

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Ilony Cieślińskiej-Gąsior

pt. *"Stateczność i drgania swobodne wstępnie sprężonej kolumny geometrycznie nieliniowej spoczywającej miejscowo na podłożu Winklera poddanej obciążeniu swoistemu"*

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Janusz Szmidla, prof. PCz, promotor pomocniczy dr hab. inż. Krzysztof Sokół, prof. PCz

Ocenę opracowano na zlecenie kierownika dyscypliny naukowej „Inżynieria mechaniczna”, Wydziału Mechanicznego i Informatyki Politechniki Częstochowskiej.

1. CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY, CEL I ZAKRES PRACY

W przedstawionej do oceny rozprawie doktorskiej pt. *"Stateczność i drgania swobodne wstępnie sprężonej kolumny geometrycznie nieliniowej spoczywającej miejscowo na podłożu Winklera poddanej obciążeniu swoistemu"* przeprowadzono analizę drgań własnych oraz stateczności kolumn geometrycznie nieliniowych wstępnie sprężonych lub bez wstępnego sprężenia obciążonych siłą śledzącą. Wyprowadzony został model matematyczny kolumny złożonej z prętów połączonych nieodkształcalną bryłą o zadanej masie. Następnie, na tej podstawie wyznaczono rozwiązania analityczne za pomocą metody małego parametru. Model układu wykorzystany został do dogłębnych analiz wpływu podparcia, siły śledzącej, sprężenia oraz innych wybranych parametrów strukturalnych na stateczność kolumny i jej częstotliwości drgań własnych. Zadanie polegało na wyznaczeniu obciążenia bifurkacyjnego struktury nieliniowej i liniowej w funkcji parametrów oraz zakresów obciążeń w których występują bifurkacje dywergentne lub pseudoflaterowe.

Podjęty temat badawczy uważam za ciekawy i ważny z naukowego i praktycznego punktu widzenia. Uzyskane wyniki mają wpływ na projektowanie smukłych układów podporowych w celu optymalnego doboru parametrów struktury. Analizowane w pracy problemy stateczności nieliniowych struktur smukłych wymagały od Doktorantki dogłębnego zrozumienia relacji fizycznych występujących w badanych strukturach oraz ich opisu matematycznego z uwzględnieniem dodatkowych efektów nieliniowych.

Rozprawa doktorska składa się z dziesięciu rozdziałów, spisu literatury, wykazu ważniejszych oznaczeń, streszczeń w języku polskim i angielskim oraz oświadczenia o samodzielnym napisaniu pracy.

We wstępie Doktorantka przedstawia tematykę pracy, podkreślając znaczenie utraty stateczności w przypadku układów smukłych. W kolejnym rozdziale przedstawiony jest obszerny przegląd literatury, który został podzielony tematycznie ze względu na sposób obciążenia, stateczność struktur geometrycznie nieliniowych, lokalną i globalną utratę równowagi, stateczność kolumn spoczywających na podłożu sprężystym oraz układów sprężonych wstępnie w tym z elementami piezoceramicznymi. Przegląd literatury wykonany został rzetelnie, zawiera rysunki i wzory wyjaśniające podstawowe pojęcia co ułatwia zrozumienie podjętej tematyki. Na podstawie przedstawionego aktualnego stanu wiedzy sformułowano cel i zakres pracy (rozdział 3). Nowością pracy jest analiza wpływu miejscowego podłoża Winklera na stateczność i drgania własne nieliniowej kolumny sprężonej wstępnie, obciążonej siłą śledzącą. Cele i zakres pracy zostały zdefiniowane w sposób klarowny wskazując wkład własny Doktorantki. Podane zostały założenia upraszczające przyjęte w dalszej części pracy, co jest jak najbardziej zrozumiałe.

