

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Rozwój nowoczesnych konstrukcji wymaga opracowywania coraz dokładniejszych modeli matematycznych, których zachowanie jest opisane z coraz większą dokładnością w różnych warunkach dynamicznych. Ostatnio wiele uwagi poświęca się nieliniowej dynamice belek, które stanowią jeden z ważniejszych elementów konstrukcyjnych, pracujących w różnych warunkach brzegowych, takich jak: obustronne utwierdzenie, wspornik, zawias-zawias, zawias-swobodne podparcie itd. Pomimo złożoności rozpatrywanego problemu, dostępne na rynku zaawansowane oprogramowanie matematyczne i sprzęt komputerowy o dużej mocy obliczeniowej, pozwalają na wyznaczenie precyzyjnych rozwiązań analitycznych i dokładnych modeli matematycznych. Wcześniej wspomniane modele matematyczne uwzględniają nieliniowości np. geometryczne oraz związane z warunkami brzegowymi (m.in. złożone nieliniowe i niejednorodne dynamiczne warunki brzegowe).

Duża liczba publikacji naukowych dotyczy dynamiki belek, zakładając w mniejszy lub większy stopień przybliżenia, a następnie prezentując rozwiązania uzyskane różnymi metodami tylko dla specyficznych wartości paramentów. Celem projektu jest metodologiczne opracowanie, a następnie analiza geometrycznie ścisłego modelu belki, w którym uwzględnione są nieliniowości geometryczne oraz sprzężenie drgań giętnych, wzdluznych i deformacji postaciowej (rozszerzony nieliniowego modelu belki Timoszenki). Ponadto, zakłada się że jeden koniec belki jest utwierdzony przegubowo (uwzględniając bezwładność). Drugi koniec ma swobodę ruchu wzdluznego i obrotu oraz może posiadać dołączony element sprężysty lub/i masę skupioną. Według najlepszej wiedzy autora, sugerowane badania opisują sposób modelowania, uwzględniający wszystkie efekty mechaniczne rozciągliwej belki, jak również pozwalają na bardzo ogólne modelowanie nieidealnych warunków brzegowych. Takie podejście umożliwi dogłębne zrozumienie dynamiki układu, odpowiednio uporządkowanie warunków pracy, a następnie rozbudowanie jego zastosowania do innowacyjnych przedmiotów codziennego użytku.

Głównym celem tego projektu jest zbadanie nieliniowej dynamiki płaskiego modelu belki, biorąc pod uwagę wszystkie geometryczne nieliniowości. Oferowany model obejmuje: bezwładności osiową oraz poprzeczną i obrotową; odkształcenia podłużne, ścinające i zginające, w których zawarte są efekt ścinania Timoszenki oraz krzywizna rozciągliwego elementu belki. Zaproponowano geometrycznie ścisły model płaskiej belki, który jest bez jakichkolwiek przybliżeń, redukcji lub uproszczeń. Umożliwia to analizowanie drgań o dużych amplitudach, które dobrze odzwierciedlają rzeczywistość (w zakresie sprężystym materiału). Intencją autora jest zwrócenie uwagi na *swobodne* i *wymuszone-tłumione* drgania belki swobodnie podpartej z arbitralnie zamocowanymi sprężynami (osiowo i/lub obrotowo) oraz bezwładności (translacyjne i obrotowe). Ponadto, planowana jest dogłębna analiza rezonansowa, w której jest przewidziana progresywna lub regresywna odpowiedź amplitudowo-częstotliwościowa. Jak również, możliwe będzie zbadanie sprzężonych drgań wzdluzno-poprzecznych, wieloczęstotliwościowych wymuszeń, rezonansów podharmonicznych lub superharmonicznych (np. o stosunkach częstości jeden do dwóch i jeden do trzech) oraz rezonansów wewnętrznych. Ten ostatni przypadek dla belki podpartej swobodnie nie został zbadany do tej pory. Zdobyta wiedza o nieliniowych drganiach wspomnianego modelu może znaleźć zastosowanie w wielu aplikacjach takich jak: inżynieria mechaniczna, lądowa, kosmiczna, morska oraz w motoryzacji, sterowaniu układów elektromechanicznych jak również systemów mikro-elektromechanicznych.

Opracowany model matematyczny będzie oparty na układzie trzech sprzężonych cząstkowych równań różniczkowych (uwzględniających drgania w kierunkach osiowym, ścinania i zginania) oraz związanych z nimi warunków brzegowych. Rozwiązania analityczne zostaną wyznaczone za pomocą metody wielu skal czasowych. Rozwiązania w przybliżeniu drugiego rzędu będą wyprowadzone w celu uzyskania odpowiedzi układu jako *krzywych częstotliwościowych* w przypadku drgań wymuszonych jak również *krzywych szkieletowych* dla drgań swobodnych. Wyniki analityczne zostaną potwierdzone przez porównanie z symulacjami numerycznymi. Krzywe częstotliwościowo-amplitudowe zostaną wykonane w komercyjnym oprogramowaniu - Abaqus CAE®, w którym zostaną wykorzystane moduły *frequency linear perturbation* (liniowe zaburzenia częstotliwościowe) oraz *dynamic explicit* (symulacje w dziedzinie czasu). Ostatnim etapem projektu będzie przeprowadzenie badań eksperymentalnych, w których odpowiednio zaprojektowane stanowisko badawcze zostanie zamocowane na stole ślizgowym. Poprzez kinematyczne wymuszenie układu w okolicy n-tej postaci giętej belki, zostaną wykreślone krzywe amplitudowo-częstotliwościowe. Pomiarów zostaną powtórzone dla kilku różnych wariantów warunków brzegowych w celu identyfikacji parametrów niezbędnych do doprecyzowania modelu matematycznego.