

**OPINIA O ROZPRAWIE DOKTORSKIEJ**  
**mgra inż. Rafała WISZOWATEGO**  
**„PROJEKTOWANIE I BADANIE ADAPTACYJNYCH PNEUMATYCZNYCH**  
**ABSORBERÓW ENERGII UDERZENIA”**

Urządzenie będące przedmiotem badań opisanych w rozprawie jest w istocie zaprojektowanym i zbudowanym tłumikiem gazowym ze sterowanymi zaworami. Sterowany przebieg otwarcia zaworów zapewnia taki przepływ gazu pomiędzy rozdzielonymi tłokiem stronami cylindra, by różnica ciśnień generowała zadaną zależność siły w funkcji przemieszczenia.

Zawór stanowi układ płytek z nie pokrywającymi się otworami. Otwarcie zaworu wynika z rozsunęcia płytek przylegających do siebie, gdy jest zamknięty. Sterowanie wzajemnym ich położeniem zapewnia przetwornik piezoelektryczny. Ponieważ rozsuniecie nie jest duże, to w otworach płytek i w obszarze pomiędzy płytkami pojawia się przepływ gazu o złożonej kinematyce z, jak należy się spodziewać, istotnymi efektami dyssypacyjnymi.

Kwestia precyzyjnego wyznaczenia tego ruchu nie ma jednak zasadniczego znaczenia i nie jest przedmiotem rozważań Autora. Problematyką tą zajmowali się inni badacze. Wyniki prac i charakterystyki zaworu były opublikowane.

Aby zapewnić zgodną z zadanym programem pracę urządzenia użyto rozwiązania typu inżynierskiego. Polega ono na pomiarach ciśnienia po obydwu stronach tłoka. Informacja ta, przetworzona na napięcie przyłożone do siłownika rozsuwającego płytki zaworowe, zapewnia właściwą dla danej siły różnicę ciśnień. Taktowanie nastawów siłownika może odbywać się z różnymi częstotliwościami. Wydaje się, że podwyższenie tej częstotliwości redukuje różnicę pomiędzy zadanym i uzyskiwanym przebiegiem siły rozwijanej przez tłumik.

Rozważania teoretyczne Autora dotyczą wynikających z zasad dynamiki gazów i termodynamiki ograniczeń konstrukcyjnych. Nie wykraczają poza wykorzystanie całkowicie elementarnych faktów w rodzaju pierwszej zasady termodynamiki dla układów otwartych ( str 26 – 53 ) i prowadzą do wyznaczenia przebiegu ciśnienia i temperatury gazu w zależności od dostarczanych strumieni masy i entalpi do obszaru o zmieniającej się w znany sposób objętości i przy ewentualnej wymianie ciepła.

Postulując przemianę termodynamiczną Autor powinien pamiętać, że przy wzroście temperatury dla wykładnika politropy większego od wykładnika izentropy układ oddaje ciepło, a przy relacji odwrotnej ciepło pobiera.

Przyjęcie wykładnika politropy bliskiego jedności w przemianie początkowego sprężania gazu ( wtedy zawory są zamknięte), nawet jeśli czynią tak inni, jest wątpliwe. Przy uderzeniu proces jest szybki i – wobec izolowania układu - sensowniej jest założyć izentropowość.

Nawiasem: elementarna teoria zderzeń pozwala określić prędkość po zderzeniu. Można też określić defekt energii. Dlaczego więc Autor w punkcie 3.4 nie korzysta z tych znanych faktów? Duża różnica mas ruchomych elementów tłumika i ciała hamowanego uzasadnia ilościowe uproszczenie, które nie musi zachodzić w innej sytuacji, niż ma to miejsce w eksperymentach Autora z zatrzymywaniem spadającego ciężaru.

