

OPINIA O ROZPRAWIE DOKTORSKIEJ

mgra inż. Michała WILKA

nt. „Badania wpływu dodatku biopaliw na pracę silnika pojazdu wojskowego w stanach ustalonych i nieustalonych”, wykonana na zlecenie Zastępcy Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych w Warszawie prof. dr hab. inż. Józefa Żurka

1. WPROWADZENIE

Przedmiotem opinii jest rozprawa doktorska mgr inż. Michała Wilka pt. „Badania wpływu dodatku biopaliw na pracę silnika pojazdu wojskowego w stanach ustalonych i nieustalonych”, wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jerzego Walentynowicza.

Widoczny w ostatnich latach rozwój motoryzacji spowodował ogromny wzrost udziału dużej liczby pojazdów samochodowych w zanieczyszczeniu środowiska. Liczba pojazdów samochodowych na świecie 2010 roku przekroczyła 1 miliard, przy liczbie ludności ok. 7 miliardów. W Polsce zarejestrowanych jest ponad 20 milionów pojazdów, w roku 1970 było ich 0,5 miliona – zatem około 40 razy mniej.

Silnik spalinowy jest jednym z emiterów zanieczyszczeń środowiska, zwłaszcza jego atmosfery. Obserwowane tendencje rozwoju silników spalinowych związane z następstwami wymogów gospodarowania energią dotyczą ograniczenia emisji CO₂, której zmniejszenie jest możliwe tylko drogą radykalnego obniżenia zużycia paliwa przez te silniki. Drugim zasadniczym problemem jest zmniejszanie masy silników i stosowanie energooszczędnych technologii spalania, co oznacza zmniejszenie zużycia paliwa przez samochody. Interesujące jest też, że do niedawna w samochodach osobowych stosowano głównie silniki o zapłonie iskrowym, a w samochodach ciężarowych, ciągnikach rolniczych czy różnego rodzaju maszynach roboczych – silniki o zapłonie samoczynnym.

Spełnienie rygorystycznych, ciągle zaostrzanych, wymogów w zakresie emisji szkodliwych składników spalin nie będzie możliwe tylko poprzez doskonalenie spalania w silniku, lecz także na drodze oczyszczania spalin za pomocą nowej generacji reaktorów katalitycznych oraz filtrów sadzy, a także dzięki zastosowaniu nowych, specjalnych paliw. Istotnym problemem rozwoju motoryzacji są też ograniczone zasoby ropy naftowej co wymusza poszukiwania paliw alternatywnych, zwłaszcza paliw pochodzenia roślinnego. Nieuchronność tej sytuacji zmusza producentów i użytkowników pojazdów do coraz większego zainteresowania tymi nowymi paliwami. Jest to bardzo ważny problem eksploatacyjny – przystosowanie współczesnych silników spalinowych do spalania paliw innych niż pochodzące z ropy naftowej.

Duża liczba prowadzonych w ostatnich latach badań dotyczyła przede wszystkim estrów oleju rzepakowego i ich mieszanin z olejem napędowym. Technologie estryfikacji nieprzetworzonego oleju rzepakowego są kosztowne i wymagają znacznych nakładów inwestycyjnych, co jest niezbędne do zbliżenia jego właściwości do oleju napędowego.

Skład chemiczny nieprzetworzonego paliwa rzepakowego różni się od oleju napędowego mniejszą zawartością węgla i wodoru, ale i też ma ok. 10% zawartości tlenu. Lepkość tego paliwa jest wielokrotnie wyższa, co utrudnia dokładne rozpylenie. Nieco niższa jest wartość opałowa i liczba cetanowa paliwa rzepakowego w stosunku do oleju napędowego. Emisja toksycznych składników spalin, w głównej mierze zależy od efektywności spalania paliwa, zależnej od przygotowania i stanu mieszanki palnej. Dlatego istotny jest problem wpływu udziału paliwa rzepakowego w mieszaniu z paliwem podstawowym (w tym przypadku z paliwem F-34) na parametry pracy i skład spalin silników o zapłonie samoczynnym z wysokociśnieniowym układem wtryskowym, stosowanych coraz częściej w sprzęcie wojskowym Sił Zbrojnych RP. Badania przeprowadzono w ustalonych i nieustalonych stanach pracy silnika, co pozwoliło na uzyskanie dokładnych wyników pomiarów w ściśle określonych stanach pracy silnika, a także w warunkach zmiennego stanu cieplnego silnika w stanach nieustalonych, zbliżonych do warunków jego eksploatacji. Wyniki badań będą pomocą podczas podejmowania decyzji przez organy logistyczne sił zbrojnych w warunkach niedoborów paliwa podstawowego i konieczności uzupełniania paliwa z innych źródeł dostępnych w rejonie wykonywania zadań przez oddziały wojska.

