

**Prof. dr hab. inż. Nikodem Szlązak**  
Akademia Górniczo - Hutnicza  
im. Stanisława Staszica w Krakowie  
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
Katedra Górnictwa Podziemnego  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
tel. +48(0)12 617-22-46, kom.(0601) 439373  
e-mail:szlazak@agh.edu.pl

Kraków 21.07.2016

### **Recenzja**

rozprawy doktorskiej **mgra inż. Arnolda Przystolika**

pt.: ” **Metoda oceny szczelności izolacji zrobów i nieczynnych wyrobisk  
w kopalniach węgla kamiennego**”

### **Wstęp**

Recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Arnolda Przystolika dotyczy problematyki określenia szczelności otamowania wyrobisk nieczynnych i izolacji zrobów w kopalniach podziemnych.

Zakres pracy obejmuje omówienie:

- dotychczasowych metod oceny stopnia nieszczelności tam izolacyjnych,
- uwarunkowań stosowania tam izolacyjnych,
- wymagań przepisów regulujących prowadzenie robót górniczych w podziemnych kopalniach węgla kamiennego w zakresie izolacji zrobów i nieczynnych wyrobisk,
- wpływu czynników decydujących o przenikaniu gazów i szczelności tam izolacyjnych,
- opracowanie metody oceny stopnia szczelności izolacji otamowanych wyrobisk.

Praca ma charakter eksperymentalny.

Praca zawiera 160 stron maszynopisu (w tym 105 rysunków i 30 tabel) , złożona jest z siedmiu rozdziałów oraz wykazu literatury zawierającego 201 pozycji. Rozprawa napisana jest zwięźle a jej redakcję, ujęcie materiału oraz szatę graficzną należy uznać jako zadawalającą.

Recenzja wykonana jest na podstawie uchwały Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach z dnia 05.07.2016r.

### **Treść i tytuł pracy**

Stan szczelności otamowania wyrobisk może być oceniany w różny sposób - od oceny jakościowej do oceny ilościowej. W pierwszym przypadku jest to najczęściej ocena subiektywna uzależniona od wiedzy i doświadczenia kontrolującego, w drugim zaś przypadku wymaganych jest szereg pomiarów i obliczeń oraz urządzeń, a mimo to, ze względu na błędy pomiarowe, możemy nie uzyskać oczekiwanych rezultatów i nie otrzymamy wyników w postaci ilościowej. Z punktu widzenia praktyki wentylacji kopalń istnieje potrzeba poszukiwania metod umożliwiających kontrolowanie jakości przeprowadzanych izolacji nieczynnych wyrobisk.

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie do problematyki określenia szczelności tam wentylacyjnych. Jednym z etapów działalności górniczej jest likwidowanie lub izolowanie powstałych pustek poeksploatacyjnych, bezużytecznych bądź czasowo niewykorzystywanych

wyrobisk górniczych. Likwidację tychże wyrobisk i pustek przeprowadza się generalnie na dwa sposoby. Pierwszy polega na odizolowaniu czynnych wyrobisk od tych, których nie będzie się używać. Wykonuje się to za pomocą tam wentylacyjnych - izolacyjnych o bardzo różnej konstrukcji. Drugi sposób różni się od pierwszego tym, że przestrzeń za tamą izolacyjną jest likwidowana, najczęściej wypełniana materiałami dostarczonymi za tamę. Materiałem podszkawkowym w takim przypadku jest piasek, kamień, pyły elektrowniane, odpady cementowe lub ich mieszanina, które podawane są wraz z wodą. Czynność izolowania wyrobisk prowadzona jest stale w praktyce górniczej i należy do pracochłonnych i trudnych. Ze względu na praktyczny brak możliwości nie tyle wykonania, co utrzymania całkowicie szczelnych tam izolacyjnych, określenie ilości przenikającego przez nie powietrza jest bardzo istotne. Doktorant dochodzi do wniosku, że istnieje potrzeba poszukiwania nowych efektywnych sposobów, które pozwolą dokonywać właściwej oceny poziomu zagrożenia od strony nieczynnych już wyrobisk górniczych. Funkcjonujące zakłady górnicze węgla kamiennego, na co dzień zajmują się problematyką wyłączenia z ruchu zbędnych wyrobisk, szczelnego oddzielenia ich od czynnych wyrobisk i kontrolowaniem stanu atmosfery w zamkniętych przestrzeniach oraz przed tamami izolacyjnymi.

