

Kraków, dnia 20.05.2016 r.

Dr hab. inż. Piotr Kulinowski
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
al. Mickiewicza 30, 30 - 059 Kraków

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Waldemara Kisielewskiego
pt. „Wpływ wybranych parametrów eksploatacyjnych i konstrukcyjnych na
opory główne przenośników taśmowych”
opracowana na podstawie zlecenia
Dziekana Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii
Politechniki Wrocławskiej
Prof. dr hab. inż. Wojciecha Ciężkowskiego
z dnia 22.02.2016 r.**

1. Ocena tematu i celu pracy

Ze względu na swoją charakterystykę techniczno-użytkową przenośniki taśmowe pełnią niezwykle ważną rolę w różnych obszarach przemysłu, a szczególnie w górnictwie, hutnictwie, energetyce, budownictwie i przemyśle chemicznym. W wielu procesach technologicznych są praktycznie niezastąpionym środkiem transportu materiałów sypkich. Z uwagi na powszechność stosowania przenośników taśmowych ich zużycie energii na przemieszczenie określonych ilości materiału transportowego może stanowić znaczącą pozycję w bilansie energetycznym zakładów przemysłowych.

Istotnym parametrem wpływającym na energochłonność transportu przenośnikowego są opory główne przemieszczania taśmy. Zależą one głównie od warunków eksploatacji oraz od parametrów konstrukcyjnych taśmy i zespołów ją podtrzymujących. Na wiele z tych parametrów wpływa czynnik ludzki, dlatego też wskazanie zależności między dokładnością ustawienia trasy przenośnika, precyzją ustawienia zestawów krążnikowych, doбором konstrukcji krążników i taśmy oraz kulturą eksploatacji a zużyciem energii przez przenośnik ma duże znaczenie użytkowe.

Z uwagi na powyższe podjęty i zrealizowany przez Autora temat uznaję za aktualny, istotny i uzasadniony. Stwierdzam także, że przedstawiona rozprawa merytorycznie mieści się w dziedzinie nauk technicznych w obszarze dyscypliny naukowej górnictwo i geologia inżynierska.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Waldemara Kisielewskiego, dotycząca zbadania wpływu wybranych parametrów eksploatacyjnych i konstrukcyjnych na opory główne przenośników taśmowych została opracowana pod opieką promotorską prof. dr hab. inż. Lecha Gładysiewicza i dr hab. inż. Roberta Króla z Politechniki Wrocławskiej.

Przedstawiona do recenzji praca składa się z 13 rozdziałów zawierających opracowanie tekstowe wraz z rysunkami, wykresami i tabelami oraz bibliografią obejmującą 113 pozycji, w tym 19 zagranicznych oraz 11 publikacji współautorskich. Łącznie praca liczy 128 stron, natomiast załączniki do pracy obejmują pełną

dokumentację rysunkową trzech odrębnych projektów stanowisk do pomiaru sił czynnych działających na krążniki i do pomiaru oporów ruchu taśmy po zestawie krążnikowym.

Rozprawa doktorska dotyczy analizy wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych takich jak: temperatura otoczenia i dokładność ustawienia trasy przenośnika oraz parametrów konstrukcyjnych: rodzaj krążników, kąt niecki i rozstaw zestawów krążnikowych na opory główne, a zatem i na energochłonność przenośników taśmowych. Analizę tę przeprowadzono na podstawie wyników badań przemysłowych.

Tradycyjnie w pierwszym rozdziale pracy znalazł się wstęp zawierający wprowadzenie do problematyki energochłonności transportu taśmowego i uzasadnienie podjętej tematyki, poparte obszernym przeglądem literatury.

W rozdziale drugim przedstawiono metody obliczania oporów głównych za pomocą metody podstawowej, jak i metody oporów jednostkowych. W podsumowaniu rozdziału Autor uzasadnia konieczność prowadzenia prac badawczych na rzeczywistych obiektach przemysłowych potrzebą doskonalenia stosowanych metod obliczeniowych.

