

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Przemysława PANASZA  
zatytułowanej: „Nieliniowe modele powłok z 6 stopniami swobody bazujące na  
dwustopniowych aproksymacjach”

### 1. Główne założenia i zakres pracy.

Recenzowana praca poświęcona jest zagadnieniom teoretycznym i numerycznym związanym z opracowaniem i implementacją 9-cio węzłowych powłokowych elementów skończonych bazujących na kinematyce Reissnera oraz na tensorze odkształcenia Greena. Poprzez odpowiedni dobór przestrzeni konfiguracyjnej układu odniesienia ustroju powłokowego, autor wprowadził dodatkowy parametr obrotu wokół wektora normalnego do powierzchni powłoki uzyskując możliwość jego bezpośredniej prezentacji. Dla wprowadzonych elementów powłokowych autor dodatkowo zaproponował i implementował szereg modyfikacji metod pozwalających na skuteczną eliminację efektów zakleszczenia (zablokowania, przeszywnienia) od ścinania poprzecznego i zakleszczenia membranowego. W tym obszarze autor badał metodę dwustopniowej aproksymacji (ang. *Assumed Strain (AS)*) oraz metodę selektywnego zredukowanego całkowania (ang. *Selective Reduced Integration (SRI)*). Własności opracowanych elementów skończonych oraz modyfikowanych metod autor testował z wykorzystaniem profesjonalnych systemów modelowania zagadnień naukowych i inżynierskich jak ADINA, ABAQUS oraz własnymi programami bazującymi na systemie FEAP.

Autor postawił sobie zadanie wprowadzenia i weryfikacji nieliniowego modelu powłoki z sześcioma stopniami swobody wykorzystującego dwustopniową aproksymację. Proponowane aproksymacje, pozwalają na istotne ograniczenie niepożądanych efektów zakleszczenia w procesie analizy numerycznej dużych deformacji ustrojów powłokowych.

Praca składa się z 7-miu rozdziałów, spisu treści, streszczeń w języku polskim i angielskim, zestawienia oznaczeń, bibliografii o 101 pozycjach oraz krótkiego dodatku. Całość obejmuje 139 stron i zawiera 86 rysunków i 27 tabel.

Zasadniczymi częściami pracy są:

- prezentacja na gruncie mechaniki ośrodków ciągłych, równań trójwymiarowego kontinuum z uwzględnieniem wprowadzonej rotacji wokół normalnej do powłoki. Pozwalają one na wyprowadzenie odpowiednich funkcjonałów: energii odkształcenia, obciążeń zewnętrznych oraz więzów na rotacje, które po wprowadzeniu odpowiedniej aproksymacji są wykorzystane do wyprowadzenia równań dla powłok. Znajdujemy tutaj między innymi opisy kinematyki powłoki przy przyjęciu hipotezy Reissnera oraz charakterystykę związków konstytutywnych dla materiału Saint Venanta-Kirchoffa wykorzystanych w analizie.
- implementacja Metody Elementów Skończonych (MES) w zagadnieniach analizy deformacji ustrojów powłokowych. Autor, bazując na dwupolowym funkcjonałe dla trójwymiarowego kontinuum wyprowadza podstawowe charakterystyki modelu MES układu powłokowego. Wykorzystuje system *AceGen* pozwalający na automatyczne symboliczne różniczkowanie elementów wprowadzonego funkcjonału dla uzyskania

