

TŁUMACZENIE POŚWIADCZONE Z JĘZYKA ROSYJSKIEGO

Prof. dr hab. inż. Poliszczuk Leonid,
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Winnicki Narodowy Uniwersytet Techniczny, Winnica

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Samata Sundetova
pt: „Zarządzanie osiągammi silnika wysokoprężnego w warunkach niskiej gęstości atmosferycznej”

1. Podstawa do sporządzenia recenzji.

- pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Politechniki Lubelskiej z dnia 30 listopada 2022 roku, Uchwała nr AEiE/36_3.10b/20-24;
- rozprawa doktorska **mgr inż. Samata Sundetova** zatytułowanej „Zarządzanie osiągammi silnika wysokoprężnego w warunkach niskiej gęstości atmosferycznej”;
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r., poz. 85);
- Ustawa z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669).

2. Charakterystyka pracy.

Przedstawiona do rozpatrzenia rozprawa doktorska napisana jest w języku rosyjskim, liczy 114 stron z załącznikami, w tym 107 stron tekstu głównego drukowanego oraz spis piśmiennictwa w ilości 87 tytułów. Bibliografia odzwierciedla aktualny stan wiedzy w zakresie badań wpływu parametrów atmosferycznych na osiągi energetyczne i ekologiczne silników o zapłonie samoczynnym oraz wpływu temperatury i dodatków na bazie alkoholu na charakter przemian termochemicznych paliw i wskaźniki procesu pracy silnika o zapłonie samoczynnym w warunkach obniżonej gęstości atmosfery.

Literatura została dobrana w sposób celowy i prawidłowy.

Praca została podzielona na 8 głównych części, w tym wstęp, wnioski, literaturę. Wynikiem pracy doktorskiej jest opracowana metodologia i stworzony specjalny układ eksperymentalny do badania wpływu różnych czynników na proces termochemicznych przemian paliw w warunkach temperatur właściwych dla procesu spalania paliwa w silniku wysokoprężnym.

Materiał ilustracyjny przedstawiony w pracy jest jasny i odzwierciedla osiągnięcia Samata Sundetova w rozwiązywaniu problemu zmniejszenia emisji spalin i poprawy wskaźników silników wysokoprężnych w warunkach zmniejszonej gęstości



H. Różańska

atmosferycznej poprzez wpływ na proces roboczy.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań eksperymentalnych procesu przemiany termochemicznej paliw ustalono pewne prawidłowości i fakty dla wybranych paliw.

Postawione w rozprawie zadania są poprawne i jasne, a zastosowana terminologia rzetelna i zrozumiała.

2. Aktualność tematu pracy doktorskiej.

Na obecnym etapie rozwoju społeczeństwa światowego poprawa stanu środowiska naturalnego i zmniejszenie zużycia naturalnych zasobów paliw i energii jest jednym z najpilniejszych zadań. Problem globalnego ocieplenia jest obecnie uważany za najważniejszy spośród wszystkich problemów środowiskowych, przed którymi stoi ludzkość. Zostało to zauważone na konferencji ONZ w Kioto w 1997 roku, która określiła kolejność, sekwencję i obowiązki krajów w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych (GHG).

Stosowaniu ropopochodnych paliw węglowodorowych w silnikach pojazdów ciężarowych towarzyszy emisja ogromnej ilości szkodliwych substancji (HS) do atmosfery. Każdego roku same silniki wysokoprężne emitują do środowiska ponad 140 tysięcy ton sadzy, nie licząc innych szkodliwych substancji.

