

Warszawa, 01.09.2021 r.

dr hab. inż. Piotr Żach, prof. uczelni
Instytut Podstaw Budowy Maszyn
Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych
Politechniki Warszawskiej
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa

RECENZJA
rozprawy doktorskiej

Wybrane wytyczne dotyczące projektowania osłon podwozi pojazdów szynowych
autorstwa mgr inż. Mateusza Juzunia

dyscyplina naukowa: inżynieria mechaniczna

1. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania recenzji była uchwała Rady Dyscypliny Inżyniera Mechaniczna Politechniki Śląskiej z dnia 14.07.2021 r. oraz pismo o sygnaturze RD(IMe)-99/006/2020/2021 Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżyniera Mechaniczna Politechniki Śląskiej pani prof. dr. hab. inż. Ewy Majchrzak w sprawie z dnia 14.07.2021 r. Do pisma dołączono wydrukowany egzemplarz rozprawy mgr inż. Mateusza Juzunia pt. *Wybrane wytyczne dotyczące projektowania osłon podwozi pojazdów szynowych*. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Wojciech Cholewa, a promotorem pomocniczym: dr inż. Mariusz Pawlak.

2. Ogólna charakterystyka, zakres, cel i teza rozprawy

Tematyka pracy doktorskiej Pana mgr inż. mgr inż. Mateusza Juzunia obejmuje zagadnienia projektowania i eksploatacji osłon zabezpieczających podwozia elektrycznych zespołów trakcyjnych dedykowanych do przemieszczania się z dużymi prędkościami Alstom ED250 (tzw. Pendolino), eksploatowanych na szlakach kolejowych posiadających torowiska z podsypką tłuczniową.

Autor pracy uzasadnia podjęcie tematu aktualnością problemu, którym jest uszkodzenie osłon zabezpieczających podwozia, kamieniami podrywanych z nawierzchni torowiska w następstwie podmuchu powietrza wywołanego przez poruszający się z dużą prędkością pojazd szynowy. Zwraca uwagę na fakt, że podjęte w rozprawie zagadnienia wynikają z potrzeby nowych, do tej pory nie zweryfikowanych badawczo zjawisk i oddziaływań skutkujących niekontrolowanymi następstwami w postaci uszkodzeń podwozia.

W oparciu o badania literaturowe i oględziny zdemontowanych, uszkodzonych osłon zabezpieczających Doktorant sformułował tezę rozprawy, w której stwierdza, że *zakres uszkodzeń kompozytowych osłon podwozi szybkobieżnych pojazdów szynowych, wywołanych uderzeniami kamieni podrywanych z torowiska, zależy między innymi od: anizotropii własności osłony, własności tłumiących osłony, współczynnika tarcia powierzchni zewnętrznej osłony*.

Doktorant zaplanował przeprowadzenie weryfikacji słuszności sformułowania w oparciu o realizację prac celowych (wymienione na stronie 36), a obejmujących:

1. zaprojektowanie i wykonanie dwóch stanowisk badawczych w celu przeprowadzenia badań eksperymentalnych: wyznaczenia współczynnika restytucji przygotowanych

- próbek oraz pomiaru odporności na uszkodzenia warstwowych, kompozytowych osłon szybkobieżnych pojazdów szynowych,
2. przygotowanie serii próbek kompozytowych, na których przeprowadzone zostaną testy laboratoryjne,
 3. przeprowadzenie badań eksperymentalnych, a następnie dokonanie weryfikacji powstałych na próbkach uszkodzeń oraz przeprowadzenie analizy wyników,
 4. opracowanie wniosków,
 5. opracowanie modelu numerycznego odwzorowującego rozpatrywane zjawisko uderzenia oraz dokonanie jego strojenia na podstawie wyników badań eksperymentalnych,
 6. przy wykorzystując opracowanego i dostosowanego modelu, przeprowadzenie analiz numerycznych dla zmienionych parametrów wejściowych,
 7. sformułowanie wniosków z badań i zaproponowanie wytycznych do oceny kompozytowych osłon szybkobieżnych pojazdów szynowych.

