



dr hab. inż. Paulina Golińska-Dawson, prof. PP  
Instytut Logistyki  
Wydział inżynierii Zarządzania  
Politechniki Poznańskiej

Poznań, 23 sierpnia 2022r.

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Karola Sztwiertnia, pt. „Metoda oceny narażenia na oddziaływanie drgań załóg kołowych pojazdów specjalnych”

### 1. Formalna podstawa opracowania recenzji

Przedmiotem opracowania jest recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Karola Sztwiertnia, pt. „Metoda oceny narażenia na oddziaływanie drgań załóg kołowych pojazdów specjalnych”. Promotorem rozprawy jest Pan dr hab. inż. Jarosław Korzeb, prof. uczelni (Politechniki Warszawskiej), a promotorem pomocniczym Pan dr inż. Rafał Melnik. Recenzja stanowi element **postępowania o nadanie Panu mgr. inż. Karolowi Sztwiertni stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Lądowa i Transport.**

Formalną podstawę opracowania recenzji stanowi uchwała nr 476/2022 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 5 lipca 2022 r.

### 2. Ogólna charakterystyka i struktura rozprawy

Recenzowana rozprawa przedstawia problematykę badania i analizy drgań w kołowych pojazdach specjalnych eksploatowanych w Siłach Zbrojnych RP.

Rozprawa obejmuje 236 strony, podzielona jest ona na siedem rozdziałów poprzedzonych streszczeniem w języku polskim i języku angielskim oraz wykazem ważniejszych definicji i oznaczeń stosowanych w pracy. Na końcu rozprawy zamieszczono bibliografię (156 pozycji, w tym ok. 30% z nich w języku angielskim) oraz spis rysunków (261) i tabel (54), jak również sześć załączników.

W rozdziale pierwszym, pt. „Wprowadzenie”, Autor przedstawił tło i genezę poruszanych zagadnień, w szczególności skupił się na omówieniu szkodliwego wpływu drgań i hałasu na organizm ludzki oraz scharakteryzował źródła i przyczyny powstawania tych zagrożeń w pojazdach. Autor, w dalszej części rozważań zidentyfikował konieczność oceny poziomu oddziaływania drgań na załogi pojazdów specjalnych eksploatowanych w Siłach Zbrojnych RP.

W rozdziale drugim, pt. „Oddziaływanie drgań w pojazdach”, dokonano krytycznego przeglądu literatury z zakresu zagadnień związanych z oddziaływaniem drgań w pojazdach specjalnych. Autor przedstawił zakres wartości częstotliwości drgań własnych dla wybranych narządów człowieka oraz scharakteryzował objawy pojawiające się w wyniku krótko- i długotrwałej ekspozycji na zidentyfikowane drgania. Dokonano również

4



podsumowania kluczowych aktów prawnych dotyczących badania i oceny oddziaływania drgań na załogi pojazdów specjalnych w polskich służbach mundurowych. Autor na podstawie przeprowadzonej analizy piśmiennictwa zidentyfikował, że obowiązujące akty prawne, nie określają obligatoryjnej konieczności prowadzenia badań w obszarze pomiaru i oceny drgań oddziałujących na załogi kołowych pojazdów specjalnych. W ocenie Autora obowiązujące akty normatywne nie proponują ujednoczonych wymogów dla wszystkich grup pojazdów specjalnych eksploatowanych w polskich służbach mundurowych.

W rozdziale trzecim, pt. „Cel i zakres pracy”, wskazano główną tezę badawczą, lukę badawczą, główny cel rozprawy oraz scharakteryzowano zakres rozprawy i plan realizacji prac badawczych.