Problemy zmniejszenia toksyczności spalin i efektywności paliwowej istniejących konstrukcji silników wysokoprężnych można rozwiązać poprzez produkcję paliw alternatywnych. Wszystkie rozwinięte przemysłowo kraje świata są zaangażowane w rozwój alternatywnych źródeł energii, w tym nowych rodzajów paliw. Biorąc pod uwagę ogromną liczbę działających silników wysokoprężnych, niemożność radykalnych zmian w ich konstrukcji, rozwiniętą infrastrukturę transportową (system magazynowania paliwa, tankowanie itp.), substytuty tradycyjnych paliw powinny mieć właściwości fizyczne i chemiczne, które nie wymagają radykalnych zmian w konstrukcji silników wysokoprężnych, wyposażeniu paliwowym, systemie magazynowania paliwa na pokładzie transportu.

Z tego punktu widzenia alkohole mają znaczenie praktyczne i teoretyczne. Idea wykorzystania paliw zawierających alkohol była podejmowana przez naukowców w wielu krajach przez cały okres rozwoju silników spalinowych. Głównym kierunkiem tych badań jest zwiększenie mocy silników z mieszaniem zewnętrznym (benzynowe silniki spalinowe). Wcześniejszy brak możliwości zastosowania czystych alkoholi w silnikach wysokoprężnych wynikał przede wszystkim ze specyfiki urządzeń zasilających. Brak właściwości smarnych alkoholi prowadził do zacierania się precyzyjnych par wysokociśnieniowych pomp paliwowych i wtryskiwaczy. Obecnie rozwój i tworzenie wtryskiwaczy elektromagnetycznych i piezoelektrycznych ze sterowaniem elektronicznym eliminuje tę wadę i umożliwia stosowanie alkoholi. Znaczny udział masowy tlenu w składzie cząsteczki alkoholi (do 0,5 dla metanolu) pozwala usprawnić proces spalania wzbogaconych mieszanek w komorach spalania silników wysokoprężnych, szczególnie eksploatowanych w warunkach niskiej gęstości powietrza atmosferycznego. Wraz z poprawą wskaźników energetyczno-środowiskowych pozwoli to również zwiększyć bazę paliw i surowców.



H. Róśka

Zatem temat jest bardzo aktualny. Połączenie wyników uzyskanych wybraną metodą diagnostyki z komputerowym przetwarzaniem danych i udoskonaleniem modelu matematycznego do obliczania wskaźników procesu roboczego, modelu do określania aktualnego stężenia sadzy w składzie spalin pozwoli na rozwiązanie problemów teorii zarządzania procesem roboczym silników wysokoprężnych w warunkach obniżonej gęstości atmosfery.

1. Analiza merytoryczna i ocena pracy.

Pierwszy rozdział pracy, będący wstępem, zawiera faktyczne wprowadzenie do tematu poruszanego w pracy, a także opisuje znaczenie pracy. Rozdział ten stanowi przegląd literatury dotyczącej zagadnień poruszanych w pracy.

W rozdziale zwrócono uwagę na zagadnienia doskonalenia procesu eksploatacji silników wysokoprężnych w celu racjonalnego wykorzystania zasobów paliwowo-energetycznych oraz ochrony środowiska przed emisją zanieczyszczeń do atmosfery, które stanowią poważny problem pojazdów samochodowych eksploatowanych w warunkach niskiej gęstości powietrza atmosferycznego, co wiąże się również z gorącym klimatem (do 50° C i powyżej), znaczną wysokością nad poziomem morza (od 700 do 4500 m n.p.m. i powyżej), a także w warunkach wysokiej wilgotności względnej atmosfery (do 95%). Ponadto znaczna część silników pojazdów ciężarowych pracuje w warunkach ograniczonej wymiany powietrza (kopalnie, kamieniołomy, tunele, szklarnie itp.). Rozwiązanie kwestii zmniejszenia toksyczności spalin i efektywności paliwowej silników wysokoprężnych istniejącej konstrukcji jest możliwe dzięki wykorzystaniu paliw alternatywnych.

