

Prof. dr hab. inż. Sylwester MARKUSIK
Katedra Systemów Transportowych i Inżynierii Ruchu
Wydział Transportu
Politechnika Śląska
ul. Krasińskiego 8
40-019 KATOWICE

Katowice, 12.03.2019 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Martynty Koniecznej – Fuławki pt. „Metoda wyznaczania oporów toczenia taśmy po krążnikach”

1. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania niniejszej recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Martynty Koniecznej – Fuławki, pt. „Metoda wyznaczania oporów toczenia taśmy po krążnikach” jest Umowa o dzieło nr 12/02/W6/2019, zawarta w dniu 22.02.2019 r, pomiędzy Wydziałem Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, a moją osobą.

2. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

W kopalniach węgla brunatnego oraz w kopalniach węgla kamiennego, w podziemnych kopalniach rud, przenośniki taśmowe stanowią podstawową formę transportu. W Polsce rozpowszechnienie przenośników taśmowych zawdzięcza się przede wszystkim górnictwu, gdyż wraz z rozwojem górnictwa podziemnego oraz odkrywkowych kopalń węgla brunatnego, wystąpiła konieczność przemieszczania ogromnych mas nadkładu i węgla. Jednak koszt utrzymania ruchu przenośników taśmowych wiąże się z wysokimi kosztami energetycznymi, mogących wynosić nawet 50% całkowitych kosztów energii zakładu górniczego.

Rozprawa doktorska dotyczy w głównej mierze rozwiązania problemów redukcji energochłonności transportu przenośnikowego, jakie występują w trakcie ich projektowania oraz eksploatacji w górnictwie odkrywkowym. Redukcja energochłonności sprowadza się w rzeczywistości projektowej do poszukiwania bardziej racjonalnych metod obliczeniowych oporów ruchu przenośników taśmowych, które prowadzą do obniżenia wymaganej mocy napędu przenośnika. Z punktu widzenia energochłonności, najistotniejsze są tu opory toczenia taśmy po krążnikach, gdyż to one determinują wielkość oporów ruchu, występujące podczas pracy długich przenośników taśmowych. Tego typu badania i analizy prowadzone są z powodzeniem od szeregu lat przez Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska składa się z 90 stron, w tym: Wykaz literatury, stosowanych w pracy Symboli oraz Spis ilustracji i Tabel, zajmujących łącznie 12 stron. Pod względem merytorycznym praca doktorska zawiera: Wstęp, 9 rozdziałów zasadniczych oraz Wnioski końcowe.

We Wstępie do rozprawy, Doktorant przedstawił istotny dla zrozumienia zagadnienia przedmiot pracy i jej kontekst praktyczny.

W rozdziale drugim rozprawy dokonano dosyć pobieżnego przeglądu wykazu oporów ruchu przenośników taśmowych, stanowiący jednak uzasadnienie ważności podjętego zadania w dysertacji, tj. dokładnego wyznaczania oporów toczenia taśmy po krążnikach.

Natomiast w rozdziale trzecim przedstawiono najważniejsze metody (modele teoretyczne oraz numeryczne, oparte na badaniach laboratoryjnych) wyznaczania oporów toczenia taśmy przenośnikowej po krążnikach. Rozdział ten zakończono podsumowaniem, który można uznać, jako efekt dokonanego w tym rozdziale przeglądu literaturowego oraz zrealizowanych dotychczas badań laboratoryjnych, uzasadniających celowość podjęcia niniejszej pracy doktorskiej.

Rozdział czwarty, nazwany „Celem pracy”, stanowi w istocie tezę dysertacji, w którym Doktorantka deklaruje „stworzenie nowej metody obliczeniowej, umożliwiającej dokładniejsze wyznaczanie oporów toczenia taśmy po krążnikach”. Cel ten przewidziano osiągnąć przez uściślenie obecnie stosowanego w obliczeniach dwuparametrowego modelu teoretycznego taśmy (Kelvina-Voigta), poprzez jednoznaczne wyznaczenie parametrów tłumiących taśmę oraz ich weryfikację laboratoryjną.