3. Zawartość merytoryczna rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska została napisana w języku polskim, łącznie na 102 stronach maszynopisu A4 drukowanych jednostronnie. Składa się z wstępu, ośmiu rozdziałów, podsumowania i wniosków. Na początku pracy zamieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim, a na końcu zestawiono spis tabel oraz rysunków. Rozprawa kończy się obszernym spisem literatury zawierającym 96 pozycji bibliograficznych.

Zasadniczą rozprawę poprzedza wstęp, w którym Autor nawiązał do problematyki eksploatacji pojazdów szynowych poruszających się po szlakach kolejowych posiadających torowiska z podsypką tłuczniovą z dużymi prędkościami i powstających w następstwie uszkodzeń. Zwrócił uwagę, że opisane zagadnienia nie zostały zidentyfikowane i opisane. Odnosząc się do problematyki braku wytycznych dla projektantów – konstruktorów zajmujących się projektowaniem zabezpieczeń szybkobieżnych pojazdów szynowych wskazał, że ograniczenia były czynnikiem do podjęcia tematu.

W rozdziale drugim przedstawiono obecnie stosowane rozwiązania do zabezpieczeń podwozi pojazdów szynowych oraz przybliżono aktualne wymagania obowiązujące w procesie ich projektowania. Omówione zostały również zjawiska prowadzące do powstawania uszkodzeń warstwowych, kompozytowych osłon zabezpieczających w trakcie eksploatacji pojazdów szynowych poruszających się z dużymi prędkościami.

Rozdział trzeci stanowi wprowadzenie do tematyki materiałów kompozytowych.

W rozdziale czwartym omówiono problematykę degradacji materiałów kompozytowych.

W piątym rozdziale dokonano uporządkowania wiedzy w obszarze zagadnień badawczych ujętych tematem rozprawy, zdefiniowano przedmiot i cel badań, sformułowano tezę pracy i zadania badawcze.

W szóstym scharakteryzowano proces powstawania uszkodzeń w osłonach zabezpieczających szybkobieżnych pojazdów szynowych. Omówiono założenia do opracowania modelu fenomenologicznego mającego umożliwić odwzorowanie zjawisk lokalnych w strukturze materiału zachodzących podczas zidentyfikowanych oddziaływań zewnętrznych.

W siódmym rozdziale opisano metody eksperymentalne i numeryczne stosowane w pracy.

W ósmym omówiono zrealizowane badania laboratoryjne i uzyskane wyniki.

W dziewiątym wykonano analizy numeryczne MES przy zastosowaniu opracowanego modelu analitycznego oraz osiągnięte rezultaty.

W dziesiątym rozdziale odniesiono się do wyników i uzyskanych efektów prac doświadczalnych i analiz numerycznych wskazując możliwe wykorzystanie opracowanego modelu MES do innych zastosowań badawczych i naukowych.

W szesnastym rozdziale zawarto podsumowanie przeprowadzonych prac oraz wnioski.

4. Ocena rozprawy

4.1. Ocena merytoryczna rozprawy

Autor pracy dokonał przeglądu stanu wiedzy w przedmiocie problematyki rozprawy. Przeprowadził badania eksperymentalne, na samodzielnie zaprojektowanych stanowiskach, obejmujące analizę wpływu tłumienia, kierunków ułożenia włókien w strukturze warstwowej oraz współczynnika tarcia powierzchni zewnętrznych osłon zabezpieczających pojazdy szynowe pod kątem oceny odporności na uderzenie.