Rozwój alternatywnych źródeł energii, w tym nowych rodzajów paliw, ma miejsce się we wszystkich rozwiniętych przemysłowo krajach świata. Biorąc pod uwagę ogromną liczbę działających silników wysokoprężnych, brak możliwości radykalnych zmian w ich konstrukcji, rozwiniętą infrastrukturę transportową (system magazynowania paliwa, tankowanie itp.), zamienniki tradycyjnych paliw powinny mieć właściwości fizyczne i chemiczne, które nie wymagają radykalnych zmian w konstrukcji silników wysokoprężnych, osprzęcie paliwowym, systemie magazynowania paliwa na pokładzie pojazdów.

Rozdział drugi zawiera tezę, cel i zakres pracy. W tym rozdziale sformułowano cel pracy: zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery i poprawa osiągnięć silnika wysokoprężnego w warunkach obniżonej gęstości atmosfery poprzez wpływ na proces roboczy.

Praca doktorska obejmuje opis wpływu parametrów atmosferycznych na sprawność energetyczną i ekologiczną silników o zapłonie samoczynnym, uzyskanie danych dotyczących wpływu temperatury i dodatków alkoholowych na charakter przemian termochemicznych paliw oraz wskaźników procesu eksploatacji silnika o zapłonie samoczynnym w warunkach obniżonej gęstości atmosfery, interpretację i przetwarzanie danych eksperymentalnych, modelowanie procesu eksploatacji.

W rozdziale trzecim wykazano, że czynniki klimatyczne rzeczywistych warunków pracy silników wysokoprężnych pojazdów ciężarowych znacznie różnią się od standardowych parametrów środowiskowych, które są zorientowane na optymalne



[Handwritten signature]

wskaźniki energetyczno-ekologiczne silników wysokoprężnych, które są gwarantowane przez producentów. W rzeczywistych warunkach pracy zarówno podwyższona temperatura, jak i obniżone ciśnienie otoczenia prowadzą do zmniejszenia gęstości powietrza zasysanego przez silnik wysokoprężny, co z kolei zakłóca normalny przebieg procesu roboczego silnika wysokoprężnego, a w konsekwencji prowadzi do spadku mocy i zwiększonej emisji sadzy wraz ze spalinami. Przeglądowa analiza procesu pracy silnika wysokoprężnego i powstawania produktów niecałkowitego spalania (sadzy) pozwala na wyciągnięcie wniosków o możliwości poprawy parametrów procesu pracy poprzez zastosowanie dodatków zawierających tlen (na bazie alkoholu) do oleju napędowego. Wprowadzenie tlenu do strefy spalania paliwa doprowadzi do zmiany stosunku stechiometrycznego paliwo - utleniacz wewnątrz komory spalania i przyczyni się do poprawy wskaźników energetyczno-ekologicznych oleju napędowego w warunkach obniżonej gęstości atmosferycznej. Do zalet alkoholi należy zaliczyć niski koszt produkcji i bogatą bazę surowcową, do wad - wyjątkowo słabe właściwości motoryczne przy stosowaniu alkoholi jako paliwa do silników wysokoprężnych.

W rozdziale czwartym dokonano krótkiej analizy współczesnych koncepcji dotyczących powstawania sadzy podczas technologicznych i energetycznych procesów spalania paliw, co pozwoliło autorowi na sformułowanie następujących wniosków:

- Na proces powstawania sadzy mają wpływ procesy dyfuzyjne (szybkość wzajemnego rozprzestrzeniania się par powietrza i paliwa) i kinetyczne (szybkość reakcji utleniania). Im większe jest nadmierne wzbogacenie mieszanki wchodzącej w czoło płomienia, im większa jest część paliwa podczas wstępnego przygotowania płomienia ograniczona do etapu krakingu termicznego i oksydacyjnego, tym większa jest emisja sadzy, co jest charakterystyczne dla warunków niskiej gęstości atmosfery;
- W warunkach spalania rozpylonego paliwa typowych dla silników wysokoprężnych, na proces tworzenia się sadzy mają wpływ: niejednorodność układu, charakter węglowodorów i charakterystyka płomienia, nadkrytyczne dla paliwa parametry medium itp.;
- Dla wszystkich procesów kończących się tworzeniem sadzy można zidentyfikować wspólne charakterystyczne etapy. Ponieważ sadza jest nową fazą stałą powstałą z fazy gazowej, proces powstawania sadzy obejmuje etap powstawania załączku nowej fazy oraz etap ich rozwoju i wzrostu;
- Najbardziej prawdopodobny mechanizm powstawania sadzy w cylindrze silnika wysokoprężnego został opisany w pracach, które stanowią podstawę modelu matematycznego;
- Znaczny udział masowy tlenu w cząsteczce alkoholu (do 0,5 dla alkoholu metylowego) i wysoka aktywność intensyfikują procesy spalania paliw węglowodorowych, co przyczynia się do poprawy wydajności procesu roboczego.

W rozdziale piątym opracowano metodykę i stworzono instalację eksperymentalną do badania wpływu różnych czynników na proces przemian termochemicznych paliw. Opisano metodologię badań stanowiskowych silnika wysokoprężnego i działanie stanowiska badawczego, wykaz oprzyrządowania i



[Handwritten signature]

urządzeń rejestrujących, które pozwalają na rejestrację wszystkich parametrów procesu roboczego i stanu termicznego silnika wysokoprężnego, a także analizy składu spalin w różnych trybach jego pracy. Podano metodologię obliczania specyficznej emisji spalin.

W rozdziale szóstym przedstawiono analizę prac eksperymentalnych, która pozwoliła na ustalenie głównych prawidłowości i faktów. W badaniu procesów przemian termochemicznych paliw ustalono, że: wzrost temperatury w reaktorze przyczynia się do wzrostu szybkości przemian termochemicznych paliw, któremu towarzyszy wzrost wydajności produktów lekkich dla wszystkich wybranych rodzajów paliw; dodatki alkoholu znacząco intensyfikują procesy przemian termochemicznych paliw w całym zakresie temperatur $(800-900)^{\circ}\text{C}$ w reaktorze; w tej samej temperaturze w reaktorze stopień zgazowania paliwa mieszanego (olej napędowy + dodatek alkoholu) średnio o $(11...20)\%$ odpowiednio przy 5% i 10% dodatkach alkoholu, wyższy niż stopień zgazowania oryginalnego oleju napędowego. Według testów stanowiskowych silnika wysokoprężnego 8ChN12/12 [ros. 8ЧН12/12]: obniżenie ciśnienia barometrycznego z 0,101 MPa do 0,067 MPa prowadzi do zmniejszenia masy powietrza zasysanego przez silnik wysokoprężny - Gv $1,7\pm 2$ razy, jednocześnie α spada 1,5 razy; praca silnika wysokoprężnego Pbar = 0,067 MPa i na czystym oleju napędowym Kx wzrasta $(1,7\pm 2)$ razy w stosunku do jego wartości przy Pbar = 0,101 MPa w całym zakresie charakterystyki prędkościowej, maksymalne zadymienie sięga 75-80 jednostek na urządzeniu typu HARTRIDGE, tj. silnik wysokoprężny pracuje na granicy zadymienia; moc w całym zakresie charakterystyki prędkościowej spada o 10-15 kW, jednostkowe zużycie paliwa wzrasta o 28-38 g/kWh; przy 5% dodatku alkoholu redukcja zadymienia w całym zakresie charakterystyki wynosiła 30-40%, tlenki azotu średnio 300-400 ppm. W trybie maksymalnego momentu obrotowego ($n = 1800\text{ min}^{-1}$) wskaźniki silnika 8ChN12/12 pozostają praktycznie takie same jak w przypadku oleju napędowego. Redukcja emisji sadzy z silnika 8ChN12/12 przy 5% dodatku dodatków alkoholowych dotyczy tlenków azotu NOx o 14,7%, tlenków węgla CO o 43,9% i węglowodorów CxHy o 13,8%. Uzyskane dane obliczeniowe dotyczące określania sadzy w składzie spalin dają zadowalającą zbieżność z danymi eksperymentalnymi, co wskazuje na poprawność wybranego modelu i jego przydatność do obliczania procesu eksploatacji i sadzy w składzie spalin.

