

dr hab. inż. Andrzej Dzierwa, prof. uczelni
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza
ul. Powstańców Warszawy 8
35-959 Rzeszów
tel. +48 17 7432546
e-mail: adzierwa@prz.edu.pl

Rzeszów, 21.03.2026



Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr. inż. Michała Formeli

pt. „Badanie procesów tarcia w sprzęgle ciernym i ich optymalizacja pod względem niezawodności”

Podstawą recenzji jest pismo o numerze 006/WIMiO/2026 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Gdańskiej prof. dr. hab. inż. Michała Wasilczuka z dnia 21 stycznia 2026 roku.

1. Uzasadnienie podjętego problemu

Tematyka rozprawy doktorskiej dotyczy tribologicznych aspektów pracy ciernego tłumika drgań skrętnych zintegrowanego ze sprzęgłem głównym układu napędowego pojazdu ciężarowego. Problematyka ta wpisuje się w istotny nurt badań z zakresu tribologii oraz budowy i eksploatacji maszyn, a jej znaczenie wyraźnie wzrasta wraz z rozwojem nowoczesnych układów napędowych stosowanych w pojazdach użytkowych. Współczesne układy napędowe pojazdów ciężarowych podlegają dynamicznym zmianom wynikającym z rosnących wymagań dotyczących efektywności energetycznej, redukcji emisji spalin oraz zwiększenia trwałości i niezawodności. W szczególności obserwuje się systematyczny wzrost maksymalnych momentów obrotowych generowanych przez silniki spalinowe przy jednoczesnym dążeniu do pracy w zakresie niższych prędkości obrotowych. Prowadzi to do intensyfikacji drgań skrętnych w układzie napędowym oraz zwiększenia obciążeń działających na elementy sprzęgła i tłumika drgań skrętnych. W tych warunkach szczególnego znaczenia nabiera rola tłumików drgań skrętnych, których zadaniem jest ograniczenie amplitudy drgań oraz ochrona elementów układu napędowego przed nadmiernym zużyciem i uszkodzeniami zmęczeniowymi. Kluczowym parametrem determinującym skuteczność działania tłumika jest charakterystyka momentu tarcia, która wpływa zarówno na zdolność tłumienia drgań, jak i na stabilność pracy całego układu napędowego.

Należy podkreślić, że w nowoczesnych pojazdach ciężarowych, wyposażonych w zautomatyzowane skrzynie biegów, stabilność momentu tarcia sprzęgła oraz tłumika drgań skrętnych ma dodatkowe znaczenie z punktu widzenia układów sterowania. Niestabilność charakterystyki tarcia może prowadzić do zwiększenia poziomu drgań i hałasu, a także do przyspieszonego zużycia elementów mechanicznych.

Z punktu widzenia tribologii analizowany układ stanowi złożony węzeł cierny, w którym jednocześnie zachodzą procesy tarcia, zużycia oraz przemian strukturalnych warstw powierzchniowych. Charakter tych procesów zależy od wielu czynników, takich jak naciski jednostkowe, prędkość ślizgania, temperatura czy właściwości materiałów współpracujących elementów. Dodatkowo, w trakcie eksploatacji dochodzi do stopniowych zmian parametrów układu, w tym zmian siły docisku oraz geometrii powierzchni kontaktu, co prowadzi do nieliniowych zmian charakterystyki momentu tarcia.

W tym kontekście podjęty przez Pana mgr inż. Michała Formelę problem badawczy związany z analizą procesów tarcia oraz identyfikacją przyczyn niestabilności momentu tarcia w ciernych tłumikach drgań skrętnych należy uznać za aktualny, istotny oraz posiadający zarówno walory poznawcze, jak i aplikacyjne.

2. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji praca liczy 101 stron i obejmuje stronę tytułową (1 strona), oświadczenia (1 strona), streszczenie (1 strona), spis treści (2 strony), wykaz ważniejszych oznaczeń (1 strona), sześć rozdziałów podzielonych na zwarte tematycznie podrozdziały (87 stron) oraz bibliografię (3 strony). Spis literatury zawiera 55 pozycji, w tym materiały firm motoryzacyjnych. Cztery z zaprezentowanych prac opublikowanych jest po roku 2020. W całym zestawieniu znajduje się jedna pozycja współautorstwa Doktoranta oraz jedno zgłoszenie patentowe. Nasuwa się więc pytanie, dlaczego Doktorant chętniej nie korzystał z własnych publikacji? Kolejność rozdziałów i podrozdziałów oraz podział treści tworzą logiczny i spójny układ pracy. Praca oprócz tekstu zawiera 87 rysunków i 5 tabel.

