

## Streszczenie rozprawy doktorskiej

mgr inż. **ZUZANNA KUNICKA-KOWALSKA**

temat: **Modelowanie opływu skrzydła trzepoczącego owada na przykładzie motyla *Attacus atlas***

dziedzina: nauki techniczne /nauki inżynieryjno-techniczne

dyscyplina: mechanika / inżynieria mechaniczna

Promotor pracy: prof. dr hab. inż. Krzysztof Sibilski - Politechnika Warszawska

Promotor pomocniczy: dr inż. Michał Landowski - Politechnika Gdańska

### Recenzenci:

hab. inż. Andrzej Majka, prof. PRz. - Politechnika Rzeszowska

prof. dr hab. inż. Andrzej Żyluk - Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

Głównym tematem pracy jest badanie ruchu skrzydeł motyla (*Attacus atlas*). Pierwszym krokiem było obserwowanie ruchów wybranych markerów na skrzydłach żywego owada i stworzenie charakterystyk pokazujących przemieszczenie w trójwymiarowym układzie współrzędnych. Wybraną metodą było filmowanie ruchu skrzydeł, a następnie obliczenie średniego czasu trwania jednego uderzenia i stworzenie referencyjnego ruchu. Następnie zamodelowano przybliżony ruch skrzydła sztywnego i wykonano analizę CFD. Usztywnienie skrzydła stanowi daleko idące uproszczenie i pomija ważne zjawiska. Niemniej uproszczenia te były niezbędne w dalszych etapach badań. W kolejnym kroku wykonano badania prowadzące do określenia: modułu Younga struktur nośnych skrzydeł wybranych gatunków owadów. Na potrzeby eksperymentu zbudowano małą maszynę testową przeznaczoną do trzypunktowego zginania struktur skrzydeł. Maszyna została wyposażona w czujniki rejestrujące bardzo małe wartości sił. Za pomocą tego przyrządu wykonywano serie prób zginania skrzydeł trzech gatunków owadów (uzyskanych z hodowli): *Attacus atlas*, *Vespa crabro*, *Libellula depressa* w różnych warunkach wilgotności powietrza. Wartości siły i przemieszczenia uzyskane w trakcie testów wykorzystano do obliczenia modułu Younga. Daną niezbędną do obliczenia modułu Younga były momenty bezwładności badanych struktur skrzydeł. Geometryczne momenty bezwładności obliczone zostały na podstawie zdjęć przekrojów wykonanych za pomocą mikroskopu SEM. Zaobserwowano, że moduł Younga zmniejszał się wraz ze wzrostem wilgotności powietrza.

Najistotniejszym elementem pracy były analizy FSI. Opracowano 6 modeli geometrycznych i strukturalnych skrzydła motyla *Attacus atlas*. Wykorzystując te modele, przeprowadzono badania symulacyjne FSI w środowisku komercyjnego oprogramowania Ansys (Fluent i Mechanical). W przypadku 5 modeli strukturalnych skrzydła przeprowadzono z powodzeniem symulacje pełnego cyklu trzepotania, uzyskując rozkłady ciśnień, linie prądu, obszary wirowości oraz zbiorcze przebiegi sił w całym cyklu trzepotania. Niestety model szósty, najbardziej zbliżony do rzeczywistej struktury skrzydła motyla *Attacus atlas*, nie dał wyników pełnego cyklu trzepotania. W pobliżu górnego położenia skrzydeł, bezpośrednio przed ich zderzeniem program przerywał obliczenia FSI wykazując błąd strukturalny. Ponieważ wirtualny test z najbardziej skomplikowanym modelem geometrycznym skrzydła został przeprowadzony tylko w części (limit oprogramowania), zaplanowano test na stanowisku badawczym. Dynamicznie podobne do skrzydła rzeczywistego, sztuczne silikonowe skrzydło trzepotało w glicerynie. Efekt wizualny deformacji porównano z naturalnym skrzydłem i wynikami analizy FSI.