

Dr hab. inż. Witold Sujka

Tricomed SA

## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

**mgr inż. Pauliny Maślanki**

**pt. „Numerical modeling and sensitivity of aerodynamic characteristics to shape  
and material properties of paraglider”**

**Promotor pracy: prof. dr hab. inż. Ryszard Korycki – Politechnika Łódzka**

**Podstawa prawna recenzji: Uchwała nr 47/6/IIK/2023 Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinach: inżynieria mechaniczna, inżynieria materiałowa z dnia 6 czerwca 2023 w sprawie powołania Komisji Doktorskiej w postępowaniu o nadanie mgr inż. Paulinie Maślance stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.**

### **1. Wstęp**

Ocena przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej została wykonana w oparciu o cztery główne kryteria:

- ✓ prawidłowości zdefiniowania problemu naukowego i jego aktualności oraz oryginalności;
- ✓ poprawności celów i hipotez badawczych oraz poziomu ich weryfikacji;
- ✓ poprawności, spójności struktury rozprawy doktorskiej, prezentacji wyników badań oraz wnioskowania;
- ✓ umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej – stronę warsztatową.

## **2. Prawdliwość zdefiniowania problemu naukowego i jego oryginalność.**

Tematyka rozprawy doktorskiej przygotowanej przez mgr inż. Paulinę Maślankę związana jest z modelowaniem numerycznym oraz wrażliwością charakterystyk aerodynamicznych na kształt i właściwości materiałowe paralotni. Autorka zaplanowała i przeprowadziła szereg badań oraz analiz laboratoryjnych - fizykomechanicznych (wytrzymałość na rozciąganie, masa powierzchniowa, przepuszczalność powietrza, etc.) dla impregnowanych żywicami multifilamentowych tkanin. Doktorantka określiła także ich splot za pośrednictwem analizy obrazów SEM oraz oznaczyła charakterystyczne grupy funkcyjne dla analizowanych próbek za pośrednictwem spektroskopii w podczerwieni. Dodatkowo, przeprowadziła dla analizowanych materiałów badania starzeniowe poprzez oddziaływanie na nie promieniowaniem UV i temperaturą oraz badania mechanicznego wpływu poprzez wielokrotne zginanie. Na podstawie uzyskanych wyników wprowadzono wielostopniowy algorytm, za pośrednictwem którego dokonano analizy numerycznej w ujęciu CFD oraz obliczeń strukturalnych MES wykonanych na modelu tradycyjnego skrzydła paralotni. W kroku pierwszym dokonano wstępnej oceny wpływu przepuszczalności powietrza na charakterystyki aerodynamiczne z zastosowaniem *porous media*. W drugim obliczono opływ paralotni po zastosowaniu bardziej precyzyjnych wyników przepuszczalności z uwzględnieniem rzeczywistego spadku ciśnienia działającego na materiał podczas lotu. W trzecim kroku badano naprężenia i odkształcenia w materiałach pokrywających paralotnie, a w kolejnym – czwartym etapie – określono wpływ odkształcenia na właściwości lotne. Na podstawie uzyskanych wyników z zastosowania zaproponowanego modelu Doktorantka stwierdziła, iż wzrost przepuszczalności powietrza w tkaninie ma wpływ na pogorszenie właściwości aerodynamicznych lotni a także, że w analizowanych materiałach odkształcenie maleje ze wzrostem wytrzymałości na rozciąganie lub spadkiem ciśnienia działającego na materiał. Wielostopniowa optymalizacja pozwoliła określić wpływ właściwości materiału na charakterystyki aerodynamiczne paralotni. Doktorantka podjęła także próby optymalizacji pakowności i masy końcowego produktu poprzez opracowanie modelu jednopowłokowej, pokrytej jedynie górnymi brytami paralotni – wykazując pozytywy z tym związane. W pracy badano także za pośrednictwem modelu bezpieczeństwo szwów i linek oraz transport ciepła przez uprzęż użytkownika.

