

Prof. dr hab. inż. Paweł Śniady

Wrocław, 29. 08. 2008r.

Politechnika Wrocławska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Instytut Inżynierii Lądowej

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Dyniewicza

*pt. "Dynamiczne właściwości układu hybrydowego poddanego ruchomym źródłom
zaburzeń".*

1. Informacje ogólne

Recenzję opracowano na zlecenie doc. Dr hab. Kazimierza Piechóra, Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, pismo z dnia 17 czerwca 2008 roku. Recenzowana rozprawa doktorska składa się z 9 rozdziałów, dodatku, spisu literatury obejmującego 84 pozycje i przedstawiona została na 90 stronach.

2. Opis pracy i komentarze

Bardzo częstym zjawiskiem w konstrukcjach inżynierskich jest występowanie drgań wywołanych poruszającym się obciążeniem. Zagadnienie to występuje między innymi w dynamice mostów, szyn kolejowych, pasów startowych lotnisk, dróg, trakcji kolejowej a także samolotów, raket i różnych urządzeniach mechanicznych. Problem ten ma więc istotne znaczenie w praktyce inżynierskiej a równocześnie badanie drgań konstrukcji wywołanych ruchomym obciążeniem może być interesującym zagadnieniem naukowym. Z zakresu tej problematyki ukazało się setki prac. W Polsce tematyka ta była popularna w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Rozpatrywano drgania

struny, belki Bernoulliego-Eulera, belki Timoszenki, płyty, układów złożonych jak belki ciągłe, kratownica-belka ciągła, łuk-belka ciągła, mosty kolejowe modelowane układem belek, mosty wiszące itp. Ruchome obciążenie modelowano siłą skupioną, obciążeniem rozłożonym, masą skupioną i równomiernie rozłożoną, oscylatorem o jednym lub kilku stopniach swobody. Ciekawym zagadnieniem rozpatrywanym także w polskich pracach jest problem stabilności drgań układu konstrukcja (belka) ciąg ruchomych obciążeń inercyjnych w postaci mas skupionych lub oscylatorów ruchomych. Również w ostatnich latach obserwuje się w literaturze światowej ożywione zainteresowanie tematyką drgań konstrukcji wywołanych ruchomym obciążeniem co wynika z większych możliwości obliczeniowych komputerów. Podjęty w pracy temat dotyczący drgań dźwigarów wywołanych ruchomym obciążeniem może mieć istotne znaczenie praktyczne a równocześnie pozwala na interesujące badania teoretyczne.

We wstępie do rozprawy Autor omawia problematykę drgań konstrukcji wywołanych ruchomym obciążeniem oraz formułuje cel pracy. W skrócie celem pracy jest uporządkowanie istniejących rozwiązań, uzyskanie rozwiązań zamkniętych i modyfikacja macierzy charakterystycznych układu, tak aby wpływ ruchomej masy mógł być uwzględniony przez dodanie do macierzy globalnej pojedynczego elementu, uwzględniającego wpływ przesuwałej się masy.

Rozdział drugi zawiera znane w literaturze wyprowadzenia równań ruchu struny, belki Bernoulliego-Eulera i belki Timoszenki.

W rozdziale trzecim przedstawiono rozwiązania analityczne dla drgań struny poddanej działaniu ruchomych obciążeń skupionych. Rozpatrzono kilka przypadków. Podano znane w literaturze klasyczne rozwiązania dla drgań struny wywołanych siłą poruszającą się ze stałą prędkością. Rozpatrzono przypadek, gdy prędkość siły jest różna od prędkości propagacji fali poprzecznej i gdy te prędkości są sobie równe. Te znane klasyczne rozwiązania

