

dr hab. inż. Mirosław Jan Gidlewski, prof. WAT
Instytut Pojazdów i Transportu
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
00-908 Warszawa 46
miroslaw.gidlewski@wat.edu.pl

Warszawa 24.05.2022r.

RECENZJA
rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Damiana FREJA
pt. „Badania symulacyjne i eksperymentalne manekinów
antropometrycznych z uwzględnieniem działania pasów bezpieczeństwa
dla różnych typów zderzeń”.

Podstawa sporządzenia recenzji: pismo Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 14.03.2022 roku.

Ogólna charakterystyka pracy

Autor podejmuje w pracy ważny z praktycznego, a zarazem bardzo interesujący z teoretycznego punktu widzenia problem opracowania modelu manekina antropometrycznego a następnie zbudowania dwóch manekinów fizycznych w celu wykorzystywania ich do badań w testach zderzeniowych z małymi prędkościami. Manekiny badawcze wykorzystywane w testach zderzeniowych samochodów od kilkudziesięciu lat dowiodły swojej przydatności. Zastępując człowieka, są w stanie znieść znacznie większe obciążenia i dzięki temu dostarczyć konstruktorom istotnych informacji o zagrożeniach i możliwościach ochrony zdrowia i życia pasażerów pojazdów w czasie zaistnienia różnych rodzajów zdarzeń drogowych. Manekiny antropometryczne są opracowywane zwykle przez duże ośrodki naukowo-badawcze na świecie a ich budowa istotnie zależy od rodzaju zderzenia pojazdu z przeszkodą (czołowe, boczne, tylne), w którym są wykorzystywane oraz od założonej prędkości zderzenia. Opracowanie manekina badawczego przystosowanego w badaniach skutków różnego rodzaju zderzeń pojazdu, dodatkowo w ramach pracy doktorskiej należy uznać za zadanie bardzo ambitne i oryginalne a także bardzo pracochłonne, nawet w przypadku, gdy prędkość uderzenia samochodu w przeszkodę jest niewielka. Wybór tematu rozprawy doktorskiej należy uznać więc za interesujący, a podjęty temat pracy posiada istotne walory poznawcze i użytkowe.

Przedstawiona do recenzji rozprawa wydana została w zwartej formie na 193 stronach i obejmuje spis treści, wykaz najważniejszych oznaczeń, streszczenie i słowa kluczowe w języku polskim i angielskim, wstęp, siedem logicznie usystematyzowanych rozdziałów, podsumowanie i wnioski, bibliografię, spis tabel (18) i spis rysunków (144). Wykaz literatury obejmuje 258 pozycji, w tym 198 to pozycje drukowane, 31 to źródła internetowe a 29 to źródła prawne. Spośród źródeł drukowanych 137 to pozycje obcojęzyczne w języku angielskim.

Wstęp stanowi wprowadzenie do problemu badawczego i zawiera krótką informację o wypadkach drogowych i ich skutkach oraz manekinów antropometrycznych.

Recenzowana praca nie zawiera klasycznie sformułowanej tezy. Zamiast tego Autor w rozdziale 1 przedstawił cel pracy składający się z trzech celów teoretycznych i z jednego celu praktycznego. Cele teoretyczne pracy to opracowanie modelu matematycznego manekina antropometrycznego,

identyfikacja parametrów modelu oraz badania symulacyjne zachowań opracowanego modelu manekina dla różnych wartości wybranych parametrów. Cel praktyczny to zbudowanie dwóch manekinów antropometrycznych (5- i 50-centylowych) do wykorzystywania w testach zderzeniowych z regulowaną charakterystyką momentu oporu w przegubach. Dodatkowo Autor w tym rozdziale logicznie uzasadnił cele pracy oraz przedstawił zakres pracy. Pozytywnie oceniam wybór celu pracy, jego uzasadnienie oraz zakres pracy i zaproponowanych metod badawczych. W oparciu o sformułowane założenia autor proponuje budowę modelu matematycznego układu fizycznego, następnie przeprowadza weryfikację i walidację opracowanego modelu, wykorzystując wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych na specjalnie do tego celu zaprojektowanym stanowisku badawczym. Wyniki badań modelowych wykorzystuje potem do opracowania projektów budowanych manekinów.

