

Łódź 11.04.2022r.



dr hab. inż. Przemysław Kubiak, prof. PŁ
Politechnika Łódzka
Zakład Ekotechniki
90-924 Łódź, ul. Piotrkowska 266
e-mail.: przemyslaw.kubiak@p.lodz.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej

**"Badania symulacyjne i eksperymentalne manekinów antropometrycznych
z uwzględnieniem działania pasów bezpieczeństwa
dla różnych typów zderzeń"**

autor: mgr inż. Damian FREJ

Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn

1. Podstawa opracowania oceny

Podstawa wykonania recenzji: Pismo Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Wydziału Mechatroniki i Budowa Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 10 marca 2022r. znak MAA-510/45/2022 działającego w oparciu o uchwałę Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskie.

Recenzja przygotowywana będzie w oparciu o następujące akty prawne:

- Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 poz. 1789 z późn. zm.);
- Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego 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 (Dz. U. z 2018 r. poz. 261).

Recenzja opracowana została na podstawie przekazanej wraz z w/w pismem rozprawy doktorskiej stanowiącej opracowanie zwarte.

2. Zakres rozprawy

Rozprawa doktorska poświęcona jest ważnym i bardzo ciekawym, zarówno z poznawczego jak i praktycznego punktu widzenia zagadnieniom bezpieczeństwa ruchu drogowego. Znaczne osiągnięcia poziomu bezpieczeństwa dotyczą kierowcy i osób dorosłych podróżujących na przednich fotelach samochodów osobowych, to przede wszystkim na tej grupie producenci pojazdów samochodowych koncentrują swoją uwagę, inwestując znaczne środki na rozwój konstrukcji pojazdów pod kątem bezpieczeństwa.

Testy zderzeniowe wykonywane przy użyciu manekinów fizycznych i fizycznych modeli samochodów od lat są prowadzone według ścisłych procedur na specjalnie przygotowanych torach pomiarowych. Wykorzystywane manekiny antropometryczne budowane są na podobieństwo człowieka, posiadają budowę zbliżoną zarówno kształtem wymiarem i masą do poszczególnych centyli populacji. Niestety manekiny tylko z dużym podobieństwem zbliżone są do cech antropometrycznych ludzi. Ponadto wykorzystywane podczas testów manekiny antropometryczne różnią się budową. Manekinu z rodziny Hybrid III używane do testów zderzeniowych czołowych różnią się zastosowanymi przegubami w poszczególnych grupach centylowych. Manekiny do testów bocznych pozbawione są części kończyn górnych. Zaś do testów tylnych wykorzystywany jest jedynie jeden manekin BioRid II zbudowany na bazie manekina Hybrid III 50 centylowego mężczyzny. Obecnie nie wykorzystuje się jednocześnie tego samego typu manekina do testów zderzeniowych bocznych, tylnych oraz czołowych. Ponadto żaden z manekinów nie posiada przegubów, które umożliwiają zmianę sztywności i tłumienia.

Z tego punktu widzenia podjęte przez Autora ocenianej rozprawy, prace nad budową manekina antropometrycznego przeznaczonego do testów bocznych, tylnych oraz czołowych wydają się zrozumiałe i w pełni uzasadnione.

Recenzowana praca nie zawiera klasycznie sformułowanej tezy. Zamiast tego Autor stawia szereg celów szczegółowych (etapów cząstkowych), które doprowadzają do osiągnięcia celu pracy. Sformułowane etapy cząstkowe stanowią jednocześnie zadania badawcze.

Pan mgr. inż. Damian Freja sformułował następujące cele pracy:

1. Cele teoretyczne
 - Opracowanie modelu matematycznego manekina antropometrycznego wykorzystanego do testów zderzeniowych.
 - Identyfikacja wybranych parametrów, dynamicznego człowieka kierowcy dla symulacji zderzenia pojazdu.
 - Symulacyjna, analiza zachowania modelu dynamicznego człowieka kierowcy z uwzględnieniem zmiany podstawowych parametrów modelu.
2. Cel praktyczny
 - Budowa manekinów antropometrycznych (5 i 50 centylowych) wykorzystanych do testów zderzeniowych z regulowaną charakterystyką momentu oporu w przegubach.

Cele te nawiązują do wspomnianego problemu manekinów antropometrycznych. Uważam, że cele te zostały poprawnie sformułowane i w pełni odpowiadają ustawowym i zwyczajowym wymaganiom, jakie stawiane są rozprawom doktorskim. Przeprowadzone badania eksperymentalne, opracowanie matematycznego modelu manekina antropometrycznego oraz budowa fizycznych manekinów antropometrycznych do testów zderzeniowych przy niskiej prędkości można uznać za wysoce oryginalne, a przez to bardzo istotne z naukowego punktu widzenia. Powyższe potwierdza słuszność doboru tematu oraz jego użyteczny charakter.

