

Tomasz Łodygowski
Instytut Konstrukcji Budowlanych
Politechniki Poznańskiej
ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań
Tomasz.Lodygowski@put.poznan.pl
www.put.poznan.pl
www.ikb.poznan.pl

Poznań, 19 stycznia 2008

Opinia na temat rozprawy doktorskiej mgr inż. Marcina A. WIKŁO
pt.: *Projektowanie ustrojów adaptacyjnych poddawanych obciążeniom udarowym*

1. Uwagi ogólne i treść pracy

Recenzowana rozprawa liczy 121 stron. Składa się z pięciu rozdziałów oraz zawiera zestawienie bibliografii i dwa Załączniki. Autor podejmuje w swej rozprawie wybrane elementy, aktualnego problemu neutralizacji efektów obciążeń udarowych. Analizując układy mechaniczne, mające na celu redukcję efektów dynamicznych, trzeba mieć na względzie aktywne bądź pasywne tłumienie drgań, jak również rozpraszanie energii dostarczanej do układu w trakcie uderzenia lub wybuchu. W swym podejściu, Autor koncentruje się na konstrukcjach aktywnie sterowanych wyposażonych w czujniki identyfikujące uderzenie lub w aktywne dyssypatory. Podejmowane zadanie koncentruje się na sformułowaniu problemu optymalnej aktywnej absorpcji impaktu, oraz na stworzeniu oprogramowania umożliwiającego analizę wrażliwości, służącą podejmowaniu decyzji o dystrybucji masy, sztywności aktywnie sterowanych elementów adaptacyjnych i ich cechach konstytutywnych (zmiana granicy plastyczności). Samo zagadnienie redukcji drgań konstrukcji, np. w inżynierii lądowej czy przemyśle lotniczym bądź samochodowym, oraz zapewnienia bezpieczeństwa osób na okoliczność obciążeń nadzwyczajnych nie jest problemem nowym. Próby aktywnego lub pasywnego ograniczenia drgań układów oraz głównie pasywnych metod dyssypacji energii, są dziś bardzo zaawansowane i doczekały się już bogatej literatury i praktycznych wdrożeń. Propozycja Autora, zajęcia się aktywnym sterowaniem absorpcją impaktu jest więc działalnością na czasie.

W Rozdz.1 Autor przedstawił motywacje podjęcia badań proponowanego zagadnienia, dokonał skondensowanego przeglądu metod stosowanych w problemach aktywnego sterowania dyssypacją efektów dynamicznych. Autor omówił koncepcję aktywnej adaptacji do obciążeń udarowych, jak również określił cel pracy i jej zakres. Za cel, Autor uznał zbudowanie narzędzi szybkich analiz dynamicznych modelowania redystrybucji mas, sztywności i nieliniowości fizycznych oraz odpowiedniej analizy wrażliwości metodą dystorsji wirtualnych. Autor również za cel rozprawy uznał wykazanie skuteczności przygotowanego przez siebie oprogramowania do rozwiązywania nietypowych problemów, takich jak projektowanie ustrojów aktywnej absorpcji impaktu (AIA), w celu zwiększenia ich skuteczności w sytuacjach obciążeń losowych, oraz do identyfikacji „off-line” obciążeń dynamicznych na podstawie pomiarów zarejestrowanych przez system monitorujący w czasie rzeczywistym „on-line”.

