

Prof. dr hab. inż. Tomasz Topoliński
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Bydgoszcz

Bydgoszcz, dn. 28.02.2020 r.

Recenzja osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i zawodowego stanowiących podstawę do ubiegania się przez

dr. inż. Tomasza Klekiela

o stopień doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

1. Podstawa zlecenia

Recenzja została wykonana w wyniku realizacji decyzji Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów z dnia 06 grudnia 2019 roku w sprawie powołania mnie na recenzenta w przewodzie habilitacyjnym dr. inż. Tomasza Klekiela wszczętym w dniu 29 kwietnia 2019 roku, o czym zostałem powiadomiony pismem Pana prof. dr. hab. inż. Jerzego Małachowskiego Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Wojskowej Akademii Technicznej z załącznikiem w postaci umów na realizację tego zlecenia w dniu 04.02.2020 r.

2. Podstawa recenzji

- Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2014 r. poz. 1852 ze zm.)
- Rozporządzenie MNiSzW z dnia 1 września 2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego
- zalecenia Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów
- Rozporządzenie MNiSzW z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora

3. Dokumentacja

Otrzymana wraz z pismem Pana Dziekana i umową o dzieło i rachunkiem dokumentacja w formie papierowej (w tym monografia ISBN 978-83-951833-1-7) i elektronicznej zawiera wszystkie te elementy, które umożliwiają wykonanie

wymaganej recenzji. Ich analiza pozwala stwierdzić, że dorobek Habilitanta mieści się w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

4. Informacje ogólne o kandydacie

Kandydat studia wyższe magisterskie ukończył w roku 1998 na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Zielonogórskiego, kierunek *Budowa i Eksploatacja Maszyn* specjalność *automatyzacja i organizacja procesów produkcyjnych*. Jednocześnie studiował na kierunku Informatyka na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji tej samej Uczelni, które ukończył z tytułem inżyniera w roku 2000. Od roku 1998 zaczął pracować jako asystent na swoim pierwszym macierzystym Wydziale w Instytucie Budowy i Eksploatacji Maszyn, doskonaląc swoje umiejętności. Po siedmioletnim zatrudnieniu tam też obronił pracę doktorską w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn o temacie *Zastosowanie metody rozwiązań podstawowych i algorytmów ewolucyjnych do rozwiązywania wybranych nieliniowych problemów brzegowych mechaniki* (promotor Prof. dr hab. inż. Jan Kołodziej). Praca została wyróżniona. W roku 2007 zatrudniono Go na stanowisku adiunkta w Zakładzie Inżynierii Biomedycznej dalej na Wydziale Mechanicznym gdzie pracuje do dziś. W latach 2015-2016 był starszym wykładowcą w Karkonoskiej Państwowej Szkole Wyższej w Jeleniej Górze w Zakładzie Edukacji Techniczno-Informatycznej Wydziału Przyrodniczo-Technicznego.

5. Ocena osiągnięcia naukowego

Zgłaszane osiągnięcie naukowe dr. inż. Tomasza Klekiela stanowi monografia o tytule *Ocena skutków oddziaływania obciążeń impulsowych na wybrane elementy układu ruchu człowieka* wydana przez Katedrę Inżynierii Biomedycznej Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Zielonogórskiego w Zielonej Górze w roku 2019, ISBN 978-83-951833-1-7. Wg autora stanowi ona "... podsumowanie kilkuletnich badań dotyczących skutków oddziaływania obciążeń dynamicznych na układ ruchu człowieka".

Monografia liczy łącznie 253 stron i składa się z 8 rozdziałów, podsumowania i spisu literatury oraz spisu rysunków i tabel, a także streszczenia w języku angielskim.

Pracę rozpoczyna *Wprowadzenie*. Zawiera ono bardzo ogólną definicję problemu, którym zajął się Habilitant, jego genezę i zakres i wskazanie najważniejszych podproblemów istotnych i ważnych. Wskazanie to obejmuje modelowanie fali wybuchu, skutków jej oddziaływania na ciała pasażerów znajdujących się w pojeździe, badania symulacyjne z uwzględnieniem konstrukcji pojazdu i modeli ciała człowieka potencjalnie umożliwiające zaprogramowanie płci, wieku, metabolizmu i warunków jego, człowieka, życia, a zatem o zróżnicowanych własnościach fizycznych tkanek twardych i miękkich. Dalej we wprowadzeniu opisuje się zagadnienia badań numerycznych kompresyjnie obciążonej chrząstki stawowej

wraz z kierunkami rozwoju tych badań, zauważając podejścia ze schematem explicit i implicit. Wskazuje się także na badania numeryczne jako ekonomiczną alternatywę do kosztownych badań eksperymentalnych zdając sobie sprawę, że powinna to być alternatywa skuteczna.