W rozdziale drugim zamieszczono tezę pracy doktorskiej i uzasadnienie celowości podjęcia badań. Autor pracy stwierdza, że „Celem naukowym pracy jest badanie i analiza pomiarów zmieniającego się ciśnienia w tamie izolacyjnej ( $\Delta p_T$ ) oraz badanie i porównanie zmian ciśnienia atmosferycznego na powierzchni ( $\Delta p_B$ ) ze zmianami różnicy ciśnień w wybranych tamach wentylacyjnych oraz w odpowiednim modelu. Pozwoli to zaobserwować i wykorzystać siłę korelacji zależności:

$$\Delta(\Delta p_T) = f(\Delta p_B)$$

do oceny skuteczności istniejącej izolacji od nieczynnych wyrobisk i zrobów..”.

Natomiast wg doktoranta „Celem praktycznym jest uzyskanie prostego „narzędzia”, które umożliwi obserwowanie w czasie (od momentu wykonania tamy izolacyjnej) skuteczności prac związanych z doszczelnianiem otoczenia tamy izolacyjnej (górotworu) i jej wyposażenia”.

W oparciu o przyjęty cel realizacji pracy doktorant stawia następującą tezę pracy doktorskiej:

**„długotrwała obserwacja i analiza zmian różnicy ciśnień w tamie izolacyjnej oraz istniejąca korelacja pomiędzy zmianami ciśnienia atmosferycznego a zmianami różnicy ciśnień w tamie izolacyjnej mogą być wykorzystywane do oceny stopnia szczelności izolacji zrobów i nieczynnych wyrobisk w górnictwie podziemnym”.**

Rozdział trzeci pracy zawiera przegląd literatury dotyczący wykorzystywanych metod określenia szczelności tam stosowanych w praktyce kopalnianej jak i badań prowadzonych w tym kierunku. Autor opiera się tu na literaturze polskiej poczynając od okresu profesora Budryka.

Doktorant stwierdza, że trudno znaleźć kryterium bezwzględne, inne niż opór aerodynamiczny tamy, które pozwoliłoby sklasyfikować jednoznacznie daną tamę i ocenić jej stopień szczelności. Dalej doktorant pisze, że o przenikaniu gazów przez tamę izolacyjną decydują, co najmniej jeszcze dwa parametry, tj. wielkość różnicy ciśnień wywołującej przepływ gazów i charakter tego przepływu. Znajomość charakterystyk i zarazem oporów aerodynamicznych tam wentylacyjnych, w tym tam izolacyjnych, z punktu widzenia obliczeń i regulacji sieci wentylacyjnej jest bardzo ważna, szczególnie w przypadku prowadzenia wariantowych obliczeń z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania komputerowego. W obliczeniach sieci wentylacyjnej w kopalniach istniejących, bocznice z tamami izolacyjnymi są najczęściej pomijane lub przyjmuje się wartość oporu dającą oczekiwany wynik w postaci minimalnego strumienia powietrza, przepływającego przez otamowaną bocznice. Generalnie można powiedzieć, że dąży się do stanu maksymalnej szczelności tamy izolacyjnej, jednak nie można wy-

razić tego w sposób liczbowy, co pozwoliłoby na dokonanie konkretnej klasyfikacji, do jakiej grupy lub jakim stopniem szczelności daną tamę można zaliczyć. W warunkach ruchowych kopalni praktyczne określenie oporu układu: tama izolacyjna – górotwór, jest bardzo trudne a często wręcz niemożliwe.

W dalszej części rozdziału dużo miejsca poświęca opisowi badań prowadzonych przez M. Dziurowicza w 1979 roku. Badania tam izolacyjnych przeprowadzone były w specjalnie zbudowanym tunelu, którego wymiary wynosiły 12,6x4,5x4,5m. Tamy, jakie były wykonywane wewnątrz tunelu badawczego, miały wymiary: od 3,5x3,5m do 1,45x1,49m, czyli były praktycznie w skali 1:1. Wentylator elektryczny wymuszał przepływ powietrza przez tunel i tamę. Regulację ilości powietrza prowadzono zasuwą. Spiętrzenie osiągało wartość do 1500Pa i regulowano je co 50 Pa. Celem pracy badawczej M. Dziurowicza było określenie stopnia szczelności tam izolacyjnych w zależności od parametrów geometrycznych, rodzaju użytego materiału i stopnia doszczelnienia.

