

Opole, dnia 20.10.2022 r.

Dr hab. inż. Jolanta Królczyk, profesor uczelni
Katedra Technologii Maszyn i Materiałoznawstwa
Wydział Mechaniczny
Politechnika Opolska
ul. Prószkowska 76, 45-758 Opole

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Piotra Rafała Kosińskiego**
pt.: „**Modelowanie 3D laminowanej szyby samochodowej uwzględniające wpływ temperatury**”.
Promotor pracy doktorskiej: **dr hab. inż. Piotr Zach, prof. uczelni (Politechnika Warszawska)**
Promotor pomocniczy: **dr inż. Jarosław Mańkowski (Politechnika Warszawska)**

1

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Pana prof. dr hab. inż. Piotra Przybyłowicza, dziekana Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej z dnia 03.10.2022 r.

2. Podstawowe dane kandydata

Pan mgr inż. Piotr Kosiński uzyskał tytuł magistra z wynikiem bardzo dobrym w dniu 13 września 2012 r. na Politechnice Warszawskiej na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn o specjalności wspomaganie komputerowe prac inżynierskich. W latach 2012-2022 Doktorant związany był zawodowo z Wydziałem Samochodów i Maszyn Roboczych, gdzie przez kilka lat prowadził zajęcia ze studentami z przedmiotu metod elementów skończonych. Doktorant ma bogate doświadczenie zawodowe w przemyśle w kraju oraz w ostatnich latach za granicą w Wielkiej Brytanii, m.in. na stanowiskach związanych z komputerowym wspomaganie projektowania i analizą elementów skończonych, tj. Senior Engineer CAE (computer-aided engineering) (miejsce pracy - Tecosim, Hethel, United Kingdom), CAE Analyst (miejsce pracy - Lotus Cars, Hethel, United Kingdom), FEA Engineer (Finite Element Analysis) (miejsce pracy - Jaguar Land Rover, Gaydon, United Kingdom), Design engineer (miejsce pracy - Faurecia R&D Center, Grójec, Poland).

Warto podkreślić, iż Pan mgr inż. Piotr Kosiński jest współautorem siedmiu publikacji naukowych, gdzie w większości jest pierwszym autorem. Publikacje te są ściśle związane z tematyką rozprawy doktorskiej. Poniżej lista wybranych publikacji:

– Kosiński P.; Zach P.: Verification of Fatigue Damage and Prognosis Related to Degradation of Polymer-Ceramic. *Materials* 2021, 14, 5147. <https://doi.org/10.3390/ma14185147>.

– Kosiński P.; Zach P.: Analysis of the phenomena occurring during the destruction of the layered polymer-ceramic structure, monograph edited by M. Kurek, A. Kurek, T. Łagoda, *Fatigue processes and failure mechanics*, Publishing House of the Opole University of Technology, Opole 2020.

– Kosiński P., Zach P.: Experimental Research on Automotive Laminated Glass Machine Dynamics Research vol. 41, No. 4, 2017, p. 97-100.

– Kosiński P., Osiński J.: Laminated windshield breakage modelling in the context of headform impact homologation tests, *Int. J. of Applied Mechanics and Engineering*, 2015, vol.20, No.1, 87-96.

– Kosiński P., Osiński J.: Finite element modeling of headform impactor crash with laminated windshield, *Journal of Applied Nonlinear Dynamics*, vol. 3, Issue 4, December 2014, 403-412.

3. Znaczenie podjętej tematyki badawczej

Dostarczona do recenzji praca doktorska pt. „Modelowanie 3D laminowanej szyby samochodowej uwzględniające wpływ temperatury”, której autorem jest Pan mgr inż. Piotr Kosiński poświęcona została ważnym zagadnieniom, nie tylko z punktu widzenia dziedziny nauk technicznych w zakresie zwiększenia stanu wiedzy, ale również z punktu widzenia społecznego: poprawy bezpieczeństwa ludzi na drodze. Z aspektami poprawy bezpieczeństwa pieszych na drodze wiążą się nie tylko aspekty techniczne, które mają na przykład poprawiać widoczność uczestników ruchu na drodze, ale również aspekty życia ludzkiego, które może i da się wycenić w wartości pieniężnej na potrzeby różnych analiz, lecz w przypadku bezpośrednich ofiar wypadków i ich rodzin wartość życia i zdrowia ludzkiego nie jest przedmiotem żadnej kalkulacji finansowej i jest po prostu bezcenna.