Doktorantka wyodrębniła opisany powyżej zakres badań. Dokonała doboru materiałów oraz optymalizacji modelu numerycznego w szerokim zakresie – próbując uzyskać w ten sposób parametry zbliżone do warunków jak najbardziej rzeczywistych.

Opracowana część literaturowa opisana jest na 11 stronach i obejmuje 59 pozycji bibliografii. Doktorantka prawidłowo zdefiniowała oryginalny problem badawczy, którego wybór poparty został analizą aktualnego stanu wiedzy z zakresu inżynierii materiałowej, aerodynamiki, mechaniki lotu oraz przedstawiła jego uniwersalne rozwiązanie za pomocą opracowanej metodyki.

### **3. Poprawność celów i hipotez badawczych oraz poziom ich weryfikacji.**

W następstwie do zidentyfikowanego problemu badawczego Doktorantka ustaliła cel pracy związany z rozwojem modelu numerycznego wraz z przedstawieniem analizy wpływu charakterystyki materiału na wybrane parametry aerodynamiczne. Autorka postawiła główną tezę pracy doktorskiej – modelowanie numeryczne jest skutecznym i wszechstronnym narzędziem do uzyskiwania rozkładu zmiennych stanu wynikającego z analizy wrażliwości wybranych charakterystyk aerodynamicznych – ze względu na kształt i właściwości materiałowe paralołtni. Doktorantka określiła charakterystyczne parametry dla dziesięciu impregnowanych tkanin. Na podstawie uzyskanych wyników została przeprowadzona symulacja numeryczna, która miała za zadanie określić wpływ przepuszczalności tkaniny na charakterystyki aerodynamiczne konstrukcji skrzydła paralołtni. Autorka użyła do tego celu oprogramowanie CFD opierając się na metodach objętości skończonych, a także równaniach Naviera – Stockesa. Niewątpliwie jako sukces Doktorantki można zaliczyć zastosowanie autorskiej procedury numerycznej do wyznaczenia wrażliwości charakterystyk aerodynamicznych - przepuszczalności materiału i jego parametrów fizykomechanicznych, bazując wcześniej na procedurze obliczeniowej CFD oraz złożonych obliczeniach strukturalnych w programie ANSYS Structural. W kolejnym etapie pracy Doktorantka skupiła się na parametrach wytrzymałościowych jednowarstwowego materiału skrzydła, jak również na innych elementach konstrukcyjnych takich, jak szwy łączone z brytami oraz linki podtrzymująco-sterujące. W ostatnim etapie Autorka rozważała transport ciepła z upręży pilota za pośrednictwem programu MATLAB. Na uznanie i wyróżnienie zasługuje sposób systematycznego dochodzenia do założonego celu pracy badawczej poprzez stawianie kolejnych hipotez i ich weryfikowanie na podstawie zaplanowanego eksperymentu i symulacji modelowej. Zaproponowane metody badawcze są innowacyjne i wpisują się w obowiązujące standardy oraz trendy. Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych i modelowych wymagały szczegółowej analizy, następnie sformułowania wniosków a na ich podstawie planowania kolejnego eksperymentu dla osiągnięcia celu pracy. Struktura rozprawy doktorskiej jest logiczna i pozwala na poznanie toku myślenia Doktorantki. Na wyróżnienie zasługuje również

duża liczba eksperymentów, prezentacja wyników badań przeprowadzonych analiz oraz symulacji, które stanowią znakomity wkład do rozwoju inżynierii materiałowej.