W analizie literatury doktorant uwzględnił między innymi metody badania szczelności tam oparte o:

- badania składu atmosfery przed i za tamą izolacyjną,
- stosowanie gazów znacznikowych,
- wykorzystanie dodatkowej tamy płóciennej,
- kamery termowizyjne,
- wyrównywanie ciśnień,
- zastosowanie tamy regulacyjnej,
- bilans masy gazów,
- badania przenikania izotopów,
- numeryczne.

W podsumowaniu rozdziału autor stwierdza, że zarówno metody jakościowe, jak i ilościowe oceny szczelności tam izolacyjnych, są praktycznie mało bądź w ogóle niestosowane w kopalniach. Podstawowym i ciągle stosownym sposobem oceny szczelności tam izolacyjnych, w tym pożarowych, jest sposób opisany w Poradniku górnika t.III (1974) mówiący, że szczelność tam pożarowych bada się przez częste bielienie tam, przyległych ociosów i stropu wyrobiska na długości 3m od tamy. Rysy na bielonych tamach lub ociosach świadczą o powstałych szczelinach. Przepływ powietrza lub gazów przez tamę można czasami stwierdzić słuchowo. Stosowane zaś na szeroką skalę czujniki metanometrii automatycznej zabudowane pod tamami izolacyjnymi, służą praktycznie do stwierdzania ewentualnych wzrostów stężeń metanu lub przekroczeń progów alarmowych na czujnikach, czyli stwierdzenia pośrednio nieszczelności tam i wymuszają działania służb wentylacyjnych do uintensywnienia przewietrzania dojścia do tamy izolacyjnej, bądź konieczność jej doszczelnienia.

Rozdział czwarty zawiera rozważania dotyczące wymogów przepisów obowiązujących w kopalniach w zakresie badania i obserwacji tam wentylacyjnych oraz przepływu gazów przez układ tama górotwór. W oparciu o literaturę analizuje szczelność górotworu i migrację gazów szczelinami występującymi w górotworze w wyniku prowadzonej eksploatacji. Natomiast w drugiej części rozdziału doktorant przedstawia analizę wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego na różnicę ciśnień między wyrobiskiem i przestrzenią otamowaną.

Doktorant stwierdza, że obserwując zmiany różnicy ciśnień w tamie izolacyjnej w zależności od zmian ciśnienia atmosferycznego można wyróżnić kilka przypadków wzajemnych zależności. W czasie wyżki barycznej tama może być na plusie lub minusie, a w czasie niżki również tama może mieć tendencję wdechową lub wydechową. Sprowadzić można to jednak do dwóch przypadków wyżki i niżki barycznej, ze zmianą znaku występującej różnicy ciśnień w tamie i okresem zmiany znaku różnicy ciśnień w tamie. Doktorant w wyniku prowa-

dzonych rozważań dochodzi do wniosku, że „Teoretycznie, jeżeli tama miałaby opór nieskończenie duży, przyrostowi ciśnienia barycznego powinien odpowiadać taki sam co do wielkości spadek różnicy ciśnień w tamie i odwrotnie w przypadku niżki barycznej. Punkty o współrzędnych  $(\Delta p_b; \Delta(\Delta p_T))$  powinny ułożyć się na prostej przechodzącej przez środek układu współrzędnych i nachylonej pod kątem  $\alpha = 135^\circ$ , czyli współczynnik nachylenia tej teoretycznej prostej, którą można by nazwać *prostą szczelności tamy (prostą szczelności izolacji zrobów lub nieczynnych wyrobisk)*, powinien być równy -1. Dla tam rzeczywistych wartość współczynnika nachylenia tej prostej będzie w przedziale od (0;- 1). Im tama będzie miała większy opór aerodynamiczny, tym wartość współczynnika kierunkowego będzie bliższa wartości -1. Dla tamy całkowicie nieszczelnej, na której różnica ciśnień  $\Delta p_T = 0$ , zmiana różnicy ciśnień  $\Delta(\Delta p_T) = 0$ , *prosta szczelności tamy* pokrywać się będzie z osią odciętych”.