W rozdziale czwartym, pt. „Ilościowe metody oceny ekspozycji na drgania”, przedstawiono główne wytyczne do realizacji badań empirycznych wynikające z przeglądu literatury oraz aktów normatywnych. Następnie Autor scharakteryzował wytyczne do analizy wyników pomiarów rzeczywistych zgodnie z PN-S-04100:1991 „Drgania. Metody badań i oceny drgań mechanicznych na stanowiskach pracy w pojazdach” (metoda podstawowa), oraz ISO 2631-1:1997+A1:2010 „Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 1: General requirements” (metoda alternatywna). W dalszej części rozważań Autor przedstawił założenia do opracowania autorskiego modelu człowieka JKKSz-03, (fizyczny i matematyczny), który został wykorzystywany do realizacji badań symulacyjnych w rozprawie.

W rozdziale piątym, pt. „Badanie oddziaływania drgań na operatorów i załogi pojazdów specjalnych”, przedstawiono przyjęte scenariusze realizacji badań terenowych. Opisano zagadnienia związane z doбором odpowiedniego oprzyrządowania (czujników) do dokonania pomiarów oraz przedstawiono charakterystykę techniczną pojazdów i nawierzchni objętych badaniem. Autor szczegółowo opisał przebieg poszczególnych eksperymentów badawczych, wraz z podaniem zarejestrowanych dla poszczególnych typów pojazdów i nawierzchni, wartości przyspieszeń drgań na: podłodze kabiny, siedziach załogi oraz głowach operatorów. W dalszej części rozdziału dokonano zestawienia wyników zrealizowanych badań eksperymentalnych i symulacyjnych, z podziałem na źródła ich występowania w pojeździe. Autor wyznaczył charakterystyki oraz obliczył wartości wskaźników porównawczych poziomu oddziaływania drgań. W dalszej części rozdziału zrealizowano badania symulacyjne i przeprowadzono walidację opracowanego modelu.

W rozdziale szóstym, pt. „Projekt kryteriów oceny wpływu drgań na załogę pojazdów specjalnych”, zaproponowano zestaw autorskich wskaźników pozwalających na ocenę wpływu drgań na załogę pojazdów specjalnych. Zaproponowane wskaźniki przedstawiono w podziale na wskaźniki amplitudowe i energetyczne. Autor zaproponował skalę ocen pozwalającą na szybszą interpretację wyników i wizualizację poziomu narażenia załogi pojazdów specjalnych na drgania.

Rozdziały 1-6 zostały każdorazowo zakończone podsumowaniem, które ułatwia czytelnikowi śledzenie toku prezentowanych badań.

Rozdział siódmy, pt. „ Podsumowanie i wnioski” prezentuje refleksje Autora nad stopniem realizacji założonego celu pracy. W rozdziale zawarto podsumowania przedstawionych w ramach rozprawy doktorskiej rozważań oraz wskazano dalsze kierunki badań.



### 3. Ocena rozprawy pod względem merytorycznym i techniczno-redakcyjny

#### Problem badawczy, teza i cel badawczy

Problemem badawczym w rozprawie jest poszukiwanie metodycznego podejścia do badania i oceny drgań oddziałujących na pasażerów pojazdów specjalnych poruszających się po drogach terenowych. Jako uzasadnienie podjętej tematyki badawczej (lukę badawczą) Autor wskazał brak systematycznego i dedykowanego podejścia do badaniach pojazdów niekonwencjonalnych (specjalnych), poruszających się w warunkach jazdy terenowej. Autor wykazał, że ze względu na charakterystykę pojazdów specjalnych użytkowanych w siłach zbrojnych RP oraz specyficzne warunki terenowe ich eksploatacji, występują inne zakresy częstotliwości i amplitud drgań analizowanych sygnałów. Z tego względu realizacja badań terenowych oraz ich uzupełnienie o badania symulacyjne przy wykorzystaniu autorskiego, dedykowanego modelu symulacyjnego poszerza istniejący stan wiedzy w zakresie badania wpływu oddziaływań dynamicznych na załogi pojazdów.