W czwartym rozdziale przedstawiony został model fizyczny układu z podziałem na klasy. Poszczególne modele oznaczono w sposób jednoznaczny co pozwoliło na używanie symboli przy prezentowaniu i interpretacji uzyskanych wyników. Na podstawie przyjętego modelu fizycznego, w kolejnym rozdziale piątym, sformułowano zależności na energię kinetyczną i potencjalną z uwzględnieniem sprężystego podparcia, masy umieszczonej na końcu kolumny oraz obciążenia siłą. W tej części pracy (rozdz.5.1) nieco brakuje komentarzy do zastosowanych wzorów w odniesieniu do wcześniej przyjętych założeń. Na podstawie zasady Hamiltona wyprowadzono równania dynamiki kolumny oraz stowarzyszone warunki brzegowe. Równania różniczkowe, które sprowadzono do postaci bezwymiarowej, rozwiązano metodą małego parametru dla prostoliniowej i krzywoliniowej postaci równowagi statycznej.

W rozdziale szóstym za pomocą małego parametru rozwiązano zagadnienie własne oraz wyznaczono przebieg zmian wartości własnych w zależności od obciążenia oraz sztywności podłoża Winklera.

Szczegółowe obliczenia numeryczne stateczności i drgań własnych kolumny nieliniowej spoczywającej miejscowo na podłożu Winklera wykonano w kolejnych rozdziałach, dla kolumny bez wstępnego sprężenia w rozdziale 7, wstępnie sprężonej obciążonej siłą śledzącą skierowaną do dodatniego bieguna w rozdziale 8. Wyniki przedstawiono w postaci serii wykresów m.in. zmiany parametru obciążenia bifurkacyjnego w funkcji asymetrii sztywności, w funkcji umiejscowienia, długości i sztywności podłoża Winklera, promienia głowicy wywołującej obciążenie. Wyznaczono również obszary lokalnej i globalnej niestateczności

kolumny. Podobne wykresy wykonano przedstawiając wpływ ww. parametrów na zmianę dwóch pierwszych częstości własnych.

W kolejnym dziewiątym rozdziale przedstawiono wyniki obliczeń numerycznych wartości i postaci drgań własnych w funkcji obciążenia zewnętrznego. Wyznaczono postacie odpowiadającej podstawowej częstości drgań własnych oraz obszary bifurkacji dywergentnej lub pseudo-dywergentnej. Całość badań podsumowano w rozdziale dziesiątym, w którym przedstawiono również wnioski końcowe i znaczenie praktyczne uzyskanych wyników. W wykazie literatury zawarto 173 publikacje.

2. OCENA METODYKI BADAŃ ORAZ UZYSKANYCH WYNIKÓW

Przedstawiona praca stanowi oryginalne opracowanie Doktorantki w zakresie badań modelowych, analitycznych i numerycznych smukłych nieliniowych kolumn obciążonych siłą śledzącą. Zakres pracy jest bardzo obszerny, obejmuje on bowiem kilka ważnych etapów, zaproponowanie nieliniowego modelu struktury, wyprowadzenie równań różniczkowych cząstkowych ruchu oraz stowarzyszonych warunków brzegowych za pomocą zasady Hamiltona. Następnie, równania rozwiązano metodami analitycznymi i numerycznymi oraz przeprowadzono dogłębną analizę wpływu parametrów struktury na jej stateczność.

Wyznaczenie rozwiązań analitycznych i numerycznych dla wszystkich analizowanych przypadków omówionych w rozprawie doktorskiej wymagało od Doktorantki dużego nakładu pracy oraz wykazania się odpowiednim przygotowaniem merytorycznym.

Do najważniejszych zagadnień zbadanych przez Autorkę należy zaliczyć wyprowadzenie modeli matematycznych pozwalających na zbadanie wpływu parametrów konstrukcyjnych, obciążenia, umiejscowienia, długości i sztywności miejscowego podłoża sprężystego oraz sprężenia na stateczność i drgania własne nieliniowej kolumny. Wyniki przedstawiono w logiczny sposób wykazując obszary utraty stabilności. Wykonane powyżej badania i uzyskane wyniki są oryginalnym wkładem Autorki w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w praktyce, w projektowaniu smukłych struktur podporowych.

3. PYTANIA I UWAGI KRYTYCZNE

Zaproponowane modele są poprawne oraz uzyskane wyniki są spójne i logiczne. Niemniej jednak warto byłoby w pracy zamieścić choć kilka przypadków weryfikacji numerycznej



opartej np. na metodzie elementów skończonych. Byłoby to końcowe potwierdzenie poprawności modeli analitycznych.