Rozprawę rozpoczyna „*Streszczenie*”, w którym przedstawiono cel, zakres oraz główne wyniki badań. Autor jasno definiuje problem badawczy związany z trwałością ciernych tłumików drgań skrętnych stosowanych w sprzęgłach pojazdów ciężarowych. Wskazuje na przeprowadzenie badań zarówno dla kompletnych zespołów tłumików, jak i wyizolowanych par ciernych, co pozwala na lepszą identyfikację mechanizmów odpowiedzialnych za niestabilność momentu tarcia. Autor informuje również że w wyniku realizacji podjętej pracy, zaproponowano rozwiązania konstrukcyjne mające na celu ograniczenie zidentyfikowanych czynników niestabilności momentu tarcia.

Rozdział 1 zatytułowany jest „*Sformułowanie tematyki badawczej*”. W rozdziale tym Autor wprowadza w problematykę funkcjonowania ciernych tłumików drgań skrętnych

stosowanych w sprzęgłach pojazdów ciężarowych oraz wskazuje znaczenie stabilności momentu tarcia dla prawidłowej pracy układu napędowego. Autor omawia źródła powstawania drgań skrętnych w układzie napędowym, wynikające z nierównomierności momentu generowanego przez silnik spalinowy, oraz przedstawia ich wpływ na trwałość i niezawodność elementów układu przeniesienia napędu. Wskazano również rolę tłumików drgań skrętnych jako elementów odpowiedzialnych za ograniczenie amplitudy tych drgań oraz poprawę warunków pracy sprzęgła i skrzyni biegów. W dalszej części rozdziału Autor zwraca uwagę na problem niestabilności momentu tarcia w tłumikach drgań skrętnych, który może prowadzić do pogorszenia właściwości eksploatacyjnych układu napędowego, w tym do zwiększenia drgań, hałasu oraz przyspieszonego zużycia elementów mechanicznych. Rozdział zawiera uzasadnienie podjęcia tematu rozprawy oraz wskazanie jego znaczenia z punktu widzenia zarówno naukowego, jak i aplikacyjnego. Autor w sposób czytelny określa zakres pracy oraz formułuje główny problem badawczy, stanowiący podstawę dalszych analiz teoretycznych i badań eksperymentalnych.

Kolejny rozdział, **rozdział 2** to „*Analiza stanu wiedzy*”. W rozdziale tym, na podstawie przeglądu literatury przedmiotu oraz dostępnych rozwiązań konstrukcyjnych, Autor przedstawia aktualny stan wiedzy dotyczący tłumików drgań skrętnych oraz procesów tribologicznych zachodzących w ich elementach ciernych. W pierwszej części rozdziału omówiono zastosowanie tłumików drgań skrętnych w układach napędowych pojazdów oraz przedstawiono ich podstawowe funkcje i znaczenie dla ograniczenia drgań skrętnych generowanych przez silnik spalinowy. Następnie Autor przedstawia budowę i zasadę działania tłumików stosowanych w tarczach sprzęgieł, ze szczególnym uwzględnieniem elementów sprężystych oraz ciernych. Istotną część rozdziału stanowi przedstawienie modelu fizycznego tłumika drgań skrętnych jako układu sprężysto-tłumiącego. Autor omawia zależności pomiędzy momentem skrętnym, odkształceniem sprężyn oraz momentem tarcia, a także przedstawia interpretację energetyczną procesu tłumienia drgań, w tym pojęcie histerezy oraz energii rozpraszanej w cyklu pracy tłumika. W dalszej części rozdziału omówiono warunki eksploatacji sprzęgieł pojazdów ciężarowych oraz czynniki wpływające na ich trwałość i niezawodność. Przedstawiono również wybrane stanowiska badawcze stosowane do analizy charakterystyki tłumików drgań skrętnych oraz metody pomiaru momentu tarcia.