Rozdział trzeci poświęcono przedstawieniu wpływu obciążenia promieniowego krążników i konstrukcji taśmy na opory główne ruchu przenośnika. Autor, korzystając z zależności teoretycznych i wyników badań przemysłowych taśm energooszczędnych, wykazał zależność oporów głównych przenośnika od wybranych parametrów konstrukcyjnych taśmy i krążników, uzasadniając jednocześnie konieczność kontynuacji badań na przenośnikach w warunkach przemysłowych.

W rozdziale czwartym i piątym opisano metody badania oporów ruchu taśmy po pojedynczym zestawie krążnikowym i metodę pomiaru obciążeń krążników w przegubowym zestawie krążnikowym, stosowane przez zespół Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej.

W szóstym rozdziale pracy sformułowano główny cel pracy oraz trzy cele cząstkowe, a następnie przedstawiono zadania szczegółowe i zakres zrealizowanej pracy badawczej.

W rozdziale siódmym i ósmym przedstawiono szczegółowe wyniki pomiarów przeprowadzonych na przenośniku Z12. W pierwszej kolejności opisano obiekt badań i przedstawiono metodę wyznaczania współczynnika oporów głównych. Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano wnioski podsumowujące drugi cel cząstkowy pracy, czyli wykazano wpływ: rozstawu zestawów krążnikowych górnych, dokładności ich ustawienia, temperatury powietrza oraz rodzaju taśmy na wartość współczynnika oporów głównych. Następnie, już w rozdziale ósmym, oszacowano niepewność pomiarową sił czynnych działających na krążniki, przedstawiono innowacyjne stanowisko badawcze z ramą pomiarową oraz przeprowadzono szczegółową analizę wyników pomiarów sił oddziaływujących na krążniki w kontekście weryfikacji stosowanych metod obliczeniowych.

Rozdział dziewiąty obejmuje weryfikację aktualnych metod obliczeniowych przeprowadzoną na podstawie porównania wyników pomiarów i obliczeń przeprowadzonych z wykorzystaniem programu komputerowego QNK-TT. Konkluzja sformułowana na zakończenie rozdziału odnosi się do konieczności przeprowadzenia dokładniejszej analizy metod obliczania oporu: toczenia taśmy po krążnikach, falowania urobku i przeginania taśmy w aspekcie uzyskanych wyników badań przemysłowych.

W rozdziale dziesiątym, poświęconym badaniom eksploatacyjnym przenośnika Gbf 50, przedstawiono wynik badań oporów ruchu taśmy na standardowych i innowacyjnych tzw. „inteligentnych” zestawach krążnikowych, przeprowadzonych na specjalnym stanowisku pomiarowym. W rozdziale tym zaprezentowano także wyniki całorocznych pomiarów mocy elektrycznej czynnej, pozwalających na analizę wpływu temperatury otoczenia na całkowity opór ruchu przenośnika taśmowego. W podsumowaniu rozdziału wskazano między innymi na konieczność badań i analizy

oporów skupionych, związanych głównie z oporami przeginania taśmy na bębnach przenośnika.

Rozdział jedenasty przedstawia wyniki badań przemysłowych oporów ruchu taśmy przenośnika L1031 pracującego w kopalni rudy miedzi. W rozdziale tym skupiono się głównie na określeniu wpływu nosiwa o dużej gęstości nasypowej na wartość współczynnika oporów głównych.

W rozdziale dwunastym zamieszczono ogólne podsumowanie pracy.

Praca została zakończona wnioskami, opublikowanymi w rozdziale dwunastym, dotyczącymi wyników badań przemysłowych i analizy wpływu parametrów eksploatacyjnych i konstrukcyjnych na opory główne przenośników taśmowych.

Całość zamyka spis załączników, opublikowanych w dołączonym do pracy odrębnym zestawieniu oraz spis publikacji wykorzystanych podczas realizacji pracy.

Praca została przygotowana przez Autora bardzo starannie i jej strona edytorska nie budzi zastrzeżeń. Mimo to w pracy zauważono pewną nieznaczną liczbę błędów stylistycznych, które zostaną przekazane Autorowi w bezpośredniej rozmowie.