Poruszana tematyka jest istotna, ponieważ drgania są jednym ze źródeł negatywnego oddziaływania (w aspekcie funkcjonalnym i zdrowotnym) na organizm człowieka. Wysokie amplitudy oddziaływań dynamicznych, ich częstotliwość oraz wymuszona pozycja podczas kierowania lub przebywania w pojeździe specjalnym mogą negatywnie wpływać na bezpieczeństwo załogi, znacząco obniżyć sprawność psychofizyczną kierowcy-operatora oraz przyczyniać się do rozwoju chorób zawodowych.

Na podstawie krytycznej analizy piśmiennictwa (literatura fachowa oraz akty normatywne), Autor poprawnie dokonał identyfikacji luki badawczej w zakresie metodycznego badania i oceny oddziaływania drgań na załogi znajdujące się wewnątrz pojazdów specjalnych.

Cel rozprawy Autor określił jako: *„opracowanie metody oceny narażenia na oddziaływanie drgań załóg kołowych pojazdów specjalnych, eksploatowanych w warunkach jazdy terenowej.”*

Luka aplikacyjna (inżynieryjna), związana z wykorzystaniem praktycznym istniejących metod do oceny drgań w pojazdach wiąże się z brakiem odpowiednich baz danych pozwalających na przeprowadzenie bezpośredniej oceny drgań występujących w danych klasach specjalnych pojazdów kołowych, w określonych warunkach terenowych (uszkodzona nawierzchnia lub jej brak).

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury przedmiotu oraz wcześniejszych doświadczeń wynikających ze zrealizowanych wieloletnich badań empirycznych Autor sformułował następującą tezę:

*„Badania symulacyjne wspomagane eksperymentem badawczym umożliwią predykcję oddziaływań drgań oraz jakościową i ilościową ocenę poziomu narażenia operatora oraz załogi pojazdów specjalnych, eksploatowanych w warunkach jazdy terenowej”*

Pozytywnie oceniam zarówno sformułowaną tezę badawczą, jak i cel główny rozprawy, które wpisują się w zidentyfikowaną lukę badawczą. Motywacja i uzasadnienie merytoryczne do podjęcia tematyki badawczej zostały poprawnie udokumentowane wnioskami z przeprowadzonej analizy literaturowej. Zakres rozprawy obejmuje oryginalny problem badawczy. Zdaniem oceniającej, zakres tematyczny rozprawy i rozważany problem badawczy wpisują się w dyscyplinę naukową Inżynieria Lądowa i Transport.



### Ocena merytoryczna pracy

W części teoretycznej rozprawy (rozdział 1-2) Autor poprawnie dokonał przeglądu piśmiennictwa oraz aktów normatywnych i prawnych dotyczących problematyki oddziaływania drgań na człowieka, uwzględniając stosowane w teorii i praktyce metody pomiaru drgań oraz oceny oddziaływań dla pojazdów konwencjonalnych i pojazdów specjalnych. Na szczególną uwagę zasługuje rzetelne udokumentowanie potrzeby metodycznego określenia zasad postępowania przy pomiarach, rejestracji i analizie drgań mechanicznych oddziałujących na organizm człowieka w grupie pojazdów specjalnych. Autor na podstawie przeprowadzonej analizy piśmiennictwa wysuwa wnioski, że istnieje „konieczność ujednoczenia wymogów oraz przepisów dla wszystkich grup pojazdów specjalnych eksploatowanych w polskich służbach mundurowych” (str.22). Pozytywnie oceniam syntetyczne i logiczne ujęcie kluczowych zagadnień dla tematyki badawczej, ponieważ Autor dokonał usystematyzowania podziału drgań oddziałujących na operatorów pojazdów, oraz poprawnie zidentyfikował problemy występujące przy pomiarach drgań w pojazdach specjalnych. Dobór literatury uważam za poprawny i merytorycznie odpowiedni. Jakkolwiek, pracę wzbogaciłby szerszy dobór literatury i uwzględnienie w większym stopniu prac autorów zagranicznych. Znaczna część pozycji anglojęzycznych, analizowanych w ramach rozprawy została napisana przez autorów polskich, co nieco zawęży przedstawione spektrum poglądów i podejść naukowych w obszarze pomiaru i oceny drgań mechanicznych, oddziałujących na organizm człowieka w grupie pojazdów specjalnych.