Rozdział 2 jest dość luźno związany z tematem pracy, przedstawia bowiem statystyki wypadków drogowych i ich skutków w Polsce w latach 2010-2020. Jego treść stanowi jednak wartość dodaną, gdyż dotyczy bezpieczeństwa ruchu drogowego i wykorzystuje wiedzę zebraną we wcześniejszych publikacjach autora.

Rozdział 3 zawiera genezę powstania i przegląd rodzajów i budowy manekinów antropometrycznych wykorzystywanych w różnych rodzajach testów zderzeniowych samochodów. Podkreślono, że żaden z dostępnych na rynku manekinów antropometrycznych przeznaczonych do testów zderzeniowych czołowych oraz bocznych nie jest przeznaczony zderzeń z prędkościami nie przekraczającymi 20 km/h.

Rozdział 4 opisuje ogólnie metodologię badań oraz przyjęte główne założenia i warunki badań wykorzystane przy opracowaniu modelu manekina antropometrycznego w programie MSC ADAMS.

Rozdział 5 opisuje sposób budowy modelu manekina antropometrycznego. Model fizyczny manekina wzorowano na budowie manekina Hybrid III. Składa się on z siedemnastu brył sztywnych posiadających masę. Bryły sztywne połączone są ze sobą przegubami charakteryzującymi się różnymi wartościami sztywności i tłumienia. Model matematyczny manekina został opracowany w programie MSC ADAMS. Wartości części parametrów modelu matematycznego (wymiary, masy, momenty bezwładności poszczególnych części manekina) zostały ustalone na podstawie pomiarów manekina Hybrid III. Wartości pozostałych parametrów modelu manekina (sztywności i tłumienia w przegubach) wyznaczono porównując wyniki badań modelowych i eksperymentalnych. Badania eksperymentalne przeprowadzono w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji. Polegały one na zderzeniu wózka pomiarowego (z umieszczonym na nim fotelem samochodowym na którym był usadowiony manekinem Hybrid III) z podatną barierą z prędkością 20km/h. Zakładając identyczne wymuszenie działające na manekina Hybrid III i na model manekina porównywano trajektorie ruchu poszczególnych części składowych manekina i jego modelu zmieniając wartości sztywności tłumienia w poszczególnych przegubach. W efekcie udało się uzyskać porównywalne przebiegi trajektorii ruchu wybranych części manekina w wyniku symulacji i eksperymentu. Autor uznał ten fakt za wstępną walidację opracowanego modelu manekina. Do estymacji wartości wybranych parametrów modelu matematycznego manekina autor wykorzystał „metodę przestrzennego przeszukiwania parametrów”, nie opisał jednak w pracy na czym ta metoda polegała. Należy jednak stwierdzić, że metoda okazała się skuteczna, gdyż uzyskano co najmniej zadowalającą zgodność wyników badań symulacyjnych i eksperymentalnych.