Rozdział 2 to *Mechanizm powstawania fali uderzeniowej*, chociaż treść bardziej wskazuje, że to opis założonego modelowego oddziaływania fali uderzeniowej na pojazd i jego pasażera uwzględniającego model fali uderzeniowej, model dynamiczny dolnej części ciała pasażera, model pojazdu i parametry symulacji oraz prezentację wyników obliczeń symulacji wybuchu pod pojazdem. Jako model fali przyjęto literaturowe równania opisujące zmianę ciśnienia w czasie, jako model ciała przyjęto układ wielocząłonowy składający się z czterech podstawowych elementów - tułowia, uda, podudzia i stopy odpowiadające 50-centyłowemu manekinowi Hybrid III. Pojazdem był Rosomak. Przyjęto charakterystyki odkształcenia podłogi, brak amortyzacji i ograniczenia ruchu kończyn. Dokonano założeń co do braku czy też możliwej deformacji podłogi (I i II wariant obciążenia). Przedstawiono przebiegi symulacji obciążenia i prędkości stopy, obciążenia stawów: biodrowego, kolanowego i skokowego dla podłogi bez deformacji i z deformacją. Przeanalizowano te przebiegi wskazując na dalece gorsze skutki wybuchu dla pasażera w sytuacji, gdy podczas tego wybuchu następuje deformacja podłogi pojazdu.

Rozdział 3 pt. *Analiza zachowania wybranych struktur tkankowych* to próba odpowiedzi na pytanie o wrażliwość proponowanych modeli kończyny dolnej na zmianę własności mechanicznych tkanek a zatem o możliwość uzyskania różnych złamań w tych samych warunkach obciążenia. W ramach realizacji tego celu przedstawiono analizę urazowości i traumatologii urazów kończyny dolnej, ze szczególnym uwzględnieniem urazów stawu skokowego na tle analizy jego obciążeń. Dalej przedstawiono modelowanie mechanizmu powstawania urazów stawu skokowego wykorzystując do tego model uproszczony składający się z kości piszczelowej, strzałkowej, skokowej i piętowej z liniowymi: ścięgnem podeszwowym, ścięgnem Achillesa i elementami równoważącymi siły oddziaływania podczas stania. Kości zbudowano z części zewnętrznej tj. kości korowej i wewnętrznej tj. gąbczastej. Pomiedzy kości wprowadzono chrząstkę a przestrzenie między strukturami płyn synowialny. Przeanalizowano różne postaci kontaktu, beztarciowe i z tarciem. Dla siły osiowej generowanej podczas stania człowieka o masie 90 kg dokonano oceny odkształceń i naprężeń w kości piętowej i skokowej. Po analizie funkcjonowania stawu kolanowego zaproponowano model numeryczny kończyny dolnej umożliwiający analizy rozpraszania energii przez struktury budowy tej kończyny pod wpływem obciążeń impulsowych. Określono rozkład naprężeń w strukturze kostnej kończyny dolnej, w szyjce kości udowej, w pojedynczych kościach. Oceniono także zmienności siły reakcji talerza miednicy od sztywności mięśni zginaczy uda,

szywności zginaczy kolana, modułu sztywności kości korowej czy sztywności chrząstki.