Stwierdzam, że Doktorant wykazał słuszność sformułowanej tezy rozprawy. Wykazał zależności pomiędzy rodzajami i zakresem uszkodzeń wywołanych uderzeniami kamieni podrywającymi z torowiska, a cechami fizycznymi i właściwościami stosowanych struktur warstwowych wytwarzanych na bazie materiałów kompozytowych. Cele pracy, wymienione na stronie 36, zostały zrealizowane wszystkie. Podkreślam, że bardzo pozytywnie oceniam praktyczny charakter pracy i możliwość wykorzystania uzyskanych wyników. Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy konkretnego problemu technicznego o znaczeniu praktycznym.

W pracy zaproponowano sposób badania i oceny oraz opracowano wytyczne do projektowania osłon zabezpieczających dedykowanych pojazdom szynowym, w szczególności eksploatowanych z dużymi prędkościami. Opracowany model funkcjonalny zespołu zabezpieczającego, zweryfikowany doświadczalnie, to profesjonalne narzędzie dedykowane pracy inżynierów – konstruktorów i technologów umożliwiające weryfikację zjawisk w strukturze układów zabezpieczających i buforujących energię. Z uwagi na możliwość m. in. dostosowania właściwości fizyko – mechanicznych materiałów, z których wytworzono osłonę, szczególnych parametrów pracy zespołu i sposobów zamocowania, zarówno w oparciu o testy praktyczne jak i analizy numeryczne opracowany model może być użyty do przeprowadzenia oceny szczególnie w przypadkach, dla których przeprowadzenie testów stanowiskowych lub/i na obiekcie rzeczywistym jest niemożliwe lub nieopłacalne.

W rozprawie stwierdziłem uchybienia krytyczne:

Autor nie podał definicji, nie zamieścił opisu obiektu, który poddał ocenie i analizie. W pracy brak jest szczegółowej analizy w ujęciu konstrukcyjnym, materiałowym, funkcjonalnym obiektów stanowiących meritum pracy tj. osłon zabezpieczających pojazdy szynowe. Zawarty w rozprawie lakoniczny opis problematyki projektowania oraz jeden przykład graficzny nie mogą być podstawą do analizy złożonego problemu jakim są ustroje zabezpieczających podwozia pojazdów szynowych.

Aktualne wytyczne dotyczące projektowania osłon kompozytowych to ogólne wprowadzenie do projektowania elementów konstrukcyjnych. Autor nie zawarł w opracowaniu dyskusji, która wykazywałaby potrzebę pogłębienia wiedzy w przedmiocie pracy lub/i aspektów towarzyszących kluczowych dla rozwoju rozwiązań. W pracy nie zamieszczono wytycznych do projektowania osłon zabezpieczających pojazdy szynowe, w tym wytwarzanych z kompozytorów.

W rozdziale 8.2 Autor opisał próbki do badań doświadczalnych do wytworzenia których „(...) wykorzystano tkaniny kierunkowe wykonane z włókien lnianych FlaxDry UD180, a jako matrycę wykorzystano żywicę epoksydową ”R&G Epoxy Resin L”, wraz z utwardzaczem GL2.”. Autor nie wyjaśnia, dlaczego użyto włókien lnianych i żywicy epoksydowej. Zaproponowane zestawienie składników, pomimo pożądaných parametrów wytrzymałościowych jest zdecydowanie droższe i sprawia zdecydowanie większe problemy przy wytwarzaniu niż powszechnie stosowany laminat poliestrowo szklany. Wątpliwości są tym większe, że Autor na stronie 40 stwierdza, że „Przekrój poprzeczny tworzywa, które tworzy istniejącą osłonę, przedstawiony został na Rys. 20. Zgodnie z rysunkiem osłona składa się z nośnych laminatowych warstw skorupowych, a przestrzeń pomiędzy nimi wypełniona jest warstwą dystansową z materiału lekkiego - pianką poliuretanową PUR.”. Na rysunku

wskazano, że okładziny rdzenia PUR (warstwy nośne osłony) wykonane zostały z laminatu poliestrowo szklanego. Podane na schemacie (rysunek 20) wymiary geometryczne osłony są różne m. in. od geometrii próbki wykorzystywanej w analizie MES (rysunek 42).