Rozdział piąty zawiera metodykę prowadzonych badań. W pierwszej części rozdziału doktorant przedstawił analizę wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego na różnicę ciśnień na jednej z tam izolujących kompleksy zrobów w pokładzie 510 na poziomie 665m. W oparciu o wykonane pomiary stwierdzono dużą zmienność różnicy ciśnień w tamie w zależności od zmieniającego się ciśnienia atmosferycznego i innych czynników.

Z całego zakresu obserwacji tamy izolacyjnej wyodrębniono *okres 1* na którym widoczne jest, jak wskutek zwiększania intensywności odmetanowania dochodziło do ukształtowania się różnicy ciśnień w tamie poniżej zera. Widoczne są także tendencje zmiany charakteru tamy. Na podstawie tych danych obliczono współczynnik korelacji  $r$  pomiędzy  $\Delta p_b$  a  $\Delta(\Delta p_T)$ . W dalszej kolejności analizowano, jak kształtują się powiązania między  $\Delta p_b$  a  $\Delta(\Delta p_T)$ , w zależności od prowadzonych robót górniczych w sąsiedztwie zrobów pokładu 510.

Poczynione spostrzeżenia związane ze zmianą różnicy ciśnień w tamie izolacyjnej w czasie zmieniającego się ciśnienia atmosferycznego były przyczynkiem do sprecyzowania metody, która pozwoliłaby kontrolować obserwowane zależności na kolejnych tamach. Przyjeto, że obserwacje te prowadzone będą przy wykorzystaniu istniejących przyrządów w kopalni. W związku z tym do badań wykorzystano urządzenia - czujniki, które są dostępne w każdej chwili i są stosowane przez kopalnie węgla kamiennego korzystające z systemu SMP firmy EMAG w Katowicach. Nadzorowanie pracy urządzeń wchodzących w skład systemu SMP prowadzi się na bieżąco i odbywa się w dyspozytorni metanometrii, gdzie wszystkie anomalie są sygnalizowane automatycznie, ponieważ system sam zgłasza przekroczenie progu ostrzegawczego, alarmowego, zakresu pomiarowego lub awarii. Jeżeli zachodzi potrzeba zareagowania na awarię, niezwłocznie podejmowana jest taka procedura. Istnieje możliwość podglądu pracy czujnika poprzez dowolny komputer podłączony pod sieć kopalnianą, pod warunkiem uzyskania dostępu do danych z systemu SMP i odpowiedniej aplikacji, pozwalającej na wizualizację danych pomiarowych. Czujnik kontrolowany jest raz w tygodniu przez pracowników działu metanometrii. Kalibrowanie czujnika prowadzone jest raz w roku. Pracochłonność wykonywania pomiarów w tamach izolacyjnych sprowadza się głównie do zainstalowania czujnika MRC, zabudowy linii zasilającej, konfiguracji w systemie SMP i kontroli tygodniowej.

Przyjmując metodykę prowadzenia obserwacji wytypowano tamy będące obiektem obserwacji zlokalizowane w jednej z kopalń węgla kamiennego. Lokalizacja poszczególnych tam została opisana w pracy w rozdziale piątym.

Kolejnym problemem poruszonym w tym rozdziale jest opis wykorzystywanej aparatury pomiarowej z systemu SMP.

Po wybraniu obiektu i uruchomieniu pomiarów dane były zapisywane w systemie SMP bez ustalonego z góry okresu trwania pomiarów. Ze względu na obszerną ilość zgromadzonych danych pomiarowych oraz brak potrzeby ich prezentacji w całości w formie pa-

pierowej, gromadzono je w formie elektronicznej. Po zgromadzeniu danych pomiarowych z systemu SMP w arkuszu kalkulacyjnym były tworzone dwa odrębne arkusze. W jednym były gromadzone dane dotyczące ciśnienia atmosferycznego, w drugim dane uzyskane z czujnika różnicy ciśnień. Zebrane wyniki pomiarów były analizowane dwojako. Pierwszy krok obróbki danych nazwano cyklem A, drugi cyklem B.