W rozdziale trzecim Autor określił główną tezę pracy oraz sposób jej weryfikacji. Plan realizacji badań przedstawiono na Rys.2 (str. 26). Omówiony został również cel główny i zadania niezbędne do realizacji celu pracy. Pozytywnie oceniam zarówno sformułowaną tezę badawczą, jak i cel główny rozprawy. Pewne wątpliwości budzi umieszczenie tych treści dopiero na str. 23 rozprawy, a nie na przykład w rozdziale pierwszym. Przyjęta struktura pracy, skutkuje pewnymi powtórzeniami tekstu (np. str. 22 i str. 27).

W rozdziale czwartym Autor podjął próbę opisaną metodyki badania poziomu oddziaływania drgań na załogi pojazdów specjalnych. W treści rozdziału 4.1. Autor prezentuje metody badania obciążeń dynamicznych występujących wewnątrz pojazdu: oceny dozymetrycznej; oceny całkowitej dla stałej prędkości jazdy  $v$ ; oceny widmowej dla stałej prędkości jazdy  $v$  (na podstawie oceny widma przyspieszeń ZOWP) oraz oceny wartości przyspieszenia skorygowanego ZOWPS). Pewne zastrzeżenie budzi fakt, że Autor nie omawia zalet i organicznej ww. metod oraz kryteriów zasadności ich doboru do badań. Na str. 29 pojawia się stwierdzenie, „Wymienione metody mogą być stosowane zamiennie w zależności od zadeklarowanych powodów prowadzenia oceny”. Autor nie wyjaśnia jednak o jakie „powody prowadzenia oceny” może chodzić oraz nie uzasadnia szczegółowo dokonanego przez siebie wyboru metod badawczych, które następnie zastosował do badań terenowych. Tytuł rozdziału 4.1. „Metodyka badań poziomu oddziaływania drgań”, może również budzić pewne zastrzeżenia, ponieważ Autor w rozdziale tym nie przedstawia logiki realizowanej procedury badawczej, lecz tylko wskazuje na stosowane metody badawcze. Pojawia się więc wątpliwość czy Autor de facto omawia metody badawcze, czy też metodykę. Pracę wzbogaciłoby przedstawienie procedury badawczej w formie graficznej (np. w formie algorytmu), ze wskazaniem kolejności i powiązań logicznych pomiędzy



dokonanymi pomiarami i sposobem ich analizy oraz wykorzystaniem uzyskanych rezultatów do osiągnięcia celu rozprawy.

Bardzo pozytywnie oceniam szczegółowe omówienie (w rozdziale 4.2) założeń do budowy modelu symulacyjnego (fizycznego i matematycznego), jak i bardzo wyczerpujące scharakteryzowanie opracowanego autorskiego modelu JKKSz-03 (fizycznego i matematycznego), wraz ze zestawieniem dobranych parametrów (Tabele 4-5, na str. 41-46).