Rozdział 4 to część pracy zatytułowana *Analiza mechanizmu powstawania urazów*. W części tej uznano, że o urazowości kończyn decyduje propagacja energii odkształcenia. Obciążenie zewnętrzne prowadzą do wyężenia struktur tkankowych w stawie na powierzchni stawowej, ale także w więzadłach i mięśniach. Opisano zatem własności mechaniczne więzadeł w układzie siła – odkształcenie dla stawu biodrowego, naprężenie – odkształcenie względne dla stawu kolanowego i skokowego. Przeanalizowano także własności tłumiące chrząstki w stawie skokowym. Dokonując syntezy wiedzy z analizowanego obszaru zbudowano model numeryczny stawu skokowego z powierzchniami stawowymi i głównymi więzadłami o różnych własnościach, które obciążono przez przemieszczenie kości skokowej pionowo wzdłuż kości piszczelowej. Stwierdzono, że model hipersprężysty chrząstki najlepiej odwzorowuje jej zachowania rzeczywiste. W rozdziale tym zaprezentowano także numeryczny model stopy uwzględniający szczegóły anatomiczne stopy oraz możliwości ruchów stopami w pozycji siedzącej. Model ten pozwolił na analizę zachowań stopy dla pięciu wariantów obciążeń dla stopy bez obuwia, z obuwem zawiązanym do połowy i z obuwem w pełni zawiązanym. Przeprowadzono analizę obciążeń chrząstki stawowej, analizę obciążeń więzadeł i analizę funkcji ścięgna Achillesa. Uzyskane wyniki odniesione do wyników prezentowanych w dostępnej literaturze pozwoliły na stwierdzenie pozytywnej walidacji zaproponowanego przez Habilitanta modelu kończyny.

Rozdział 5 nosi tytuł *Wytrzymałość struktur tkankowych*. W rozdziale tym Habilitant wykazuje istotny wpływ chrząstki stawowej na wyężenie struktur kostnych kończyny dolnej, przy różnych naprężeniach występujących na powierzchni chrząstki. Wnioski te uzyskano dla własnych modeli stawu skokowego i przyjęciu różnych modeli zachowań chrząstki w układzie odkształcenie-naprężenie. W rozdziale tym opisano także eksperyment numeryczny, którego celem było określenie stopnia bezpieczeństwa struktury tkankowej kończyny w warunkach wybuchu pod pojazdem. Potwierdzono, iż najbardziej narażona jest stopa, a uszkodzenia dotyczą także stawu skokowego, a w dalszej kolejności kości piszczelowej i strzałkowej. Stwierdzono także, że wyposażenie pojazdów wojskowych w podnóżki zwiększa bezpieczeństwo kończyn.

W rozdziale 6 o tytule *Wytrzymałość kręgosłupa na obciążenia osiowe i boczne* szukano odpowiedzi numerycznej na zachowania kręgosłupa przy obciążeniach wynikających z wybuchu ładunku pod pojazdem. Ustalono warunki obciążenia kręgosłupa, omówiono budowę pojedynczego segmentu kręgosłupa i krążka międzykręgowego oraz zaproponowano model własny. Dla trzech wielkości

obciążenia osiowego dokonano walidacji tego modelu. Stwierdzono znaczną zgodność uzyskanych wyników z danymi literaturowymi. Na tle tych wyników sformułowano czynniki odpowiadające za ryzyko powstania urazu w kręgosłupie jako: prędkość odkształcenia, kierunek obciążenia i warunki interakcji pomiędzy pierścieniami włóknistymi w krążku międzykręgowym. Dalej na tle opracowanego modelu odcinka lędźwiowego kręgosłupa i pozycji pasażera (zróżnicowanych kierunków obciążenia kręgosłupa) z uzupełnieniem o model pierścienia miednicy wyznaczono potencjalne obrażenia dla małych obciążeń.

Modelowanie systemów absorpcji energii to tytuł rozdziału 7, w którym habilitant rozważa teoretycznie i modelowo zdolność do pochłaniania energii przez tkanki miękkie. Wykazuje ich nieliniowe zachowania skutkiem czego dla małych odkształceń naprężenia nie są znaczne, ale dla dużych odkształceń wyraźnie rośnie sztywność a zatem i naprężenie. Zwraca też uwagę, że własności tłumiące tych tkanek zależą od ich umiejscowienia, płci, wieku i aktualnego stanu fizyko-chemicznego. Do analizy tej włączono obuwie wojskowe, specjalnie konstruowane tak, by umożliwić właścicielowi właściwe stabilizowanie stawu skokowego, zmniejszenie nacisków na podłozę, podatność podeszwy i ochronę stopy przed uszkodzeniami przy lokomocji. Wykazano, na podstawie uzyskanych wyników, że nie tylko budowa podeszwy ale także sztywność w obrębie stawu skokowego wpływają na bezpieczeństwo stopy. Pochłanianie energii przez podeszwę wyraźnie może ograniczyć ilość urazów dla małych prędkości i małych energii odkształcenia. Jednak przy dużych prędkościach odkształceń efekt ten nie musi być znaczny. Habilitant zaleca, dla znacznych prędkości odkształceń, konieczność stosowania sztywnych podeszw, co wyraźnie przeczy innym potrzebom funkcjonalnym obuwia wojskowego.

