
dr hab. inż. Bartosz Gapiński, prof. PP
Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych
Instytut Technologii Mechanicznej
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Poznańska
ul. Piotrowo 3
60-965 Poznań
e-mail: bartosz.gapinski@put.poznan.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Tomasza RYBY pt.
***METODYKA BADAŃ URZĄDZENIA DO KONTROLI NAPIĘCIA
I ZUŻYCIA TAŚM GUMOWYCH W PRZENOŚNIKACH***

Promotor: dr hab. inż. Mirosław RUCKI, prof. UTH

Promotor pomocniczy: dr inż. Zbigniew SIEMIĄTKOWSKI

Podstawa opracowania recenzji:

Uchwała Senatu nr 000-11/8/2020 Uniwersytetu Technologiczno – Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu z dnia 11 grudnia 2020 roku.

1. Wprowadzenie

Systemy transportowe są krwioobiegami gospodarki. Zapewniają dostawę dóbr w różnych obszarach życia – od transportu globalnego pomiędzy kontynentami, po transport związany z przenoszeniem pomiędzy miejscami zlokalizowanymi obok siebie. Każda z takich sytuacji wymaga odpowiednich środków technicznych zapewniających właściwy czas realizacji zadania transportowego, zdolność przenoszenia odpowiedniej masy, dokładność pozycjonowania podczas podejmowania i oddawania ładunku, dostosowanie do rodzaju transportowanego materiału oraz wiele innych wymogów.

Jednymi z takich rozwiązań są przenośniki z taśmami gumowymi. Można je spotkać w bardzo wielu miejscach od wielokilometrowego transportu urobku w kopalni, poprzez transport bagaży na lotnisku, po przenoszenie obiektów na liniach produkcyjnych. Sporadycznie układy te są dublowane, co powoduje, iż oczekuje się od nich nieprzerwanej, bezawaryjnej pracy często w układzie 24/7. Zatem awaria transportera, w tym jednego z jego głównych elementów, jakim jest taśma gumowa, skutkuje najczęściej zatrzymaniem całej linii produkcyjnej powodując poważne straty i opóźnienia. Zatem wszelkie prace prowadzące do możliwości nadzorowania takich układów w trakcie ich pracy są bardzo cennym kierunkiem badań. Rozwiązanie takie

pozwoliłoby na ciągły nadzór nad stanem pasa transportowego, a co najważniejsze możliwość wykrycia jego uszkodzenia zanim nastąpi zerwanie. Pozwoliłoby to nie tylko na wymianę pasa w momencie niekolidującym z pracą całego układu, ale również na maksymalne wydłużenie czasu eksploatacji poprzez uniknięcie zbyt wczesnej wymiany na tak zwany „wszelki wypadek”.

Między innymi z tych powodów podjęta przez Doktoranta tematyka, związana z opracowaniem urządzenia do kontroli napięcia i zużycia taśm gumowych w przenośnikach pokazuje, jak ważny, a jednocześnie niezbadany jest to obszar. W świetle przedstawionych zagadnień podjęcie tematu rozprawy należy uznać za trafne i w pełni uzasadnione, zarówno pod względem naukowym, jak i utylitarnym. To wszystko sprawia, że praca poruszająca omawianą tematykę jest bardzo interesująca, a zaproponowane rozwiązanie ma szansę na wdrożenie w praktykę przemysłową, tym bardziej, iż jego koncepcja została zgłoszona do Urzędu Patentowego RP.

2. Układ i obszar merytoryczny rozprawy

Recenzowana praca liczy 113 stron i składa się z 7 rozdziałów oraz z nienumerowanego wykazu literatury zawierającego 96 pozycji, 6 norm i wytycznych oraz 6 stron internetowych obejmujących tematycznie zakres pracy. Doktorant jest współautorem 4 spośród pozycji wymienionych w wykazie literatury. W dysertacji zamieszczono również spis najważniejszych oznaczeń i skrótów stosowanych w tekście rozprawy oraz streszczenia w języku polskim. Praca poprzedzona jest spisem treści oraz nienumerowanym Wstępem.