Osiągnięcie założonego celu pracy wymagało rozwiązania szeregu problemów naukowo-technicznych, którym Doktorant podołał. Udowodnił, że potrafi podjąć i zrealizować szeroki zakres pracochłonnych badań eksperymentalnych i symulacyjnych. Uważam, że oryginalnym osiągnięciem pracy jest opracowanie modelu człowieka – kierowcy w środowisku MSC ADAMS oraz opracowanie koncepcji przegubów manekina fizycznego. Zaprojektowane przeguby zostały zbudowane w taki sposób, aby po serii testów zderzeniowych nie było konieczności dokonywania ich konfiguracji. Należy podkreślić, iż zaprojektowane i zbudowane przeguby dla manekinów są innowacyjnym rozwiązaniem i zostały opatentowane.

3. Ocena rozprawy

Przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską pt. „Badania symulacyjne i eksperymentalne manekinów antropometrycznych z uwzględnieniem działania pasów bezpieczeństwa dla różnych typów zderzeń” charakteryzują następujące cechy:

- napisana w języku polskim;
- streszczenie zarówno w języku angielskim jak i języku polskim;
- liczba stron - 193 ze stroną tytułową;
- liczba rozdziałów -7 + Wykaz najważniejszych oznaczeń, Streszczenie, Abstrakt, Wstęp, Podsumowania i wnioski, Bibliografia, Spis tabel, Spis rysunków;
- liczba pozycji literatury - 258 (z czego 6 jest współautorstwa Doktoranta) uporządkowanych w kolejności alfabetycznej.

Wstęp (2 strony) zawiera krótką informację o wypadkach samochodowych oraz manekinów antropometrycznych. Wprowadza czytelnika w problematykę, której dotyczy rozprawa.

Rozdział 1 (2 strony) zawiera cel, uzasadnienie podjęcia tematyki pracy oraz zakres pracy. Cel pracy został podzielony na cele teoretyczne oraz cel praktyczny. Doktorant przyjął trzy cele teoretyczne oraz jeden cel praktyczny.

Rozdział 2 (28 stron) zawiera problemy intensywności wypadków drogowych. W rozdziale tym opisano między innymi najczęstsze przyczyny wypadków, wypadki drogowe w Polsce oraz prognozy wypadków drogowych. Doktorant przedstawia w tym rozdziale liczbę

wypadków drogowych w Polsce w latach 2010-2020 na podstawie danych z literatury oraz własne prognozy dotyczące wypadków drogowych w Polsce na lata 2020-2030.

Rozdział 3 (20 stron) zawiera przegląd modeli antropometrycznych wykorzystywanych w testach zderzeniowych. Autor przedstawił genezę powstawania manekinów antropometrycznych przeznaczonych do testów zderzeniowych. W rozdziale tym wyszczególniono przegląd rozwiązań manekinów wykorzystywanych do testów zderzeniowych czołowych, bocznych oraz tylnych. Przedstawiono również przegląd antropometrycznych modeli wykorzystywanych w badaniach bezpieczeństwa biernego. Autor wskazał, że manekiny są konstruowane i dedykowane do konkretnego rodzaju testu zderzeniowego przy założonych prędkościach zderzenia. Autor zaznaczył, iż żadne z dostępnych manekinów antropometrycznych przeznaczonych do testów czołowych oraz bocznych na rynku nie jest dedykowane do testów zderzeniowych przy niskiej prędkości nie przekraczającej 20 km/h.

Rozdział 4 (8 strona) zawiera metodologie badań. Opisano obiekt badań wraz z założeniami do przeprowadzenia symulacji komputerowej. Doktorant przedstawił problem wypadków drogowych przy niskiej prędkości ze szczególnym uwzględnieniem zderzeń tylnych. Omówił program do symulacji dynamiki wieloobrotowej.

Rozdział 5 (18 stron) zawiera model manekina antropometrycznego przeznaczonego do testów zderzeniowych z niską prędkością wykonanego przez Doktoranta w programie symulacyjnym MSC ADAMS. W rozdziale tym zawarte zostały równania ruchu manekina symulacyjnego w formie graficznej, wykonane za pomocą oprogramowania Matlab Simulink. Autor przedstawił proces modelowania manekina antropometrycznego w środowisku MSC ADAMS oraz wstępną walidację manekina symulacyjnego z fizycznym manekinem Hybrid III. Manekin w programie symulacyjnym został zbudowany na podobieństwo manekina Hybrid III. Szczegółowa poklatkowa (bardzo pracochłonna) analiza trajektorii ruchu poszczególnych części ciała manekina symulacyjnego z manekinem Hybrid III ukazała zgodność ruchu na poziomie 85 %.