Rozdział 8 to rozdział o tytule *Ochrona odcinka lędźwiowego kręgosłupa*, w którym Habilitant dokonał analizy wpływu elementu usztywniającego kręgosłup w odcinku lędźwiowym na rozkład obciążeń i podatność tej części kręgosłupa przy obciążeniu impulsowym. Wykazano, że skuteczność tego rodzaju zabezpieczenia zależy od kierunku uderzenia, postawy siedzącego i co oczywiste, materiału, z którego tę ochronę wykonano. Analiza obejmowała wpływ obciążeń poprzecznych, przy optymalnym dla bezpieczeństwa wygięciu kręgosłupa do tyłu. Stwierdzono, że tego typu gorset może zwiększyć bezpieczeństwo pasażera.

Praca napisana jest poprawną polszczyzną, zawiera jednak wiele błędów edytorskich, niedomówień, powtórzeń, przypomina często zlepek nie sprzęgniętych ze sobą rozdziałów, w których w sposób ciągły mieszają się elementy przeglądu literatury i dokonaniai własnymi.

Ostatnia część pracy to trzystronicowe *Podsumowanie*, w którym stwierdzono, że celem nadrzędnym monografii było przedstawienie zagadnień modelowania struktur tkankowych pod działaniem obciążeń impulsowych, takich jak podczas wybuchu

ładunku pod pojazdem wojskowym. Skupiono się na oddziaływaniu tych obciążeń na kończynie dolnej. W podsumowaniu Habilitant opisuje po kolei rozdziały i na końcu stwierdza, że „zamierza dalej poszukiwać skutecznych metod ochrony układu ruchu przed urazami wywołanymi silnymi obciążeniami impaktowymi”.

Wykorzystana w pracy literatura obejmuje 273 pozycji literatury, w tym 11 stron internetowych (łącznie 28 polskojęzycznych). Wykaz bibliograficzny odzwierciedla zagadnienia, które stanowią podstawę rozważań merytorycznych recenzowanej pracy, wydaje się być aktualny i miarodajny. W ogólności przegląd literatury należy uznać za dobry.

Pracę kończy *Spis rysunków i tabel* oraz streszczenie pracy w języku angielskim.

Podsumowując, uznaję, że tak przygotowana monografia, mimo zgłoszonych zastrzeżeń, będąc oryginalnym osiągnięciem naukowym Kandydata, stanowi ważny i interesujący wkład do nauki polskiej w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

6. Istotna aktywność naukowa

Tę część recenzji została oparta o *Rozporządzenie MNiSzW z dnia 1 września 2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego*, tak więc kolejne akapity odnoszone będą do paragrafów i punktów tego rozporządzenia stanowiących kryteria oceny Habilitanta.

§ 3p.4a) Habilitant jest współautorem 4 publikacji znajdujących się w bazie Journal Citation Reports. Publikacje wydano w latach 2010-2019, udział własny autorski w publikacjach współautorskich mieści się pomiędzy 20-70% (dla jednej z tych podział współautorski jest nie znany). Publikacje dotyczą zagadnień nie ujętych bezpośrednio w monografii opisanej w p.5., chociaż zagadnień z nią związanych. W moim przekonaniu są to interesujące i dobre publikacje z obszaru zainteresowań Habilitanta, sumaryczny IF=4,678, liczba cytowani wg WoS to 7 (w tym bez autocytowań). Jednak ich ilość jest mała.

§ 3p.4b) Jak w opisie p.5 recenzji.

§ 3p.4c) -

§ 3p.4d) -

§ 4p.1) Habilitant wskazuje na 1 autorstwo monografii i łącznie 7 rozdziałów w monografiach i książkach (w części których brak danych).