Ogólnie rzecz biorąc, niniejszy artykuł przedstawia naukowo uzasadnione technologiczne i ekonomiczne wyniki redukcji emisji sadzy w oparciu o zastosowanie dodatku zawierającego tlen do paliwa oraz ekonomiczną ocenę zapobiegawczych szkód, zapewniając rozwiązanie ważnych problemów użytkowych w eksploatacji transportowych silników wysokoprężnych w warunkach zmniejszonej gęstości atmosfery.

Rozdział ósmy przedstawia analizę aktualnej literatury, na którą składa się 87 źródeł, które w pełni korelują z przedmiotem badań przeprowadzonych w niniejszej pracy.

2. Szczegółowe komentarze.

Teza, jak i cel pracy zostały sformułowane poprawnie i rzetelnie, nie budząc



[Handwritten signature]

wątpliwości ani niedomówień.

Praca prowadzona jest konsekwentnie zgodnie z zamierzonym celem, co prowadzi do udowodnienia postawionej tezy. Przyjęta metodologia dowodowa jest logiczna, gdyż prowadzona jest od określenia potrzeb i wymagań poprzez analizę, opracowanie metod i modeli matematycznych aż po zastosowania w nowoczesnych narzędziach modelowania.

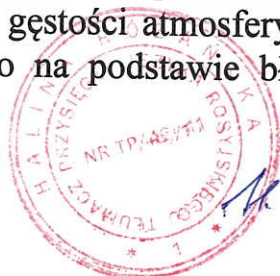
Na pracę składają się stwierdzenia teoretyczne, modelowanie oraz badania praktyczne.

Za dorobek własny autora uważam:

- ustalenie, że główną przyczyną wzrostu ilości sadzy w składzie spalin (do 70-80 jednostek HARTRIDGE) jest niedostateczna ilość utleniacza (tlenu) w początkowej fazie spalania paliw węglowodorowych oraz skrócenie czasu wypalania sadzy w wyniku przejścia wykresu indykatorowego do cyklu rozprężania;
 - Teoretycznie uzasadnienie i eksperymentalnie potwierdzenie celowości poprawy wskaźników energetyczno-środowiskowych silników wysokoprężnych pracujących w warunkach niskiej gęstości powietrza atmosferycznego, za pomocą stosowania dodatków zawierających tlen, a także tworzenia centrów aktywnych (CH^0 i OH^0 - w rozkładzie alkoholu metylowego) w wyniku dysocjacji alkoholi w wysokich temperaturach, co intensyfikuje proces spalania. Redukcja emisji sadzy następuje w wyniku zmniejszenia ilości paliwa poddanego pirolizie na skutek obniżenia temperatury w lokalnych ogniskach spalania, w wyniku wydatkowania ciepła na odparowanie i dysocjację alkoholu;
 - wskazanie możliwości zastosowania do 10% alkoholu metylowego jako dodatku zawierającego tlen do paliwa dla silników wysokoprężnych 8ChN12/12 podczas ich pracy w trybie nominalnym;
 - dobranie na podstawie wyników badań eksploatacyjnych dla urządzeń paliwowych silników wysokoprężnych 8ChN12/12 optymalnej wartości kąta wyprzedzenia wtrysku paliwa równą 16 stopni przy ich pracy w warunkach niskiego ciśnienia barometrycznego do 0,064 MPa zamiast 140 obrotu wału korbowego (ustawienie fabryczne).