Rozprawa doktorska poświęcona została analizie zagadnień zachodzących podczas wypadków drogowych z udziałem niechronionych użytkowników dróg (w skrócie NUD), czyli przede wszystkim pieszych, ale również rowerzystów, motocyklistów czy popularnych w ostatnim czasie użytkowników hulajnóg elektrycznych. Autor rozprawy skoncentrował swoje badania na ocenie zagadnień bezpieczeństwa niechronionych użytkowników dróg podczas wypadków w postaci obrażeń głowy podczas zderzenia z przednią szybą samochodową. Zaproponowano nowe podejście do oceny bezpieczeństwa pieszych poprzez wykorzystanie metodyki analizy numerycznej MES z jednoczesnym uwzględnieniem wpływu temperatury otoczenia, w której dochodzi do wypadków. Obiektem badań była laminowana szyba samochodowa. Przedstawione wyniki badań wnoszą istotny wkład w poszerzenie wiedzy naukowej oraz mają praktyczny i wdrożeniowy charakter związany z oceną bezpieczeństwa NUD w trakcie wypadku. Przedstawiona w rozprawie doktorskiej problematyka jest trudna i złożona, a potrzeba wyjaśnienia szeregu aspektów, czynników i zależności wymagała od Doktoranta wykonania autorskiego stanowiska badawczego oraz opracowania unikalnego algorytmu badań własnych.

4. Ogólna charakterystyka pracy

Rozprawa obejmuje 171 stron i podzielono ją na 10 rozdziałów, w tym: problematyka i przedstawienie tezy rozprawy doktorskiej, wstęp, kolejno przedstawiono rozdziały dotyczące szyb laminowanych, badań materiałowych żywicy PVB w różnych temperaturach, modelowania szyby laminowanej, symulacji uderzenia impaktora głowy NUD w szybę laminowaną, termo-mechanicznego obciążenia szyby laminowanej względem kryterium HIC, a następnie przedstawiono podsumowanie i bibliografię. W pracy umieszczono 64 pozycje literaturowe, które są umiejętnie dobrane. Przywołana bibliografia odnosi się do właściwej i adekwatnej literatury przedmiotu badań. Na podstawie dostępnej literatury Doktorant przedstawił teorię oraz istniejący stan wiedzy i zakres badań do tej pory wykonanych przez innych badaczy. Rozprawa obejmuje ponadto 6 tabel oraz 152 rysunki. Układ pracy jest właściwy, a wszystkie rozdziały wraz z podrozdziałami tworzą razem logiczną całość. Należy zauważyć staranność opracowania rozprawy, nie tylko pod względem układu, ale również pod względem graficznym. Wykresy oraz tabele są precyzyjnie opisane, a w tekście znajduje się odwołanie do niemal każdego rysunku, tabeli czy wykresu. Autor posługuje się poprawnym językiem. Rysunki wykonane są starannie oraz wplecione są umiejętnie w całość. Recenzowana dysertacja mieści się w nurcie współczesnych kierunków badań budowy i eksploatacji maszyn oraz inżynierii mechanicznej. Zastosowane w pracy metody badawcze wraz ze statystycznym opracowaniem wyników pozwoliły na zgłębienie podejmowanej tematyki. Badania przedstawione w pracy są nowatorskie i niezwykle ciekawe. Z pewnością jest to kierunek warty dalszej szczegółowej analizy z uwzględnieniem innych rodzajów szyb bądź samych badań dotyczących zmian sztywności żywic PVB względem temperatury. W tym aspekcie należy podkreślić i docenić kierunek podejmowanych badań przez pracowników Politechniki Warszawskiej, szczególnie w obszarze inżynierii materiałowej.

Oceniana praca zawiera podstawowe elementy pracy doktorskiej, ma charakter naukowo-badawczy, a także potencjał aplikacyjny. Treść rozprawy doktorskiej jest zgodna z tytułem, proporcje oraz przyjęte

rozdziały nie budzą zastrzeżeń. Cel rozprawy został spełniony, a wnioski znajdują potwierdzenie w opracowaniu wyników badań.