W rozdziale piątym Autor rzetelnie dokumentuje zrealizowany plan badawczy. Autor charakteryzuje tor pomiarowy i dokonuje doboru adekwatnych urządzeń pomiarowych. Badania empiryczne obejmują pomiary dla trzech typów kołowych pojazdów specjalnych, poruszających się po różnych typach nawierzchni dróg, z uwzględnieniem przyspieszeń drgań na stanowiskach: kierowcy i dowódcy pojazdu. Badania terenowe są realizowane dla różnych prędkości przejazdu danego odcinka testowego. Autor dokonał obróbki danych pomiarowych i zidentyfikował charakterystyki wymuszeń dynamicznych podczas jazdy terenowej. Autor dokonał obliczeń i przedstawił w formie tabelarycznej, m.in.: przebiegi czasowe przyspieszeń i wykresy gęstości widmowej mocy (PSD); wykresy wartości skutecznych przyspieszeń drgań RMS w funkcji częstotliwości środkowych pasm tercjowych; wykresy zmiany prędkości w funkcji częstotliwości środkowych pasm tercjowych; oraz dopuszczalny czas oddziaływania drgań na kierowcę. Autor dokonał analizy przyspieszenia drgań na podłodze pojazdu, której wyniki zostały przedstawione w formie tabelarycznej (Tab.15-26) oraz poziomu wymuszeń na siedzisku pojazdu ( Tab.27-38), jak również wymuszeń na głowie operatora (Tab. 39-49).

Pozytywnie oceniam szczegółową analizę oceny narażenia załogi kołowych pojazdów specjalnych, podczas przejazdu po różnorodnych odcinkach testowych z różnymi prędkościami jazdy.

Dorobne zastrzeżenia może budzić stwierdzenie (zamieszczone kolejno na str. 62, 71, 81): „Badania przeprowadzono zgodnie z metodyką opisaną w rozdziale 4.1”. Autor w rozdziale 4.1 opisał wybrane metody oceny jednak, nie wskazał szczegółowej metodyki, rozumianej jako procedurę postępowania badawczego i sposób zastosowania poszczególnych metod i narzędzi. Z tego względu zasadne byłoby bardziej szczegółowe scharakteryzowanie podjętych działań badawczych i ich roli w realizacji zdefiniowanego celu badawczego.

W dalszej części rozdziału piątego Autor prezentuje badania symulacyjne (dla analogicznych scenariuszy, jak w przypadku badania terenowego) z zastosowaniem autorskiego wirtualnego modelu człowieka we specjalistycznym oprogramowaniu do symulacji wieloobiektowej (MSC ADAMS). W modelu uwzględniono cechy biomechaniczne operatora-żołnierza. W celu walidacji modelu, Autor dokonał analizy porównawczej wskazań otrzymanych w wyniku badań symulacyjnych oraz wyników rzeczywistego eksperymentu badawczego, przy wykorzystaniu współczynnika korelacji, definiowanego jako ilorazu kowariancji i iloczynu odchyłeń standardowych badanych zmiennych. Pozytywnie oceniam dobór metody walidacji modelu. Wyniki walidacji zostały przedstawione w rzetelny i przejrzysty sposób.

W rozdziale szóstym Autor na podstawie dokonanych uprzednio badań i analiz, zidentyfikował potrzebę zaproponowania wskaźników, które będą bardziej adekwatne do poziomu drgań występujących podczas jazdy terenowej w pojazdach specjalnych. Na str. 103 Autor napisał: „Kierowca pojazdu wojskowego w trakcie



wykonywania zadań bojowych w trudnym terenie jest narażony na wielokrotnie większe dawki drgań niż kierowca pojazdu szosowego, poruszającego się po utwardzonej drodze publicznej". W efekcie zaproponował autorskie wskaźniki amplitudowe (HTS, STF, WOD, Tdop, jerk) i energetyczne. Docenić należy fakt, że Autor dla zwiększenia czytelności wyników zaproponował skale ocen umożliwiające szybszą interpretację poziomów narażenia drganiami wewnątrz pojazdów specjalnych. Bardzo pozytywnie oceniam aplikacyjny potencjał zaproponowanego podejścia, które może zostać zastosowane w praktyce do klasyfikacji kołowych pojazdów specjalnych stosowanych w siłach zbrojnych RP, ze względu na poziom narażenia drganiami ich operatorów.