W pracy zaproponowano model nieliniowy, warto byłoby dokładniej dopowiedzieć skąd biorą się nieliniowości geometryczne i jak są opisane. Bardzo proszę o wyjaśnienie tego na publicznej obronie, komentując odpowiednio zależności na energie (5.1)-(5.6) oraz końcowe równania różniczkowe (5.19)-(5.21).

W modelu pominięto drgania wzdłużne kolumny. Proszę o dokładniejsze uzasadnienie tego założenia w kontekście wpływu drgań masy głowicy i generowanych dynamicznych warunków brzegowych.

Tłumienie wewnętrzne i zewnętrzne również zostało pominięte. W jaki sposób należałoby uwzględnić tłumienie oraz jaki jest spodziewany wpływ tłumienia na uzyskane wyniki ?

W pracy używane są dwa pojęcia: obciążenie krytyczne oraz obciążenie bifurkacyjne. Taki podział nie jest poprawny, obciążenie krytyczne jest też obciążeniem bifurkacyjnym.

Również, używane jest pojęcie masy skupionej, raczej chodzi o bryłę sztywną, ciało nieodkształcalne.

Na str. 41 pod (4.11)-(4.12) podano założenie „W pracy przyjęto założenie, że podłoże sprężyste nie narusza symetryczności układu.”. Proszę o wyjaśnienie tego założenia.

Proszę o dokładniejsze wyjaśnienie i uzasadnienie na publicznej obronie dlaczego wstępne sprężenie kolumny nie jest wskazane.

Przeгляд literatury oparty jest w głównej mierze na pracach rozwijanych przez zespół. Odniesienie do prac innych autorów jest nieco ograniczone.

Usterki edytorskie i językowe

W pracy używany jest zwrot „przy uwzględnieniu” (np. str.3 i inne), poprawnie powinno być „z uwzględnieniem”. Również zwrot „w oparciu o” nie jest poprawny, powinno być „oparty na”.

Str.11 „...wyróżnia się trzy kryteria utraty stateczności” a poniżej wymieniane są metody a nie kryteria

Str.15 linia 9 od dołu: „Badania stateczności kinematyczne ...” ?

Str.20 linie 5 nad rys.2.3: „zbudowana jest dwóch prętów zewnętrznych odnośnie do elementu o sztywności”. Niepoprawny zwrot „odnośnie do elementu” powtarza się w kilku miejscach pracy (np. str. 75, 107).

Str.24 i inne: „zamodelowanie” jest to żargon, niepoprawny choć powszechnie używany,

Str.65 niedokończony podpis pod rys.6.2

Podpisy pod rysunkami 7.7-7.12 są identyczne. Pomimo legend na rysunkach podpisy pod rysunkami powinny jednoznacznie informować czytelnika o zmienianych parametrach.

Str. 118 linia 4: „powoduje bardziej efektywniejsze zmniejszenie” ?

4. OCENA ROZPRAWY I WNIOSEK KOŃCOWY

Recenzowana praca zawiera oryginalne wyniki badań naukowych uzyskanych przez Doktorantkę. Zastosowane metody analityczne i numeryczne pozwoliły na opracowanie nieliniowego modelu kolumny spoczywającej miejscowo na podłożu Winklera i na tej podstawie wyznaczenie wartości obciążeń krytycznych (bifurkacyjnych) w funkcji najważniejszych parametrów strukturalnych układu.

Biorąc pod uwagę całość pracy tj. jej wartość poznawczą oraz wkład własny Autorki stwierdzam, że pomimo uwag krytycznych, rozprawa doktorska mgr inż. Ilony Cieślińskiej-Gąsior pt. *"Stateczność i drgania swobodne wstępnie sprężonej kolumny geometrycznie nieliniowej spoczywającej miejscowo na podłożu Winklera poddanej obciążeniu swoistemu "* spełnia wymagania stawiane w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym w odniesieniu do prac doktorskich. Wnioskuje zatem o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Ponadto, biorąc pod uwagę opracowane modele, zaawansowane obliczenia analityczne i numeryczne, obszerność pracy i uzyskane wyniki, wnioskuje o jej wyróżnienie.

Jerzy Warmiński