Końcowa część rozdziału poświęcona jest zagadnieniom tribologicznym, w tym procesom tarcia, zużycia oraz zmianom właściwości powierzchni w węzłach ciernych. Autor omawia podstawowe mechanizmy zużycia oraz czynniki wpływające na wartość współczynnika tarcia. Rozdział stanowi solidną podstawę teoretyczną dla dalszych rozważań i badań eksperymentalnych. Przedstawiony przegląd literatury jest uporządkowany i logiczny, choć można zauważyć, że w mniejszym stopniu odniesiono się do zaawansowanych modeli tarcia uwzględniających jego nieliniowy charakter. Przegląd literatury kończy się

podsumowaniem stanu wiedzy (podr. 2.6), w którym Autor uzasadnia wybór tematyki rozprawy.

W rozdziale trzecim Autor prezentuje cel rozprawy (*analiza zmian parametrów elementu tłumiącego w ciernym tłumiku drgań skrętnych w przewidzianym okresie eksploatacji oraz ocena wpływu tych zdań na generowany przez tłumik moment tarcia*) a także formułuje trzy hipotezy pracy, które brzmią:

- Moment tarcia ciernego tłumika drgań skrętnych ulega zwiększeniu na wczesnym etapie eksploatacji w wyniku wzajemnego docierania się warstw wierzchnich elementów ślizgowych, co prowadzi do kilkukrotnego wzrostu współczynnika tarcia tłumika, którego stabilizacja kończy ten etap eksploatacji.
- Wartość współczynnika tarcia w kontaktach ślizgowych ciernego tłumika drgań skrętnych stabilizuje się po okresie docierania tłumika, co oznacza, że późniejsze zmiany momentu tarcia wynikają ze zmieniającej się siły zacisku elementów ciernych.
- Moment tarcia ciernego tłumika drgań skrętnych ulega zmniejszeniu w wyniku niekontrolowanego zużycia w rejonie podparcia talerzowej sprężyny dociskowej. Zużycie ściernie sprężyny prowadzi do jej rozprężania w złożeniu tłumika, a w konsekwencji powoduje zmianę punktu pracy na charakterystyce sprężyny skutkując spadkiem siły zacisku elementów ciernych.

Takie sformułowanie hipotez należy ocenić pozytywnie, ponieważ pozwala ono rozdzielić wpływ zjawisk tribologicznych zachodzących na powierzchniach ciernych od wpływu zmian konstrukcyjnych wynikających ze zużycia elementów tłumika.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że Autor nie poprzestaje na ogólnym wskazaniu celu pracy, lecz porządkuje problem badawczy w sposób umożliwiający jego eksperymentalną weryfikację. Rozdział ten pokazuje, że dalsze badania nie mają charakteru przypadkowego, lecz wynikają z konsekwentnie przyjętej logiki postępowania badawczego. Należy podkreślić, że jest to istotny walor pracy, gdyż to właśnie na etapie formułowania hipotez badawczych ujawnia się dojrzałość metodologiczna Autora rozprawy. Podsumowując, rozdział 3 należy ocenić jako ważny i dobrze skonstruowany element rozprawy. Autor w sposób uporządkowany przechodzi od identyfikacji problemu praktycznego do sformułowania hipotez badawczych, które następnie znajdują odzwierciedlenie w dalszych badaniach. Rozdział ten wzmacnia spójność metodologiczną całej pracy i dobrze uzasadnia przyjęty zakres eksperymentów.

Rozdział 4 zatytułowany jest „*Badania eksperymentalne*” i stanowi zasadniczą, najobszerniejszą oraz najważniejszą część rozprawy. To właśnie w tym rozdziale Autor prezentuje własny dorobek badawczy, obejmujący metodykę eksperymentów, opis stanowisk badawczych, wyniki pomiarów oraz ich interpretację. Z punktu widzenia oceny pracy doktorskiej rozdział ten ma znaczenie kluczowe, ponieważ to on przesądza o wartości poznawczej i aplikacyjnej całej rozprawy.