Przeprowadzone badania literaturowe, empiryczne na obiektach rzeczywistych oraz badania symulacyjne z wykorzystaniem autorskiego modelu, wykonane dla analogicznych scenariuszy (m.in. typ pojazdu, charakterystyka wymuszeń, warunki terenowe) pozwoliły zrealizować założony cel pracy. Autor pozytywnie zweryfikował postawioną tezę.

Pozytywnie oceniam zrealizowany proces badawczy oraz oryginalne rozwiązanie podstawionego problemu naukowego.

Pozytywnie oceniam również wskazane szczegółowo w rozdziale siódmym dalsze kierunki badań.

### **Ocena techniczno-redakcyjna**

Praca została przygotowana od strony redakcyjnej w rzetelny sposób. Język, którym napisano tekst rozprawy jest w przeważającej części poprawny, a całość jest logicznie uporządkowana. Autor czytelnie udokumentował przebieg badań, prezentując liczne zdjęcia, rysunki i tabele, które w usystematyzowany i przejrzysty sposób wspomagają śledzenie procesu realizacji badań. W pracy pojawiają się drobne błędy językowe i kolokwializmy, na przykład na str. 20 pojawia się stwierdzenie „Podczas badań kwalifikacyjnych (...) dokonuje szeregu różnych sprawdzeń”. Słowo „sprawdzeń” powinno zostać zastąpione przez termin fachowy. W tekście pojawiają się również powtórzenia wynikające ze struktury pracy, na przykład: podrozdział 2.3 i 3.3. W mojej ocenie umieszczenie informacji dotyczących zakresu pracy oraz sformułowanie tezy i celu rozprawy we wcześniejszej części tekstu pozwoliło by uniknąć niepotrzebnych powtórzeń. Odnotowane nieliczne drobne mankamenty opracowania, nie umniejszają jego walorów jakościowych.

### **Uwagi szczegółowe dotyczące rozprawy doktorskiej oraz zagadnienia do dyskusji:**

- Rys. 2 „Plan realizacji pracy” (str. 26), został przedstawiony na duży poziomie ogólności. Praca zyskałaby na zastosowaniu bardziej szczegółowej reprezentacji graficznej zrealizowanego procesu badawczego oraz powiązanie efektów poszczególnych zadań badawczych z celem rozprawy.
- Na str. 39 pojawił się zapis: „Za najbardziej właściwe narzędzie do jego zaprojektowania, a następnie przeprowadzenia badań symulacyjnych uznano środowisko do symulacji układów wielocłonowych MSC ADAMS”. W pracy nie podano kryteriów wyboru metody i narzędzia do realizacji badań symulacyjnych.



Nie porównano innych narzędzi o podobnej funkcjonalności, nie wskazano ich ograniczeń oraz nie uzasadniono merytorycznie zalet wybranego narzędzia.