W sposób podobny do poprzednich rozważań termodynamicznych na stronach 70 – 82 formuluje się związki pomiędzy ciśnieniami po obydwu stronach tłoka przy przepływie przez zawory. Nie uwzględniono spadku ciśnienia całkowitego, nawet w sposób stosowany w tzw. hydraulice, pomimo ewidentnie występującej dyssypacji i związanym z tym procesem wzrostem entropii (przy stałej entalpii całkowitej, co wynika z krótkotrwałości przepływu przez zawór oraz obszar międzypłytkowy i tym samym przy braku znaczącej wymiany ciepła). Pomimo podanych mankamentów w opisanych rozważaniach można, przy ich wykorzystaniu, oszacować wymagania konstrukcyjne stawiane projektowanemu urządzeniu. Wątpliwości co do celowości wzbudza natomiast zamieszczenie elementarnej teorii ruchu gazu przy przepływie przez przewód o zmieniającym się przekroju przy przemianie izentropowej i próba zastosowania jej rezultatów do opisu ruchu w elementach zaworu. Z elementarnej dynamiki gazów wiadomo, że przy pojawieniu się tzw. chookingu wydatek masowy gazu jest proporcjonalny do ciśnienia spiętrzenia i odwrotnie proporcjonalny do pierwiastka z temperatury całkowitej.

Rozważania typu „teoretycznego” są zbędne, bo dokładne charakterystyki przepływowe konkretnego zaworu Autor wyznaczył eksperymentalnie.

Jak wskazują zamieszczone w pracy wykresy wyniki pomiarów cechuje wymieniona właściwość związaną z chookingiem.

Uważam, że przedstawiony w pracy opis metody eksperymentalnego wyznaczania wspomnianych charakterystyk zaworu płytkowego sterowanego przetwornikiem i następnie ich wykorzystanie do sformułowania algorytmu sterowania prowadzącego do zadanego związku pomiędzy ruchem silownika, a jego obciążeniem stanowi widoczne osiągnięcie naukowe.

Osiągnięcie to połączono z dobrym rezultatem inżynierskim, którym jest projekt wykonanego tłumika. Właściwości tego tłumika wszechstronnie zbadano. Metodyka i obszerność eksperymentów oraz opracowanie wyników i ich uogólnienia wraz z sformułowanymi zaleceniami projektowymi przedstawia również wartość naukową.

Należy dodać, że program pracy urządzenia może być zmieniany, co spowoduje inną zależność tłumiącej siły w zależności od ruchu elementu roboczego. Właściwość ta korzystnie świadczy o uniwersalności sterowania i poprawnej analizie pracy właściwym doborze elementów wykonawczych.

Uważam, że wymienione elementy są wystarczające, by uznać, że opiniowana rozprawa magistra inżyniera Rafała Wiszowatego wypełnia ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane pracom doktorskim i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Kończąc krytykuję Autora za brak zwięzłości i skrupulatności. Wiele rozważań dotyczących dynamiki gazów można by istotnie uprościć i skrócić. Nie trzeba zamieszczać elementarnych rozważań i, zwłaszcza, należy unikać powtarzania takich wyrażań, jak związki pomiędzy ciepłami właściwymi, wykładnikiem izentropy i stałą gazową czy równanie politropy. Nie są to relacje nie powszechnie znane. Nie należy tej samej stronie (to strona 133) używać rozmaitych jednostek ciśnienia. Krytykuję też specyficznie zawily sposób wyrażania złożonymi zdaniami prostych faktów. Zalecam, by Autor przed kontynuowaniem pisania czytał to, co już zostało napisane. Z pewnością doprowadzi to do lepszego omówienia osiągnięć Autora. Te porządkowe uwagi nie wpływają na rzeczową ocenę pracy. Ponownie wyrażam pogląd, że wyniki wykonanych prac eksperymentalnych i ich wykorzystanie do sformułowania algorytmu sterowania pracą urządzenia są wynikami naukowymi wystarczającymi do sformułowania podanej pozytywnej oceny.

Anuluj bitym