W rozdziale piątym przedstawiono teoretyczne założenia do przyjętego w dysertacji teoretycznego modelu reologicznego taśmy (Kelvina-Voigta). Przedstawiono w nim założenia modelowe, opisano problemy związane z tłumieniem taśmy przenośnikowej, omówiono wpływ prędkości taśmy na opory toczenia oraz przeanalizowano możliwe rozkłady obciążeń wzdłuż tworzącej krążnika i ich wpływ na opory toczenia. Rozdział ten stanowi bazę teoretyczną zagadnienia racjonalizacji wyznaczenia oporów toczenia taśmy po krążnikach, której tezy zostały przez Doktorantkę udowodnione w dalszych rozdziałach pracy doktorskiej.

Rozdział szósty zawiera plan badań laboratoryjnych, obejmujących badania oporów toczenia oraz określania własności tłumiących taśm przenośnikowych. Do badań wybrano 5 typów taśm: trzy rodzaje taśm z rdzeniem z linkami stalowymi oraz dwa rodzaje taśm z rdzeniem tekstylnym.

Badania laboratoryjne właściwości tłumiących wyznaczonych taśm zaprezentowano w rozdziale siódmym. Przedstawiono w nim opis stanowisk badawczych oraz wyniki uzyskanych wyników badań, w szczególności współczynników tłumienia badanych taśm. Wyniki tych badań zapisano w postaci funkcji wielomianowych oraz przedstawiono graficznie.

Natomiast laboratoryjne badania oporów toczenia taśmy po krążnikach przedstawiono w rozdziale ósmym, gdzie opisano metodę i stanowisko badawcze oraz zrealizowano badania określające wpływ obciążeń oraz prędkości taśmy na opory toczenia

W rozdziale dziewiątym dokonano weryfikacji przyjętego w dysertacji modelu teoretycznego taśmy przenośnikowej. Weryfikację nowego modelu teoretycznego wykonano porównując wyniki obliczeń z pomiarami oporów ruchu, przeprowadzonymi w kopalni węgla brunatnego. Porównano wyniki z pomiarów eksploatacyjnych z obliczeniami uzyskanymi według „starej” i „nowej” metody, w której uwzględniono parametry tłumienia i sprężystości nowego modelu reologicznego.

Rozdział dziesiąty to przedstawienie wniosków końcowych (naukowych i praktycznych) wynikających z pracy doktorskiej.

Rozprawa doktorska mgr inż. Martyny Koniecznej – Fuławka wykonana została pod względem naukowym, edytorskim i graficznym bardzo starannie. Doktorantka wykorzystała umiejętnie współczesne środki przeszukiwania zasobów literaturowych oraz osobistą wiedzę teoretyczną do osiągnięcia postawionych przed sobą celów. Z uznaniem należy podkreślić poprawność struktury rozprawy (kolejność rozdziałów, zwięzłość, proporcje między poszczególnymi rozdziałami, obecność założeń metodologicznych pracy w tym metod, technik i narzędzi badawczych). Również wykazana przez Doktorantkę znajomość metodologii badań oraz przyjętych i zastosowanych metod badawczych taśm przenośnikowych zasługuje na uznanie. Zagadnienia ujęte w pracy przedstawiają oryginalny problem badawczy oraz wybrane zostały trafnie i wynikają z aktualnych potrzeb dotyczących projektantów i użytkowników przenośników taśmowych w górnictwie podziemnym i odkrywkowym.

