elementy rachunku statystycznego (np. obliczenia przy zmiennych wartościach wskaźnika GSI płotu węglowego, wykorzystanie zmienności spękań płotu wg opracowanego równania) itp.

Badania na modelach numerycznych oceniam jako poprawne. Zastosowanie modeli płaskich w przypadku wyrobisk korytarzowych, gdy wymiar wybiegu (długości) wyrobiska w stosunku do jego przekroju jest duży i trzeci wymiar modelu nie wpływa zasadniczo na wyniki analizowanych procesów w obliczeniach inżynierskich jest dopuszczalne. W analizach poznawczych procesów geomechanicznych zalecałbym jednak stosowanie modelu przestrzennych. Dotyczy to głównie badaniom zjawisk zachodzących w zmiennym polu naprężeń i odkształceń (np. w warunkach wpływu czynnego frontu eksploatacyjnego), a z takim przypadkiem mamy do czynienia w przedmiotowej pracy.

Kolejną metodą badań zastosowaną do rozwiązania postawionego w pracy zadania jest algorytmizacja zadań zastosowana w opracowaniu metody oceny skojarzonego ryzyka utraty funkcjonalności chodnika przyścianowego przy płocie węglowym, która jest zapewniona, gdy utrzymane są odpowiednie gabaryty jego przekroju poprzecznego dla celów wentylacyjnych i transportowych, ale także związana jest z ryzykiem wystąpienia szczelinowych pożarów endogenicznych. Opracowany w niniejszej dysertacji algorytm, pozwala na określanie ogólnych warunków utrzymania chodnika przy płocie węglowym, tj. pola przekroju poprzecznego wyrobiska i gęstości liniowej spękań płotu węglowego.

Podsumowując ocenę zastosowanych w pracy metod badawczych stwierdzam, że zastosowane w pracy metody badawcze w odniesieniu do jej celu, dobrane zostały prawidłowo.

W trakcie realizacji pracy Doktorant korzystając z różnych metod badawczych i dotyczących różnych parametrów uzyskał wiele wyników, które w pracy przedstawił w postaci tabel, wykresów, wzorów lub map. Prezentacja wyników badań i analiz jest

czytelna. Korzystne dla celu poznawczego jest powiązanie wyników badań modelowych z wynikami badań dołowych i laboratoryjnych. Pokazuje to możliwość wykorzystania w praktyce wyników badań uzyskanych różnymi metodami. Przedstawienie, interpretację oraz analizę wyników badań w opiniowanej pracy oceniam pozytywnie.

Do elementów pracy stanowiących indywidualne osiągnięcie Doktoranta można zaliczyć:

- a) zaprojektowanie i przeprowadzenie w wytypowanych 10 chodnikach przyścianowych w 28 stacjach pomiarowych badań polowych o powtarzalnym zakresie rzeczowym, sytuacyjnym i czasowym obejmujących pomiary wysokości i szerokości chodników dla określenia konwergencji i deformacji ich przekrojów poprzecznych oraz badań spękania płotu węglowego,
- b) powiązanie ze sobą badań laboratoryjnych, polowych, analizy statystycznej oraz obliczeń numerycznych w aspekcie ich wykorzystania do określenia spękań płotów węglowych i deformacji chodników przyścianowych,
- c) uwzględnienie zmienności wartości wskaźnika GSI płotu węglowego w oparciu o zmienność jego gęstości spękań wyznaczonej z wzoru empirycznego,
- d) opracowanie metodyki i algorytmu oceny ryzyka utraty funkcjonalności chodnika przyścianowego przy płocie węglowym przed frontem ściany.

Cel naukowy pracy jako „*określenie wpływu wybranych czynników geologiczno-górnicznych oraz parametrów geometrycznych płotu węglowego na deformację chodników przyścianowych przed frontem eksploatacji*” został osiągnięty, gdyż w zaproponowanej w dysertacji metodyce prognozowania zachowania funkcjonalności chodników przyścianowych uwzględniono:

- wpływ wybranych parametrów geologiczno – górniczych, takich jak wysokość ściany, budowa otaczającego górotworu i jego właściwości wytrzymałościowe, prędkość postępu ściany, głębokość lokalizacji itp., co potwierdzono w dysertacji analizą statystyczną,
- wpływ smukłości płotu oraz gęstości jego spękań.

Cel utylitarny w brzmieniu „*opracowanie metody oceny skojarzonego ryzyka utraty funkcjonalności chodników przyścianowych, uwzględniającej ich deformację i zagrożenie szczelinowymi pożarami endogenicznymi.*” został osiągnięty, gdyż w rozdz. 9 Doktorant przedstawił taką metodykę.

Niedosyt budzi brak bardziej szczegółowych stwierdzeń i wniosków wynikających z prowadzonych badań i analiz potwierdzających osiągnięcie celów pracy.