Wskazano również łącznie po doktoracie na 18 publikacji punktowanych przez MNiSzW (Tab.2), z czego w Tab.1 jest wskazanych 16 (w tym % z listy A a 11 z listy B), w tym 4 to publikacje posiadające IF, a więc wykazanych wcześniej w §3 p.4). Brak jednoznacznego wykazu tych publikacji a dla publikacji znajdujących się

w dostarczonym materiale brak udziału habilitanta. Praktycznie wszystkie te publikacje mieszczą się w dyscyplinie biocybernetyka i inżynieria biomedyczna.

§ 4 p.2) -

§ 4p.3-5) Sumaryczny impact factor IF wg Journal Citation Reports to 4,678, liczba cytowań wg bazy Web of Science to 7, indeks Hirscha h-index=2.

§ 4p.6) Habilitant wymienia 1 projekt, w którym bierze czynny udział DOBR-BIO/22/13149/2013 o tytule *Poprawa bezpieczeństwa i ochrona żołnierzy w misjach poprzez działanie w obszarach wojskowo-medycznym i technicznym* – finansowanym przez NCBiR. Jest też informacja o 6 innych projektach, w których pełnił rolę wykonawcy.

§ 4p.7) -

§ 4p.8) Habilitant opublikował łącznie po doktoracie 28 materiałów konferencyjnych (Tab.2) – brak jednak danych do ich analizy.

Podsumowując spełnienie kryteriów ministerialnych przez Habilitanta w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych można stwierdzić, że brak jest kryteriów spełnionych bardzo dobrze i dobrze, spełnione są słabo w § 3 p.4a-b i w § 4 p. 1, 3-6, 8 i niedostatecznie § 3 p.4c-d i § 4 p.2 i 7 (co daje bardzo dobrze i dobrze spełnionych 0 kryteriów, 8 słabo i 4 niespełnione).

7. Ocena w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej

Również i tę część recenzji oparto o *Rozporządzenie MNiSzW z dnia 1 września 2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego*, tak więc kolejne akapity odnoszone będą do paragrafu 5 i punktów tego paragrafu stanowiących kryteria oceny Habilitanta w ocenianym zakresie.

1) -

2) Dr inż. Tomasz Klekiel uczestniczył aktywnie w 28 konferencjach naukowych międzynarodowych i krajowych (ile i jakich – brak danych). W konferencji Biomechanics 2018 był zastępcą przewodniczącego komitetu organizacyjnego.

3) -

4) -

5) -

6) -

7) -

8) Opracował tematycznie i prowadził lub prowadzi wykłady z wielu przedmiotów: metody numeryczne – laboratorium, zagadnienia cieplne i przepływowe w systemach biologicznych – wykład i projekt, biomechanika – wykład, projekt i laboratorium, języki programowania – laboratorium, inżynieria rehabilitacji ruchowej - wykład, projekt, laboratorium, projektowanie układów biomechanicznych – wykład, projekt, modelowanie i symulacja układów biologicznych – wykład, laboratorium.

Utworzył Laboratorium Bioniki i Inżynierii Rehabilitacji. Prowadził zajęcia z przedmiotu metody numeryczne i elementy mechatroniki w języku angielskim w ramach programu Erasmus.

9) Prowadził 23 prace inżynierskie i magisterskie.

10) -

11) -

12) -

13) -

14) -

Podsumowując ocenę dydaktyczną i popularyzatorską oraz ocenę dotyczącą współpracy międzynarodowej Habilitanta trzeba zauważyć bardzo dobre i dobre spełnienie 3 kryteriów i nie spełnienie 11 kryteriów.

8. Podsumowanie

Na podstawie przedstawionych danych i ocen częściowych stwierdzam uzyskanie przez dr. inż. Tomasza Klekiela osiągnięcia naukowego w postaci monografii o tytule *Ocena skutków oddziaływania obciążeń impulsowych na wybrane elementy układu ruchu człowieka*. Monografia ta stanowi, moim zdaniem, istotny wkład w rozwój dyscypliny *mechanika*. Jednak aktywność naukową Habilitanta oceniam jako relatywnie słabą. Także dorobek dydaktyczny, popularyzatorski i organizacyjny jest na słabym poziomie. Podsumowując: można stwierdzić, że dr inż. Tomasz Klekiel niestety nie spełnia w wystarczającym stopniu wymagań ustawowych, co do przyznania Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych.