Rozdział 6 (25 strony) zawiera badania doświadczalne przeprowadzone przez Doktoranta. W celu zebrania informacji dotyczących przemieszczenia poszczególnych części ciała człowieka podczas zderzenia z niską prędkością nie przekraczającą 20 km/h, Autor przeprowadził badania doświadczalne z udziałem ochotników. W rozdziale tym przedawnił stanowisko do symulacji testów zderzeniowych przy niskiej prędkości, wraz ze schematem stanowiska pomiarowego. Badania doświadczalne przeprowadzono na grupie 130 osób z podziałem na płeć oraz grupę centylową. Porównanie manekina Hybrid III oraz ochotników i manekina symulacyjnego dało podstawę do budowy manekina fizycznego.

Rozdział 7 (35 strony) przedstawia dwa manekiny fizyczne zbudowane przed Doktoranta. Innowacyjne rozwiązania przegubów zastosowanych do budowy manekinów antropometrycznych zostały zgłoszone do urzędu patentowego. Zastosowane przeguby

umożliwiają zmianę sztywności przegubu, dzięki czemu mogą być zastosowane w różnych warunkach eksperymentalnych. Ponadto Autor opracował przeguby w taki sposób, aby uszkodzony element wymienić na nowy w bardzo krótkim czasie. Manekiny antropometryczne zbudowane przez Doktoranta odzwierciedlały: 50 centylowego mężczyznę oraz 5 centylową kobietę. Manekiny zostały poddane testom zderzeniowym bocznym, czołowym oraz tylnym przy niskiej prędkości, a następnie porównane z badaniami symulacyjnymi przeprowadzonymi w środowisku MSC ADAMS. Analiza porównawcza wskazała, że wyniki symulacji komputerowych z wystarczającą dokładnością odwzorowują wyniki testów eksperymentalnych.

Podsumowanie i wnioski (3 strony) zawiera podsumowanie i wnioski z wykonanych badań. Głównym problemem manekinów antropometrycznych wykorzystywanych w testach zderzeniowych jest brak możliwości zastosowania jednego manekina do wszystkich rodzajów testów zderzeniowych oraz niskie odwzorowanie charakterystyk przegubów manekinów w testach zderzeniowych przy niskiej prędkości. Badania podjęte w pracy ukierunkowane były na porównanie symulacji komputerowej z manekinem fizycznym podczas testów zderzeniowych przy niskiej prędkości. Należy podkreślić, że w rozprawie opracowano przeguby manekina antropometrycznego umożliwiające zmianę sztywności. Za ich pomocą można odwzorować dowolną charakterystykę sztywności. Zaprojektowane przeguby manekina fizycznego zostały tak zbudowane, aby po serii testów zderzeniowych nie trzeba było dokonywać ich konfiguracji. Ponadto ich zaletą jest to, że uszkodzony przegub w manekinie fizycznym można w łatwy sposób zdemontować i wymienić na nowy bez dużych nakładów czasowych.

4. Układ pracy, opracowanie edytorskie

Pod względem metodycznym oceniam pracę wysoko. Układ logiczny pracy jest przejrzysty a prezentowane treści są ze sobą dobrze powiązane i prowadzą do osiągnięcia założonego celu pracy. Autor dokonał szczegółowej analizy wyników swych badań a poprzez opracowany model manekina i przeprowadzone badania eksperymentalne, nadał ich wynikom charakter użyteczny. Niestety w swoim opracowaniu Autor nie ustrzegł się od błędów natury językowej oraz literowych. Pojawiły się też nieliczne niefortunne sformułowania np. str. 45, wers 17 – „(...) złą stroną było to, że zwłoki nie miały standardowych kształtów (...)”, jaki kształt miały zwłoki???

Błędy o charakterze redakcyjnym w postaci pozostawiania wolnego miejsca pojawiły się na stronach: 28, 29, 38, 39, 40, 53, 55, 57, 59, 69, 73, 74, 77, 86, 89, 91, 94, 100, 110, 123. Nie wpływa to jednak na końcową ocenę pracy. Wskazane błędy nie zmniejszają jej wartości.

5. Uwagi do pracy

Temat pracy został ujęty trafnie i w sposób dobrze oddający poruszaną w pracy problematykę, sugerowałbym jednak modyfikacje tematu do następującego: Badania symulacyjne i eksperymentalne manekinów antropometrycznych dla różnych typów zderzeń. Autor w żadnym miejscu nie odniósł się do działania pasów bezpieczeństwa ani ich wpływu na przeprowadzane symulacje. W związku z tym, użycie sformułowania „z uwzględnieniem działania pasów bezpieczeństwa” w tytule jest mylące.