3. Merytoryczna ocena pracy

Podstawą realizacji recenzowanej pracy są szeroko zakrojone badania przemysłowe, unikalne w skali światowej. Ich planowanie i realizacja wymagały niezwykłego wysiłku intelektualnego i organizacyjnego. Dla każdego z trzech badanych przenośników należało zaprojektować i wykonać specjalne zestawy badawcze oraz przygotować tory pomiarowe. W dalszej kolejności procedura badawcza wymagała przeprowadzenia testów i zabudowy stanowisk w warunkach przemysłowych. Kolejny etap to właściwe badania, przeprowadzane w warunkach przemysłowych na przenośnikach, które musiały stanowić część czynnego ciągu technologicznego. Z punktu widzenia badaczy zwykle ten etap jest najtrudniejszy i często decyduje o sukcesie lub porażce badań. Ostatnia część pracy badawczej, to analiza ogromnej ilości wyników pochodzących z wielu czujników z dłuższych okresów pomiarowych. Ze względu na zakres badań wykonana praca badawcza nie mogła być wykonana jednoosobowo i ta okoliczność została uwzględniona przy ocenie pracy. Natomiast część naukowa dysertacji, czyli opracowanie wyników pomiarów i ich analiza w aspekcie postawionego celu pracy i weryfikacji metod obliczeniowych, jest niewątpliwie samodzielną pracą Autora pracy.

Podczas realizacji pracy Autor zgromadził bardzo interesujący materiał badaczy, który umożliwił mu osiągnięcie postawionego celu zarówno w aspekcie poznawczym jak i utylitarnym. Za główne osiągnięcia Autora można uznać:

- zaprojektowanie, wykonanie i przetestowanie części mechanicznej innowacyjnych stanowisk pomiarowych,
- analizę wyników badań w aspekcie wpływu czynników eksploatacyjnych i konstrukcyjnych na opory główne przenośników taśmowych,
- weryfikację stosowanych metod obliczeniowych i wskazanie wymaganych kierunków ich modyfikacji.

Ze względu na zakres prowadzonych pomiarów a także złożoność badanych aspektów pracy przenośników taśmowych Autor nie ustrzegł się pewnych niedopatrzeń i uchybień, które zostały przedstawione w dalszej części recenzji.

Przedstawiono praca stałaby się bardziej przejrzysta, gdyby zmieniono strukturę dokumentu i zmniejszono liczbę rozdziałów pracy. Cztery rozdziały dotyczą badań eksploatacyjnych przeprowadzonych na trzech przenośnikach. Po dwóch rozdziałach (7. i 8.) przedstawiających wyniki pomiarów na przenośniku Z12 znajduje się rozdział poświęcony weryfikacji metod obliczeniowych. Następnie Autor w kolejnych dwóch rozdziałach (10. i 11.) przedstawił wyniki badań eksploatacyjnych przenośników Gbf 50

i L1031, które również wykorzystano do sprawdzenia poprawności stosowanych modeli obliczeniowych. Rozdział 9. pt. „Weryfikacja aktualnych metod obliczeniowych” powinien znaleźć się przed podsumowaniem pracy i wnioskami końcowymi, natomiast ujęcie w jeden lub dwa rozdziały wyników badań eksploatacyjnych wpłynęłoby korzystnie na przejrzystość pracy. Praca ta zyskałaby na czytelności, gdyby rozdział trzeci uzasadniający celowość podjętej tematyki, został dołączony do rozdziału drugiego. Natomiast rozdziały czwarty i piąty, opisujące zastosowane metody badań, znalazły się w części poprzedzającej prezentację i opis wyników badań eksploatacyjnych, po przedstawieniu celu pracy.

Interesującym wydaje się wyjaśnienie przyczyn przedstawienia celu pracy i zadań szczegółowych dopiero w szóstym rozdziale pracy. Możliwe, że Autor chciał formalnie oddzielić efekty wcześniejszej pracy zespołu badawczego od własnych osiągnięć, które były kontynuacją i istotnym rozszerzeniem badań prowadzonych w Instytucie Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Wydaje się to niepotrzebne, gdyż zaprezentowana przez Autora umiejętność kontynuacji badań naukowych i twórcze rozszerzenie ich zakresu stanowi niewątpliwą zaletę przedstawionej pracy doktorskiej. Niewykluczone, że Autor chciał szerzej uzasadnić cząstkowe cele pracy i jej plan realizacji.