W ramach cyklu A były analizowane dane dotyczące różnicy ciśnień na tamach uzyskane tylko z czujnika MRC. Po uporządkowaniu ich, obliczano miary położenia i zmienności wielkości mierzonej  $\Delta p_T$ . Następnie tworzono szereg rozdzielczy przedziałowy, aby uzyskać histogram. Dodatkowo wykonywano szereg rozdzielczy punktowy i sporządzano na jego podstawie wykresy. Procedurę taką przeprowadzono dla każdej badanej tamy. Po takiej weryfikacji danych było można wyciągnąć wniosek, co do potrzeby dalszej obróbki danych. W przypadku pomiarów zawartych w wąskim przedziale zmienności w porównaniu z błędem czujnika MRC co pozwalało na stwierdzenie, że tama jest nieszczelna zakończona została obróbka danych w tym cyklu. Jeżeli uzyskano histogram, który uzasadnia prowadzenie dalszych analiz, to wykorzystywano specjalne oprogramowania zaliczone do cyklu B.

Czujniki wykorzystywane do prowadzenia pomiarów, zarówno powierzchniowych jak i dołowych, dokonują rejestracji w przypadku wystąpienia zmiany wartości mierzonej. Dane te określane są przez doktoranta jako - dane surowe (dane pierwotne). Po uzyskaniu z systemu SMP wyników pomiarów z czujnika różnicy ciśnień i barometru w formie plików arkusza kalkulacyjnego, dane te oczyszczano ze zbędnej szaty graficznej i dodatkowych informacji zapisywanych przez system dyspozytorski. W wyniku takiego działania otrzymane dane, zawierające czas i wartość wielkości mierzonej, które przedstawiano na wykresie wykorzystując np. arkusz kalkulacyjny programów biurowych, przy czym na osi odciętych odległości pomiędzy sąsiednimi pomiarami program komputerowy interpretuje w taki sposób, jak gdyby przedział czasu między nimi był stały, jednakowy.

Z uwagi na różny okres czasowy między pomiarami analizowanymi zachodziła konieczność napisania programu, który wg ustalonego algorytmu potrafiłby zrealizować zadanie przefiltrowania i uporządkowania danych. W tym celu napisany został program pod roboczą nazwą Filtrowanie obserwacji. Dla ograniczenia fluktuacji danych pomiarowych wykorzystano początkowo metodę średniej ruchomej z tzw. ruchomym oknem o ustalonym zakresie uśredniania. Sposób obróbki danych pomiarowych znajduje się w końcowej części rozdziału piątego.

W rozdziale szóstym przedstawiono wyniki pomiarów prowadzonych w rurociągu zabudowanym w wyrobisku, który określany jest mianem modelu oraz na wybranych tamach oddzielających i izolujących. Na rurociągu wykonano dziewięć serii pomiarowych przy różnym stanie jego szczelności. Następnie wyniki te poddano obróbce wg cyklu A i B.

Z punktu widzenia szczelności modelu im rozstęp R jest większy, tym szczelność większa, co potwierdza się w przypadkach pełnej szczelności lub niewielkiego rozszczelnienia. Podobnie jest z współczynnikiem zmienności odchylenia standardowego V(s). Im jego wartość jest wyższa tym lepiej oceniana może być szczelność zamkniętej przestrzeni.

Usyskane wyniki poddano analizie statystycznej.

Przebiegi zmian różnicy ciśnień  $\Delta p_T$  w tamach wentylacyjnych oddzielających są bardzo zmienne ale skupione wokół widocznej wartości średniej. W przypadku jednych tam (TW\_1 i TW\_3) wahania  $\Delta p_T$  są powyżej i poniżej w porównaniu do wartości średniej w danym momencie. Natomiast w innych tamach (TW\_2) wahania są jednostronne, zawsze poniżej wartości dominującej. Z analizy pomiarów wynika, że przebiegi  $\Delta p_b$  i  $\Delta p_T$  w tamach wentylacyjnych wykazują zależności zmian  $\Delta p_T$  wraz ze zmieniającym się ciśnieniem atmosferycznym.

