

Streszczenie

Wzbogacenie modeli konstytutywnych hipersprężystości o opis właściwości reologicznych materiału

W pracy zaproponowano uogólnienie relacji konstytutywnych modeli hipersprężystości materiałów ściśliwych i małościśliwych o opis pozwalający na modelowanie dyssypacji energii z uwzględnieniem postulatów tezy doktoratu. Podstawową tego uogólnienia jest wzbogacony model Ciarleta o poliwy pukłej funkcji energii sprężystości (ES). W przypadku modeli materiałów małościśliwych, funkcja ES związana z deformacją postaciową dotyczy modelu Ishihary-Zahorskiego, który stanowi konsekwentne rozwinięcie drugiego rzędu funkcji ES względem normy izochorycznego prawego tensora deformacji Cauchy'ego-Greena. Przy założeniu niściśliwości funkcja w tej formie spełnia twierdzenie o istnieniu rozwiązania zagadnienia brzegowego hipersprężystości. Parametry obu modeli są określone tak, aby w wyniku kwadratowej aproksymacji funkcji ES względem tensora odkształcenia Lagrange'a były klarownie związane modułem ścinania μ_0 oraz modułem ściśliwości objętościowej K_0 .

Pierwszą propozycją uogólnienia relacji konstytutywnych modeli hipersprężystości o opis właściwości lepkich jest wprowadzenie zmiennej wewnętrznej w postaci zmiennej skalarnej, podobnie jak w relacjach konstytutywnych modeli materiałów w ramach mechaniki uszkodzenia ośrodków ciągłych (CDM). Oprócz modelowania zjawiska uszkodzenia, relacje konstytutywne w ramach tej klasy przewidują wrażliwość na prędkość deformacji oraz zjawisko pełzania oraz relaksacji.

Druga propozycja dotyczy wprowadzenia w funkcji Helmholtza zmiennej wewnętrznej w postaci tensora drugiego rzędu. Forma równania ewolucji na taką zmienną wewnętrzną sprowadza model do znanej w literaturze quasi-liniowej, całkowitej postaci równań lepko-sprężystości (QLV). W zakresie tej klasy możliwe jest modelowanie wrażliwości na prędkość deformacji oraz trwałych odkształceń w wyniku procesu obciążenia-odciążenia.

Obie klasy modeli w przypadku materiałów ściśliwych rozbudowano w ramach opisu materiałów zbrojonych włóknami. W związku z tym relacja konstytutywna takiego modelu może mieć interpretację materiału kompozytowego złożonego z lepko-sprężystej matrycy i sprężystych włókien. W pracy skupiono się na modelu z jedną rodziną włókien, co nadaje

sens uproszczonej wersji materiału o transwersalnej izotropii.

Zaproponowane w pracy relacje konstytutywne lepko-hipersprężystości zostały zaimplementowane w programie Abaqus wykorzystując interfejsy procedur UMAT oraz UANISOHYPER. Na podstawie tych podprogramów przeprowadzono weryfikacyjne obliczenia w zadaniach z jednorodnymi, jak i niejednorodnymi polami deformacji.

Słowa kluczowe: hipersprężystość, lepko-hipersprężystość, energia sprężystości, dyssypacja, transwersalna izotropia, metoda elementów skończonych, materiały zbrojone włóknami