4. Uwagi szczegółowe

Poniżej przedstawiono szczegółowe uwagi do pracy oraz pytania, z których najbardziej istotne zaznaczono drukiem wytłuszczonym.

Wyznaczenie wydajności masowej przenośnika na stanowisku pomiarowym wymaga precyzyjnego ustawienia jego wysokości względem sąsiednich zestawów krążnikowych. Nieznaczące podniesienie zestawu w stosunku do płaszczyzny wyznaczonej przez sąsiednie zestawy krążnikowe powoduje wzrost siły wypadkowej działającej na krążnik, pochodzącej od sił wzdłużnych w taśmie. Zjawisko to może przyczynić się do przeszacowania wydajności przenośnika, natomiast obniżenie zestawu pomiarowego w stosunku do sąsiednich punktów podparcia taśmy jej zaniżenie. **W jaki sposób błąd ustawienia wysokości zestawu wpływa na błąd zmierzonej wydajności masowej i wyznaczonego współczynnika k_z (czujniki F1 i F2 na rys. 4.1)?** Różnica wysokości między stroną lewą a prawą zestawu pomiarowego wpływa pojawienie się asymetrii obciążenia czujników F1 i F2. Jaki jest dopuszczalny błąd ustawienia wysokości zestawu pomiarowego?

Na str. 5¹¹ Autor stwierdza, że „transport przenośnikowy charakteryzuje się mniejszym zapotrzebowaniem energii w porównaniu do innych środków transportu”. Teza ta wymaga dokładniejszego wyjaśnienia lub wskazania źródła literaturowego. Być może te zdanie, umieszczone w kontekście przedstawiającym znaczącą energochłonność transportu taśmowego w kopalni węgla brunatnego, jest zupełnie niepotrzebne.

We wstępie rozprawy, na str. 8₉, jeden akapit poświęcono oporom podnoszenia. Prawdopodobnie Autor ma świadomość ich znaczenia w ocenie energochłonności transportu, ale uzasadnienie, że „stanowią one osobną grupę i dlatego nie będą rozpatrywane w niniejszej rozprawie” nie jest przekonujące. Obliczenia oporów podnoszenia nie stanowi problemu naukowego, gdyż do ich wyznaczenia stosuje się prosty model obliczeniowy oraz ich wartość nie może być zmieniana bez korekty procesu technologicznego (nadawy) lub zmiany profilu drogi transportowej.

Autor rozprawy stwierdził, że metoda obliczeniowa oporów ruchu przenośnika opisana w poz. lit. [18] bazuje na normie DIN 22101. Mimo pewnych podobieństw występują między wzmiankowanymi standardami obliczeniowymi istotne różnice (str.9, akapit 1). Standard obliczeniowy CEMA [18]. W przeciwieństwie do normy DIN 22101 uwzględnia w algorytmie obliczeniowym różny typ krążników (wsp. K_x), opory falowania

taśmy i urobku (wsp. K_y) i wpływ siły napinającej taśmę na opory ruchu. Pozostawia też mniejszy margines na dowolność doboru współczynników przez projektanta. Norma DIN 22101, wprawdzie wskazuje projektantom kierunki zmian niezbędnych do minimalizacji współczynnika oporów głównych f , ale należy zgodzić się z Autorem, że wymaga trafnego doboru współczynników.

W pierwszym akapicie na str. 13¹³ Autor zamieścił stwierdzenie, że zwiększenie siły w taśmie zmniejsza opory ruchu. Jest to prawda w stosunku do oporów głównych, natomiast ze wzrostem sił w taśmie zwiększy się wartość oporów skupionych związanych z przewijaniem taśmy przez bębny.