W pracy opisano podstawy fenomenologiczne procesu unoszenia kamieni z torowisk tłuczniowych. Na podstawie literatury określono prędkości poruszania się pojazdów szynowych w przedziale 260 – 300 km/h. Autor na stronie 17 opisał przykład wskazując, że pociąg poruszający się z prędkością maksymalną 260 km/h, powoduje unoszenie kamieni, których prędkość w momencie rozpoczęcia unoszenia z torowiska wynosi 20 m/s. Po analizie zagadnienia Autor przyjął, że: kąt uderzenia wynosi 8 stopni o względem powierzchni podwozia, masa kamienia jako elementu uderzającego, wynosi 60 g (średnia masa tłucznia stanowiącego podsypkę) (strona 18), w momencie uderzenia o podwozie wartość prędkości uderzenia nie przekracza 8 m/s (strona 17). Wyliczona energia uderzenia (strona 18) wynosi 147 J. Podstawienie przyjętych przez Autora, przytoczonych powyżej, wartości daje odmienne wyniki.

W rozdziale 8.3 Badanie odporności na uderzenia na stronie 59 przeczytamy: (...) *po zamontowaniu próbki testowej w stanowisku i załadowaniu pocisku, ustalono na podstawie testów wartość ciśnienia w zbiorniku głównym, które konieczne jest do wystrzelenia pocisku z odpowiednią szybkością, tj. 60 m/s.*”. Wykorzystane przy zestawieniu stanowiska założenie co do prędkości pocisku jest nie spójne z informacjami na stronie 17. Autor nie wyjaśnia, którą z wartości przyjmuje i dlaczego. W rozdziale 9.1 Budowa modelu MES (strona 73) w opisie warunków brzegowych procesu, wskazano: energię uderzenia równą 147 J i masę penetratora wynoszącą 81,5 g. Autor nie wyjaśnia z czego wynikają różnice w masie elementu uderzającego.

W rozdziale 6 Autor wskazał przyjęte do rozważań podejście, zakładające, że uderzenie w osłonę następuje punktowo „(...) *Z uwagi na kształt zewnętrzny kamieni, uderzenie w osłonę może nastąpić na 3 różne sposoby, tj. powierzchnią, krawędzią lub wierzchołkiem. Ponieważ w ostatnim przypadku całkowita energia kamienia zostaje przekazana punktowo powodując największe naprężenia, ten przypadek uznany został jako najgorszy, stąd został przyjęty do dalszych rozważań.*”. Kolejno w rozdziale 6.2 przeczytamy „*W celu odwzorowania uderzenia w sposób powtarzalny i możliwy do zrealizowania również w warunkach eksperymentalnych, jako element uderzający przyjęto przedmiot w kształcie tulei, charakteryzujący się dużą sztywnością. Ponieważ kąt uderzenia $\alpha = 8^\circ$, uderzenie odbywa się za pomocą zewnętrznej krawędzi.*”. W rozdziale 7.2 zaznaczył, że „*Aby zapewnić powtarzalne wyniki, a przy tym, aby za każdym razem uderzenie odbywało się za pomocą krawędzi, opracowany został specjalny kształt elementu uderzającego przedstawiony na Rys. 25.*”. Z uwagi na wykazane rozbieżności, wynikające z zaprezentowanego stanowiska, pojawiają się wątpliwości co do zrozumienia fundamentalnych podstaw zachodzących w procesie przez Doktoranta. Dyskusyjnym jest dokonywanie oceny uzyskanych wyników zarówno doświadczalnych jak i symulacyjnych bez wyjaśnienia przyjętego podejścia z uwagi na następstwa konieczne do uwzględnienia w postępowaniu badawczych i symulacyjnym.