Z analizowanych przypadków wynika, że zmiany ciśnienia barometrycznego przenoszą się, w przypadku wyrobisk zamkniętych tamami wentylacyjnymi - oddzielającymi, w taki sposób i z taką prędkością, że nie mają one wpływu na wartość wskazań różnicy ciśnień czujnika pracującego w służbie wentylacyjnej, która wynika z dyssypacji energii, jaką otrzymuje się na tym oporze lokalnym. Mimo, że opory aerodynamiczne śluz są znacząco różne, to na zmiany  $\Delta p_T$  w tamach wskutek zmiany  $\Delta p_B$  nie uwidaczniały się.

Porównanie zebranych pomiarów  $\Delta p_T$  uzyskanych z czujnika MRC na tamach izolacyjnych daje inne spojrzenie na zmiany ciśnienia w tamie izolacyjnej w porównaniu z odczytami prowadzonymi na U rurce, które wykonywane są raz w tygodniu. Pewne zmiany różnicy ciśnień wykonywane na tamach nie są w stanie uchwycić zmian między tymi okresami pomiarów.

Analizując wzajemne zmiany  $\Delta p_B$  i  $\Delta(\Delta p_T)$  widzimy, że mimo trwającej generalnie zniżki barycznej występują krótkotrwałe okresy stabilizacji ciśnienia. W okresach tych wyraźnie widać wyhamowanie, a następnie zmianę trendu różnicy ciśnień w tamie.

Podsumowanie uzyskanych rezultatów rozprawy doktorskiej przedstawiono w rozdziałach siódmy. W rozdziale tym dokonano podsumowania prowadzonych badań a także sformułowano szereg wniosków o charakterze poznawczym i użytkowym.

Stwierdzam, że tytuł pracy doktorskiej odpowiada jej treści.

### Merytoryczna ocena pracy doktorskiej

Opiniowana praca doktorska dotyczy ważnego zagadnienia jakim jest ocena szczelności izolacji zrobów i nieczynnych wyrobisk w kopalniach węgla kamiennego.

Podjęte w pracy badania miały na celu opracowanie nowej metody. Dla osiągnięcia zamierzonego celu przeprowadzono szczegółową analizę dziewięciu sposobów oceny ilościowej lub jakościowej stanu izolacji wyrobisk górniczych zaproponowanych przez różnych autorów. Przeanalizowano także uwarunkowania stosowania tam izolacyjnych z uwzględnieniem obowiązujących przepisów górniczych, funkcji jakie spełniają tamy izolacyjne w kopalniach węgla kamiennego oraz czynniki wpływające na intensywność łącznego przepływu gazów przez tamę i górotwór stanowiący otoczenie tej tamy.

Przeprowadzono długotrwałe obserwacje i analizy zmian różnicy ciśnień w tamach izolacyjnych w czynnej kopalni węgla kamiennego, badano korelację jaka zachodzi pomiędzy zmianami ciśnienia atmosferycznego a zmianami różnicy ciśnień w tamach izolacyjnych oraz przeprowadzono obszerne badania na modelu fizycznym. Umożliwiło to uzyskanie wiarygodnych wyników badań leżących u podstaw nowej metody oceny szczelności izolacji wyrobisk górniczych.

Przeprowadzone badania przez doktoranta pozwoliły na wyznaczenie dwóch **wskaźników szczelności izolacji** (wyrobiska, tamy, zrobów)  $W_{ST,A}$  i  $W_{ST,B}$ . Pierwszy sposób polega na pomiarze wyłącznie różnicy ciśnień w tamie  $\Delta p_T$  i obróbce statystycznej uzyskanych pomiarów, która pozwala na wyznaczenie wskaźnika szczelności izolacji wyrobiska  $W_{ST,A}$  lub odpowiednim porównywaniu rozkładów statystycznych różnicy ciśnień  $\Delta p_T$  w tamie.

Drugi **wskaźnik szczelności izolacji** (wyrobiska, tamy, zrobów)  $W_{ST,B}$  polega na wyznaczeniu współczynnika nachylenia prostej regresji  $a$  z zależności:

$$W_{ST,B} = \frac{|a|}{100}$$

$W_{ST,B}$  obliczany jest w ramach procedury określanej jako cykl B.



Wartości wskaźników szczelności izolacji wyrobisk  $W_{ST,A}$  i  $W_{ST,B}$  zawierają się w przedziale (0;1), przy czym im szczelność zamknięcia wyrobiska jest większa, tym i wartość ww. wskaźników jest większa.