Na rys. 4.1 Autor umieścił wykresy przedstawiające przebiegi rejestrowanych sił. Jeśli uznał, że należy je opublikować, to powinien zadbać o ich czytelność (rozmiar). Z drugiej strony na wzmiankowanym schemacie nie zamieszczono widoku przedstawiającego położenie czujników F3, F4, F5 i F6 w stosunku do wypadkowej siły oporów ruchu taśmy po zestawie krążnikowym – brak trzeciego rzutu. **Czy zdaniem Autora położenie płaszczyzny, wyznaczonej przez czujniki siły poziomej, względem płaszczyzny równoległej wyznaczonej przez wypadkowy wektor siły oporów ruchu taśmy ma wpływ na błąd pomiaru oporów ruchu taśmy po zestawie krążnikowym?**

Wzór 4.6 opisuje sposób wyznaczania W_n - oporu ruchu zestawu krążnikowego. Jest to sformułowanie niezbyt trafne, gdyż zestaw krążnikowy jako taki się nie porusza, poza przypadkiem specjalnych zestawów samocentrujących, wykonujących ruch obrotowy. Lepszym określeniem wydaje się sformułowanie np. "opór przemieszczania taśmy po zestawie krążnikowym".

We wzorze 4.11 przedstawiono definicję współczynnika załadowania k_z , jako stosunku wydajności chwilowej przenośnika do jego wydajności nominalnej. Sposób określania tego współczynnika jest niezwykle istotny z uwagi na użyteczny charakter przedstawionych wyników badań. Jeżeli wydajność nominalna przenośnika jest definiowana jako wydajność uzyskana przy nominalnym przekroju niecki taśmy, to znaczy że jest to teoretyczna wydajność maksymalna przenośnika. Wtedy współczynnik k_z oznacza stopień wykorzystania przekroju nominalnego, tak jak to prawidłowo zdefiniował Autor na str. 30₂. Czasem jednak wydajność nominalna jest określana jako zaprojektowana, zaplanowana wydajność przenośnika uzyskana przy znamionowym poborze mocy przez układ napędowy. Wtedy wydajność nominalna przyjmuje mniejszą wartość od wydajności maksymalnej. Współczynnik k_z powinien być zatem definiowany jako stosunek chwilowej wydajności przenośnika do jego teoretycznej wydajności maksymalnej. Powyższe uwagi nie wpływają na interpretację zamieszczonych wyników badań, ponieważ wydajność nominalna byłaby tożsama z maksymalną teoretyczną wydajnością przenośników.

Sformułowanie pierwszego celu cząstkowego (str. 41) nie jest klarowne i jednoznaczne. Z lektury pracy można się domyślić, że chodzi o identyfikację eksploatacyjnego obciążenia promieniowego krążników i uwzględnienie go w zweryfikowanych algorytmach obliczeniowych oporów głównych przenośnika. Przedstawiając drugi cel cząstkowy Autor nie ustrzegł się drobnych błędów: powinno być „rozstawu zestawów krążnikowych” a nie „rozstawu krążników” oraz „wykazanie wpływu na wartość współczynnika” a nie na jego wielkość.

Na stronie 42. akapit uzasadniający wybór trzech różnych przenośników powinien znaleźć się na stronie poprzedniej, przed wyszczególnieniem badanych obiektów i mierzonych parametrów.



Rysunki nr 7.2 i 7.3, przedstawiające na fotografiach widok czujników na stanowisku pomiarowym z bliżej nieznanymi powodami zostały opisane czcionką w kolorze czerwonym, co nie poprawia czytelności informacji.

Wykres na rys. 7.6 przedstawia opór obracania krążnika w funkcji siły promieniowej, na którym Autor nie umieścił niestety punktów uzyskanych z pomiarów a jedynie ciągle proste. Czym zatem wytłumaczyć szybki przyrost oporu obracania krążnika po przekroczeniu wartości siły promieniowej równej 3,5 kN?

Zbiornicze zestawienie wyznaczonych oporów ruchu na rys. 7.11 skłania do zadania pytania, dlaczego opory ruchu taśmy po zestawie przyjmują tę samą wartość mimo zwiększenia rozstawu zestawów krążnikowych (krąż.zmod.rozst.zest.kr 1,2m a 1,45m).

W przypadku wyznaczania współczynnika oporów głównych f dla zestawów zukosowanych trzeba mieć świadomość, że według obowiązującej normy DIN 22101 opory wynikające ze zukosowania krążników bocznych są to opory specjalne (Sonderwiderstände) i nie wchodzi w skład oporów głównych wyznaczanych za pomocą współczynnika f . Należy to mieć szczególnie na uwadze w kontekście przyszłych publikacji.

