

Streszczenie rozprawy doktorskiej

mgr inż. **PAWEŁ JONAK**

temat: ***Application and evaluation of fully turbulent and transition-sensitive turbulence models for turbomachinery flows***

dziedzina: nauki techniczne / nauki inżyniersko-techniczne

dyscyplina: mechanika / inżynieria mechaniczna

Promotor pracy: dr hab. inż. Sławomir Kubacki, prof. uczelni - Politechnika Warszawska

Promotor pomocniczy: dr. inż. Zbigniew Rarata

Recenzenci:

dr hab. inż. Paweł Flasiński, prof. uczelni z Instytutu Maszyn Przepływowych PAN

dr hab. inż. Marek Jaszczur, prof. uczelni z Akademii Górniczo Hutniczej

Turbina niskiego ciśnienia (LPT) jest jednym z najważniejszych elementów silnika lotniczego. Osiągi aerodynamiczne turbiny mają zatem kluczowe znaczenie dla producentów silników lotniczych. Obecnie do projektowania aerodynamicznego elementów turbin najczęściej stosowane są metody RANS (ang. Reynolds-averaged Navier-Stokes). Wykorzystywane są zarówno modele w pełni turbulentne jak i modele uwzględniające przejście laminarno-turbulentne w warstwie przyściennej. Ocena dokładności modeli opartych na podejściu RANS ma zatem kluczowe znaczenie dla jakości procesu projektowania aerodynamicznego turbin niskiego ciśnienia.

W pracy doktorskiej przedstawiono walidację trzech modeli turbulencji ($k-\epsilon$, $k-\omega$ i $k-\omega$ SST) dla przepływu przez płaską palisadę o nieskończonej liczbie łopat utwierdzonych na płaskiej płycie. Dokonano szczegółowej analizy przepływu wtórnego w pobliżu podstawy łopat. Wyniki symulacji numerycznych porównano z danymi eksperymentalnymi. Analizy porównawcze pokazały, że w klasie modeli w pełni turbulentnych modele $k-\omega$ i $k-\omega$ SST najlepiej opisują dynamikę przepływu w pobliżu podstawy łopat. Następnie dokonano analiz przepływu przez czterostopniową turbinę niskiego ciśnienia z zastosowaniem modeli $k-\omega$ i $k-\omega$ SST. Wyniki symulacji numerycznych porównano z wynikami pomiarów uzyskanymi w Laboratorium Badań Napędów Lotniczych Polonia Aero zlokalizowanym w Zielonce, Polska. Ocenę jakości wyników numerycznych wykonano poprzez porównanie masowego natężenia przepływu, rozkładów ciśnień na powierzchni łopat na wlocie do turbiny a także uśrednionych masowo ciśnień całkowitych oraz temperatur całkowitych w wybranych przekrojach turbiny. Wykazano, że modele $k-\omega$ i $k-\omega$ SST w poprawny sposób pozwalają wyznaczyć uśrednione masowo wielkości w wybranych przekrojach na wlocie i wylocie z turbiny. Wyniki przeprowadzonych analiz pozwoliły również stwierdzić, że przepływ wtórny jaki powstaje przy podstawie i na końcówkach łopat w wieńcu kierowniczym w znaczący sposób wpływa na wielkość strat ciśnienia całkowitego.

Warstwa przyścienna na znacznej części powierzchni łopat w wieńcu kierowniczym i wirnikowym turbiny może mieć charakter laminarny lub może dojść do zjawiska przejścia laminarno-turbulentnego. W związku z tym, konieczne jest opracowanie wiarygodnych modeli przejścia laminarno-turbulentnego, które w poprawny sposób opisywałyby dynamikę procesu turbulizacji warstwy przyściennej. W pracy doktorskiej przedstawiono również rozwinięcie

algebraicznego modelu przejścia laminarno-turbulentnego dla przepływu w oderwanej warstwie przyściennej celem poprawy oszacowań punktu przejścia laminarno-turbulentnego w obecności dużego poziomu turbulencji w przepływie poza warstwą i dla dużego dodatniego gradientu ciśnienia w kierunku głównym przepływu. Uzyskane wyniki symulacji numerycznych zostały porównane z referencyjnymi wynikami LES (ang. large eddy simulation) oraz z wynikami uzyskanymi przy użyciu w pełni turbulentnego modelu $k-\omega$ i modelu przejścia laminarno-turbulentnego LCTM (ang. local correlation-based transition model) autorstwa Mentera i in. dla przepływu przez płaską palisadę z łopatomy utwierdzonymi na płycie. Zarówno model algebraiczny jak i model LCTM pozwalają uzyskać dobrą zgodność z referencyjnymi wynikami LES na uśrednionych masowo rozkładach ciśnień całkowitych wzdłuż kanału międzyłopatkowego. Jednak model algebraiczny jest dokładniejszy od modeli LCTM i $k-\omega$ w oszacowaniach poziomu strat ciśnienia całkowitego w rdzeniach struktur wirowych i kątów prędkości na wylocie z palisady. Dlatego też ulepszony algebraiczny model przejścia laminarno-turbulentnego może stanowić alternatywę dla powszechnie stosowanych modeli przejścia laminarno-turbulentnego opartych na rozwiązaniu dodatkowych równań transportu.