Doktorant wyprowadza stosując metodę rozdzielenia zmiennych i skończonej sinusowej transformacji Fouriera (rozwińcie w szereg Fouriera). Moim zdaniem w rozpatrywanym przypadku są to dwie wersje tej samej metody i dlatego wystarczyło jedno wyprowadzenie rozwiązania, jeżeli Autorowi zależało na jego przedstawieniu. Stan przemieszczeń struny wywołany poruszającą się ze stałą prędkością mniejszą, równą i większą od prędkości fali siłą skupioną można zobaczyć na rysunku 2.3 (str. 11) w cytowanej pracy [83]. Jak wynika z tekstu na str.15 w przykładach Doktorant przyjmuje, że wszystkie wielkości są równe jedności bez uwzględnienia miana wielkości. Użycie mian wielkości uważam za obowiązkowe, ponieważ jest między innymi jednym ze sposobów sprawdzania poprawności wyprowadzonych rozwiązań. Kolejne zadanie przedstawione w tym rozdziale to wyznaczenie przemieszczeń masy skupionej poruszającej się ze stałą prędkością po strunie, której masę pominięto. Stan przemieszczenia masy opisuje równanie różniczkowe o zmiennych współczynnikach. Doktorant przedstawia własne rozwiązanie problemu zależne od wprowadzonego parametru α . Szczegółowo wyjaśnia osobliwość rozwiązania, gdy ruchoma masa zbliża się do końca struny. W tym przypadku zamiast przemieszczeń warto analizować siłę lub naprężenia w strunie, które dążą do nieskończoności.

Rozwiązania otrzymane w sposób klasyczny i znane w literaturze dla drgań belki swobodnie podpartej Bernoulliego-Eulera i belki Timoszenki wywołanych poruszającą się ze stałą prędkością siłą podano w rozdziale czwartym.

W rozdziałach piątym i szóstym przedstawiono rozwiązania dla drgań struny, belki Bernoulliego-Eulera i belki Timoszenki, które są swobodnie podparte wywołanych poruszającą się ze stałą prędkością masą skupioną. Zadania te rozwiązywane były w wielu pracach. Po rozwinięciu funkcji przemieszczeń w szereg funkcji własnych (w tym przypadku sinusów) i ortogonalizacji problem sprowadza się do numerycznego rozwiązywania układu równań różniczkowych o zmiennych współczynnikach. W pracy brak

informacji ile współrzędnych uogólnionych przyjęto w rozwinięciu w szereg, a więc jaki jest wymiar układu równań. Ma to istotne znaczenie dla dokładności wyznaczonych wielkości szczególnie sił przekrojowych jak momenty i siły tnące. W przypadku struny przedstawiono drugą wersję rozwiązania, w której wykorzystano równania Lagrange'a 2-go rodzaju. Doktorant podaje (str.36), że w przypadku struny wykonano także obliczenia metodą elementów skończonych. Szkoda, że nie przedstawiono tego rozwiązania. W miejscu połączenia dwóch elementów są nieciągłe drugie pochodne. Implikuje to dodatkowe siły inercji ruchomej masy, co nie jest zgodne z rzeczywistym zjawiskiem. Chciałbym przypomnieć, że problem drgań struny i belek wywołanych ruchomą masą można także sprowadzić do rozwiązywania numerycznego równania całkowego Volterry.

Ważnym elementem pracy jest rozdział siódmy, w którym przedstawiono rozwiązanie dla dynamiki struny i belek poddanych działaniu poruszającej się ze stałą prędkością masy bazujące na zastosowaniu metody elementów czasoprzestrzennych w wariacie prędkościowym. Zastosowanie metody elementów czasoprzestrzennych Doktorant uzasadnia tym, że klasyczna metoda elementów skończonych daje wyniki błędne i wskazuje na rozwiązania w pracy Filho z 1978 roku. Chciałbym przypomnieć, że w Polsce klasyczną metodę elementów skończonych w dynamice dźwigów poddanych działaniu ruchomych obciążeń inercyjnych stosował między innymi T. Borowicz już w latach siedemdziesiątych (warto przeglądać kilka roczników Archiwum Inżynierii Lądowej z lat siedemdziesiątych). Doktorant dużo uwagi poświęca drganiom struny, natomiast tylko w kilku wierszach omawia rozwiązanie belki Timoszenki, co byłoby bardziej interesujące. Chętnie bym zobaczył, skąd się bierze ostatni człon we wzorze (7.18).