W rozdziale 6.2 podkreślił, że „(...) *Użyte do produkcji osłon kompozyty są tworzywem warstwowym, powstającym wskutek formowania wyrobów kompozytowych z przesyconych polimerem wzmocnień włóknistych i napelnaczy nakładanych warstwowo*”. Zaznaczono, że z powodu ograniczeń technologicznych i konieczności swobody w dobieraniu właściwych parametrów materiałowych, rdzeń nie był sklejonny trwale z laminatem, natomiast próbki były skręcane na stanowisku badawczym do interfejsu trzymającego momentem 15 Nm. Przyjęte podejście jest dopuszczalne nie mniej należy mieć świadomość następstw dokonanych uproszczeń. Autor nie wyjaśnił przyjętej wartości momentu montażowego. Nie przeprowadził oceny wpływu siły docisku na parametry mechaniczne pracy zespołu m. in. wielkość energii dysypowanej i rozpraszanej oraz poziom tłumienia materiału. Brak warstwy spajającej

okładzinę kompozytową i rdzeń poliuretanowy powoduje, że materiały pracują odmiennie niż w przypadku struktury monolitycznej. Zaprezentowane podejście poddaje pod wątpliwość prawidłowość uzyskanych wyników. W rozdziale 9.1 Autor nie wskazał w jaki sposób w modelu MES uwzględnił, wprowadzone w próbkach przygotowanych do badań, uproszczenia.

W rozdziale 9.1 Budowa modelu MES (strona 73) w opisie warunków brzegowych procesu pokazano schemat procesu uderzenia przygotowany w LS-Dyna (rysunki 44 i 45). Należy zwrócić uwagę, że kształt penetratora, pomimo informacji na stronie 72 „*Element uderzający został zamodelowany w formie tulei, zgodnie z założeniami przyjętymi w modelu fenomenologicznym*” jest różny niż stosowany w badaniach doświadczalnych – rysunek 25 (strona 46). Oszacowana na podstawie geometrii rysunek 25 (strona 46) masa penetratora wynosi 92,8 g. Wartość jest różna masy penetratora przyjmowanej w analizach wynoszącej 81,5 g. W związku z wykazanymi różnicami nasuwa się pytanie co do poprawności i spójności z eksperymentem wykonanych analiz symulacyjnych MES. Czy tzw. skrojenie modelu było konieczne i czy nie wynikało z wykazanych różnic.

W rozdziale 9.1 Budowa modelu MES opisano czynności poprzedzające przygotowanie modelu numerycznego wykorzystanego do przeprowadzenia symulacji MES. W zestawieniu informacji nie podano właściwości materiału rdzenia – piany PUR oraz sposobu modelowania tworzywa. Nie zamieszczono informacji charakteryzujących badany element. Zamieszczony na stronie 70 komentarz „*Od spodu laminatu znajduje się warstwa modelująca rdzeń kompozytu, o znacznej grubości w stosunku do laminatu oraz właściwościach izotropowych. Jej wymiary odpowiadają wymiarom rzeczywistego rdzenia użytego w trakcie testów.*” nic nie wnosi, ponieważ nie zdefiniowano geometrii próbki.

Istotnym ograniczeniem rozprawy jest brak szczegółowego opisu próbek badawczych, opracowanych modeli numerycznych, załączonych wyników badań doświadczalnych oraz symulacyjnych dołączonych do pracy np. w formie załączników. Bezcenny zasób wiedzy oraz doświadczeń poznawczych powinien zostać opublikowany jako znaczący wkład Autora w rozwój wiedzy w przedmiocie ujętym rozprawą. Dodatkowo niemożliwym jest rzetelne, precyzyjne dokonanie oceny przedłożonych osiągnięć Autora rozprawy jedynie w oparciu o lakonicznie opisane rezultaty. Mam nadzieję, że Doktorant szczegółowo omówi wyniki prac podczas publicznej obrony.