Wstęp – Autor krótko wprowadza czytelnika w tematykę związaną z transportem, a szczególnie nacisk kładzie na transport wewnątrzzakładowy. Ukazuje związki Przemysłu 4.0 z układami transportowymi i powiązanie z tym obszarem czujników inteligentnych, które mogą znaleźć zastosowanie w nadzorze nad środkami transportu bliskiego, jakimi są przenośniki taśmowe.

Rozdział 1 – *Stan wiedzy nt. przenośników wykorzystywanych w transporcie bliskim* – Autor wprowadza czytelnika w tematykę związaną z przenośnikami stosowanymi w transporcie bliskim. Ukazuje światowe kierunki rozwoju w tym obszarze odwołując się m.in. do zagadnienia sztucznej inteligencji oraz *Predictive Maintenance* będących swoistą odpowiedzią na zapotrzebowanie czwartej rewolucji przemysłowej. Następnie Doktorant charakteryzuje przenośniki stosowane w transporcie bliskim oraz materiały stosowane do ich budowy. Rozdział wieńczy prezentacja wybranych przez Autora aspektów badawczych rozpatrywanych w literaturze przedmiotu.

Rozdział 2 – *Cele i zakres pracy* – jest to jednostronicowy rozdział prezentujący zgodnie z jego tytułem cel oraz zakres podjętych działań, a także etapy zrealizowane podczas pracy nad doktoratem.

Rozdział 3 – *Nowe urządzenie do kontroli napięcia i zużycia taśm przenośników* – rozdział ten Autor rozpoczyna od prezentacji własnych założeń dotyczących konstrukcji projektowanego urządzenia. Następnie prezentuje techniki druku 3D oraz budowę i zasadę działania układów tensometrycznych. Kolejnym etapem jest charakterystyka zaprojektowanego stanowiska badawczego wraz z opisem zasady działania.

Rozdział 4 – *Badania wstępne i opracowana metoda badawcza* – w rozdziale czwartym Doktorant przedstawił sposób weryfikacji oraz wyniki wstępnych badań prowadzących do wyboru czujnika tensometrycznego o parametrach pozwalających na realizację założeń przyjętych dla konstruowanego urządzenia.

Rozdział 5 – *Kalibracja czujników tensometrycznych w urządzeniu do kontroli napięcia i zużycia taśm w przenośnikach* – zawiera w pierwszym podrozdziale wykaz wybranych pojęć metrologicznych dotyczących kalibracji urządzeń. Następnie Autor omawia opracowane przez siebie stanowisko do kalibracji czujników tensometrycznych – jego budowę, sposób wykonania oraz zasadę działania. Dalej prezentuje opracowaną przez siebie konstrukcję stanowiska i procedurę kalibracji. W rozdziale 5 zawarto również analizę niepewności pomiaru dla opracowanego układu oraz zasady aproksymacji otrzymanych wyników.

Rozdział 6 – *Badanie zużycia taśmy przenośnika przy użyciu nowego układu badawczego* – w rozdziale tym Doktorant przedstawił wyniki własnych badań w zakresie poprawnego uzyskania wstępnego napięcia taśmy, pomiarów statycznych oraz dynamicznych dla różnego rozkładu obciążenia taśmy transportera. Zaprezentował również wyniki uzyskane podczas pomiarów z uszkodzoną taśmą transportera.

Rozdział 7 – *Podsumowanie i wnioski* – zawiera podsumowanie przeprowadzonych przez Doktoranta prac związanych z opracowanym stanowiskiem do kontroli napięcia i zużycia taśm gumowych w przenośnikach. Zawarto w nim także podsumowanie przeprowadzonych badań oraz osiągniętych rezultatów potwierdzających zrealizowanie postawionych celów.