Praca napisana została poprawnie pod względem językowym, jej układ i struktura jest prawidłowa. Cel pracy został jasno i dokładnie sformułowany. Zaplanowany i zrealizowany zakres badań umożliwił osiągnięcie założonych celów. Praca zawiera zatem wszystkie elementy wymagane w pracach naukowych.

Biorąc powyższe pod uwagę, recenzowaną pracę doktorską oceniam pozytywnie, gdyż zawiera ona oryginalne, własne badania Doktoranta i wnosi nowe rozwiązania do reprezentowanej przez Niego dyscypliny naukowej. Wyniki tej pracy mogą być wykorzystane w pracach badawczych, projektowych oraz praktyce górniczej.

5. Uwagi krytyczne i zapytania do pracy

Recenzowana praca doktorska, jak już wcześniej wspomniano, zawiera elementy, które stanowią własny wkład Doktoranta. Doktorant nie ustrzegł się jednak pewnych niedociągnięć i błędów, które wymagają dodatkowych wyjaśnień, a mianowicie:

- W pracy Doktorant podjął temat deformacji chodników przyścianowych utrzymywanych wzdłuż płotu węglowego. W przeglądzie literatury podał wiele przykładów badań wspominając również, że wiele dotychczasowych badań dotyczyło utrzymania chodników przyścianowych bezpośrednio przylegających do wybieranej parceli (bez pozostawienia płotu węglowego). Jakie główne różnice deformacji chodników przyścianowych dla tych dwóch przypadków Pan stwierdził podejmując decyzję o podjęciu swoich badań ?
- Na str. 37 w tabeli 6.2 dla poszczególnych wyrobisk podano średnioważone wartości wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie skał stropowych, węgla i spągu. Z zamieszczonych w pracy profili geologicznych wynika, że górotwór otaczający pokłady jest uwarstwiony i zbudowany z warstw o różnej grubości i właściwościach. Jak określono podane wartości i o jakiej miąższości pakiet skał w stropie i w spągu był przyjmowany do analizy ?
- Na str. 38 w tabeli 6.3 podano stosowane w poszczególnych chodnikach sposoby wzmocnienia obudowy ŁP. Moment wykonania wzmocnienia obudowy z punktu widzenia zachowania stateczności ma podstawowe znaczenie. W jakim okresie istnienia wyrobiska lub w jakiej odległości od czoła ściany te wzmocnienia były wykonywane ? W tab. 6.4 – 6.13 nie zawsze jest to podane.
- W wybranych chodnikach zabudowano 3 bazy pomiarowe, z których pierwsza według przyjętych założeń lokalizowana była w miejscu znajdującym się jeszcze poza wpływami eksploatacji górniczej. Według jakiego kryterium określano tą odległość (brak wpływów czynnego frontu eksploatacyjnego) ?
- Wątpliwość budzi sposób określenia w tabeli 6.14 gęstości spękań, gdyż zgodnie ze wzorem (8) w części przypadków nie jest określona dla całej długości otworu. Jaka przyjęto długość odcinka pomiarowego ?
- Na str. 54 w tab. 6.15 podano wielkość zaciskania pionowego i poziomego badanych chodników. Jakie przyjęto wartości początkowe wysokości i szerokości chodników ? Jak na podstawie zmiany dwóch wymiarów określono pole przekroju zaciśniętego chodnika ?
- W rozdziale 6.2 przedstawione są modele numeryczne poszczególnych wyrobisk z zaznaczeniem, że modele odwzorowują profile geologiczne rejony baz pomiarowych w wyrobiskach. Porównując rys. 8.2 – 8.11 z profilami prezentowanymi w tab. 6.4 – 6.13 w niektórych przypadkach model nie w pełni odpowiada odpowiedniemu profilowi geologicznemu, np. chodniki nr 4, 5, 6, 7, 8, 9 i 10. Czy i jak uwzględniono przyjęte uproszczenia lub zmiany warstw w obliczeniach numerycznych ?
- Na rys. 8.13 – 8.22 przedstawiono mapy przemieszczeń całkowitych górotworu otaczającego badany chodnik. Z map tych wynika wyraźna niesymetria procesu przemieszczeń górotworu w kierunku chodnika, podczas gdy na szkicach w tab. 6.4 – 6.13 deformacje nie wykazują tak wyraźnej niesymetrii.

Oprócz wymienionych powyżej problemów do dyskusji w pracy stwierdzono sformułowania dyskusyjne oraz błędy edytorskie i formalne, które zalecam uwzględnić w trakcie przygotowania pracy do upowszechnienia, np. :

- Odwołania do literatury powinny być kierowane bezpośrednio do źródła, a nie do publikacji już przywołującej dany pogląd z innego źródła. W spisie literatury podano pozycje, na które nie powołano się w tekście pracy, jak również niektóre zamieszczone pozycje nie mają, lub mają dość luźny związek z rozpatrywaną problematyką.
- Na str. 15 na rys. 3.5 przedstawiono wykres wpływu szerokości filaru węglowego na wartość współczynnika F_{KB} , który wpływa na wartość zaciskania chodnika. Jakie jest znaczenie fizyczne lub od jakich parametrów zależy wartość tego współczynnika?