Stwierdzam, że w wykazie literatury opisy bibliograficzne pozycji np. 8, 38, 48, 48, 56, 60, 97 są niekompletne lub nie odnoszą się do zagadnień opisywanych w tekście np. 15 (strona 15), 61.

Pomimo wyżej wymienionych uwag i wątpliwości pracę oceniam pozytywnie. Stwierdzam, że zaprezentowana metodologia badawcza i osiągnięte w następstwie zastosowania procedur wyniki wnoszą, co podkreślam, nową jakość w badaniach i ocenie kompozytowych warstwowych konstrukcji powłok zabezpieczających pojazdy szynowe. Sformułowane w recenzji uwagi nie umniejszają wartości przedłożonej rozprawy, a jedynie mają na celu wytyczenie kolejnych kroków badawczych Panu mgr inż. Mateuszowi Juzuniowi.

4.2. Poprawność językowa rozprawy

Praca napisana jest poprawnym językiem polskim. Zauważyłem kilka oczywistych literówek.

W wielu miejscach niepoprawnie zdefiniowano wielkości charakterystyczne materiałów np. ν - stała Poissona (powinno być: liczba Poissona, współczynnik Poissona). Wymienione błędy są konsekwentnie powtarzane pracy, co na poziomie rozprawy doktorskiej nie powinno mieć miejsca.

W całej pracy występują liczne błędy interpunkcyjne i stylistyczne. Wnioskuje, że są one następstwem niedokładnej korekty. Autor stosuje słownictwo i zwroty, branżowe, potoczne co prowadzi do braku czytelności rozprawy i nieścisłości w interpretacji sformułowań. Na przykład zdanie „*W celu weryfikacji wpływu zdolności materiału do tłumienia energii na*

odporność na uderzenia kątowe, koniecznym okazało się wyznaczenie współczynnika opisującego sprężystość i właściwości tłumiące badanego materiału” jest niespójne stylistycznie niepoprawne i niezrozumiałe.

Zdanie „Bazując na publikacjach [60], [46] kierunkowość włókien tworzących warstwę zewnętrzną zgodna z kierunkiem poruszania się przedmiotu uderzającego, powinna minimalizować obszar wpływu uderzenia, poprzez zapewnienia możliwości ześlizgnięcia się elementu uderzającego.” zostało niepoprawnie sformułowane i jest niezrozumiałe dla odbiorcy.

W zdaniu nie uwzględniono spacji pomiędzy wartościami liczbowymi, a mianami fizycznymi: „(...) Na podstawie badań przeprowadzonych w warunkach zimowych, określono, że statystycznie w dzień o temperaturze średniej -3°C i opadach śniegu 3cm, bryły lodu osiadające na podwoziu mogą osiągnąć masę 5-10kg [84]”.

Na końcu zdania postawiono dwie kropki: „(...) dotyczy to przypadku odkształceń wyłącznie sprężystych w których nie następuje strata energii kinetycznej zderzających się ciał [73]..”.

4.3. Poprawność językowa rozprawy

Praca zredagowana została poprawnie. Wzory, tabele, zdjęcia i rysunki są czytelne. Formatowanie tekstu jest prawidłowe. Jeżeli chodzi o rysunki, to niestety niektóre z nich są niskiej jakości lub zbyt małe np. rysunki 10, 15, 16, 24, 28. Na rysunkach np. 11, 19, 26 niewłaściwie dobrano wielkość opisu lub kolor wyróżnień omawianych szczegółów – np. rysunek 15, 16. Na rysunkach nie zamieszczono oznaczeń stosowanie do opisu w tekście – np. rysunek 27 lub/i legendy do wyników analiz numerycznych – np. rysunek 41. Stwierdziłem również następujące uchybienia kluczowe z uwagi na aspekty poznawcze i naukowe pracy:

- a) wyniki analiz numerycznych MES zamieszczone w postaci kolorowych map (rysunków), stanowiące podstawę do wnioskowania o następujących w warstwowej konstrukcji kompozytowej zjawiskach zamieszczono jako małe, w zbyt niskiej rozdzielczości (rysunki bitmapowe),
- b) struktura rozprawy musi być przemyślana, niepotrzebne są powtórzenia. Niekorzystne są zbyt krótkie oraz zbyt długie rozdziały. Recenzent pragnie zauważyć, że z punktu widzenia skromnego opisu objętości treści (2-5 stron A4) zawartych w rozdziałach kluczowych z punktu widzenia wiedzy i konstrukcji pracy: trzecim (3), czwartym (4), szóstym (6) trudno fragmenty rozprawy nazywać rozdziałami. W opinii recenzenta, w recenzowanej pracy jest kilka rozdziałów, które z powodzeniem można połączyć. Na przykład, rozdział trzeci powinien być połączony z rozdziałem czwartym, celowe byłoby połączenie rozdziału drugiego i szóstego;
- c) opisy zawarte w pracy są lakoniczne, niektóre kwestie nie są wcale opisane. Pomimo, że praca bezpośrednio dotyczy rozwiązań zabezpieczających pojazdy szynowe poruszające się po szlakach kolejowych posiadających torowiska z podsypką tłuczniową z dużymi prędkościami, aspektem konstrukcyjnym, technologicznym oraz problematyce bezpieczeństwa i rozwiązań osłon zabezpieczających poświęcono zaledwie kilka stron;
- d) charakterystyce uszkodzeń powstających na podwoziu pojazdu szynowego poświęcono pół strony;
- e) opis budowy i projektowania właściwości materiałów kompozytowych został sprowadzony do podstawowej definicji i nieprecyzyjnego rozróżnienia możliwych do wytworzenia z materiałów polimerowych struktur warstwowych;
- f) złożone zagadnienie oceny zniszczenia anizotropowej budoły materiału kompozytowego zostało jedynie zasygnalizowane poprzez odwołania do klasycznych pozycji literatury oraz zapisanie podstawowych równań. Nie przygotowano charakterystyki materiałów ortotropowych oraz nie dokonano pogłębionej analizy przesłanek zniszczenia materiałów rozpatrywanych jako konstrukcje złożone z komponentów o określonej strukturze (kompozytów). Nie sformułowano wymagań, których spełnienie warunkuje ocenę wytrzymałości ośrodków anizotropowych. Zabrakło również wykonania szczegółowej

analizy uzyskanych wyników eksperymentalnych pod kątem oceny zniszczenia osłon zabezpieczających wytworzonych z polimerów włóknistych, w ujęciu powołanych hipotez;

- g) wykonane badania doświadczalne, o niezaprzeczalnym dla rozwoju nauki potencjale, stanowią o poziomie naukowym autora pracy. W rozprawie brak jest opisu postępowania i sposobu oceny, weryfikacji np. głębokości uszkodzeń powłok kompozytowych powstałych w następstwie wystrzeliwania impaktora;
Podałem jedynie kilka przykładów zbyt lakonicznych opisów. Tak radykalnie skrócony opis ważnych kwestii i dokonań Doktoranta jest nieporozumieniem.
- h) w rozdziale 8.3.3 pracy zamieszczono tabelę, w której zestawiono wyniki badań odporności na uderzenia. Nie jest jednoznaczne, a z uwagi na przyjęty przez autora sposób kodowania próbek nawet utrudnione, stwierdzenie osiągnięcia korzystnego (pożądanego z punktu widzenia konstrukcyjnego) wyniku. Właściwym byłoby zestawienie i opisanie rezultatów w punktach, uzupełnionych o szczegółową wizualizację graficzną uzyskanych efektów. Tabelaryczne przedstawienie wyników mogłoby stanowić dodatkowe zbiorcze podsumowanie;
- i) występują niekonsekwencje w rozmieszczaniu rysunków w pracy. W większości autor rozmieszcza rysunki obok siebie bez wyraźnego zaznaczenia wielkości i położenia. W przypadku np. rysunku 14 pozostawiono ramki ograniczające. Pozostawiono rysunki bez odwołania, opisu w tekście – np. rysunek 17, 31;
- j) Autor stosuje odmienne od ogólnie przyjętych zasad odwołania do rysunków, tabel w tekście pisząc w środku zdania np. *Rys. 3 (Tab.)* z dużej litery i skróttem, a podpis pod rysunkiem (tabelą) *Rysunek 3:*, *(Tabela:)*;
- k) w pracy nie zastosowano bezpośrednich odwołań do opisywanych numerowanych, zależności analitycznych (wzorów) w tekście co utrudnia analizę opisywanych zagadnień i w wielu wypadkach czyni rozumowanie niezrozumiałym.