3. Ocena rozprawy doktorskiej

Poddana ocenie rozprawa doktorska jest dziełem ciekawym, zawierającym wiele informacji związanych z przenośnikami taśmowymi. Przedstawiona treść pozwala pozytywnie ocenić wiedzę i doświadczenie Autora. Zaprezentowane wyniki odzwierciedlają, w ocenie czytającego, odpowiednie zgłębienie podjętego tematu, pozwalające na przygotowanie stosownych rozwiązań i przeprowadzenie odpowiedniej liczby badań pozwalających na uzyskanie zaprezentowanych rezultatów. Czytając rozprawę odnosi się pozytywne i oczekiwane wrażenie, że Doktorant zna zagadnienia związane z badanymi przenośnikami oraz układami tensometrycznymi, co pozwoliło mu na opracowanie urządzenia do kontroli napięcia i zużycia pasów gumowych. Ma świadomość realizowanych przez siebie badań i co najważniejsze potrafi wyciągać konkretne wnioski prezentując zalety i wady analizowanych rozwiązań. Świadczy to o dojrzałości naukowej Pana mgr. inż. Tomasza Ryby, co należy oceniać bardzo pozytywnie.

Analizując założenia ocenianej rozprawy doktorskiej, wyrażone w postaci celu głównego i przyjętego zakresu pracy stwierdzam, że zostały one przez Autora zrealizowane. Opracowano zatem prototyp urządzenia pozwalającego na pomiar w czasie rzeczywistym naciągu taśmy podajnika. W tym celu Autor podjął się analizy literaturowej, opracował założenia pozwalające na gumowych w skonstruowanie i wykonanie urządzenia pomiarowego, opracował metody jego badania oraz wzorcowania. Prace te pozwoliły na potwierdzenie poczynionych założeń i otworzyły pole do dalszych prac badawczych. Na podkreślenie zasługuje również fakt zgłoszenia do Urzędu Patentowego RP sposobu i urządzenia do kontroli naprężenia i zużycia taśm przenośnikach – zgłoszenie patentowe Nr P.432900.

W dysertacji dokonano stosowanego przeglądu literatury, a Autor powołuje się we właściwych miejscach na artykuły, książki i normy. Pozwala to na syntetyczne przedstawienie poszczególnych zagadnień i dowodzi znajomości materii u Doktoranta. Wszystkie te aspekty niewątpliwie potwierdzają możliwości i umiejętności Pana mgra inż. Tomasza RYBY do prowadzenia badań naukowych i formułowania właściwych wniosków z nich płynących. Należy jednak zwrócić uwagę, iż niektóre przywołane w tekście pozycje nie znalazły się w spisie literatury. Są to: str. 4 - *Zieliński, 1970*, str.5 - *PN-62/M-7800* oraz *2006/42/WE*, str. 10 - *Ruijs-Sarmiento, 2020*, str. 19 - *Będziński i in., 1998*, str. 19 - *Mazurkiewicz, 2009*, str. 21 - *Antoniak, 2007*, str. 25 - *Uhlmann et al., 2017*, str. 27 - *Exaddon, 2020* oraz str. 28 - *Ober, 2014*.

Poniżej prezentuję bardziej szczegółowe uwagi krytyczne i polemiczne, dotyczące poszczególnych fragmentów dysertacji:

Rysunek 1 (str. 4) – przedstawia podział środków transportu. Należałoby poprowadzić strzałki do poszczególnych typów środków transportu adekwatnie dla „transportu dalekiego” i „transportu bliskiego”. W obecnym zapisie można odnieść wrażenie, że statki są rodzajami samolotów, a one łącznie są rodzajami samochodów. Podobny sposób, w mojej ocenie niepoprawnego oznaczenia, przyjęto na rys. 1.3.1 (str. 11).

Na stronie 5 Autor przedstawia zgodnie z normą PN-62/M-7800 podział transportu wewnętrznego – dla porządku można było zamienić kolejność na międzywydziałowy, wewnątrzwydziałowy, międzystanowiskowy i stanowiskowy. Na tej samej stronie wymieniając zagrożenia dla życia i zdrowia Doktorant podaje „*obszar pracy prasy (duże, ciężkie elementy unoszące-opadające)*”, może lepiej było napisać „*wykonujące ruch posuwisto-zwrotny*” lub „*przemieszczający się w osi pionowej*”.