Przedstawiona praca potwierdza duży wysiłek Doktoranta związany z badaniami symulacyjnymi i eksperymentalnymi manekinów antropometrycznych, opracowaniem modelu manekina antropometrycznego, opracowaniem koncepcji przegubów manekina oraz analizą otrzymanych wyników badań. W recenzowanej pracy pojawiły się pewne niedociągnięcia i pytania, które nie obniżają naukowej wartości rozprawy jako całości. Zaslugują jednak na zwrócenie uwagi w ramach naukowej dyskusji:

1. W rozdziale piątym przedstawiono model manekina antropometrycznego przeznaczonego do testów zderzeniowych z niską prędkością. Proszę przybliżyć w jaki sposób zamodelowano siedzisko?
2. W badaniach eksperymentalnych Doktorant przedstawił podział na grupy centylowe. Czy dokonano również podziału na grupy wiekowe w danej grupie centylowej. Jaki był przedział wiekowy badanych grup?
3. W badaniach eksperymentalnych i podczas symulacji manekin i ochotnik siedzieli na fotelu, czy badano kąt ustawienia siedziska, który jak wiadomo wpływa na stan obciążenia głowy? Jaki był kąt ustawienia fotela podczas przeprowadzanych symulacji i badań?

Podjęty przez Pana mgr. inż. Damiana Freja temat jest interesujący naukowo, odpowiada wymaganiom, jakie stawiane są pracom aspirującym do tego, by być rozprawami na stopień doktora nauk technicznych. W związku z powyższym **wybrany temat przedstawionej rozprawy oceniam zdecydowanie pozytywnie.**

4. Wniosek końcowy

Podsumowując moją opinię stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Damiana Freja pt. "Badania symulacyjne i eksperymentalne manekinów antropometrycznych z uwzględnieniem działania pasów bezpieczeństwa dla różnych typów zderzeń" podejmuje istotne problemy poznawcze o znacznym potencjale aplikacyjnym i została wykonana na bardzo dobrym poziomie merytorycznym. Przyjęte przez Doktoranta założenia zostały udowodnione, a wyznaczony cel konsekwentnie osiągnięty.

Pracę uważam za bardzo ciekawą z punktu widzenia poznawczego i przydatną do celów praktycznych, co niewątpliwie jest szczególnie istotne w kwestii konkretnych rozwiązań

problemów technicznych. Autor w sposób przejrzysty wykazał, czego dokonał w trakcie przeprowadzonych badań, potrafił wyciągnąć z nich logiczne, udokumentowane wnioski oparte na odpowiedniej podbudowie teoretycznej.

Do oryginalnych osiągnięć Doktoranta należy opracowanie:

- manekinów antropometrycznych (5 i 50 centylowych) wykorzystanych do testów zderzeniowych z regulowaną charakterystyką momentu oporu w przegubach;
- przegubu barkowego manekina antropometrycznego do testów zderzeniowych (zgłoszenie patentowe P.433041, data zgłoszenia 25.02.2020 r.);
- przegubu kolanowego manekina antropometrycznego do testów zderzeniowych (zgłoszenie patentowe P.431522, data zgłoszenia 18.10.2019 r.);
- przegubu łokciowego manekina antropometrycznego do testów zderzeniowych;
- przegubu biodrowego manekina antropometrycznego do testów zderzeniowych;
- przegubu nadgarstka i stopy manekina antropometrycznego do testów zderzeniowych;
- przegubu szyi manekina antropometrycznego do testów zderzeniowych.

Zaprezentowany w pracy projekt przegubów manekina jest innowacyjnym rozwiązaniem, został opatentowany i niewątpliwie stanowi oryginalny dorobek naukowy Doktoranta.

Uwagi zawarte w mojej recenzji i potknięcia edytorskie nie wpływają na poziom opiniowanej pracy. Jednocześnie, podkreślam wysokie i użyteczne walory recenzowanej pracy oraz znaczący dorobek i doświadczenie naukowo-badawcze Doktoranta.

Na podstawie przeprowadzonej oceny rozprawy **Pana mgr. inż. Damiana Freja** pt. **„Badania symulacyjne i eksperymentalne manekinów antropometrycznych z uwzględnieniem działania pasów bezpieczeństwa dla różnych typów zderzeń”** jestem przekonany, że spełnione zostały wymagania określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 poz. 1789 z późn. zm.). W związku z tym **wnioskuję o przyjęcie opracowania przedstawionego do recenzji jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.**

Równocześnie, mając na uwadze wysoki poziom rozprawy doktorskiej, pozwalam sobie zaproponować jej wyróżnienie. Uprzejmie proszę Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej o pozytywne ustosunkowanie się do mojej sugestii.



dr hab. inż. Przemysław Kubiak, prof. PŁ