3. Merytoryczna ocena pracy doktorskiej

3.1. Uwagi ogólne

- a. Str.9, rozdz.3 – „Stosowane metody wyznaczania oraz badania oporów toczenia”.
Doktorantka dzieli modele umożliwiające wyznaczenie oporów toczenia na dwie grupy: modele teoretyczne oraz numeryczne. Jest to zapewne jakaś nieścisłość logiczna, wynikająca ze zbyt pobieżnego przeglądu literatury tematu, ponieważ w praktyce projektowej przenośników taśmowych do dnia dzisiejszego stosuje się modele obliczeniowe wywodzące się z badań eksploatacyjnych, a zwłaszcza oparte na doświadczeniach firm specjalistycznych, zajmujących się projektowaniem i produkcją przenośników taśmowych oraz produkcją taśm, np.:
 - DIN 22101 – Continous Mechanical Handling Equipment. Belt Conveyors for Bulk Material. Basic for Calculation and Design;
 - ISO 5048.1989 - Continous Mechanical Handling Equipment. Belt Conveyors for Bulk Material. Basic for Calculation and Design;
 - BN – 80/0452 – Belt Conveyors. Basic Principles for Calculation and Design;
 - Firmy Continental;
 - Vierling; Antoniak; Ściegosz, etc.
- b. Str.81-86, rozdz.11 - „Literatura”.
Brak samodzielnej publikacji. Wprawdzie Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”, art.11 pkt.2, w zakresie tego wymogu jest niejednoznaczna, ale przyjęło się zwyczajowo tego wymagać. Również brakuje mi w wykazie literaturowym nieobecność wielu uznanych badaczy z zakresu obliczeń przenośników taśmowych, jak np. prof. Tadeusz Żur oraz prof. Jerzy Antoniak.
- c. Str.20, rozdz.3.4 oraz str. 51, rozdz.5.4 – „Wpływ prędkości taśmy na opory toczenia”.
W pracy stwierdza się, że wpływ prędkości taśmy na wielkość oporów toczenia jest niewielki (Hunter, May, Wheeler), i tak twierdzi również Doktorantka (patrz rys.43, str.72), ale inne źródła literaturowe podają, że wpływ prędkości taśmy jest duży (Vier-

- ling, DIN 22101). Brakuje tu krytycznego spojrzenia Doktorantki na ten problem, np. jak rozwój konstrukcji krążników wpłynął na obniżenie ich oporów toczenia.
- d. Str.13, rozdz.3.2 – „Modele numeryczne” oraz str.23, rozdz.5- „Model teoretyczny”.
W przyjętym w dysertacji modelu obliczeniowym, opory toczenia wyznacza się w oparciu o metodę elementów skończonych (MES). Mam tutaj podstawową wątpliwość! Czy ta metoda jest tu prawidłowo zastosowana, ponieważ z założenia MES stosuje się w badaniach ciał jednorodnych, o charakterystyce ciągłej (continuum), czemu przecież taśma przenośnikowa o przekroju poprzecznym, wyraźnie niejednorodnym, przeczy. MES w ciałach o „continuum” sprężystym (np. stal) umożliwia „dyskretyzację” równań różniczkowych cząstkowych, dlatego rozwiązania takich równań (wtedy już zwyczajnych, liniowych) są oczywiste i wiarygodne. Moja uwaga jest ogólna i może być dyskusyjna i w żaden sposób nie obciąża ona Doktorantki.
- e. Str.26, rozdz.5.1 - „Założenia modelowe”.
W dysertacji przyjęto „a priori”, że modelem reologicznym opisującym zachowanie taśmy przenośnikowej we współpracy z krążnikiem jest liniowy model dwuparametrowy (Kekvina -Voigta), w którym zachodzi dyssypacja energii (tłumienie). Schematycznie to przedstawiając, jest to równoległe połączenie sprężyny i tłumika. Ale w teorii reologii znany jest inny model dwuparametrowy (Maxwella), w którym również występuje tłumienie. Tutaj sprężyna i tłumik połączone są szeregowo. Równania różniczkowe opisujące te zjawiska i ich rozwiązania są identyczne. Pierwszy opisuje zjawisko pełzania materiału (relaksacja odkształceń), drugi natomiast relaksację naprężeń. W pracy doktorskiej nie dokonano analizy wyboru modelu reologicznego (dyskusji), chociażby badając i porównując dla obydwu z nich logarytmiczny dekrement tłumienia.
- f. Str.62, rozdz.7.2 - „Wyniki badań”.
Badania taśm tekstylnych (modułu sprężystości oraz współczynnika tłumienia) były prowadzone w temperaturze 22 oraz 24⁰ C. Jednakże często w rzeczywistych warunkach atmosferycznych (zimowych), temperatura ich pracy znacznie odbiega od temperatury pokojowej (nawet spada do wartości – 20⁰C). Taśma tekstylna, w której okładka bieżna i nośna są gumowe zmienia wtedy radykalnie swoje własności sprężyste i tłumiące. W dysertacji nie odniesiono się do tego istotnego zagadnienia.