Ostatni akapit na str. 6 (i dalsze str. 7) obejmują krótkie streszczenie poszczególnych rozdziałów pracy. Można było je wyodrębnić w postaci podrozdziału. W obecnym układzie Autor pisze o „*opisanych badaniach*” jednak dla czytelnika informacje te dopiero się pojawiają.

W tytule rozdziału 1 (str. 8) można było uniknąć skrótu „*nt.*” stosując pełny zapis „*na temat*”.

Na str. 8 Autor słusznie stwierdza, że dziś również prowadzi się szereg prac rozwojowych, m.in. w obszarze transportu bliskiego. Można było jednak to twierdzenie poprzeć większą liczbą powołań literaturowych. Stwierdza również, że „*... dalszy rozwój, jak się zdaje, jest w dużej mierze uzależniony od nowoczesnych metod projektowania 3D oraz zaawansowanych technik wytwarzania, które umożliwia tworzenie produktów o wysokiej jakości i wydajności przy jednoczesnym poszanowaniu środowiska naturalnego z korzyścią dla finalnego odbiorcy.*”, nie wyjaśnia jednak, w jakim aspekcie będzie to wpływało na omawiane układy transportu bliskiego.

Dla rysunków 1.3.3 - 1.3.5 (str. 12-13) jako źródło literaturowe podano „*zasoby Internetu*”. W rozprawie doktorskiej powinno podać się w spisie literatury adres strony internetowej oraz datę, kiedy te materiały zostały uzyskane.

Na stronie 14 autor pisze „*... przenośniki taśmowe nie wywierają wpływu na wyroby ...*” jest to oczywiście słuszne założenie, jednak lepiej byłoby napisać, iż „*nie powinny wywierać wpływu*”.

Na stronie 15 autor pisze „*Wszystkie tworzywa stosowane w produkcji taśm charakteryzują się silną nieliniowością fizyczną i tłumieniem*”. Warto byłoby rozwinąć to stwierdzenie dodając, jaki wpływ w omawianym aspekcie ma zjawisko nieliniowości oraz jakie wartości są tłumione. Na tej samej

stronie w ostatnim akapicie pojawia się informacja o wprowadzaniu coraz lżejszych materiałów konstrukcyjnych m.in. w produkcji samochodów, poparta tabelą 1.4.1. Nie wyjaśniono jednak, jaki ma to związek z omawianymi w niniejszej dysertacji przenośnikami. Kontynuując wątek lekkich materiałów autor podaje na str. 16 i 17 informacje nt. stopów aluminium – uważam, że w kontekście tematu rozprawy można było ten fragment pominąć bez straty dla meritum.

Na stronie 17 Autor podaje, że transportowi taśmowemu poświęcono wiele konferencji i publikacji – szkoda, że przy okazji nie podaje większej liczby takich źródeł. Podaje również trzy główne obszary zapotrzebowania w zakresie konstruowania i eksploatacji przenośników – powołuje się jednak na publikacje z 2005 roku – można było w mojej ocenie skorzystać również z nowszych źródeł.

Kończąc rozdział 1 (str. 22) Autor zawarł jeden bardzo krótki podsumowujący akapit. W mojej ocenie można było ten fragment bardziej rozbudować podając wynikające z przeglądu literatury motywacje dla podjęcia dalszej części prac.

W rozdziale 2 (str. 23) Autor pisze „*Celem pracy jest opracowanie prototypu nowego urządzenia ...*” – słowo nowego wydaje się być niepotrzebne. Na tej samej stronie w części dotyczącej *Realizacji pracy* Doktorant zawarł stwierdzenie, że „*Autor samodzielnie zaprojektował i wykonał nowatorskie urządzenie pomiarowe [...], a także stanowisko badawcze, imitujące pracę ...*” – uważam, że wyraz „*imitujące*” lepiej byłoby zastąpić fragmentem „*pozwalające na symulację pracy*”.