W pierwszej części rozdziału Autor przedstawia metodykę badań, obejmującą zarówno badania kompletnych zespołów tłumików drgań skrętnych, jak i badania wyizolowanych par ciernych. Takie podejście badawcze należy uznać za szczególnie trafne i dojrzałe metodologicznie. Pozwala ono bowiem z jednej strony ocenić zachowanie rzeczywistego zespołu konstrukcyjnego, z drugiej zaś – odseparować wpływ podstawowych zjawisk tribologicznych od wpływu cech geometrycznych i mechanicznych całego układu. Tego rodzaju dwutorowe podejście jest charakterystyczne dla badań prowadzonych na wysokim poziomie inżynierskim i znacznie zwiększa wiarygodność wyciąganych wniosków. Na uwagę zasługuje również staranny dobór stanowisk badawczych. W pracy wykorzystano zarówno stanowisko do badań kompletnych tłumików, jak i profesjonalny tribometr do analizy par ciernych. Z przedstawionych materiałów wynika, że Autor świadomie dobrał aparaturę umożliwiającą kontrolę podstawowych parametrów procesu tarcia oraz uzyskanie wyników porównywalnych dla różnych stanów eksploatacyjnych badanych elementów. Ważnym elementem jest również to, że Autor nie ograniczył się do samego opisu stanowisk, ale odniósł się także do zagadnień poprawności pomiaru, w tym wpływu sztywności stanowiska na wyniki badań. Świadczy to o rzetelnym podejściu do zagadnień metrologicznych i podnosi wartość naukową przedstawionych rezultatów.

Istotna część rozdziału poświęcona jest badaniom procesu docierania tłumika oraz zmianie momentu tarcia w kolejnych fazach jego pracy. Autor analizuje przebieg zmian momentu tarcia, wskazując na charakterystyczne etapy obejmujące okres wzrostu, stabilizacji oraz późniejszych zmian związanych z postępującym zużyciem. Ta część badań jest bardzo cenna, ponieważ faza docierania w wielu pracach bywa traktowana marginalnie, mimo że z tribologicznego punktu widzenia ma ona fundamentalne znaczenie dla stabilizacji kontaktu powierzchniowego i kształtowania właściwości eksploatacyjnych węzła ciernego. Autor słusznie poświęca temu zagadnieniu osobną uwagę. Dużą wartość pracy stanowi wykorzystanie w badaniach elementów nowych oraz elementów pochodzących z rzeczywistej eksploatacji. Umożliwiło to prześledzenie zmian charakterystyki tarcia w funkcji przebiegu oraz odniesienie wyników laboratoryjnych do realnych procesów degradacyjnych zachodzących w badanym układzie. W recenzowanej rozprawie nie mamy zatem do czynienia wyłącznie z analizą modelowych próbek materiałowych, lecz z próbą rozwiązania rzeczywistego problemu eksploatacyjnego występującego w nowoczesnych układach napędowych pojazdów ciężarowych. Ten aspekt należy ocenić bardzo wysoko, ponieważ wyraźnie wzmacnia aplikacyjny wymiar pracy.

Za szczególnie cenny rezultat rozdziału należy uznać wykazanie, że niestabilność momentu tarcia nie wynika wyłącznie ze zmian współczynnika tarcia w parze cierniej, lecz w istotnym stopniu jest związana ze zmianą siły zacisku elementów ciernych wywołaną zużyciem w obszarze podparcia sprężyny dociskowej. Jest to wniosek ważny zarówno z naukowego, jak i konstrukcyjnego punktu widzenia. Autor pokazuje tym samym, że analiza układu wymaga jednoczesnego uwzględnienia zjawisk tribologicznych i zmian mechaniki

całego zespołu. Takie ujęcie problemu należy uznać za jedno z najważniejszych osiągnięć pracy.

Należy także podkreślić, że rozdział 4 został skonstruowany w sposób logiczny: od opisu metodyki, przez prezentację wyników, do ich interpretacji i odniesienia do wcześniej postawionych hipotez. Dzięki temu możliwa jest ocena spójności oraz stopnia, w jakim przeprowadzone badania pozwalają na weryfikację przyjętych założeń pracy. Taka struktura rozdziału jest zgodna z dobrymi praktykami redagowania prac eksperymentalnych.

