

Piotr Doerffer
IMP PAN Gdańsk
16.11.2015

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr.inż. Rafała Wiszowatego
"Projektowanie i badanie adaptacyjnych pneumatycznych absorberów energii
uderzenia"

Ogólne uwagi

Rozprawę przedstawiono na 168 stronach tekstu wliczając w to 6 stron bibliografii. Praca jest napisana w sposób jasny i przystępny. Struktura pracy zastała dobrze przemyślana i ułatwia czytanie pracy.

Praca dotyczy kompleksowego podejścia do analizy działania oraz sposobów projektowania pneumatycznego adaptacyjnego absorbera zderzeń (PAA). To nowatorskie podejście zawiera piezoelektryczny zawór wewnątrz tłoka, pozwalający na sterowanie siłą reakcji absorbera, w celu realizacji zaplanowanej strategii działania.

Nie wszystkie cele postawione w pracy zostały zrealizowane na tym samym poziomie. Część zadań zostało zweryfikowane eksperymentalnie, inne zastały opracowane teoretycznie. Doktorant wykazał się tu pełną świadomością i przedstawił cały plan dalszych prac, które w przyszłości doprowadzą do zamknięcia tematu.

Charakterystyka rozprawy

We wprowadzeniu autor bardzo zwięźle wprowadza czytelnika w temat rozpraszania energii zderzenia, tłumaczy na czym polega adaptacyjność absorbera, i przedstawia główny element pozwalający osiągnąć adaptacyjność w tak szybkich procesach jak zderzenie. Przedstawia też główne tezy rozprawy, którymi są:

- absorber wyposażony w zawór sterowany piezoelektrycznie z płytkami Hörbigera pozwala na efektywne sterowanie siłą podczas zderzenia,
- znajomość charakterystyk aerodynamicznych zaworu pozwala na przewidywanie właściwości eksploatacyjnych absorbera.

Projektowanie

W tym zakresie autor przedstawia różne warianty możliwych absorberów, aby w końcu skoncentrować się na tym wybranym, z zaworem w tłoku. Rozróżnia dwie fazy procesu. Jedna początkowa, w której ciśnienie po stronie aktywnej tłoka rośnie adiabatycznie. Druga faza to okres po otwarciu zaworu, kiedy przepływ przez zawór pozwala na ruch tłoka, z mniej więcej stałą siłą reakcji tłoka.

Procesy termodynamiczne, choć dobrze poznane, potraktowane są w sposób przybliżony, traktując zjawiska jako adiabatyczne, realizujące się w sposób statyczny i zakładając, że gaz jest doskonały. Ponadto założono nieważkość i sztywność tłoka i tłoczyska. Wyprowadzone zależności pozwoliły autorowi analizę pracy absorbera dla różnych parametrów jak średnica

cylindra, długość skoku oraz początkowe ciśnienie w absorberze. Ciekawe wyniki uzyskano dla założenia maksymalnej różnicy ciśnień na tłoku. Taki warunek może być istotny dla trwałości zaworu.

W tym rozdziale autor zaproponował metodę projektowania absorberów, odpowiadającą wymogom stawianym przez szczególne zastosowanie. Jest to na pewno bardzo przydatne narzędzie dla konstruktorów.

Powiązanie właściwości absorbera z przepustowością zaworu

Autor wiele uwagi poświęca zdolności absorbera do utrzymania stałej siły w drugiej fazie pracy, dla różnych prędkości początkowych oraz energii zderzenia. Chodzi o to, aby szybkość przesuwania się tłoka oraz wymiana masy przez zawór dawały w konsekwencji stałą różnicę ciśnień na tłoku. Aby ten cel osiągnąć dla danej aplikacji wszystkie parametry absorbera muszą być dokładnie dobrane. Jednocześnie konieczna jest duża szybkość reakcji zaworu oraz jego odpowiedni wydatek.

W tym rozdziale przedstawiono postępowanie obliczeniowe wiążące osiągi absorbera z charakterystykami przepływowymi zaworu umieszczonego w tłoku. Rolą tego zaworu jest umożliwienie kontrolowanego przepływu między komorami absorbera w celu sterowania siłą reakcji zaworu.

Właściwości badanych zaworów piezoelektrycznych

Określenie stosowalności zaworu piezoelektrycznego wymaga wyznaczenia charakterystyk przepływowych zaworu. Pozwala to określić, dla jakiego zakresu prędkości i energii zderzenia możliwe jest zrealizowanie planowanej strategii zderzenia.