Na stronie 24 (i w wielu innych miejscach) Autor napisał „*...kolejnej rewolucji przemysłowej Industry 4.0 ...*”. Pojęcia „*Industry 4.0*”, „*Przemysł 4.0*”, „*czwarta rewolucja przemysłowa*” są synonimami i w mojej ocenie nie powinny być używane łącznie.

Na stronach 25 – 28 zawarto opis metod addytywnych, a z większym naciskiem przedstawiono metodę FDM. Uważam, że ten opis nie był konieczny, i bez szkody dla dysertacji można było go skrócić. Decydując się jednak na taki zabieg warto było wyróżnić tę część, jako podrozdział, podobnie jak część dotyczącą opisu tensometrów (str. 28-32).

Na stronie 33 podano wykaz elementów składowych opracowanego stanowiska badawczego. Zabrakło w nim jednak właściwego układu pomiarowego. Przyjęto również do projektowania jednakowe średnice wałka napędowego i biernego $d=D$. Nie podano, z jakich powodów przyjęto takie założenie i czy wprowadzenie zmiany w tym obszarze może mieć wpływ na projektowany układ.

Na stronie 35 (tab. 3.2.1) przedstawiono wyniki pomiaru bicia na wałkach przenośnika. Do pomiaru zastosowano czujnik zegarowy o rozdzielczości 0,01 mm. Zważywszy na uzyskane wyniki, czy nie było właściwsze zastosowanie czujnika 0,001 mm? Na tej samej stronie podano, iż moduł elektroniczny zlokalizowany wewnątrz wałka zasilany jest bateriami 3 x AAA. Rozwiązanie jest praktyczne ze względu na autonomię układu, ale czy zbadano żywotność takiego rozwiązania?

Na rysunku 3.3.2 (str. 40) można było rozważyć dodanie / zastąpienie osi odciętych wyrażonej w jednostkach czasu osią wyrażoną w wartościach kąta obrotu wału. Rozwiązanie takie pokazałoby jak rozkłada się wartość wskazań czujnika w zależności od jego położenia na wale.

W rozdziale 3 omówiono koncepcję i przyjęte rozwiązania dla opracowywanego układu kontroli napięcia i zużycia taśm przenośników. W mojej ocenie na końcu rozdziału zabrakło podsumowania tej części dysertacji.

Rys. 4.1. (str. 41) – uważam, że bardziej właściwe byłoby poprowadzenie strzałki reprezentującej informację zwrotną „poprawki” do „projektu” niż, tak jak jest to obecnie do „prototypu”. Pod rysunkiem 4.1 Autor zawarł akapit, który w znacznym stopniu zawiera wnioski dotyczące proponowanego rozwiązania. Powinny one raczej być przedstawione na późniejszym etapie – czyli po prezentacji wyników badań wstępnych.

Rys. 4.2. (str. 42) – czy nie lepiej było umieścić czujnik tensometryczny w jednej prostopadłej do osi wału płaszczyźnie po jego przeciwległych stornach. Pozwoliłoby to wywoływać taki sam stan obciążeń (niezależnie od właściwości taśmy), a odpowiedzi z tensometrów przesunięte byłby w czasie o wartość równą połowie czasu obrotu wału.

Na rys. 4.3. (str. 42) i dalszych przedstawiono wartości odpowiedzi z czujników tensometrycznych. Oś odciętych przedstawiona jest, jako „próbka”. Jak rozumiem, jest to kolejna wartość uzyskana podczas próbkowania (rejestracji danych pomiarowych). Uważam, że zdecydowanie korzystniej byłoby te wartości przedstawić w jednostkach czasu. Można by również na wykresie „skrócić” obszary znajdujące się przed strefą B oraz po strefie C. Rysunek 4.3 zatytułowano „pomiar statyczny...” – czy należy rozumieć, że w trakcie badania wałek nie wykonywał ruchu obrotowego? Z opisu pod rysunkiem wynika, że realizowany był obrót – jak było w rzeczywistości?