5. Merytoryczna ocena pracy.

Doktorant rozpoczął swoją rozprawę od rozdziału nazwanego „Problematyka i teza rozprawy doktorskiej”, w którym przedstawia pokrótce tematykę pracy. Wyjaśnione jest pojęcie „niechronionych użytkowników dróg”, przedstawiony jest obiekt badawczy, czyli szyba laminowana zbudowana z dwóch warstw szkła typu float oraz wewnętrznej warstwy z poliwinylbutyralu (PVB). Doktorant zauważa, że w literaturze przedmiotu badań stosowane były modele powłokowe lub powłokowo-bryłowe, a prace badawcze dotyczyły ograniczonego zakresu temperatury od -5°C do $+20^{\circ}\text{C}$. Na tym tle przedstawiono cel rozprawy doktorskiej, jakim jest opracowanie modelu trójwymiarowego szyby laminowanej uwzględniającego wpływ czynnika zewnętrznego w postaci temperatury. Sformułowano tezę pracy, iż bezpieczeństwo głowy pieszego w trakcie uderzenia w szybę laminowaną jest nieliniowo zależne i zmniejsza się wraz z obniżaniem temperatury. Doktorant podjął się udzielenia odpowiedzi na pytanie: W jakiej temperaturze istnieje ryzyko doznania największych obrażeń głowy NUD? Wykonane przez Doktoranta analizy uwiaryściły problem zmiany bezpieczeństwa NUD w zależności od warunków klimatycznych oraz na tej podstawie wytyczono nowy kierunek w projektowaniu pojazdów, które będą bezpieczniejsze w każdych warunkach otoczenia. Pan mgr inż. Piotr Kosiński w celu odpowiedzi na postawione w pracy tezy i pytania opracował szereg zadań szczegółowych, które opisuje i wyjaśnia w kolejnych rozdziałach pracy. Autor na potrzeby przeprowadzenia badań opracował dedykowane stanowisko badawcze.

Rozdział drugi przedstawia informacje wprowadzające czytelnika w temat pracy i wyjaśnia przyjęte w pracy skróty, opisuje historię regulacji dotyczących zdarzeń z pieszymi, przepisy homologacyjne i konsumenckie związane z bezpieczeństwem pieszych oraz prezentuje statystyki wypadków z udziałem NUD.

Trzeci rozdział opisuje tematykę szyb laminowanych. Doktorant podzielił tę sekcję pracy na następujące obszary: podpunkt 3.1 przedstawia: właściwości szkła oraz technologię jego produkcji i wyznaczanie współczynnika koncentracji naprężeń K_i ; podpunkt 3.2 opisuje strukturę, własności i rodzaje szyby laminowanej; podpunkt 3.3 skupia się na szczegółowej charakterystyce PVB; podpunkt 3.4 przedstawia samochodowe szyby laminowane i ich budowę.

Czwarty rozdział rozpoczyna prezentację wyników analiz i badań własnych. Rozdział ten dotyczy badań materiałowych żywicy PVB w temperaturze standardowej, tj. $+20^{\circ}\text{C}$. Autor przedstawia stanowisko badawcze do prób rozciągania PVB. Obiektem badań była próbka folii poliwinylbutyralu firmy Kuraray dedykowanej do wytwarzania bezpiecznych szyb samochodowych, przygotowana zgodnie z normą PN-EN ISO 527:1988 pt. Tworzywa sztuczne - Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu - Warunki badań folii i płyt. Grubość próbki była równa 0,76 mm tak, jak większość laminowanych szyb samochodowych posiadających wewnętrzną warstwę z PVB. Autor rozprawy zaprojektował i wykonał dedykowany układ badawczy, składający się z uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej (LaborTech) wyposażonej w czujniki oraz cyfrowy system pomiarowy. W rozdziale tym zaprezentowane są otrzymane wyniki badań w postaci charakterystyki naprężenia względem odkształcenia PVB dla różnych prędkości odkształcenia. W dalszej części pracy przedstawiono modele materiałów hiperelastycznych, model wielomianowy, model Ogdena, model Marlowa, a następnie przeprowadzono ewaluację próby rozciągania PVB oraz przeprowadzono walidację modelu materiału PVB dla temp. 20°C w MES. Autor ostateczne dopasowanie uzyskał dla modelu Ogdena 2-rzędu przy wykorzystaniu elementów sześciennych o ośmiu punktach całkowania i wielkości krawędzi ok. 0,25 mm.

