

Analiza uklona aksialno funkcionalno gradientnih koničnih nanonosilcev na elastični podlagi s pomočjo nelokalne teorije elastičnosti

Ma' en S. Sari¹ – Wael G. Al-Kouz^{2,*} – Anas Atieh³

¹Nemško-jordanska univerza, Oddelek za strojništvo, Jordanija

²Nemško-jordanska univerza, Oddelek za mehatroniko, Jordanija

³Nemško-jordanska univerza, Oddelek za industrijski inženiring, Jordanija

Predmet študije je analiza stabilnosti aksialno funkcionalno gradientnih koničnih nosilcev. Euler-Bernoullijevi nosilci na mikro-/nanoravni so modelirani s pomočjo Eringenove nelokalne teorije elastičnosti. Vodilne enačbe so izpeljane z diferencialnimi konstitutivnimi relacijami, za pretvorbo diferencialnih enačb gibanja v množico algebrskih enačb pa je uporabljena kolokacijska metoda Čebišova. Nato so določeni robni pogoji in nastali problem lastne vrednosti je razrešen za določitev kritičnih uklonskih obremenitev. Preučeni so vplivi Winklerjevega modula, strižnega modula, koničnosti po širini, koničnosti po višini, koeficienta nelokalne skale in robnih pogojev na kritične uklonske obremenitve. Variabilni koeficienti v vodilni diferencialni enačbi so spremenljiva višina, širina, drugi moment ploskve in modul elastičnosti. Rezultati predlaganega modela so bili verificirani s primerjavo z znanimi podatki iz literature, pri čemer je bilo ugotovljeno dobro ujemanje ter potrjena veljavnost predlaganega numeričnega pristopa in rešitve.

Za diskretizacijo vodilne enačbe in robnih pogojev je bila uporabljena spektralna kolokacijska metoda Čebišova. Znano je, da morata biti pri tankih konstrukcijah, ki so modelirane kot Euler-Bernoullijevi nosilci, izpolnjena dva robna pogoja na koncih nosilca. Ker je v vsaki točki samo ena neznanka, je torej kolokacijsko metodo Čebišova mogoče uporabiti samo za izpolnitev enega od robnih pogojev. Za razrešitev te težave sta bila uporabljena dva robna pogoja tako, da je bil odmik v mejni in sosednji točki izražen z odmiki ostalih točk iz domene.

Rezultati so pokazali, da se s povečevanjem parametra skale zmanjšujejo uklonske obremenitve in stopnja zmanjševanja uklonskih obremenitev je večja pri AFG-nanosilcih C-C kot pri AFG-nanosilcih S-S. Iz ugotovitev sledi sklep, da se s povečevanjem koničnosti po širini in višini zmanjšuje uklonska obremenitev, uklonska obremenitev AFG-nosilca C-C pa je občutljivejša na povečanje koničnosti po širini in višini kot pri AFG-nosilcu S-S. S povečevanjem vrednosti strižnega in Winklerjevega modula se povečuje kritična uklonska obremenitev. Ta je ob enakih vrednostih omenjenih parametrov večja pri nosilcu C-C kot pri nosilcu S-S. Iz diagramov je razvidno, da je stopnja povečevanja brezdimenzijske uklonske obremenitve odvisna od razpona Winklerjevega modula. Parameter skale je dominantnejši od Winklerjevega modula in pri razmeroma velikih vrednostih parametra nelokalne skale ima vrednost Winklerjevega modula zanemarljiv vpliv na brezdimenzijske kritične uklonske obremenitve. Kritična uklonska obremenitev je za nosilce C-C v splošnem večja kot za nosilce S-S, pri razmeroma visokih vrednostih parametra nelokalne skale pa so si te vrednosti kritične uklonske obremenitve zelo podobne.

Rezultati pričujoče študije bodo lahko uporabni pri konstruiranju in optimizaciji dvojno koničnih nanonaprav, izdelanih iz aksialno funkcionalno gradientnih materialov, vdelenih v elastični medij, v pomoč pa bodo tudi pri preučevanju uklonskega odziva dvojno koničnih nanonaprav (ki jih je mogoče modelirati kot tanke nosilce) za uporabo v vlogi mehanskih resonatorjev, zaznaval in izvršnih členov. Avtorji upajo, da bodo rezultati uporabni tudi znanstvenikom, ki se ukvarjajo z razvojem aksialno funkcionalno gradientnih tankih mikro- in nanokonstrukcij.

Ključne besede: uklon, proste vibracije, aksialno funkcionalno gradientni nosilci, Eringenova nelokalna teorija elastičnosti, kolokacijska metoda Čebišova, problem lastnih vrednosti