Na stronie 46 Autor pisze „W literaturze przedmiotu zauważyć można, że wielu autorów korzysta z pojęcia „wzorowanie” zamiennie z pojęciem „kalibracja”” – warto by podać przykład takiego źródła literaturowego.

We wzorach 5.1.4 i 5.1.5 wartość $|x^* - x^*|$ jest niepoprawna - przy takim zapisie wynik wynosiłby 0 i niemożliwe byłoby spełnienie warunku zawartego we wzorze 5.1.5.

Na stronie 47 doktorant podaje wymagania dla projektowanego przyrządu, m.in.: „możliwość przykładania obciążenia w górnej części przyrządu” – jak rozumieć tę „górną część”?

Na rysunkach 5.2.6 oraz 5.2.7 (str. 51) przedstawiono wyniki obliczeń MES. Ich prezentacja jest mało czytelna, ze względu na zastosowaną skalę kolorystyczną. Korzystne byłoby zawężenie jedynie do zakresu zawierającego zarejestrowane wartości.

Na stronie 54 podano parametry druku 3D. Warto by je uzupełnić o grubość warstwy oraz grubość ścian (liczbę warstw), wpływają one na wytrzymałość elementu, gdy obiekt nie jest wypełniony materiałem w 100%.

Na stronie 56 Autor podaje, że dla każdej próby obciążenia uzyskał „100 wyników”. Warto by wyjaśnić, czy chodzi o próbkowanie i rejestrację 100 wartości przy zadaniu obciążenia, oraz czy w dalszych analizach brano pod uwagę wartość średnią z tych 100 wartości.

Wartości przedstawione na rysunkach 5.3.5 – 5.3.7 (str. 58-60) można było przedstawić na 3 zbiorczych wykresach – temperatury, wilgotności i ciśnienia. Pozwoliłoby to na porównanie wartości w obrębie jednego czujnika, jak i stanowiska. Ponadto cenna byłaby informacja o lokalizacji tych czujników względem stanowiska kalibracyjnego.

Na stronie 61 Autor pisze „Stwierdzono, że rozrzut wyników jest zbliżony do rozkładu normalnego...” – jaki przyjęto sposób weryfikacji normalności rozkładu?

Tabela 5.4.1 (str. 62) – podane wartości średnich [μ S] nie odpowiadają danym zawartym w tabeli. Nie odpowiadają również danym zawartym w tabeli 5.4.2 (dla obciążenia 0,5 kg).

Rys. 6.1.1. (str. 65-66) – przedstawione wykresy są mało czytelne.

Na stronie 67 Autor napisał „...czynniki T1 i T3 odbywa się z dużą dokładnością i powtarzalnością ...” określenie duża dokładność jest nieprecyzyjne – najkorzystniej byłoby podać wartości liczbowe.

Na rys. 6.1.2 i 6.1.3 przedstawiono wykresy a i b – jakie dane zawierają i czym się różnią?

Na rys. 6.1.4 przedstawiono dane z pomiaru napięcia taśmy w stanie spoczynku w ciągu pięciu kolejnych dni. Zdecydowanie korzystniej byłoby pokazać wartości średnie (z rozrzutami), a dane przedstawić na jednym zbiorczym wykresie. W obecnym układzie trudno jest zauważyć zmiany zachodzące w rejestrowanych siłach, pomimo iż są one znaczne.

Rozdział 6.2 – dlaczego nie poddano badaniu taśmy z obciążeniem 5 oraz 10 kg? W rozdziale tym Doktorant przedstawia wyniki badań. Dla każdej konfiguracji wykonał 30 powtórzeń, co jest Jego znaczącym wkładem w pracę. Niestety przedstawiono jedynie dane dla pomiaru 1 i 30. Szkoda, że nie dodano np. zbiorczej tabeli podsumowującej, co pozwoliłoby na pełną prezentację wykonanych badań. W omawianym rozdziale wyniki pomiarów prezentowane są za pomocą wykresów – korzystne byłoby zrewidowanie zakresów prezentowanych dla osi rzędnych i usunięcie fragmentów, w których nie zanotowano wyników pomiarów (np. obszar 0-6 N). Zarejestrowane dane służą do oceny zmian wskazań pod wpływem różnych obciążeń. Podając te wartości sił rejestrowanych za pomocą tensometrów, warto by podać jak są uzyskiwane – tzn. czy np. czy jest to uśrednienie ze 100 kolejnych próbkowań?