Do wad pracy, które doktorant powinien wyjaśnić, należą następujące:

- trzeci i czwarty rozdział są przeładowane powszechnie znanymi informacjami, co utrudnia odbiór integralności rozprawy;
- zgodność między celami pracy a głównymi wnioskami nie jest w pełni oczywista;
- celem pracy jest zmniejszenie emisji spalin i poprawa osiągnięć silnika wysokoprężnego w warunkach zmniejszonej gęstości atmosfery poprzez wpływ na proces roboczy. W jednym z rozdziałów pracy należałoby wprowadzić kryterium osiągnięć, które pozwoliłoby ocenić o ile procent poprawiły się wskaźniki pracy silnika wysokoprężnego;
- w równaniach (3.4) i (3.5) nie ma współczynników K_p i K_g , które są podane w objaśnieniach do tych wzorów;
- ponieważ praca doktorska poświęcona jest zarządzaniu procesami roboczymi silnika wysokoprężnego w warunkach zmniejszonej gęstości atmosfery, należałoby ocenić niezawodność pracy silnika wysokoprężnego na podstawie błędów pierwszego i



drugiego rodzaju;

- w pracy nie wskazano perspektywy przyszłych badań mających na celu rozwiązanie zagadnień związanych z poprawą efektywności procesu pracy silników wysokoprężnych w warunkach obniżonej gęstości atmosfery;
- w metodologii przeprowadzenia eksperymentów nie określono jednoznacznie niezbędnej liczby pomiarów każdego badanego parametru w celu zapewnienia niezbędnej dokładności uzyskanych wyników pomiarów;
- występowanie błędów stylistycznych i ortograficznych oraz pewnych nieścisłości w prezentacji pracy dyplomowej

Wady te nie wpływają na ogólny odbiór rozprawy, który uważam za pozytywny.

3. Podsumowanie i wnioski

Po zapoznaniu się z przedłożoną do oceny rozprawą doktorską stwierdzam, że:

- udowodniono tezę rozprawy zaprezentowaną w rozdziale drugim;
- temat pracy jest aktualny, a wiedza teoretyczna i wyniki praktyczne są odpowiednio zestawione;
- w rozprawie wskazano potrzebę i perspektywę przyszłych badań ukierunkowanych na rozwiązanie zagadnień związanych z zadaniami redukcji emisji sadzy w oparciu o zastosowanie dodatku do paliw zawierającego tlen oraz ocenę ekonomiczną szkody, której udało się zapobiec, zapewniając rozwiązanie ważnych zadań stosowanych w eksploatacji silników wysokoprężnych dla pojazdów ciężarowych w warunkach zmniejszonej gęstości atmosfery.

Z powyższego wynika, że doktorant jest kompetentny do samodzielnego prowadzenia badań naukowych i posiada wystarczającą wiedzę w zakresie badań objętych rozprawą doktorską.

W mojej ocenie doktorant wykazał się umiejętnością sformułowania problemu, samodzielnego rozwiązania go oraz sprawdzenia jego przydatności, potwierdzając poprawność przyjętej teorii i narzędzi do jej realizacji. Zaplanowane prace zostały zakończone, a teza potwierdzona.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. inż. Samata Sundetova zatytułowana "Zarządzanie osiąganiami silnika wysokoprężnego w warunkach niskiej gęstości atmosferycznej" spełnia wymagania stawiane pracom promocyjnym na stopień doktora nauk technicznych w rozumieniu ustawy "O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki" z dnia 14 marca 2003 roku, a Autor może być dopuszczony do jej publicznej obrony.

/recenzent/

[podpis] prof. dr hab. inż. Leonid Poliszczuk

Ja, mgr Halina Różańska, tłumacz przysięgły języka rosyjskiego, poświadczam zgodność powyższego tłumaczenia z okazanym mi skanem dokumentu w języku rosyjskim.

Tekst kursywą w kwadratowych nawiasach jest komentarzem tłumacza.

Lublin, dnia 31 października 2023 r.

Repertorium nr 822/2023



H. Różańska