Piąty rozdział dotyczy badań materiałowych w różnych temperaturach. Na wstępie przedstawiono stanowisko do badań PVB, które przeprowadzono w komorze klimatycznej ESPEC SH-242 o zakresie

temperatur pracy wewnątrz od -40°C do $+150^{\circ}\text{C}$. Przygotowano uchwyty i mocowania próbki dopasowane do komory, które pozwalały również na przeprowadzenie próby bez jej wyciągania z uchwytów. Opracowano warunki do posadowienia komory i montażu na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej LaborTech. Do realizacji pomiarów bezstykowych użyto aparatu cyfrowego Nikon AW130, umożliwiającego wykonywanie zdjęć w temperaturze do -30°C oraz posiadającego bezprzewodową łączność i sterowanie. Kolejne podrozdziały przedstawiają wyniki prób rozciągania PVB w różnych temperaturach: $+20^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$, 0°C , -10°C , -20°C i -30°C . Próby wykonano dla trzech prędkości odkształcenia (0,013 1/s, 0,0325 1/s, 0,065 1/s). Uzyskane wyniki badań są interesujące. Stwierdzono, iż zachowanie krzywych w związku ze zmianą prędkości odkształcenia przy tej samej temperaturze jest odmienne dla różnych temperatur badania. Stwierdzono, iż opis krzywej rozciągania PVB zmienia się z drugiego na trzeci rząd wraz ze zmianą temperatury w przedziale $+20^{\circ}\text{C}$ i $+10^{\circ}\text{C}$, naprężenia rozciągające PVB zwiększają się czterdziestokrotnie między -30°C , a $+20^{\circ}\text{C}$. Wraz z obniżaniem temperatury rośnie wpływ zakresu linowego, względem zakresu nieliniowego oraz maleją odkształcenia. W pracy graficznie przedstawiono zależność pierwszego maksimum w funkcji temperatury dla różnych prędkości odkształcenia. W kolejnych podrozdziałach pracy doktorskiej przedstawiono ewaluację prób rozciągania PVB za pomocą MES, a następnie przeprowadzono walidację modelu materiałowego. Użycie modelu Marlow pozwoliło na uzyskanie zgodności opisu zbieżności w całym zakresie odkształcania żywicy PVB. Model ten umożliwił opisanie procesu rozciągania materiału PVB w całym analizowanym zakresie temperatur, pomimo silnie nieliniowego zachowania się żywicy PVB. Uzyskano zbieżność modelu numerycznego na poziomie 99%. Udowodniono, że zmiana temperatury determinuje zachowanie się materiału PVB.