Na stronie 94 podano stosowane podczas testów dynamicznych prędkości obrotowe. Uważam, że warto by podać dodatkowo prędkość ruchu taśmy – pozwoliłoby to porównać założenia z wytycznymi podanymi na tej samej stronie. Dalej na stronie 94 Autor stwierdza „Obecnie przenośniki taśmowe ze względu na transportowany materiał poruszają się z niższymi prędkościami (Goździcki & Świątkiewicz, 1979)” – powoływanie się w tej materii na publikację sprzed 40 lat w konfrontacji ze słowem „obecnie” wydaje się nie być właściwe.

W rozdziale 6.3.2 przeprowadzono testy dynamiczne z obciążeniem. Czy przeprowadzono inne próby, niż z prędkością 400 obr./min?

Na rys. 6.3.6 – 6.3.8 przedstawiono wpływ uszkodzenia taśmy na rejestrowane wartości sił. Wykresy mogłyby być bardziej czytelne, gdyby w każdym przypadku początek narastania siły był zlokalizowany dla tej samej (umownej) wartości na osi odciętych. Należałoby również zmienić opis pod ww. rysunkami, gdyż dane nie prezentują wartości dla 6 rozcięć, a dla układu od 1 do 6 rozcięć.

Analizując dane przedstawione na rys. 6.3.10 (str. 105) nasuwa się pytanie jak mają się wartości sił świadczące o uszkodzeniu taśmy do hipotetycznego przypadku obciążenia taśmy większą niż zakładana (nominalna) masą?

W dysertacji znalazły się również drobne błędy gramatyczne i edycyjne – dla porządku wymieniam kilka przykładów:

- Str. 5 – „Jedną z fundamentalnych podstaw sukcesu właściwej implementacji koncepcji Industry 4.0 jest pozyskiwanie dużych ilości precyzyjnych informacji w czasie rzeczywistym o kondycji maszyny ...” – powinno być raczej „Jedną z fundamentalnych podstaw sukcesu właściwej implementacji koncepcji Industry 4.0 jest pozyskiwanie w czasie rzeczywistym dużych ilości precyzyjnych informacji o kondycji maszyny ...”.