3.2. Uwagi szczegółowe

- a. Zgodnie z art.13, ustęp 6, Ustawy o „Stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. Ustaw nr 65, poz. 595), rozprawa doktorska powinna być opatrzona streszczeniem w języku angielskim, czego w niniejszej dysertacji nie zauważyłem. Ten wymóg Ustawy powinien być przed dalszym procedowaniem dysertacji uzupełniony.
- b. Str.15, rozdz.3.3 - „Badania laboratoryjne”.
Wskaźnik dynamiczny gumy D_g (wzór 18) powinien posiadać wymiar (dymensję).
- c. Tekst pracy doktorskiej powinien być pisany w formie bezosobowej, czego w wielu miejscach pracy nie dochowano.
- d. Str. 75, rozdz.9 – „Weryfikacja modelu teoretycznego”.

Na rysunkach: 48 i 49 oraz 75 i 76 brak rozróżnienia (np. w kolorze lub innym oznaczeniem) pomiędzy starym i nowym modelem obliczeniowym.

4. Wnioski końcowe

Niezależnie od krytycznych uwag zawartych w niniejszej recenzji, należy stwierdzić, że praca doktorska mgr inż. Martyny Koniecznej - Fuławki stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu badawczego i wnosi znaczący wkład w rozwój metod badawczych, związanych z projektowaniem elementów i zespołów przenośników taśmowych. Duże znaczenie, ze względu na swe cechy aplikacyjne, posiada niniejsza praca dla użytkowników przenośników taśmowych. Wyniki tej pracy mogą być z powodzeniem wdrożone do praktyki produkcyjnej i eksploatacyjnej w górnictwie podziemnym i odkrywkowym.

Reasumując, należy stwierdzić, że mgr inż. Martyna Konieczna - Fuławka w swojej pracy doktorskiej przeprowadziła prawidłowo badania analityczne różnego typu modeli teoretycznych układu taśma - krążnik, w celu udowodnienia założonych celów w swojej pracy. W oparciu o dokonane studia aktualnego stanu wiedzy i techniki oraz analizę teoretyczną zjawisk reologicznych, zachodzących na styku taśmy i krążnika, opracowała nową, oryginalną metodę obliczeniową, umożliwiającą dokładniejsze wyznaczanie oporów toczenia taśmy po krążnikach. Cel ten osiągnięto przez uściślenie obecnie stosowanego w obliczeniach dwuparametrowego modelu teoretycznego taśmy (Kelvina-Voigta), poprzez jednoznaczne wyznaczenie parametrów tłumiących taśmę oraz ich weryfikację laboratoryjną.

Mgr inż. Martyna Konieczna - Fuławka wykazała się w sposób zadawalający ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej *Górnictwo i geologia inżynierska*. Również część analityczna i badawcza dysertacji pokazała umiejętność Doktorantki w zakresie samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w tej dyscyplinie.

W związku z powyższym stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr inż. Martyny Koniecznej - Fuławki, pt. „*Metoda wyznaczania oporów toczenia taśmy po krążnikach*”, w myśl art. 13, ustęp 1, spełnia wymogi Ustawy o „Stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz stopniach i tytułach w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. Ustaw nr. 65 poz. 595) i reprezentuje dyscyplinę wiedzy *Górnictwo i geologia inżynierska*. Wnoszę więc do Rady Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. Martyny Koniecznej - Fuławki i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