#### **4. Poprawność, spójność struktury rozprawy doktorskiej, prezentacja wyników badań oraz wnioskowania.**

Układ rozprawy ma charakter tradycyjny (streszczenie, wstęp, cel i tezę pracy, część literaturową i eksperymentalną, w której przedstawiono wyniki badań uzyskanych w następujących po sobie etapach, materiały, metody oraz podsumowanie i wnioski). Opisy są poprawne, ale zdarzają się powtórzenia i drobne literówki. Łącznie rozprawa ma objętość 126 stron, 15 rozdziałów, zawiera 67 rysunków, 19 tabel i wykaz bibliografii obejmujący 59 pozycji, w tym publikacje wieloautorskie, w których Doktorantka jest pierwszym autorem. Wykaz symboli, rysunków i tabel ułatwia analizę rozprawy. Większość działów zakończona jest podsumowaniem i sformułowanymi wnioskami cząstkowymi. Podczas prowadzonych badań Doktorantka sukcesywnie realizowała postawiony cel pracy oraz weryfikowała główną hipotezę. W efekcie udowodniła postawioną tezę osiągając założony cel – realizację badań podstawowych poprzez przeprowadzenie oryginalnych eksperymentów i prac teoretycznych. Autorka podsumowując całość pracy dojrzale stwierdza, że prowadzone prace mają charakter bardzo złożony i aby uzyskać bardziej dokładny model należałoby przeprowadzić prace w dużo szerszym wymiarze, analizując także wiele dodatkowych, istotnych parametrów.

Praca ma właściwą strukturę, w której chronologia jest jak najbardziej uzasadniona i logiczna. Z punktu widzenia formalnego spełnia ona wszystkie wymagania, wnikliwie i szczegółowo opisując omawiane zagadnienia.

#### **5. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej – strona warsztatowa.**

Analiza treści rozprawy doktorskiej mgr inż. Pauliny Maślanki pozwala wysnuć wniosek, że Doktoranta podjęła się ambitnego zadania badawczego i zrealizowała je w stopniu zasługującym na wyróżnienie. Doktorantka z dużą dojrzałością badawczą i skrupulatnością systematycznie realizowała wyznaczone przez siebie zadania, konsekwentnie dążąc do osiągnięcia celu. Autorka wykonała pracę laboratoryjno – eksperymentalną, a także opracowała na podstawie otrzymanych wyników model numeryczny stosując przy tym zaawansowane oprogramowanie.

Jak dla każdego aspektu badawczego, istotnym byłoby sprawdzenie innych struktur włókienniczych, np. dzianin i ich zachowania się pod kątem praktycznych aplikacji.

Interesującym byłoby także porównanie struktur nieimpregnowanych z impregnowanymi – skoro aspekt przepuszczalności powietrza tak naprawdę nie wpływał znacząco na uzyskiwane wyniki opracowanego modelu.

Z uwagi na możliwości aplikacyjne, zwalidowanie modelu na obecnym etapie opracowania potwierdziłoby w sposób niezaprzeczalny jego praktyczną użyteczność.

Analizując całość pracy nasuwa się jednak pytanie jaki jest związek otrzymanych wyników identyfikacji grup funkcyjnych włókien oraz struktur tkanych z uzyskanymi wynikami modelu – brakuje jednoznacznej korelacji.

Niezależnie od powyższych uwag strona warsztatowa pracy jest jak najbardziej poprawna, a Doktorantka wykazała się umiejętnością samodzielnego planowania prac i ich realizacji.

## **6. Wniosek końcowy – podsumowanie.**

Pomimo wymienionych powyżej uwag, które Doktorantka może wykorzystać w dalszej działalności naukowej, rozprawę oceniam bardzo pozytywnie. Z przedstawionej analizy stanu wiedzy i przeprowadzonych badań eksperymentalnych oraz opracowanego na ich podstawie modelu wynika, że praca wnosi istotny wkład w rozwój przedmiotowej tematyki badawczej. Jej charakter aplikacyjny jest bardzo wysoki i daje możliwość wirtualnej konstrukcji paralotni, czy też innych rozwiązań stosowanych w lotnictwie wraz z doбором właściwych materiałów włókienniczych. Wyniki badań mają potencjał publikacyjny w prestiżowych czasopiśmie naukowych. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydatki w dyscyplinach powiązanych z tematyką badawczą oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Na podkreślenie zasługuje również interdyscyplinarny charakter pracy. Rozprawę doktorską stanowi praca pisemna w języku angielskim, do której dołączone jest streszczenie w języku polskim.