Rozdział 6 poświęcono badaniom eksperymentalnym przeprowadzonym przez Doktoranta. Badania prowadzono na stanowisku zderzeniowym w Laboratorium Samochodów i Ciągników Politechniki Świętokrzyskiej. Polegały one na zderzaniu wózka pomiarowego (z umieszczonym na nim fotelem samochodowym i usadowionym na fotelu ochotnikiem) z podatną barierą z prędkością 20km/h. W badaniach uczestniczyło 130 ochotników. Zostali oni zważeni i pomierzeni i w wyniku podzieleni na 6 grup (grupy 5-, 50- i 95-centylowe żeńskie i grupy 5-, 50- i 95- centylowe męskie). Przebieg testów zderzeniowych był rejestrowany przez szybką kamerę (3250 klatek na sekundę) a następnie analizowany „klatka po klatce” za pomocą programu TEMA CLASSIC. Pozwoliło to na odtwarzanie trajektorii ruchu całej badanej osoby oraz poszczególnych części jej ciała w czasie zderzenia wózka z przeszkodą. W pracy przykładowo przedstawiono przebiegi trajektorii głowy osób badanych wzdłuż osi poziomej X i wzdłuż osi pionowej Z w funkcji czasu, dla wszystkich sześciu rozważanych grup centylowych. W każdej grupie centylowej było od 15 do 30 osób badanych, a osoby te różniły się między sobą wymiarami i masą. Sprawilo to, że przebiegi trajektorii ruchu głowy poszczególnych osób nieznacznie różniły się między sobą. W wyniku zaprezentowane w pracy przebiegi tworzyły pasma, ale o niezbyt dużej szerokości. W dalszej części pracy wykorzystano tylko przebiegi przedstawiające przemieszczenia głowy i innych części ciała 50-centylowej grupy męskiej i 5-centylowej grupy żeńskiej. Autor wykorzystując zbudowany wcześniej model 50-centylowego mężczyzny, wymuszenie działające na wózek zderzeniowy w testach prowadzonych na Politechnice Świętokrzyskiej, przebiegi wyznaczone w czasie badań eksperymentalnych 50-centylowej grupy męskiej i sprawdzoną wcześniej „metodę przestrzennego przeszukiwania parametrów” wyznaczył nowe wartości sztywności i tłumienia w przegubach modelu manekina. Skutek był zadawalający, gdyż na rys. 91, 92 i 93 pokazano dobrą zgodność wyników eksperymentalnych i symulacyjnych. Jedynie ruchy podudzia ze stopą są różne w symulacji i w eksperymencie. Dodatkowo opracowano model manekina 5-centylowej kobiety. Budowa modelu kobiety była identyczna jak budowa modelu mężczyzny. Inne były natomiast wartości parametrów modelu. Wymiary, masy i momenty bezwładności poszczególnych części manekina ustalono na podstawie wyników pomiarów grupy 5 centylowej kobiet uczestniczących w badaniach. Wyznaczono poprawnie wartości sztywności i tłumienia w przegubach manekina. Świadczą o tym porównania wyników symulacji i eksperymentu pokazane na rys. 94 i 95.

Rozdział 7 przedstawia zbudowane przed doktoranta dwa manekiny fizyczne (5- centylową kobietę i 50-centylentowego mężczyznę) przeznaczone do wykorzystania w testów zderzeniowych z małymi prędkościami. Przy projektowaniu manekinów fizycznych uwzględniono budowę manekina Hybrid III i ustalone wcześniej jego wartości jego parametrów (wymiary, masy, momenty bezwładności, stopnie swobody i zakresy ruchu poszczególnych elementów składowych manekina, sztywności i tłumienia w przegubach). Zwracają uwagę zaproponowane przez doktoranta innowacyjne rozwiązania przegubów łączących elementy składowe manekinów. Zastosowane przeguby umożliwiają zmianę wartości sztywności przegubu i tłumienia oraz są tak zaprojektowane, że można je wymieniać na nowe w bardzo krótkim czasie. Przegub barkowy został już opatentowany a przegub kolanowy zgłoszony do urzędu patentowego. Zaprezentowane w pracy na rys. 118-122 przebiegi charakterystyk sztywności w przegubach: szyjnym, barkowym, łokciowym, udowym i kolanowym pokazują, że w zbudowanych manekinach udało się z dużą precyzją odtworzyć charakterystyki sztywności występujące w manekinie Hybrid III. Zbudowane manekiny zostały

poddane testom zderzeniowych czołowym, bocznym, oraz tylnym z prędkością 20 km/h. Uzyskane wyniki porównano z wynikami badań symulacyjnych modeli zbudowanych manekinów. Zwraca uwagę dobra zgodność wyników badań przy zderzeniu czołowym uwzględniających badania symulacyjne, badania zbudowanych manekinów i badania ochotników (rys. 131-134). Moje wątpliwości budzi sens prowadzenia badań zderzeń bocznych przy wykorzystaniu zbudowanych manekinach.

Podsumowanie i wnioski prawidłowo opisują zrealizowane działania i uzyskane wyniki.

Ocena merytoryczna pracy

Pod względem metodycznym i merytorycznym pracę oceniam wysoko. Założone bardzo ambitne i wymagające bardzo dużych nakładów pracy cele teoretyczne i cel praktyczny zostały osiągnięte. Zakres pracy został w pełni zrealizowany. Układ pracy jest logiczny. Autor szeroko zaprezentował wyniki swoich przemyśleń, analiz i działań praktycznych. Porównał i opisał wyniki badań eksperymentalnych i modelowych manekina Hybrid III, ochotników oraz zbudowanych przez siebie manekinów. Wykazał, że zbudowane manekiny i ich poszczególne części przemieszczają się, w czasie czołowych testów zderzeniowych z małą prędkością, w porównywalny sposób jak manekin Hybrid III oraz badani ochotnicy. Mogą być więc wykorzystywane do prowadzenia dalszych badań i do celów dydaktycznych.

