

Recenzja pracy doktorskiej Przemysława Paszkiewicza

Experimental characterization of a Sub-Newton Electrothermal Thruster Using 98% Hydrogen Peroxide

1. Informacje formalne

Niniejszą recenzję wykonałem na podstawie pisma z dnia 8 stycznia 2024 otrzymanego z Politechniki Warszawskiej, Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, podpisanego przez Przewodniczącego Rady Dyscypliny Prof. dr hab. inż. Roberta Sitnika. Wraz z pismem otrzymałem wydrukowany egzemplarz pracy doktorskiej.

Zgodnie z Ustawą „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” rozprawa doktorska powinna spełniać następujące warunki:

- „prezentować ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej”.
- temat powinien stanowić ”oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne”.

Oceny rozprawy dokonywałem pod kątem spełniania tych dwóch warunków.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Praca poświęcona jest badaniom eksperymentalnym małego silnika raketowego, w którym materiałem ulegającym rozkładowi jest nadtlenek wodoru, przy czym rozkład inicjowany jest przez wysoką temperaturę będącą skutkiem działania elektrycznego grzejnika rezystancyjnego. W mojej ocenie praca ma charakter ‘potwierdzenia koncepcji’, a praktyczne wykorzystanie uzyskanych wyników wymagałoby przeprowadzenia dalszych badań. Brak uogólnienia wyników sprawia, że wyniki pracy tylko do pewnego stopnia mogą być wykorzystane przez innych badaczy.

Praca ma objętość 156 stron, z czego około 40 poświęconych zostało na dokonanie przeglądu stanu wiedzy, kolejnych 20 stron zawiera opis celów badań i stanowiska eksperymentalnego, a dominująca część to wyniki pomiarów wraz z ich analizą. Spis literatury zawiera 115 pozycji, przy czym spora część pozycji literaturowych to publikacje wydane w XX wieku.

Praca napisana jest bardzo starannie w języku angielskim, zdania są zrozumiałe, ale ponieważ język angielski nie jest moim językiem ojczystym to nie czuję się kompetentny do stwierdzenia, czy praca zawiera czy też nie błędy gramatyczne. W części opisującej wyniki badań brakuje ciągłości narracji i odnosi się wrażenie, że Autor chciał przekazać bardzo dużo informacji, nie poświęcając dostatecznie dużo czasu na ich usystematyzowanie.

Chociaż nie wchodzi to w zakres oceny pracy doktorskiej to moim zdaniem warto wspomnieć, że Doktorant ma 7 publikacji notowanych w WoS, a jego indeks Hirsha wynosi 4 przy liczbie cytowań równej 64. To są wysokie wartości jak na ten etap rozwoju naukowego.

3. Zalety pracy

Za pierwszą z zalet pracy uważam sam temat pracy, który wpisuje się w trend coraz większego zainteresowania przestrzenią kosmiczną i jej wykorzystaniem dla celów gospodarczych i militarnych. Zapewne skutkiem podjęcia tak aktualnej tematyki są wspomniane wcześniej wysokie wskaźniki bibliometryczne Doktoranta.

Drugą z zalet pracy jest fakt, że badania powstały na oryginalnym stanowisku badawczym, którego elementem był sam silnik rakietowy zaprojektowany w ramach realizowanej pracy. Zaprojektowanie oraz budowa stanowiska i samego silnika są zadaniami, które wymagają od Doktoranta rozwiązania szeregu problemów i zazwyczaj są drogą zdecydowanie bardziej wymagającą od badań numerycznych.

Trzecia z zalet pracy to szeroki program badań eksperymentalnych, w których badano wpływ parametrów eksploatacyjnych silnika na charakterystykę jego pracy. Ten szeroki zakres badań sprawia, że tezę postawioną w pracy o możliwości budowy silnika wykorzystującego 98% nadtlenu wodoru, który nie posiada złoża katalitycznego, można uznać za właściwie udowodnioną.

Czwarta zaleta to niezwykle staranna redakcja. Praca zawiera bardzo dużo dość złożonych rysunków, których przygotowanie musiało zająć dużo czasu. Rysunki przy tym są przy tym bardzo czytelne.

4. Słabe strony pracy

W mojej ocenie pierwszą ze słabych stron pracy jest to, że Doktorant nie podjął próby uogólnienia uzyskanych wyników pomiarów poprzez budowę nawet bardzo prostego modelu silnika, który ujmowałby zjawiska przepływu energii w silniku oraz kinetyki chemicznej rozkładu nadtlenu wodoru. Ten brak sprawia, że wartości liczbowe uzyskane w ramach pracy mają ograniczoną użyteczność dla innych badaczy prowadzących badania w tym obszarze.