Wyznaczenie charakterystyk wymagało zbudowania stanowiska badawczego i zastosowanie odpowiednich metod pomiarowych. W pracy opisano skrupulatnie wszelkie aspekty wykonanych pomiarów.

W analizie przepływu przez zawór piezoelektryczny określono zależności masowego wydatku od różnicy ciśnień i ciśnienia wlotowego. Na wykresach 59-61, można by wyznaczyć krzywą dla wydatków krytycznych. W tekście sprawa osiągnięcia maksymalnych wydatków jest tłumaczona w sposób skomplikowany. Na stronie 108 napisano, że: „poszukiwanie wartości ciśnienia p_1 i p_2 , dla których osiągnięta jest liczba Macha 1 w strumieniu, polega na wyznaczeniu płaskiej części wykresu iloczynu wydatku masowego i pierwiastka z temperatury w zbiorniku.” Wyznaczenie masowego wydatku przez płytkę wymaga znajomości nie tylko ciśnień po obu stronach płytki, ale również parametrów spiętrzenia. Jeżeli więc mamy takie dane to uzyskanie $M=1$ wynika jedynie ze stosunku ciśnień.

Niejasna jest również argumentacja związana z Rys.63. Autor pisze, że jeżeli w gardle kanału przepływ jest poddźwiękowy to można wyobrazić sobie kontynuację zmniejszania przekroju kanału do uzyskania takiego przekroju, w którym przepływ będzie krytyczny. Jest to bardzo niejasne wyjaśnienie. Osiąganie lub nie przepływu krytycznego nie jest zależne tylko od przekroju, ale również od ciśnienia wlotowego. Jeżeli w kanale mamy gardło i nie uzyskujemy w nim prędkości krytycznej, to dlatego, że ciśnienie wlotowe jest za wysokie. Nie ma co wyobrażać sobie zmniejszenia przekroju gardła, bo to nie doprowadzi do przekroczenia prędkości krytycznej.

Istotnym jest, że wykazano szczelność zaworu przy zamkniętych i dociśniętych płytkach. Wyznaczono masowy wydatek przy otartym zaworze. Wyznaczono również ważny parametr, jakim jest czas otwarcia zaworu.

Kompletny absorber energii zderzenia

Zamknięciem dysertacji jest analiza kompletnego absorbera i jego funkcji w konkretnym przypadku zderzenia. Są tu dwa główne cele – badania eksperymentalne poprawności działania, oraz weryfikacja poprawności uproszczonych modeli przepływu ciepła i masy wykorzystanych w pracach projektowo-obliczeniowych.

Adaptacyjność absorbera oznacza, że identyfikacja energii zderzenia na początku procesu hamowania, pozwala na wyznaczenie współrzędnej położenia tłoka dla zakończenia fazy 1 oraz rozpoczęcia fazy 2. Model układu obejmował: analizę sił działających na tłok, przemiany termodynamiczne gazu w komorach absorbera, założenia dotyczące przejmowania ciepła w absorberze oraz ostatecznie zaproponowano algorytm obliczeń procesów zachodzących w absorberze.

Na efektywne działanie absorbera nakłada się jeszcze odpowiedni algorytm sterowania otwarciem zaworu.

Specjalne stanowisko badawcze składało się z siłownika wymuszającego funkcje uderzenia w sposób kontrolowany. Program badań został tak skonstruowany, aby otrzymane wyniki pozwoliły na weryfikację poprawności opisu zjawisk wewnątrz absorbera.

W badaniach poddawano absorber wymuszeniom okresowym. Pozwoliły one na weryfikacje modeli obliczeniowych. Wyniki pozwoliły na stwierdzenie, że metoda, w której zakłada się stały wykładnik politropy w procesach termodynamicznych daje gorsze wyniki niż w przypadku założenia stałego współczynnika przejmowania ciepła. Ta druga metoda nie dość, że daje lepsze wyniki to jeszcze jest prostsza, pozwalając na łatwiejszą implementację do obliczeń.

W dalszych badaniach planowane jest dokonywanie zrzutów platformy wyposażonej w absorber. Zbudowano odpowiednie stanowisko, ale badania są w sferze planów.

Podsumowanie i konkluzja

Powyższe uwagi dotyczące braku wyjaśnień oraz uwagi krytyczne wynikają z obszerności przedstawionej rozprawy. Nie zmieniają one wartości zawartej w przedstawionych wynikach badań. Niewątpliwie przedstawiona praca będzie źródłem dalszych prac badawczych.

Jestem przekonany, że praca doktorska spełnia kryteria stawiane przez ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r. i stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.



Gdańsk, 16.11.2015