Najważniejsze osiągnięcia rozprawy doktorskiej to:

1. Mgr inż. Damian Frej podjął istotny, a zarazem bardzo złożony problem badania i budowy manekinów oraz ich doskonalenia z wykorzystaniem stosunkowo niewielkich środków finansowych.
2. Zbudował złożony model fizyczny i matematyczny manekina wzorując się na manekinie Hybrid III. Zidentyfikował parametry modelu uwzględniające budowę i własności 50-centylowego mężczyzny i 5-centylowej kobiety. Wartości niektórych parametrów modelu matematycznego wyznaczył porównując wyniki badań eksperymentalnych i symulacyjnych. Zweryfikował zbudowany model obliczeniowy dzięki uzyskaniu zadawalającej zgodności wyników badań modelowych i eksperymentalnych.
3. Przeprowadził obszerne badania zderzenia czołowego z podatną barierą wykorzystując w tym celu 130 ochotników podzielonych na 6 grup różniących się wymiarami i płcią. Dla każdej z badanych grup wyznaczył wartości parametrów modelu obliczeniowego manekina pozwalające uzyskiwać porównywalne wyniki testów zderzeniowych w wyniku symulacji i eksperymentu.
4. Zbudował dwa fizyczne manekiny 50-centylowego mężczyzny i 5-centylowej kobiety. W zbudowanych manekinach opracował i wykorzystał oryginalne przeguby łączące poszczególne ich części, umożliwiające regulację wartości sztywności i tłumienia w przegubach oraz szybką ich wymianę na nowe.
5. Przeprowadził obszerne badania eksperymentalne zbudowanych manekinów. Uzyskane wyniki badań porównał z wynikami badań ochotników i badań symulacyjnych modelu manekina posiadającego wartości parametrów manekina Hybrid III. Zadawalająca zgodność wyników, w przypadku zderzenia czołowego, trzech wymienionych rodzajów badań pozwala twierdzić, że zbudowane niewielkim kosztem manekiny mogą wykorzystywane do dalszych badań zderzeniowych z niewielkimi prędkościami.

Uwagi szczegółowe (do dyskusji):

Przedstawiona praca potwierdza bardzo duży wkład pracy poniesiony przez Doktoranta na jej zrealizowanie. Przy recenzowaniu pracy pojawiły się jednak pewne niejasności i pytania. Nie obniżają one naukowej wartości rozprawy jako całości. Zaslugują jednak na wyjaśnienie w ramach naukowej dyskusji.