Rodz.2, bardzo obszerny bo liczący 44 strony, podejmuje dyskusję modelowania systemów aktywnej absorpcji impaktu (AIA). Zaprezentowano w nim grupę metod wirtualnych (impulsowa metoda dystorsji wirtualnych IMDW oraz impulsowa metoda sił wirtualnych IMFV). Metody te dają możliwości łatwego wyznaczania odpowiedzi układu, w którym dokonano modyfikacji zmiennych konstrukcyjnych (sztywności, masy i cech niesprężystych). Odpowiedź ta otrzymywana jest w wyniku analizy dynamicznej modelu

oryginalnego. Otrzymuje się z niej tzw. funkcję przejścia. Dla każdej z omawianych metod zaproponowano algorytm programu obliczeniowego. W obliczeniach zastosowano metodę jawną całkowania równań ruchu, w których założono brak tłumienia. Kilka prostych przykładów dwuwymiarowych kratownic posłużyło do sprawdzenia dokładności i skuteczności działania napisanych przez Autora procedur numerycznych. Zawarte w tym rozdziale algorytmy modelowania nieliniowości fizycznej IMDW (Tab.2.9 i 2.10) są oryginalnymi wynikami Autora osiągniętymi w rozprawie. Przedstawiono również analizę wrażliwości na analizowane zmiany sztywności, mas i granicy plastyczności oraz sprzężone zadanie redystrybucji wszystkich wymienionych wielkości jednocześnie.

Kolejny Rozdz.3 dyskutuje zagadnienie optymalnego projektowania konstrukcji obciążonych dynamicznie z wykorzystaniem wcześniej omówionych metod wirtualnych. Problem polega na takiej redystrybucji elementów konstrukcji, aby otrzymać układ najszywniejszy. Za kryterium optymalnego rozkładu elementów przyjęto funkcję celu, zdefiniowaną jako funkcję sumy kwadratów różnicy przemieszczeń dynamicznych między odpowiedzią wymaganą, a wyznaczoną za pomocą metod wirtualnych. Ograniczeniem jest między innymi stała całkowita objętość kratownicy. Zastosowano algorytm funkcji kary. Na przykładach, Autor wykazał skuteczność stosowanych algorytmów oraz, co ważne, istotne „wytłumienie” odpowiedzi dynamicznej w przypadku optymalnej dystrybucji elementów konstrukcji w porównaniu z konstrukcją oryginalną. Autor również przedyskutował zadanie optymalnej absorpcji udaru dla przypadku wieży kratowej z semi-aktywnym zderzakiem. Dla przypadków projektowania konstrukcji AIA, Autor wykazał skuteczność stosowanych procedur. Sformułowanie tego problemu polega na przyjęciu konstrukcji oryginalnej o dopuszczalnej całkowitej objętości materiału, narażonej na zbiór zdefiniowanych potencjalnych impaktów. Chodzi o takie przeprojektowanie początkowej konstrukcji, stosując kilka elementów aktywnych z charakterystyką podobną do modelu sprężysto-plastycznego oraz takiej samej objętości materiału, by odpowiedź konstrukcji adaptującej się do wszystkich możliwych obciążeń, spełniała kompromisowe kryterium nałożone na średnie ugięcia i absorpcję dynamicznego wymuszenia. Na przykładzie dwuwymiarowej belki kratowej Autor przeprowadził szereg analiz prowadzących do wskazania lokalizacji i liczby bezpieczników strukturalnych (elementów z kontrolowanymi właściwościami), a w konsekwencji do konstrukcji optymalnej aktywnie absorbującej potencjalne impakty.

W Rozdz.4 Autor zajął się problemem identyfikacji obciążenia metodą „off-line”. Identyfikacja była wykonana na podstawie lokalnych pomiarów odkształceń w czasie rzeczywistym. Zadanie to sprowadzało się do minimalizacji funkcjonu sumy kwadratów różnic między odkształceniami mierzonymi lokalnie w wybranych elementach, a wynikającymi z modelu. Do poszukiwania rozwiązania zastosowano metodę gradientową. Na kilku przykładach konstrukcji prętowych 2D, Autor porównał skuteczność opracowanych przez siebie metod. Ciekawą aplikacją tej części pracy jest możliwość odtworzenia historii wypadków na podstawie danych zebranych z czujników znajdujących się w układzie podlegającym obciążeniu impaktowemu.

Rozdz.5 stanowi krótkie podsumowanie pracy z wymienieniem osiągniętych wyników spełniających założone cele pracy, oraz planowanymi na przyszłość działaniami.