- Na str. 16 podpis rys. 3.6 brzmi: „Konwergencja w chodniku z 8-metrowym płotem węglowym” – powinno być „Konwergencja przekroju chodnika utrzymywanego wzdłuż płotu węglowego o szerokości 8 m”
- Na str. 18 w podpisie rys. 3.10 używa się pojęć „filar węglowy” i „płot węglowy”. Dla poprawy komunikatywności tekstu ten sam obiekt powinien być nazywany konsekwentnie tą samą nazwą.
- W rozdziale 3.3 rozpatruje się wpływ nachylenia pokładu węgla na zaciskanie chodnika przyścianowego przy płocie. Celowe jest określenie kierunku nachylenia pokładu w stosunku do kierunku chodnika.
- Na str. 20 i na str. 21 – wzór (4) używa się określeń „wytrzymałość filara” oraz „wytrzymałość węgla”. Pojęcie wytrzymałości jest stałą materiałową, zaś parametrem charakteryzującym konstrukcję jest „nośność”. Poprawnie byłoby: „wytrzymałość węgla” oraz „nośność filaru”.
- Na str. 27 w akapicie 2 od góry występuje niezgodność z podpisem rys. 4.5. Polega ona na tym, że w tekście przywołuje się rys. 4.5 jako „Modelowania numeryczne zostało także wykorzystane dla prognozy rozkładu naprężeń pionowych wokół wyrobiska chodnikowego prowadzonego przy płocie”, natomiast podpis rysunku brzmi: „Rozkład naprężeń pionowych wokół wyrobiska ścianowego prowadzonego wzdłuż płotu”.
- Na str. 32 – wiersz 6 od dołu – jest: „Pożary endogeniczne (szczelinowe) najczęściej są kojarzone z zapaleniem się węgla na ociosie wyrobisk korytarzowych z wentylacją opływową oraz drążonych wyrobisk z wentylacją odrębną ...”. Zdanie to powinno brzmieć: „Pożary endogeniczne (szczelinowe) najczęściej są kojarzone z zapaleniem się węgla w ociosie wyrobisk korytarzowych z wentylacją opływową oraz drążonych wyrobisk z wentylacją odrębną”.
- W rozdziale 5 omawiając zagadnienie pożarów endogenicznych nie wspomniano o pożarach w zrobach poeksploatacyjnych.
- W tab. 6.5 – 6.14: „Mapy sytuacyjne z lokalizacją baz pomiarowych” są schematami lokalizacji baz pomiarowych, gdyż nie zachowano ani skali mapy, ani nawet proporcji wymiarowanych odległości; szkic sytuacyjny przedstawia jakościowo charakter deformacji przekroju chodnika, jednak brak informacji czy dotyczy on końcowej deformacji chodnika, czy uwzględnia też stany pośrednie ?
- W tekście pracy występują nieliczne błędy edytorskie (np. str. 65 1 wiersz od dołu – brak wzoru, rys. 8.13 – 8.22 oraz 9.4 – 9.6 – mało czytelna legenda), gramatyczne (np. str. 27 wiersz 2 od góry, i literówki (np. str. 27 wiersz 9 od góry, 1 wiersz od dołu, str. 45 tab. 6.6 – podziałka obudowy, str. 62 opis składnika losowego z wzoru (15), str. 72 wzór (21) – niezgodność symboli we wzorze z ich opisem, str. 91 wiersz 10 od góry,)

Wymienione powyżej uwagi krytyczne i zapytania do recenzowanej pracy nie obniżają zasadniczej jej wartości merytorycznej, którą ogólnie oceniam pozytywnie. Bardzo szeroki zakres przeprowadzonych badań i uzyskane tą drogą bogate wyniki mogą być wykorzystane zarówno w praktyce jak i w planowaniu dalszych badań nad problemem doboru obudowy dla wyrobisk korytarzowych zlokalizowanych w podziemnych kopalniach węgla kamiennego.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Recenzowana praca wykonana została poprawnie pod względem merytorycznym i posiada zarówno walory poznawcze jak i użytkowe. Stanowi samodzielne rozwiązanie przez Doktoranta problemu naukowego z zakresu geomechaniki górniczej i eksploatacji

podziemnej złóż. Doktorant wykazał się opanowaniem wiedzy teoretycznej z zakresu reprezentowanej dyscypliny „inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka” (daw. „Górnictwo i geologia inżynierska”) oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w tej dyscyplinie. Tym samym spełnił wymogi formalne stawiane pracom doktorskim.

W związku z tym stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Aleksandra WRANY pt. „Wpływ parametrów pólów węglowych na deformację chodników przyścianowych przed frontem ściany” spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki w związku z art. 179 ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. „Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. Wniosuję zatem do Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Katowicach o dalsze procedowanie przewodu i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