Stwierdzam, że zgodnie z Art.187. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Pauliny Maślanki spełnia warunki w niej określone. Wniosuję o dopuszczenie Pani mgr inż. Pauliny Maślanki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



dr hab. inż. Witold Sujka

## WNIOSEK O WYRÓŻNIENIE

W oparciu o przedstawioną recenzję zwracam się do Wysokiej Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinach: inżynieria mechaniczna, inżynieria materiałowa o przyznanie Doktorantce mgr inż. Paulinie Maślance wyróżnienia za przedstawioną rozprawę doktorską zatytułowaną: "Numerical modeling and sensitivity of aerodynamic characteristics to shape and material properties of paraglider".

Autorka w przedstawionej dysertacji wykazała się dojrzałym oraz ponadprzeciętnym myśleniem analitycznym, a także interdyscyplinarną wiedzą oraz szeregiem naukowych umiejętności. Zakres prowadzonych prac wykraczał poza obowiązujące standardy, gdyż nieczęsto zdarza się, aby doktorant realizując pracę dyplomową związaną tematycznie z opracowaniem modelu przygotował także bazę wyników eksperymentalnych, prowadząc szereg prac laboratoryjnych. Autorka podjęła się tematyki cieszącej się dużym zainteresowaniem – modelowania numerycznego jako skutecznego i wszechstronnego narzędzia do uzyskiwania rozkładu zmiennych stanu wynikającego z analizy wrażliwości wybranych charakterystyk aerodynamicznych – ze względu na kształt i właściwości materiałowe paralotni. Problematyka, którą zajęła się Autorka jest bardzo ambitna z uwagi na złożoność problemów do rozwiązania, a także potrzebę posiadania dobrze ugruntowanej wiedzy z zakresu inżynierii materiałowej, aerodynamiki oraz mechaniki lotu. Przedstawiona praca jest bardzo złożona i wnikliwie rozpatruje wiele trudnych kwestii związanych m. in. z symulacjami numerycznymi, z wykorzystaniem dwóch różnych aplikacji Fluent i Structural programu ANSYS. Dodatkowo, Autorka wykazała się umiejętnościami dokonywania pomiarów laboratoryjnych korzystając ze spektroskopii, badań wytrzymałościowych fizyko-mechanicznych, pomiarów za pośrednictwem mikroskopii skaningowej SEM, określając przepuszczalność powietrza przez badane materiały. Dokonała także oceny użytych materiałów po symulacji procesów przyspieszonego starzenia, oddziałując na nie światłem UV, a także poddając badane próbki wielokrotnemu zginaniu. Na podstawie uzyskanych wyników Autorka wprowadziła wielostopniowy algorytm, za pośrednictwem którego dokonała analizy numerycznej w ujęciu CFD oraz obliczeń strukturalnych MES wykonanych na modelu tradycyjnego skrzydła paralotni. Mimo złożoności problemów Doktorantka poradziła sobie w sposób imponujący z ich rozwiązaniem. Doświadczenie i wiedza, którą nabyła realizując doktorat z pewnością będzie procentowała w przyszłości i dobrze by było wykorzystać jej potencjał na potrzeby rozwoju dyscypliny inżynierii materiałowej.

Praca ma także charakter aplikacyjny i może po jej rozbudowaniu znaleźć zastosowanie praktyczne. Oryginalność tematyki zaowocowała także wieloma artykułami naukowymi Doktorantki, opublikowanymi w branżowych czasopismach z wysokim impact factorem.

Z uwagi na powyżej przedstawioną argumentację jeszcze raz wnioskuję do Wysokiej Rady o wyróżnienie przedmiotowej pracy pani mgr inż. Pauliny Maślanki.



dr hab. inż. Witold Sujka