1. Doktorant wyznaczając wartości parametrów sztywności i tłumienia w przegubach modelu matematycznego manekina stosuje eksperyment identyfikacyjny polegający na porównywaniu wyników badań eksperymentalnych i symulacyjnych. Wybiera w tym celu konkretną metodę estymacji parametrów modelu i nazywa ją „metodą przestrzennego przeszukiwania parametrów”. Proszę o szczegółowe opisanie zastosowanej metody.
2. Autor porównując przebiegi przemieszczeń głowy manekina wyznaczone na podstawie badań eksperymentalnych i modelowych wyraża różnice pomiędzy tymi przebiegami w procentach (str. 87, 89, 148). Proszę opisać metodę zastosowaną przy obliczaniu różnic procentowych pomiędzy przebiegami.
3. W jaki sposób wyznaczono sztywność i tłumienie w przegubie kolanowym manekina Hybrid III, jeśli w teście zderzeniowym zrealizowanym w PIMOT podudzia manekina nie mogły się obracać z powodu blokady ich ruchu przez poprzedzający manekina fotel (rys. 61)?
4. Przeprowadzenie badań symulacyjnych wykorzystujących opracowany model manekina wymagało wyznaczenia przebiegu w funkcji czasu wymuszenia działającego na wózek przewożący fotel z manekinem w czasie zderzenia z przeszkodą oraz charakterystyki sztywności i tłumienia trzypunktowych pasów bezpieczeństwa przytrzymujących manekina, zastosowanych w czasie badań eksperymentalnych prowadzonych w PIMOT i na Politechnice Świętokrzyskiej. Jakie metody zastosowano do wyznaczenia przebiegów w/w wielkości? Czy pasy bezpieczeństwa zastosowane w badaniach w PIMOT na Politechnice Świętokrzyskiej były identyczne? Czy wymieniano i jak często pasy bezpieczeństwa w czasie badania 130 ochotników?
5. W jaki sposób wyznaczano przebiegi przyspieszenia wypadkowego i prędkości kątowej głowy badanych ochotników i zbudowanych manekinów fizycznych w czasie badań eksperymentalnych prowadzonych na Politechnice Świętokrzyskiej (rys. 96, 97, 133, 134)? Dlaczego przemieszczenia $X(t)$ i $Z(t)$ głów badanych ochotników tworzą pasma o pewnej szerokości (rys. 92, 93) a odpowiadające im przebiegi w funkcji czasu przyspieszenia wypadkowego i prędkości kątowej głów ochotników (rys. 96, 97, 131, 132, 133, 134) są pojedynczymi liniami?
6. Na rys. 118-122 zostały porównane charakterystyki sztywności w przegubach manekina Hybrid III i przegubach zbudowanego w ramach pracy doktorskiej manekina fizycznego (którego 50- centylowego czy 5-centylowego?). Czy pokazane na rysunkach charakterystyki różnią się istotnie od charakterystyk sztywności w przegubach wyznaczonych w czasie badań ochotników?
7. W jaki sposób wyznaczono charakterystyki sztywności i tłumienia w kierunku porzecznym w przegubie szyjnym zbudowanych manekinów? Czy Autor uważa, że zbudowane manekiny można wykorzystać w badaniach zderzeń bocznych i tylnych? Jeśli tak, to proszę to uzasadnić.

8. Autor w końcowej części pracy przedstawił wartości wskaźnika HIC wyznaczone dla zbudowanych manekinów fizycznych i ich modeli obliczeniowych. Proszę wyjaśnić cel obliczenia wartości wskaźnika HIC w rozprawie.

Ocena edycji rozprawy

Układ pracy jest logiczny, język rozprawy poprawny a ilustracje wykonane są starannie i przejrzysto. Tym niemniej, Autor nie ustrzegł się pewnych błędów i niejasności.

- 1) s. 36, rys. 14 i str. 37 rys. 15 – na wykresach zostały podane wartości współczynników korelacji Pearsona. Nie jest jasne co opisują, gdyż na wykresach nie pokazano linii trendu;
- 2) s. 49 rys. 26 – na rysunku nieprawidłowo przedstawiono schemat przeprowadzenia testu zderzenia czołowego samochodu z podatną przeszkodą wg zaleceń New Car Assessment Programme (NCAP); NCAP zaleca test zderzenia czołowego w innych warunkach; w pozycji [226] opis tego testu jest inny niż w pracy doktorskiej;
- 3) s. 54 – wykorzystano skróty U-NCAP i C-NCAP bez wyjaśnienia co oznaczają;
- 4) s. 61 „Oprogramowania takie jak: ANSYS LS-DYNA, PAM-CRASH, MADYMO, DYTRAN oraz ADAMS posiadają wbudowane biblioteki baz danych, które posiadają dane o wielkościach geometrycznych i fizycznych różnych typów manekinów” – nie jest jasne czy Doktorant wykorzystał bazę danych programu ADAMS do ustalenia wartości parametrów własnego modelu manekina wzorowanego na manekinie Hybrid III;
- 5) s. 71 „głowa i szyja składają się z odrębnych brył” – nie jest jasne jak połączona jest głowa z szyją i szyja z górną częścią tułowia w budowanym przez Doktoranta modelu manekina; jakie ruchy względem siebie mogą wykonywać w/w elementy manekina;
- 6) s. 73 „Manekin został umieszczony na fotelu samochodowym składającym się z jednego bloku o odpowiednio dobranej sztywności i charakterystyce tłumienia”. Proszę wyjaśnić jak dobierano sztywność i charakterystykę tłumienia fotela, na którym usadowiony był model manekin;
- 7) s. 75, tabela 9 – współczynniki B_i są wielkościami mianowanymi, należało więc podać ich jednostki miary; nie jest jasne dlaczego wszystkie miary wielkości we wzorze (1) nie są wyrażone w układzie miar SI;
- 8) s. 92 „Badania (przeprowadzone na ochotnikach na Politechnice Świętokrzyskiej MG) nie zagrażały życiu i zdrowiu osób badanych”. Proszę uzasadnić to twierdzenie;
- 9) s. 96 Tabela 11 – w kolumnach tabeli odpowiadających 5-centylowej kobiecie i 5-centylowemu mężczyźnie powinno wartości poszczególnych wielkości poprzedzać wyrażenie „do” zamiast wyrażenia „od”;
- 10) s. 102 – maksymalne wartości przemieszczenia głowy manekinów w kierunku osi X w drugiej fazie zderzenia w opisie powinny być poprzedzone znakiem „minus” zgodnie z przebiegami przedstawionymi na rys.77-82;
- 11) s. 105 – maksymalne wartości przemieszczenia głowy manekinów w kierunku osi Z w opisie powinny być poprzedzone znakiem „minus” zgodnie z przebiegami przedstawionymi na rys.83-88;
- 12) s. 115 „Następnie w wyniku zachowania zgodności ruchu manekinów symulacyjnych z eksperymentalnym testem zderzeniowym ochotników,