- Str. 8 – „... przedsiębiorcą który używał do produkcji swoich produktów linii montażowej był Henry Ford i jego Ford model T.” powinno być raczej „... przedsiębiorca, który używał do produkcji linii montażowej był Henry Ford, do wytwarzania przez niego modelu T.”
- Str. 10 – „W tych warunkach jest zapotrzebowanie w Sztucznej Inteligencji ...” powinno być raczej „W tych warunkach jest zapotrzebowanie zastosowania Sztucznej Inteligencji ...”
- Str. 12 – „... przenośniki członowe, których elementem transportujących są połączone ze sobą pojedyncze człony w zamknięty obwód ...” powinno być raczej „... przenośniki członowe, w których elementem transportującym są pojedyncze człony połączone ze sobą w zamknięty obwód ...”
- Str. 14 – „...układ napędowy składający się przeważnie z silnika elektrycznego, który za pomocą sprzęgła elastycznego połączony jest z sprzęgłem poślizgowym (hydrokinetycznym lub elektromagnetycznym), hamulcem a następnie reduktorem, który z kolei napędza bęben przekazujący dalej siły przez sprzężenie cierne na taśmę ...” powinno być „...układ napędowy składający się przeważnie z silnika elektrycznego, który za pomocą sprzęgła elastycznego połączony jest z sprzęgłem poślizgowym (hydrokinetycznym lub elektromagnetycznym), hamulcem a następnie reduktorem, który z kolei napędza bęben przekazujący dalej siły przez sprzężenie cierne na taśmę ...”
- Str. 18 – „... cyklicznie się powtarzające na każdej podporze kraźnikowej ...” powinno być raczej „... cyklicznie powtarzające się na każdej podporze kraźnikowej ...”
- Str. 24 – „Kolejne najważniejsze przyczyny awarii to ...” skoro kolejne to nie mogą być najważniejsze – najważniejsza może być jedna przyczyna.
- Str. 30 – „...cechą charakterystyczną współczesnych czujników tensorowych jest ...” ponieważ wymienionych jest więcej niż jedna zatem powinno być „...cechami charakterystycznymi współczesnych czujników tensorowych są ...”
- Str. 48 – „Tak przygotowany model można zrealizować na drodze wydruku 3D ...” raczej powinno być „Tak przygotowany model można wykonać z zastosowaniem techniki druku 3D ...”
- Str. 61 – „...w całym procesie wystąpi pewna niepewność kalibracji ...” raczej powinno być „...w całym procesie wystąpi niepewność kalibracji ...”
- Str. 65 – „...drugą doregulowuje się tak, aby uzyskać zrównanie się wykresów z dwóch czujników ...” powinno być „...drugą doregulowuje się tak, aby uzyskać zrównanie przedstawionych na wykresach wartości z dwóch czujników ...”
- Str. 94 – „Z analizy wykresów umieszczonych w Tabeli... „ powinno być „Z analizy danych przedstawionych za pomocą wykresów umieszczonych w Tabeli... „

Oceniając stronę edytorską analizowanej pracy należy podkreślić, że jest ona napisana starannie, poprawnym językiem polskim. Wykazane powyżej drobne nieścisłości nie umniejszają jej wysokiego poziomu i mają jedynie charakter porządkowy. Zawarte w pracy rysunki obrazują zagadnienia związane z przeglądem literatury oraz przeprowadzonymi badaniami i uzyskanymi wynikami stanowiąc odpowiednie uzupełnienie prezentowanych treści.

4. Wnioski

Mimo uwag krytycznych i zasygnalizowanych problemów ujętych w niniejszej recenzji stwierdzam, że Autor przedstawił koncepcję naukową, co dowodzi, że opanował podstawy

metodologii i metodyki pracy badawczej, niezbędne do prowadzenia badań. Oceniana praca jest dziełem zawierającym szereg informacji na temat przenośników taśmowych stosowanych do transportu bliskiego. Przedstawiona metodyka badań pozwoliła na weryfikację poprawności działania opracowanego przez Doktoranta urządzenia do kontroli napięcia i zużycia taśm gumowych przenośników. Właściwe ułożenie treści, podział poszczególnych rozdziałów, a także bogaty i ciekawy materiał graficzny powodują, iż dysertacja napisana jest w sposób przejrzysty i czytelny. Uporządkowanie i analiza szeregu zagadnień obejmujących podjęty temat, mimo zawartych wyżej uwag, dowodzą, iż Doktorant opanował szeroki zakres wiedzy w sposób, który umożliwia mu korzystanie z niej we właściwy sposób i pozwoli na rozwijanie własnej działalności badawczej. Podjęta tematyka badawcza jest żywa i aktualna i została wybrana w sposób trafny, a jej zakres spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Dysertacja w wielu elementach wnosi treści nowe, a cele pracy zostały osiągnięte w zakresie przyjętym przez Autora. Rozpatrywana rozprawa należy do dyscypliny Inżynieria Mechaniczna w dziedzinie nauk Inżynieryjno – Technicznych i zdaniem recenzenta stanowi istotny wkład w jej rozwój.

5. Podsumowanie

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Tomasza Ryby.: *„Metodyka badań urządzenia do kontroli napięcia i zużycia taśm gumowych w przenośnikach”*, spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. z 2017, poz. 1789 t.j. ze zm.) i może być dopuszczona do publicznej obrony.



dr hab. inż. Bartosz Gapiński, prof. PP