Porównując wartość współczynnika oporów głównych f_i dla zestawów z krążnikami standardowymi (rys. 7.14) i zmodernizowanymi (rys.7.15), dla pełnego załadowania przenośnika ($k_z=1$), można przyjąć, że modernizacja krążników nie przyniesie żadnego efektu. Opory ruchu przyjmują tę samą wartość. **Na jakiej podstawie Autor wyznaczył wartość współczynnika oporów głównych f przy współczynniku załadowania k_z większym od 0,7, skoro na żadnym z opublikowanych wykresów (Rys. 7.7-7.12) nie przedstawił punktów pomiarowych dla tego zakresu?**

Autor używa wielokrotnie w pracy (np. na str. 51¹¹, 99⁷) nieprawidłowego, w stosunku do taśm przenośnikowych, sformułowania „powierzchniowa masa taśmy” zamiast powszechnie stosowanego „masa jednostkowa taśmy”.

Ponieważ pomiary oporów ruchu taśmy po zestawie krążnikowym dla różnych temperatur otoczenia (rozd. 7.3) wykonano na tym samym przenośniku ze standardowymi podzespołami co pomiary przedstawione w rozdz. 7.2, można prawdopodobnie porównać przebiegi zmian współczynnika f na rys. 7.13 i na rys. 7.24. Dlaczego zatem charakter zmian współczynnika oporów głównych f w funkcji współczynnika załadowania k_z różni się tak zdecydowanie dla przebiegu przy +10°C (rys. 7.24) i przy +20°C (rys. 7.13 -krąż.stand.rozst.zest.kr 1,2m)?

Na rys. 8.1 wystąpił błąd w opisie wektorów sił F_{BR4} i F_{BA4} , jednak bez konsekwencji dla dalszych analiz.

Na rys. 8.2 Autor przedstawił rysunek złożeniowy, pochodzący z dokumentacji technicznej ramy pomiarowej. Ze względu na jego nieczytelność w opublikowanym rozmiarze lepszym rozwiązaniem byłoby jego zastąpienie schematem kinematycznym układu pomiarowego. Uwaga ta dotyczy także rysunków 10.7 i 11.3.

Rozdział 9.3 pracy doktorskiej zatytułowano „Duże zbieganie boczne taśmy”. I już na samym początku pojawia się pytanie, czy jest to próba opisanego zjawiska czy też wprowadzenia do algorytmów obliczeniowych dodatkowego parametru? Zarówno w pierwszym jak i drugim przypadku należałoby wprowadzić miarę tego zjawiska, by móc pisać o dużym, średnim czy małym zbieganiu. Może odległość osi taśmy od osi trasy przenośnika odniesiona do szerokości taśmy byłaby parametrem wystarczającym do oceny intensywności tego zjawiska. Autor identyfikuje proces zbiegania taśmy jedynie na podstawie sił oddziaływania taśmy na poszczególne krążniki, bez pomiaru położenia osi taśmy względem osi zestawu pomiarowego. Czy uzyskuje tą drogą wystarczającą ilość informacji do oceny tego zjawiska? Ponieważ Autor porównuje

wyniki pomiarów obciążeń krążników z wynikami obliczeń teoretycznych należałoby zamieścić w pracy model analityczny lub empiryczny obliczenia sił reakcji na krążniki, uwzględniający parametr opisujący zjawisko zbiegania taśmy jako: „brak”, „małe”, „średnie” i „duże” zbieganie.

Rozdział dziewiąty pracy jest w całości poświęcony weryfikacji aktualnych metod obliczeniowych. W tym przypadku weryfikację należy traktować jako sprawdzenie przydatności stosowanej metody oporów jednostkowych do analizy stanów obciążenia przenośnika taśmowego, przeprowadzone na podstawie porównania wyników pomiarów i obliczeń. Jednak na str. 90₂ Autor zamieścił zdanie stwierdzające, że „pozyskaną z pomiarów wiedzę ... wykorzystano w doskonaleniu metod obliczeniowych”. W jaki sposób to przeprowadzono, skoro w rozdziale poświęconym weryfikacji nie zamieszczono ani jednego wzoru?