dobrane parametry sztywności i tłumienia w manekinach symulacyjnych (chyba w przegubach manekinów? MG) zostały poddane korekcie (chyba korekcie? MG)". Proszę wyjaśnić w jaki sposób przeprowadzono korektę sztywności i tłumienia, jakie były wyniki tej korekty?

- 13) s. 129 „Przegub barkowy manekina fizycznego posiada dwa stopnie swobody. Umożliwi ruch kończy górnej w kierunku osi X (wzdłużnym) oraz w kierunku osi Z (pionowym)". Proszę o ponowną analizę możliwych ruchów w przegubie barkowym manekina;
- 14) s. 132 „Przegub szyi manekina fizycznego posiada dwa stopnie swobody. Umożliwia ruch kończy górnej (???MG) w kierunku osi X (wzdłużnym) oraz w kierunku osi Y (poprzecznym)". Proszę o ponowną analizę możliwych ruchów w przegubach łączących szyję z górną częścią tułowia oraz szyję z głową manekina fizycznego;
- 15) s. 152-154 - jeżeli nie obrócono układu współrzędnych XYZ związanego sztywno z siedziskiem fotela o 180° wokół osi Z w stosunku do układu współrzędnych stosowanego w poprzednich testach to wartości opisujące oś X na rys. 136 i 138 mają nieprawidłowe znaki;
- 16) s. 152-154, rys. 137 i 139 – proszę wyjaśnić dlaczego głowa manekina unosi się w górę (w stosunku do położenia początkowego) w drugiej fazie zderzenia;
- 17) s. 155-156 – w pracy brakuje wyjaśnienia, w którą stronę obrócono fotel przy zderzeniu bocznym o 90° czy o -90° ; dopiero po tym wyjaśnieniu można będzie się odnieść do wykresów przedstawionych na rys. 142.

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Damiana FREJA pt. „Badania symulacyjne i eksperymentalne manekinów antropometrycznych z uwzględnieniem działania pasów bezpieczeństwa dla różnych typów zderzeń” spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez ustawę „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z dnia 14 marca 2003 roku) i wnioskuję o dopuszczenie do jej publicznej obrony.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę uytylitarne walory recenzowanej rozprawy, olbrzymi wkład pracy oraz imponujący, znacznie ponadprzeciętny dorobek naukowo-badawczy Doktoranta (6 publikacji w dobrych i bardzo dobrych czasopismach z listy JCR, 15 publikacji w bazie Scopus, kilkanaście innych publikacji, 1 patent i 1 zgłoszenie patentowe) wstępnie wnioskuję do Komisji Doktorskiej o wyróżnienie pracy. Ostateczną decyzję o wnioskowaniu o wyróżnienie pracy podejmę po uzyskaniu odpowiedzi na postawione w recenzji pytania.

Nimród Gidkowsky