Rozdział ósmy zatytułowany „Przykłady zastosowań” zawiera dwa elementy. Pierwszy stanowi analiza drgań układu o wielu stopniach swobody modelującego tor kolejowy obciążonego pojazdem szynowym. Przedstawiono własny, oryginalny algorytm iteracyjny

rozwiązujący postawiony problem. Uważam, że temu zagadnieniu należało poświęcić więcej uwagi niż klasycznym zadaniom, których rozwiązania są znane a które zamieszczono w pracy. Rozdział ten zawiera także krótkie omówienie zastosowania metod bezsiatkowych w dynamice struny poddanej działaniu obciążeń ruchomych. Myślę, że również ta tematyka mogła dostarczyć więcej elementów oryginalnych niż początkowe rozdziały.

Wnioski końcowe podano w rozdziale ostatnim. Tylko kilka wniosków wynika z własnych oryginalnych rozwiązań Autora. Nie mogę uznać za prawdziwe stwierdzenia, że praca porządkuje problematykę związaną z dynamiką struny i belek poddanych działaniu obciążeń ruchomych usuwając błędy i uproszczenia występujących w innych pracach. Wśród wielu prac z tej tematyki także są takie, które zawierają rozwiązania błędne. Tematyka ta była podejmowana już w czasach, gdy nie istniały komputery i w celu uzyskania rozwiązania stosowano różne uproszczenia. Niektóre stwierdzenia charakteryzuje pewna egzaltacja. Na przykład na stronie 74 czytamy „Prezentowane metody rozwiązania, szczególnie te numeryczne, mają ogromną wartość inżynierską”. Dalej na stronie 76 mamy „Prawidłowe rozwiązania zagadnień ruchomych obciążeń mają kolosalne znaczenie w zastosowaniach inżynierskich.” Szkoda, że Doktorant nie w pełni ma rację, twierdząc o „ogromnym” czy „kolosalnym” znaczeniu.

3. Ocena pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Bartłomieja Dyniewicza pt. „Dynamiczne właściwości układu hybrydowego poddanego ruchomym źródłom zaburzeń” dotyczy dynamiki struny i belek swobodnie podpartych Bernoulliego-Eulera i Timoszenki poddanych działaniu ruchomego obciążenia w postaci poruszającej się siły skupionej lub masy skupionej. Rozpatrywane obiekty są proste i były analizowane w wielu pracach. Zastrzeżenia mam do samego tytułu pracy. Strunę i belki trudno zaliczyć do układu hybrydowego, termin „źródło zaburzeń” też w

pełni nie określa jakie jest obciążenie. Praca zawiera szereg rozwiązań przedstawianych jako oryginalne osiągnięcia Doktoranta, a których sposób otrzymywania i one same są znane. Za oryginalne osiągnięcia Doktoranta uważam:

- rozwiązanie zamknięte w dynamice struny, której masę pomija się obciążonej ruchomą masą,
- zastosowanie elementów czasoprzestrzennych w przypadku obciążeń ruchomych,
- analiza układu modelującego drgania toru wywołanych ruchomym obciążeniem,
- zastosowanie metody bezsiatkowej w dynamice struny obciążonej ruchomym obciążeniem.

Pewne uwagi redakcyjne przekażę przy okazji spotkania z Doktorantem. Na jedną sprawę chciałbym zwrócić uwagę. W wielu wzorach, w których występuje druga pochodna funkcji złożonej po lewej stronie powinny być symbole zwykłej pochodnej a po prawej stronie symbole cząstkowych pochodnych. W pracy po obu stronach wzorów są symbole pochodnych cząstkowych, co jest mylące.

4. Wniosek końcowy

W podsumowaniu chciałbym stwierdzić, że przedstawiona rozprawa doktorska mgr inż. Bartłomieja Dyniewicza, mimo różnych moich uwag krytycznych, jest samodzielnym rozwiązaniem zadania naukowego i odpowiada wymaganiom stawianym pracom doktorskim i na podstawie Art.13, pkt. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dziennik Ustaw nr 65, poz.598) wnoszę o przyjęcie pracy i dopuszczenie jej do publicznej obrony