Pewne ograniczenia tej części pracy wynikają z faktu, że Autor koncentruje się głównie na analizie momentu tarcia, współczynnika tarcia oraz siły zacisku, podczas gdy w mniejszym stopniu rozwinięto kwestie związane z temperaturą procesu tarcia, topografią powierzchni czy bezpośrednią analizą mechanizmów zużycia na poziomie mikrostrukturalnym. Z punktu widzenia dalszego rozwoju badań byłoby interesujące rozszerzenie tej części o analizę powierzchni po testach, np. z wykorzystaniem profilometrii lub mikroskopii / mikroskopii skaningowej. Nie zmienia to jednak pozytywnej oceny całego rozdziału, który stanowi mocną stronę rozprawy. a zawarte w nim wyniki mają zarówno istotną wartość poznawczą, jak i wyraźne znaczenie praktyczne. Rozdział ten w największym stopniu dokumentuje własny wkład Autora w rozwiązanie postawionego problemu badawczego i stanowi najważniejszy argument przemawiający za pozytywną oceną całej rozprawy.

W rozdziale 5 „Wnioski” Autor dokonuje syntetycznego podsumowania wyników przeprowadzonych badań eksperymentalnych oraz odnosi je do sformułowanych wcześniej hipotez badawczych, wskazując najważniejsze zależności pomiędzy parametrami tribologicznymi a charakterystyką momentu tarcia tłumika drgań skrętnych. Na szczególne podkreślenie zasługuje wyraźne wskazanie roli zmiany siły zacisku elementów ciernych, wynikającej ze zużycia w obszarze podparcia sprężyny dociskowej, jako jednego z kluczowych czynników destabilizujących moment tarcia. W dalszej części rozdziału Autor odnosi uzyskane wyniki do możliwości ich praktycznego wykorzystania. Zaproponowano kierunki modyfikacji konstrukcyjnych mających na celu ograniczenie zidentyfikowanych zjawisk niepożądanych, w szczególności poprzez stabilizację warunków docisku elementów ciernych oraz ograniczenie zużycia w newralgicznych obszarach konstrukcji tłumika. Wskazuje to na wyraźny aplikacyjny charakter pracy oraz jej potencjalne znaczenie dla przemysłu motoryzacyjnego. Rozdział zawiera również element wdrożeniowy, który stanowi istotny walor rozprawy, zwłaszcza w kontekście realizacji pracy w formule doktoratu wdrożeniowego.

Rozdział 6 zatytułowany jest „*Kierunki dalszych badań*”. W rozdziale tym Autor przedstawia propozycje kontynuacji badań związanych z walidacją zaproponowanych modyfikacji konstrukcyjnych a także wskazuje nowe, potencjalne kierunki badawcze związane z poprawą stabilności momentu tarcia tłumików drgań. Być może przedstawione

kierunki dalszych badań mogłyby zostać sformułowane w sposób bardziej szczegółowy, jednakże rozdział ten stanowi wartościowe uzupełnienie rozprawy, wskazując możliwości jej dalszego rozwoju i podkreślając otwarty charakter problematyki badawczej.

3. Ocena pracy, uwagi ogólne i szczegółowe

Pod względem metodycznym pracę oceniam wysoko. Odpowiada przyjętym celom, zadaniom badawczym i jest dostosowana do obowiązujących wymogów. Doktorant wykazał się wiedzą i umiejętnością stosowania w szerokim zakresie różnych instrumentów i metod badawczych. Na szczególne podkreślenie zasługuje umiejętne połączenie analizy procesów tribologicznych z zagadnieniami konstrukcyjnymi dotyczącymi tłumików drgań skrętnych, a także wykorzystanie wyników badań eksperymentalnych do identyfikacji rzeczywistych mechanizmów odpowiedzialnych za destabilizację momentu tarcia w badanym układzie. Autor wykazał się dobrą znajomością literatury przedmiotu, umiejętnością formułowania problemów badawczych oraz poprawnego prowadzenia i interpretacji badań eksperymentalnych. Uzyskane wyniki mają istotne znaczenie dla rozwoju wiedzy w zakresie tribologii układów napędowych oraz mogą znaleźć praktyczne zastosowanie w procesie projektowania bardziej niezawodnych konstrukcji sprzęgieł pojazdów ciężarowych.. Praca napisana jest poprawnym językiem z wykorzystaniem właściwego na nazewnictwa inżynierskiego. Podczas zapoznawania się z treścią rozprawy nasunęły się następujące uwagi:

- W pracy przedstawiono wyniki badań tribologicznych analizowanych par ciernych, jednak nie odniesiono się w sposób bardziej szczegółowy do dominujących mechanizmów zużycia (np. zużycia ściernego, adhezyjnego czy zmęczeniowego). Uzupełnienie analizy o identyfikację mechanizmów zużycia mogłoby przyczynić się do pełniejszego zrozumienia obserwowanych zmian charakterystyki momentu tarcia.
- W pracy nie przedstawiono analizy zmian topografii powierzchni ciernych w trakcie procesu docierania i eksploatacji. Uwzględnienie badań powierzchni (np. profilometrii lub obserwacji mikroskopowych) mogłoby stanowić cenne uzupełnienie analizy tribologicznej.
- W przedstawionych badaniach w ograniczonym stopniu uwzględniono wpływ temperatury pracy węzła ciernego. Tymczasem temperatura stanowi jeden z kluczowych czynników wpływających na wartość współczynnika tarcia oraz mechanizmy zużycia. Rozszerzenie badań o analizę temperaturową mogłoby wzbogacić interpretację uzyskanych wyników.
- Badania tribologiczne przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych, co jest uzasadnione metodologicznie. Warto byłoby jednak szerzej odnieść się do stopnia reprezentatywności przyjętych warunków badań w stosunku do rzeczywistych warunków pracy tłumika drgań skrętnych w pojeździe.

- W pracy przyjęto szereg parametrów badań tribologicznych, Uzasadnienie ich doboru (jak to zrobiono w przypadku obciążenia) mogłoby zostać przedstawione w sposób bardziej szczegółowy.
- W rozprawie nie przedstawiono szerszej analizy niepewności pomiarowej dla wyznaczanych wielkości, takich jak moment tarcia czy współczynnik tarcia. Uwzględnienie aspektów metrologicznych mogłoby dodatkowo wzmocnić wiarygodność uzyskanych wyników.
- W pracy wykazano mechanizm niestabilności momentu tarcia, związany ze zmianą siły zacisku wynikającą ze zużycia elementów w obszarze podparcia sprężyny dociskowej. Czy może on być przeniesiony na inne konstrukcje tłumików drgań skrętnych, czy też dotyczy głównie analizowanego rozwiązania konstrukcyjnego?
- Występują drobne usterki natury edytorsko – redakcyjnej. Np. na stronie 52 powinno być stal 42CrMo4 a nie 40 HM; część rysunków zawiera opisy wykonane bardzo małą czcionką co utrudnia ich odczyt, a w przypadku rys. 2.28 i 5.4 staje się to wyzwaniem; drobne literówki, np. str. 87 „umików” zamiast „tłumików”, str. 94 „konstrukcyjne” zamiast „konstrukcyjne”, itp.

Przedstawione powyżej uwagi mają jednak w większości charakter dyskusyjny i nie obniżają w żaden sposób wartości merytorycznej ocenianej rozprawy.

4. Wniosek końcowy

Rozprawę doktorską Pana mgr inż. Michała Formeli oceniam jednoznacznie pozytywnie. Rozprawa stanowi niewątpliwy wkład do istniejącego stanu wiedzy w dyscyplinie inżynieria mechaniczna a zawarty w rozprawie materiał badawczy jest oryginalnym dorobkiem Doktoranta, który wykazał się znajomością literatury przedmiotu, umiejętnościami samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz poprawnej interpretacji uzyskanych wyników. Zaprezentowane efekty pracy mają istotne znaczenie zarówno poznawcze jak i aplikacyjne. W mojej ocenie rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone w obowiązujących przepisach.

W związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Michała Formeli pt. „*Badanie procesów tarcia w sprzęgle ciernym i ich optymalizacja pod względem niezawodności*” spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i może być dopuszczona do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Gdańskiej.

Andrzej Dzwon