Wskaźnik  $W_{ST,A}$  służyć ma do szybkiej oceny stanu szczelności zamknięcia wyrobiska i ma wskazać celowość dalszego prowadzenia pomiarów dodatkowo z pomiarami  $p_B$  na powierzchni. Wskaźnik  $W_{ST,B}$  pozwala na dokonanie porównania szczelności izolacji wyrobiska w odniesieniu do stanu idealnej szczelności dla której wartość  $W_{ST,B} = 1$ .

Opracowanie wskaźników oceny szczelności izolacji wyrobisk pozwoliło na osiągnięcie założonego celu pracy.

Na uwagę zasługuje fakt bardzo dobrego rozeznania literaturowego doktoranta w zakresie uzyskiwanych szczelności izolacji zrobów i nieczynnych wyrobisk.

### Uwagi krytyczne

Przy czytaniu nasunęły mi się następujące uwagi szczegółowe, mające charakter dyskusyjny lub krytyczny.

- Podział treści pracy na rozdziały jest mało precyzyjny i utrudnia czytelnikowi zrozumienie toku postępowania w przeprowadzanej analizie wyników pomiarów.
- Doktorant wyniki pomiarów różnicy ciśnień i zmian ciśnienia analizuje w dwóch cyklach. W tym celu dla cyklu B opracowuje specjalne programy dla obróbki danych pomiarowych. W rozdziale 5 brak jest precyzyjnego przedstawienia istoty tych programów. Wyjaśnienia wymaga również stwierdzenie „unormować czas” i „normowanie pomiarów”.
- W rozdziale 3, dotyczącym przeglądu literatury, doktorant analizuje za różnymi autorami czynniki wpływające na ocenę szczelności izolacji rejonów i samych tam wentylacyjnych. Należy tu jednak pamiętać, że szczelność izolacji będzie zależna od położenia rejonu w strukturze sieci wentylacyjnej i od odpowiadającego tej strukturze rozkładu potencjałów aerodynamicznych. W metodyce badań (rozdział 5)) analizuje czynniki wpływające na ocenę szczelności i dokonuje wyboru obiektów obserwacji (tam wentylacyjnych oddzielających i izolujących) nie odnosi się do rozkładu potencjałów aerodynamicznych. Podobnie wybór modelu – rurociągu do badań szczelności jest problematyczny. Jeśli rurociąg jest szczelny i wypełniony gazem to ciśnienie bezwzględne panujące w nim zależne jest od parametrów termodynamicznych w wyrobisku w miejscu jego zabudowy.
- Doktorant podaje, że szczelność izolacji określa opór aerodynamiczny, a z drugiej strony podaje, że szczelność musi być określana strumieniem powietrza lub gazów przenikających z tamowanej przestrzeni. Proszę się ustosunkować do wpływu rozkładu potencjałów aerodynamicznych wokół izolowanej przestrzeni.

Niezależnie od powyższych uwag w pracy występuje szereg błędów drukarskich i niezbyt precyzyjnie przeprowadzona korekta tekstu, np.:

- Część zamieszczonych tabel i podpisów pod rysunkami jest nieczytelna (np. tab.11,12,13 itd., opis rysunków, a szczególnie osi odciętych).

- Spis literatury nie jest ułożony w porządku alfabetycznym. Cztery pozycje nie są przywołane w tekście pracy, a dwie przywołane nie znajdują się w wykazie literatury.
- Brak jednolitego charakteru opisu rysunków np. ciśnienie baryczne, ciśnienie atmosferyczne.
- Słownictwo używane w pracy nie zawsze jest poprawne (np. dane surowe, wartość mierzona na charakter burzliwy,

Reasumując stwierdzam, że przytoczone uwagi nie wpływają w sposób istotny na poglądy i wywody przedstawione w pracy przez doktoranta.

### **Wniosek końcowy**

Praca przedstawiona mi do recenzji zawiera oryginalne rozwiązanie problemu i wskazuje, że doktorant jest przygotowany do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Stwierdzam, że praca doktorska **mgra inż.** Arnolda Przystolika spełnia warunki określone obowiązującą ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym (Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki). W związku z powyższym proponuję Radzie Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach przyjęcie recenzowanej pracy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