Dodatki A i B zawierają pakiety z językiem komend stworzonych na potrzeby programu AIA oraz plik do programu ANSYS, który to program posłużył do weryfikacji i porównań z programami Autora.

W spisie bibliograficznym Autor zawarł 65 pozycji literatury, które cytowane są w rozprawie.

2. Ocena rozprawy i uwagi krytyczne

- Rozprawę pana mgr. Marcina Wikła uważam za opracowanie ciekawe poznawczo i ważne z punktu widzenia potencjalnych zastosowań przemysłowych. Fundamentalne

trudności leżą tu jednak w zastosowaniach osiągniętych wyników modelowych w przypadkach rzeczywistych układów aktywnie dyssypujących efekty dynamiczne. Myślę tu również o podejmowaniu decyzji w czasie rzeczywistym jako odpowiedzi na nieprzewidywalny z góry stan obciążeń, oraz prędkości ich działania. Wiele procesów obciążania dynamicznego odbywa się z tak dużymi prędkościami, że czas analizy całego procesu jest znacznie krótszy (przynajmniej o rząd wielkości) od czasów analizy proponowanych w różnych przykładach przez Autora. Mam tu na myśli np. obciążenia pochodzące od eksplozji materiałów wybuchowych.

- Pewnym ograniczeniem w późniejszych zastosowaniach jest pominięcie w analizach efektów tłumienia strukturalnego czy materiałowego. Rozumiem dlaczego dokonano tego uproszczenia, ale proszę o komentarz, z jakimi musimy się liczyć z tego powodu konsekwencjami.
- Siłą i atrakcyjnością tematyki jest, jak się wydaje, ogromne pole zastosowań. Ograniczenie się więc tylko do zadań 2D jest pewnym deficytem prowadzonych rozważań. Zaproponowane procedury są, jak sądzę, na tyle ogólne, że nie trzeba się ograniczyć tylko do relatywnie prostych problemów kratownic płaskich. Pokazanie „prawdziwego problemu przemysłowego” zdecydowanie stawiałoby osiągnięte wyniki w polu zainteresowania partnerów przemysłowych.
- Praca jest napisana w zwarty sposób, niekiedy myśli wyrażane są zbyt skrótowo. Język przekazu nie zawsze jest w pełni czytelny. Zawiodła sztuka interpunkcji, i to zarówno w treści pisanej jak i w przytaczanych wzorach. Niektóre sformułowania są nieco rażące: *wymodelowanie*, *zamodelowanie*, *przemodelowanie*, *remodelowanie* czy po prostu *modelowanie*. Dobrze też by *adaptacji* nie mieszać z *adopcją*. W zestawieniu bibliograficznym też nie udało się utrzymać jednego wspólnego schematu. Cytowane są prace, które tylko w sposób bardzo luźny łączą się z tematyką rozprawy, podczas gdy prace innych, choćby polskich autorów, a dotyczące aktywnego tłumienia drgań pozostają nieznane (por. strony internetowe prof. Cz. Cempel czy prof. R. Lewandowski PP).

Powyższe uwagi mają stymulować dyskusję i refleksję Autora i nie podważają mojej pozytywnej oceny rozprawy.

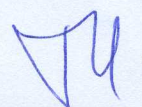
3. Ogólna ocena rozprawy i wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Wikło jest ciekawym studium modeli aktywnego sterowania i ustrojów adaptacyjnych.

W trakcie opracowywania i formułowania niniejszej rozprawy Autor wykazał przygotowanie do pracy naukowej, umiejętność samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych teoretycznych i numerycznych.

Uzyskane poprzez to opracowanie doświadczenie i warsztat naukowy pozwalają mieć nadzieję na dalszy harmonijny rozwój naukowy Doktoranta.

Wobec powyższego uważam, że recenzowana praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.



Tomasz Łodygowski