Rozdział szósty dotyczy zagadnień modelowania szyby laminowanej. Analizowano 4 modele materiału: elastyczny, sprężysto-plastyczny, hiperelastyczny oraz low density foam. Modele poddano ocenie ze względu na wytypowanie odpowiedniego modelu odwzorowującego proces pęknięcia szkła. W kolejnych podrozdziałach przedstawiono model impaktora głowy, przygotowano model uderzenia impaktora głowy w szybę przednią, przedstawiono propagację pęknięcia w zależności od rodzaju połączenia warstw struktury laminowanej szyby samochodowej, dokonano oceny zniszczenia z uwzględnieniem różnych modeli materiału PVB oraz obliczenia wskaźnika bezpieczeństwa pieszego w trakcie testu homologacyjnego uderzenia impaktora głowy w szybę przednią samochodu. Uzyskane wyniki potwierdzają, że mniejsze bezpieczeństwo pieszego występuje przy jej krawędziach. Najmniejszą wartość $\text{HIC} = 602,8$ uzyskano dla uderzenia w punkt centralny, w którym bezpieczeństwo pieszego podczas uderzenia głową jest najwyższe. Wykazano, że analizowana szyba laminowana nie spełnia warunków oznaczonych jako bezpieczne dla NUD. Wykazano konieczność przeprowadzenia rozszerzonej analizy obecnie projektowanych szyb samochodowych w kontakcie następstw zderzenia NUD – uderzenia głowy pieszego w szybę laminowaną. W kolejnym podrozdziale dokonano analizy wpływu siatki elementów skończonych na proces pęknięcia szyby laminowanej. Przeanalizowano wpływ wielkości siatki na proces pęknięcia warstwy szkła. Doktorant wykazał, iż gęstość linii pęknięcia była tym większa im mniejsza była wielkość siatki, mniejsza wielkość elementów skończonych przełożyła się na zmniejszenie wpływu zastosowanej siatki na proces pęknięcia. Wykazano, że odwzorowanie procesu pęknięcia szkła zależy od gęstości siatki elementów skończonych. Ciekawych wniosków dostarczyła analiza wyników testu uderzenia impaktora głowy z uwzględnieniem różnych temperatur procesu. Stwierdzono, że szyba w temperaturze $+20^{\circ}\text{C}$ charakteryzowała się mniejszą sztywnością PVB i była bardziej podatna na zniszczenie niż w temperaturze -5°C . W temperaturze $+20^{\circ}\text{C}$ obszar pęknięcia był znacznie większy niż dla -5°C . Udowodniono, że zmiany parametrów wytrzymałościowych PVB w zależności od temperatury powodują zmniejszenie bezpieczeństwa pieszego wraz ze spadkiem temperatury.

Kolejny rozdział przedstawia modelowanie samochodowej szyby laminowanej z uwzględnieniem zniszczenia. Opracowany model symulacyjny szyby laminowanej zbudowano w oparciu o modele:

geometryczny i materiałowy struktury szkła i żywicy PVB. W przypadku symulacji numerycznej uderzenia w warstwę PVB stwierdzono, że im mniejsza wielkość elementów skończonych, tym dokładniejsze odzwierciedlenie miejsca zniszczenia materiału. W rozdziale przedstawiono graficznie wyniki symulacji uderzenia impaktora w warstwę szkła. Następnie Autor przedstawił wyniki symulacji uderzenia w szybę laminowaną. Na podstawie symulacji wyciągnięto następujące wnioski dla modelu szyby laminowanej: szkło-PVB-szkło z użyciem modelu materiałowego Johnson-Holmquista do opisu warstwy szkła, zbudowany z elementów czworościennych charakteryzuje się uzyskaniem odpowiedzi numerycznej zbliżonej z rzeczywistym zachowaniem się obiektu w trakcie uderzenia głowy pieszego; zastosowanie modelu hiperelastycznego (Ogdena 2-rzędu) do opisu materiału PVB pozwoliło na uzyskanie zniszczenia szkła, z zachowaniem ciągłości warstwy polimeru, jak miało to miejsce w testach doświadczalnych.

W kolejnym ósmym rozdziale pracy doktorskiej przedstawiono wyniki symulacji uderzenia impaktora głowy w szybę laminowaną dla różnych temperatur z przedziału -30°C do $+20^{\circ}\text{C}$. Doktorant wykazał, iż podatność szyby na deformację (przemieszczenie) zmienia się wraz ze zmianą temperatury. Zaobserwowano wzrost sztywności szyby laminowanej wraz z obniżeniem temperatury. Udowodniono, iż największe obrażenia głowy pieszego wystąpią po uderzeniu w szybę laminowaną o temperaturze -20°C . Porównując wartości HIC dla temperatury $+20^{\circ}\text{C}$, tj. temperatury, w której wykonywane są testy pojazdów związane z bezpieczeństwem pieszych i pozostałych temperatur, stwierdzono dwukrotne zwiększenie wartości HIC wraz z obniżeniem temperatury.

W rozdziale dziewiątym zaprezentowano zagadnienia termo-mechaniczne obciążenia szyby laminowanej względem kryterium HIC. Przedstawiono następstwa nadmuchu ciepłego powietrza na przednią szybę pojazdu w ujemnej temperaturze i dokonano analizy kolizji z NUD w sytuacji nadmuchu na szybę i braku ogrzewania. Przedstawiono graficznie wyniki zmiany HIC dla szyby nieogrzewanej i szyby ogrzewanej oraz przedstawiono charakter zniszczeń powstałych na szybie.