W odniesieniu do wyników badań zamieszczonych w rozdziale dziesiątym interesującą kwestią jest, czy podczas badań porównawczych różnego typu zestawów zastosowano te same krążniki oraz czy płytsza niecka (zmniejszony kąt nachylenia krążników bocznych) nie powoduje intensyfikacji zjawiska zbiegania bocznego taśmy, a co się z tym wiąże wzrostu oporów ruchu taśmy?

Na wielu wykresach zamieszczonych w pracy Autor przedstawia jedynie linie trendu, pomijając prezentację punktów pomiarowych. Czy przebieg linii trendu przedstawionych na rys. 10.10 można interpretować tak, że dla współczynnika załadowania k_z większego od 0,6 możliwe jest uzyskanie niższego współczynnika oporów głównych dla standardowego zawieszenia zestawu?

Na zakończenie rozdziału jedenastego Autor stwierdza, że krążniki znajdowały się w złym stanie technicznym (o dużych oporach obracania) i jednocześnie jako przyczynę niskiej wartości współczynnika oporów głównych wskazuje mały rozstaw zestawów górnych, co przecież implifikuje większą liczbę krążników. Czy nie ma w tym sprzeczności? **Jaka była temperatura otoczenia przenośnika L1031 podczas prowadzonych badań? Jaki wpływ na opory ruchu miała trzykrotnie niższa, w odniesieniu do pozostałych przenośników, prędkość taśmy?**

W podsumowaniu pracy zamieszczono wykres zbiorczy przedstawiający zmianę współczynnika oporów głównych f w funkcji współczynnika załadowania k_z . Współczynnik f został wyznaczony w oparciu o pomiary sił nacisku i oporów przemieszczania taśmy na pojedynczym zestawie krążnikowym. Na rzeczywistym przenośniku może znajdować się tysiące zestawów krążnikowych. **Jakie warunki muszą zostać spełnione by przedstawiona w pracy metoda wyznaczania współczynnika oporów głównych całego przenośnika na podstawie pomiarów na pojedynczym zestawie krążnikowym była miarodajna?**

W piątym punkcie wniosków (rozd. 13) Autor stwierdził, że do energooszczędnych rozwiązań w transporcie taśmowym należy m.in. zwiększenie rozstawu zestawów górnych. Stwierdzenie to klóci się z wprost przeciwną tezą sformułowaną w podsumowaniu rozdziału jedenastego, gdzie przyczyny niskiego współczynnika oporów głównych poszukuje się właśnie w małym rozstawie zestawów górnych. Brak jest w tym punkcie odniesienia do szeroko pojętej kultury eksploatacji przenośnika taśmowego, ujętej w badaniach dotyczących zbiegania taśmy (rozd. 9.3).

5. Końcowa ocena pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa zawiera obszerny i wartościowy materiał badawczy, uzyskany na drodze badań przemysłowych wymagających dużego wysiłku organizacyjnego i technicznego oraz zaangażowania i pracy ze strony Autora. Uzyskane

7


wyniki z badań potwierdziły celowość ich podjęcia oraz wykazały, że istnieje możliwość poprawy energochłonności transportu taśmowego przez odpowiednią korektę parametrów eksploatacyjnych i konstrukcyjnych, co świadczy o znacznym walorze użytkowym pracy.

Podsumowując ocenę recenzowanej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że dotyczy ona dyscypliny naukowej *górnictwo i geologia inżynierska* oraz stanowi oryginalne rozwiązanie podjętego problemu naukowego. Autor osiągnął postawione cele wykazując się wiedzą i umiejętnościami do prowadzenia badań naukowych z zakresu podjętej problematyki. Zamieszczone uwagi krytyczne nie obniżają wartości rozprawy, a mogą być pomocne w dalszej działalności naukowej oraz publikacyjnej Autora. Rezultaty badań zawarte w rozprawie posiadają duże wartości poznawcze i użytkowe, które będą przydatne w budowie i eksploatacji przenośników taśmowych.

W zakończeniu stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Waldemara Kisielewskiego pt. „Wpływ wybranych parametrów eksploatacyjnych i konstrukcyjnych na opory główne przenośników taśmowych” spełnia wymagania określone w art.13 ust.4 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) i wnioskuję do Rady Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie Autora do jej publicznej obrony.