- W rozdziale 4.3 na str. 48 napisano „przygotowano kompleksową metodykę prowadzenia badań umożliwiających ocenę narażenia załóg na oddziaływanie drgań występujących w pojazdach”. W mojej ocenie, w tym rozdziale przedstawiono przegląd metod, które są stosowane do doświadczalnego badania i oceny drgań oddziałujących na załogi kołowych pojazdów specjalnych. Jak również, przedstawiono autorski model symulacyjny (pod nazwą: JKKSz-03), wraz z założeniami do modelowania oraz wykazem dobranych parametrów fizycznych. Nie przedstawiono jednak w sposób usystematyzowany metodyki, rozumianej, jako sposób realizacji badań czyli procedurę badawczą (czynności) z zastosowaniem odpowiednich narzędzi badawczych. Pewne zastrzeżenie budzi fakt, że Autor nie omawia zalet i organicznej zastosowanych metod oraz kryteriów zasadności ich doboru do badań. Na str. 29 pojawia się stwierdzenie, „Wymienione metody mogą być stosowane zamiennie w zależności od zadeklarowanych powodów prowadzenia oceny”. Autor nie wyjaśnia jednak o jakie „powody prowadzenia oceny” może chodzić oraz nie uzasadnia szczegółowo dokonanego przez siebie wyboru metod badawczych, które następnie zastosował do badań terenowych.
- W rozdziale 5.1 przedstawiono sposób realizacji badań zgodnie z wytycznymi normy PN-S-04100:1991, jednak nie podano uzasadnienie doboru narzędzi pomiarowych, kryteriów doboru pojazdów (JEEP J8, STAR 944 i STAR 1466) oraz odcinków testowych do przeprowadzenia badań.
- W rozdziale 5 Autor skoncentrował się na szczegółowej prezentacji wyników badań empirycznych oraz przeprowadzonych analiz w formie tabelarycznej. Pewien niedosyt budzi brak poszerzonej dyskusji nad otrzymanymi wynikami analiz w świetle obecnego stanu wiedzy w tym zakresie.
- W rozdziale 6.1 pewną wątpliwość budzi traktowanie sformułowania kryterium i wskaźnik jako równoważne.
- W tabeli (Tab. 52) podano wartości progowe, nie wskazano jednak postawy ich określenia. Bardziej czytelne byłoby przedstawienie tych wartości przedziałem definiującym cały zakres poziomu danego wskaźnika.
- Pracę wzbogaciłby pod względem merytorycznym szerszy dobór spektrum literatury. Autor analizuje co prawda liczne pozycje literaturowe, jednak w znacznej części poszczególne pozycje literaturowe rozstały opracowane przez bardzo wąskie grono autorów.

Przedstawione wyżej uwagi mają na celu stymulowanie dyskusji lub mają charakter porządkowy, nie obniżają one pozytywnej oceny wartości merytorycznej rozprawy.



### **Najistotniejsze osiągnięcia pracy - oryginalność zaproponowanego podejścia**

Autor wykazał się dużą wiedzą ogólną z zakresu realizowanej tematyki badawczej. Dużą zaletą rozprawy jest jej silnie aplikacyjny charakter. Do cennych oryginalnych rezultatów przeprowadzonych prac badawczych w ramach rozprawy zaliczyć należy:

- skatalogowanie oddziaływania drgań na załogę z podziałem na grupy pojazdów specjalnych, oraz opracowanie bazy wymuszeń dynamicznych (wraz z ich charakterystyką) w pojazdach specjalnych w warunkach jazdy terenowej (załączniki do rozprawy);
- opracowanie autorskiego wirtualnego modelu operatora z siedziskiem (S-O) i pojazd-siedzisko-operator (P-S-O) dla pojazdów specjalnych oraz zastosowanie tego modelu do predykcji oddziaływań w różnych klasach pojazdów, przy danym wymuszeniu;
- stworzenie zestawu autorskich wskaźników do oceny poziomu obciążenia drganiami dla operatora pojazdu specjalnego.

#### **4. Konkluzja końcowa**

Podsumowując, rozprawa doktorska autorstwa Pana mgr inż. Karola Sztwiertni, pt.: „Metoda oceny narażenia na oddziaływanie drgań załóg kołowych pojazdów specjalnych” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Autor rozprawy wykazał się ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej Inżynieria Lądowa i Transport, w której mieszczą się zagadnienia objęte rozprawą. Przedstawione badania teoretyczne i empiryczne potwierdzają umiejętność samodzielnego i odpowiedniego doboru, a następnie zastosowania metod oraz narzędzi badawczych. **Przedłożoną mi do recenzji rozprawę doktorską oceniam pozytywnie. Na podstawie dokonanej oceny stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Karola Sztwiertni, pt.: „Metoda oceny narażenia na oddziaływanie drgań załóg kołowych pojazdów specjalnych”, (napisana pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Jarosława Korzeby, prof. uczelni oraz promotora pomocniczego dr inż. Rafała Melnika), spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, w rozumieniu Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami). Wnioskuje o dopuszczenie Autora do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.**

*P. Koliński - Dooner*