Ostatni rozdział zawiera podsumowanie otrzymanych wyników. Wnioski korespondują z założonymi celami pracy i wynikają z przeprowadzonych badań i analizy wyników. Rozprawa doktorska podchodzi kompleksowo dla analizy wpływu temperatury otoczenia na bezpieczeństwo NUD za pomocą modelowania MES, które do tej pory nie zostało przedstawione w tak szerokiej i wnikliwej analizie z uwzględnieniem zmiennej temperatury. Doktorant precyzuje w podsumowaniu szereg praktycznych wskazówek służących do modelowania 3D laminowanej szyby samochodowej, które mogą stać się podstawą do wsparcia oceny bezpieczeństwa NUD podczas testów służących do oceny bezpieczeństwa pieszych. Autor podkreślił w podsumowaniu wniosek główny z pracy: bezpieczeństwo głowy pieszego w trakcie uderzenia w szybę laminowaną jest nieliniowo zależne i zmniejsza się wraz z obniżaniem temperatury. Wskazał jednocześnie, iż przedstawione w rozprawie wyniki powinny być przyczynkiem do zwrócenia uwagi na konieczność zmian przepisów związanych z bezpieczeństwem NUD. Negatywny wpływ temperatury poniżej $+20^{\circ}\text{C}$ powinien być uwzględniony w przepisach homologacyjnych i konsumenckich. Dodatkowo Autor wskazuje, iż podobnie jak szyba laminowana, w konstrukcji samochodu występuje wiele materiałów polimerowych, których sztywność jest zależna od temperatury, zatem należałoby dokonać ich analizy w zmiennych warunkach otoczenia, takich jak różnicowana temperatura.

6. Uwagi szczegółowe

Uwagi krytyczne, głównie o charakterze dyskusyjnym, które nasuwają się podczas czytania pracy, przedstawione zostały poniżej. Są to jednak uwagi, po uwzględnieniu których praca nabrałaby większej czytelności i przejrzystości. Uwagi te nie wymagają ponownego złożenia rozprawy doktorskiej. Dodatkowo przekazałam Doktorantowi uwagi natury edycyjnej czy zauważone drobne literówki w formie elektronicznej do wersji pdf rozprawy doktorskiej umieszczone w formie komentarzy. Sformułowane w niniejszej recenzji uwagi nie umniejszają wartości pracy. Być może warto niektóre

kwestie wyjaśnić, dlatego poniżej sformułowałam kilka pytań do dyskusji. Wybrane uwagi szczegółowe wyszczególniono poniżej:

- Temat pracy brzmi: „*Modelowanie 3D laminowanej szyby samochodowej uwzględniające wpływ temperatury*”. Temat odzwierciedla zakres badań przedstawiony w pracy, lecz moim zdaniem w tytule warto byłoby dodać aspekt „człowieka”, czyli NUD i jego bezpieczeństwa. Aspekt ten pozwoliłby na lepsze odzwierciedlenie zagadnień ujętych w pracy, ułatwienie dotarcia do czytelnika, czyli potencjalnego zainteresowanego tematem NUD i bezpieczeństwa na drogach. Doktorant zapewne planuje publikację wyników badań, zatem artykuły naukowe powinny w tytule wskazywać na aspekty bezpieczeństwa NUD, aby nie tylko wpłynąć na cytowania publikacji, ale przede wszystkim wpłynąć na rozpowszechnienie wyników badań naukowych w świecie nauki. Ponadto wynikami badań być może będą zainteresowane firmy, które tworzą oprogramowanie do rekonstrukcji wypadków drogowych, do celów rekonstrukcji oraz symulowania zderzeń pojazdów z pieszymi, np. program CYBID V-SIM. Program ten służy do wykonywania symulacji ruchu oraz zderzeń pojazdów samochodowych w założonym niejednorodnym środowisku z uwzględnieniem zasad dynamiki oraz symulacji na drodze kinematycznej ruchu pieszych, rowerzystów i motocyklistów. Myślę, że wyniki symulacji oraz algorytm badań byłby interesujący na autorów tego, bądź innych podobnych programów.
- Str. 11 (w wersji PDF rozprawy doktorskiej, którą otrzymałam do recenzji, natomiast str. 13 w książce) W rozprawie Autor sformułował tezę pracy: „*bezpieczeństwo głowy pieszego w trakcie uderzenia w szybę laminowaną jest nieliniowo zależne i zmniejsza się wraz z obniżaniem temperatury*”. Myślę, że przedstawiona teza powinna nazywać się raczej hipotezą, gdyż tezy są w matematyce i logice, wymagają dowodu, natomiast w badaniach empirycznych, które przedstawiono Autor zawarł pewne przypuszczenie, a następnie hipotezę przyjął. Inaczej mówiąc potwierdził swoje przypuszczenie. Dla tezy należy przeprowadzić dowód, a „*hipotezę po ich zweryfikowaniu i uznaniu za zdania wiedzy naukowej, są istotnymi składnikami struktury nauki*” [Metodologia nauk empirycznych. 12 wykładów. Stanisław Pabis, 2007]. Przesyłam Doktorantowi wykład piąty do przestudiowania, gdyż nie jestem w stanie tak dobrze wytłumaczyć różnicy pomiędzy tezą a hipotezą, jak zrobiłby to prof. Pabis.
- Interesującym byłoby poszerzenie badań o kolejną wartość temperatury +30°C. Na świecie w różnych obszarach panują również temperatury takie temp. jak +30°C. Czy Autor nie planował przeprowadzenia badań również dla tej temperatury?
- Str. 10, wiersz 8 od góry (str. 12, wiersz 10) – „*Interesujące badania z zakresu modelowania szyby laminowanej podczas uderzenia głowy pieszego przeprowadził Gevers [6]. Poprawił korelację między modelami testowymi i symulacyjnymi*”. Czy to omyłka - Czy Gevers „poprawił” korelację, czy raczej chodzi o słowo „przedstawił”?
- Kilka rysunków w tekście nie ma wskazanego źródła, np. rys. 6, 7, 8, 10, 14, 18, 19, 20.
- Str. 25 (str. 27) Autor powołuje się na wartości HIC₁₅, lecz nie wyjaśnia czego dotyczy ten indeks.
- Str. 26 (str. 28) Rys. 9 można było przedstawić w zdecydowanie bardziej estetycznej formie, choć co do przekazu i wartości prezentowany wykres jest czytelny.
- Str. 27 (str. 29) Zdanie „*Porównując procentowo w skali roku liczbę wypadków w grudniu czy styczniu do liczby zabitych stwierdzono, iż liczba zabitych jest większa niż liczba wypadków*” nie brzmi dobrze i budzi zastrzeżenia, choć w zestawieniu z analizą wartości z tabeli rys. 10 wynika, iż jest prawidłowe.
- Rys. 10 (str. 27/str. 29) powinien być oznaczony jako tabela.
- Str. 29 (str. 31) – oś „Y” można było przesunąć w lewo do wartości „-5”, aby wykres był bardziej czytelny i spójny z pozostałymi wykresami.
- Str. 36 (str. 38) – brak wskazania źródła dla informacji zawartych w tab. 1.