5. Ocena dorobku publikacyjnego

Za Bazą Scopus stwierdzam, że w dorobku Doktoranta znajdują się dwie prace opublikowane w:

- a) czasopiśmie *Vibrations in Physical Systems* – 40 punktów na liście MNIŚW, (obecny współczynnik wpływu IF=0.57),
- b) praca opublikowana w czasopiśmie *Composites Theory and Practice* – 20 punktów na liście MNIŚW (obecny współczynnik wpływu IF=0.35).

Artykuły zostały opublikowane znanych, branżowych czasopismach, reprezentatywnych dla dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Stwierdzam, że dorobek Doktoranta spełnia wymagania ustawy wymagane przy składaniu rozprawy doktorskiej.

6. Przydatność rozprawy dla nauk technicznych

Scharakteryzowana w recenzowanej rozprawie doktorskiej, opracowana samodzielnie przez Doktoranta, metodyka postępowania może być z powodzeniem zastosowana do określenia i doprecyzowania wytycznych do projektowania i wytwarzania warstwowych osłon kompozytowych elektrycznych zespołów trakcyjnych dedykowanych do przemieszczania się z dużymi prędkościami.

Przygotowany model numeryczny gwarantuje przeprowadzenie oceny eksploatacji osłon zabezpieczających pojazdy szynowe w różnych, zmiennych warunkach pracy, w relatywnie wymiernym czasie, dając tym samym inżynierom szerokie spektrum doświadczeń poznawczych, zarówno w zakresie jakościowym jak i ilościowym uszkodzeń, wielokrotnie niemożliwych do uzyskania innymi metodami.

Przedstawione wyniki badań doświadczalnych oraz obliczeń analitycznych pozwalają na odmienne od opisywanych w literaturze spojrzenie na rodzaje i przyczyny powstawania

identyfikowanych uszkodzeń osłon zabezpieczających pojazdy szynowe. Należy podkreślić, że recenzowana rozprawa pogłębia i wielu aspektach rozwiązuje trudne, praktyczne inżynierskie problemy z zakresu mechaniki konstrukcji i technologii materiałowych warstwowych struktur kompozytowych. Dlatego stwierdzam, że przedstawione wyniki są istotne dla dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna.

7. Do której z następujących kategorii recenzent zalicza rozprawę:

- a) nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy,
- b) wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,
- c) **spełniająca wymagania,**
- d) spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem,
- e) wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie.

8. Podsumowanie

Pan mgr inż. mgr inż. Mateusza Juzuń zrealizował sformułowane cele rozprawy, wykazał słuszność sformułowanej tezy. Wykazał się wiedzą i umiejętnością samodzielnego rozwiązywania nowych, trudnych problemów technicznych wnosząc tym samym istotny wkład w rozwój nauki i reprezentowanej dyscypliny.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji dysertacja doktorska pt. *Wybrane wytyczne dotyczące projektowania osłon podwozi pojazdów szynowych* spełnia wymagania ustawowe, określone w ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, (Dz. U. 30.08.2018 r. poz. 1669 z późn. zm.) oraz wnioskuje o jej przyjęcie, a także dopuszczenie do publicznej obrony.