Drugą ze słabych stron pracy jest brak określenia na ile uzyskane wyniki są satysfakcjonujące i jak pozycjonują opracowany silnik na tle innych rozwiązań. Nie jestem specjalistą w zakresie

techniki kosmicznej, ale wyobrażam sobie że istotnymi cechami silnika są jego możliwości generowania siły ciągu przy możliwie najmniejszej masie własnej. Analizowany silnik dla swojego funkcjonowania wymaga zasilania energią elektryczną i nadtlakiem wodoru. Nie jest dla mnie jasne, czy zapewnienie dostawy energii elektrycznej wymaga dodatkowej pojemności akumulatora na pokładzie satelity, czy masa silnika jest wyższa od masy rozwiązań alternatywnych oraz jaki jest impuls uzyskiwany z jednostki masy paliwa. Innymi słowy udowodniono postawioną tezę, ale nie odpowiedziano na pytanie czy silnik ten jest lepszy od rozwiązań alternatywnych.

Trzecią ze słabych stron pracy jest trudna do śledzenia narracja w rozdziałach poświęconych analizie wyników pomiarów. Autor używa w dużym nagromadzeniu wartości liczbowych różnorodnych symboli przeprowadzonych testów, co utrudnia śledzenie głównej myśli.

5. Szczegółowe uwagi krytyczne

Pracę oceniam pozytywnie i wysoko, ale jak w każdej pracy tak i w tej znajduje się szereg elementów niejasnych i dyskusyjnych. Poniżej przedstawiam wybrane z nich:

- We wzorach występujących w rozdziałach 1.3.2 i 1.4.2. występują wielkości, które zostały opisane, jednak nie podano ich jednostek. W większości przypadków można się oczywiście domyślić tych jednostek, ale dla zachowania jednoznaczności lepiej zawsze jednostki podawać.
- Plan badań przedstawiony na rysunku 2.1 nie został właściwie wyjaśniony. W szczególności nie wyjaśniono na jakiej podstawie dobrano zakresy wartości takich parametrów jak na przykład mocy grzałek czy czas podawania paliwa.
- Na stronie 71 wspomniano, że zawory kulowe były obsługiwane ręcznie. Rodzi to pytanie o powtarzalność wyników
- Na stronach 74 i 75 przedstawiona jest konstrukcja badanego silnika raketowego. Nie jest jednak wyjaśnione na jakiej podstawie przyjęto akurat takie rozwiązanie konstrukcyjne i taką geometrię.
- Na stronie 76 przedstawione jest zdjęcie rozłożonego rozpylacza cieczy – jest to element bardzo precyzyjny, który posiada detale wykonywane z dokładnością do setnych części milimetra. Pokazanie rozpylacza obok zwykłej linijki jest dalekie od precyzji.
- Strona 77 – wybór rozpylacza jest moim zdaniem bardzo istotnym krokiem bo decyduje o kontakcie rozpylanego czynnika z elementem grzejnym. Autor pisze o przetestowaniu szeregu rozpylaczy, jednak nie wyjaśnia kryterium wyboru tego rozpylacza, który był używany w pomiarach.
- Strona 78 i 79 – również i wybór elementu grzejnego nie został właściwie uzasadniony. Rodzi się oczywiste pytanie czy lepiej zachowywałby się element krótki o wyższej temperaturze czy dłuższy o niższej, przy jednakowym poborze mocy.

- Na stronie 86 napisano, że każdy punkt pomiarowy powtarzany był minimum dwa razy. Nasuwa się pytanie – kiedy go powtarzano dwa razy, a kiedy więcej niż dwa razy.
- Strona 89 – w mianowniku wzoru 4.2 występuje wielkość chwilowa – moim zdaniem stabilniejsze wyniki uzyskano by dla wielkości uśrednionej np. w okresie 1 sekundy.
- Rozdział 4.1.2 zawiera szereg wyników pomiarów dotyczących szybkości nagrzewania komory silnika. Nie jest dla mnie jasne do czego posłużyły te wyniki w dalszej części pracy.
- Strona 99 – Autor przyznaje, że otrzymywano różne wyniki dla tych samych warunków pomiarów. Moim zdaniem powinno to być podstawą do bardziej wnikliwej analizy powtarzalności wyników.
- Strona 101 – współczynnik korelacji $R=0,574$ świadczy to bardzo słabym dopasowaniu. Podobnie niskie wartości występują również na innych rysunkach.
- Strona 108 - na jakiej podstawie dobrano czasy otwarcia zaworów jako równe 70 oraz 120 sekund

Uwagi o podobnym charakterze można sformułować w wielu innych miejscach recenzowanej pracy.

5. Wniosek końcowy

Recenzowaną pracę doktorską oceniam wysoko. Dokumentuje ona umiejętność Doktoranta planowania oraz prowadzenia pracy eksperymentalnej oraz umiejętność właściwej analizy i interpretacji wyników pomiarów. Jak wspominałem wcześniej pracę odbieram jako potwierdzenie koncepcji, co jest zresztą zgodne z główną tezą pracy postawiona przez Autora. Rozprawa napisana jest niezwykle starannie, a program przeprowadzonych badań jest bardzo szeroki.

Analizując pracę pod kątem wymogów stawianych przez ustawę „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” stwierdzam, że mieści się ona w zakresie dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, prezentuje wiedzę Doktoranta w zakresie dyscypliny oraz stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie pracy do dalszych etapów postępowania.