- Str. 39 (str. 41) – nie wyjaśniono oznaczeń we wzorze (4).
- W pracy niespójnie nazywany jest PVB, raz „poliwinylbutyral”, raz „Poliwinyl Butyral”.
- Str. 51 (str. 53) – oznaczenie grubości warstwy szkła jest trochę mylące, dopiero w tekście jest wyjaśnienie, iż jest to zakres grubości warstwy.
- W kilku miejscach pracy, gdy Autor podaje wartość liczbową stosowana jest kropka, zamiast przecinka. Zgodnie z polskimi zwyczajami typograficznymi część dziesiętną oddziela się przecinkiem, a nie kropką, np. str. 51 (str. 53) , „grubość od 1.6 do 2.1 mm”, powinno być „grubość od 1,6 do 2,1 mm”.
- W wielu miejscach pracy Autor nie stosuje spacji pomiędzy wartością liczbową a jednostką miary, np. str. 53 (str. 55) „ $L_3 = 175\text{mm}$ ”, powinno być „ $L_3 = 175\text{ mm}$ ”; str. 64 (str. 66) „od 0 do 200N”, powinno być „od 0 do 200 N”. Między wartością liczbową a literowym oznaczeniem miary, czyli skrótem lub skrótowcem, stawiamy spację, natomiast między wartością liczbową a oznaczeniem miary za pomocą symbolu albo połączenia skrótu/skrótowca i symbolu spacji nie stawiamy.
- W kilku miejscach pracy brak jest odniesienia w tekście do zaprezentowanych rysunków, np. str. 60 (str. 61) – brak odniesienia do rys. 32-33; rys. 41, rys. 47.
- Str. 62 (str. 63) Czy podpis pod rys. 36 jest prawidłowy? Czy powinno być „XZ”?
- Str. 66 (str. 67) – rys. 40 Obraz jest rozciągnięty, przez co jest nieczytelny.
- Str. 67 (str. 68) Nie wyjaśniono, dlaczego dla temp. -30°C analizowano tylko jedną prędkość odkształcenia równą 0,013 1/s.
- Str. 68 (str. 69) Czy na rys. 43 jest błąd w legendzie? Dwa razy mamy wartość 0,0325 1/s, zamiast 0,0325 i 0,013 1/s. Podobnie na rys. 46 powtórzono w legendzie wartość 0,065 1/s.
- Na rys. 49 brak jest temp. -30°C , na rys. 50-51 brak jest temp. $+20^\circ\text{C}$. Czy Autor może to wyjaśnić?
- Str. 93 (str. 95) Myślę, że ciekawym wykresem byłoby zaprezentowanie łącznie na jednym wykresie porównania krzywej z testu bądź symulacji MES dla różnych temperatur (rys. 67, 69, 73, 75, 77).
- Str. 105 (str. 107) rys. 91 Jak można wyjaśnić znaczna powierzchnią pokrytą czarnym kolorem na rys. 91?
- Str. 152 (str. 154) tab. 5 Nieprawidłowo wykazano wartość dla $+10^\circ\text{C}$, jest 497,7, natomiast z rys. 147 wynika, iż wartość ta wynosi powyżej 500. Brak jest linii zielonej (0°C) na rys. 147, dlatego nie można zweryfikować poprawności wskazania tej temperatury w tab. 5.
- Str. 154 (str. 156) Omyłkowo wskazano skrót „NUR” zamiast „NUD”.

Praca przygotowana jest starannie od strony graficznej i zapewne Autor poświęcił dużo swojej pracy na dopracowanie graficzne rozprawy, jak również na wyjaśnienia i opisy, które wprowadzają czytelnika w skomplikowaną tematykę.

7. Ocena formalna pracy

Praca stanowi oryginalne i samodzielne dzieło twórcze. Treść pracy jest zgodna z tematem podanym w tytule i z zadeklarowanym celem pracy. Praca została napisana starannie, zrozumiałym językiem i zgodnie ze schematem przyjętym dla prac doktorskich. Z rozprawy wynika, iż mgr inż. Piotr Rafał Kosiński pogłębił swoją wiedzę oraz umiejętności badawcze i poznał literaturę przedmiotu, do którego należy temat pracy. Doktorant przyczynił się do rozwoju wiedzy naukowej.

Przedstawioną do oceny rozprawę oceniam pozytywnie jako pracę wartościową. Podsumowując stwierdzam, iż rozprawa spełnia wymóg oryginalnego rozwiązania przez Autora zagadnienia naukowego, spełnia wymóg wykazania Jego ogólnej wiedzy teoretycznej w uprawianej dyscyplinie oraz wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Autora pracy naukowej.

8. Wniosek końcowy

Ocena stanowiąca podstawę sformułowania merytorycznej oceny pracy jest pozytywna. Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Piotra Rafała Kosińskiego stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego. Rozprawa potwierdza umiejętność prowadzenia prac badawczych przez Autora i jego wiedzę teoretyczną. Stwierdzam, iż recenzowana rozprawa spełnia wymogi Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn (wszczęcie przewodu w dniu 15.06.2016 r.). Przedkładam więc Radzie Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna wniosek o dopuszczenie mgr inż. Piotra Rafała Kosińskiego do publicznej obrony recenzowanej przeze mnie pracy pt. „Modelowanie 3D laminowanej szyby samochodowej uwzględniające wpływ temperatury”.

Jolanta Aniołczyk