Podjęcie zatem przez Doktoranta tematyki opiniowanej rozprawy uważam zatem za celowe, tym bardziej, że oprócz oczywistych aspektów praktycznych tematu – rozwiązanie postawionych zadań wymagało przeprowadzenia badań o charakterze poznawczym i opracowania metod badawczych zawierających elementy naukowe.

2. CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Opiniowana praca ma objętość 181 stron. Składa się z siedmiu rozdziałów oraz spisu cytowanej literatury i streszczenia, również w języku angielskim. Na początku pracy zamieszczono wykaz skrótów, oznaczeń, symboli i jednostek oraz wprowadzenie.

We wprowadzeniu do pracy autor uzasadnia wybór do badań paliwa F – 34, które jest podstawowym paliwem NATO stosowanym do zasilania silników turbinowych i silników tłokowych o zapłonie samoczynnym. Paliwo to zostało przez wiele lat wszechstronnie przebadane w silnikach pojazdów lądowych o zapłonie samoczynnym z rzędowymi i rozdzielaczowymi pompami wtryskowymi. Mniej znany jest wpływ tego paliwa o mniejszej gęstości na pracę silników z wysokociśnieniowymi, zasobnikowymi układami wtryskowymi i elektronicznym sterowanym wtryskiem paliwa, a także z rozbudowanymi układami neutralizacji spalin, których jest coraz więcej w sprzęcie wojskowym. Wpływ właściwości fizycznych i składu paliwa F-34 na pracę takich silników może być bardzo istotny. Dalej Autor omawia perspektywy zastosowania w wojsku paliw odnawialnych i zastępczych, które zaczynają nabierać istotnego znaczenia dla zabezpieczenia logistycznego wojska.

Rozdział pierwszy zawiera omówienie silników występujących w pojazdach wojskowych oraz paliw stosowanych do tych silników. Autor przewiduje, że tłokowe silniki spalinowe będą podstawową jednostką napędową jeszcze przez dziesięcioleci. W dalszej perspektywie czasowej będzie wdrażany napęd hybrydowy z silnikiem spalinowym i silnikiem elektrycznym, który będzie zasilany z dodatkowego akumulatora energii elektrycznej. Rozwiązanie takie pozwoli na zmniejszenie zużycia paliwa oraz mniejsze straty ciepła co polepszy właściwości trakcyjne pojazdów. Obecnie rozwijane są programy wdrażania paliw nie pochodzących z ropy naftowej, czyli biopaliw i paliw syntetycznych. Wymóg stosowania kilku procent dodatku biopaliw do paliwa podstawowego nakłada Unia Europejska na państwa członkowskie. Paliwa rzepakowe dostępne na polskim runku występują w postaci estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego. Autor podaje też, że rezultaty stosowania paliwa F-34 z biododatkami do zasilania silników z wysokociśnieniowymi

układami wtryskowymi nie są w pełni rozpoznane, a przynajmniej nie znaleziono takich wyników badań w literaturze. Dlatego konieczne jest zbadanie możliwości zasilania silnika o zapłonie samoczynnym z wysokociśnieniowym układem wtryskowym paliwem F-34 z dodatkiem biopaliwa oraz określenia dopuszczalnego jego udziału w paliwie zasadniczym. W tym obszernym rozdziale przedstawiono też wybrane zagadnienia dotyczące wtrysku paliwa i spalania w silnikach o zapłonie samoczynnym. W rozdziale dokonano też pewnej analizy dotyczącej metodyki badań silników w stanach nieustalonych, pozwalających na odzwierciedlenie rzeczywistych warunków pracy silnika w pojeździe.

W rozdziale drugim przedstawiono cel i zakres pracy. Zasadniczym celem pracy były badania wpływu czystego paliwa F-34 oraz mieszanin tego paliwa z dodatkiem biokomponentów w postaci estrów metylowych oleju rzepakowego oraz etanolu o różnym stężeniu, na parametry pracy silnika z zasobnikowym układem wtryskowym typu „Common Rail”. Zaplanowano przeprowadzenie badań w stanach ustalonych i nieustalonych. Sformułowano też tezy pracy w brzmieniu:

1. Paliwo rzepakowe w postaci estrów metylowych oleju rzepakowego może być stosowane doraźnie jako paliwo uzupełniające do paliwa F-34.
2. Alkoholu etylowego nie można stosować jako dodatku do paliwa F-34.

W rozdziale przedstawiono też zaplanowany zakres badań wybranego silnika.

W rozdziale trzecim zaprezentowano obiekt badań oraz stanowisko pomiarowe, bardzo szczegółowo omawiając zastosowaną aparaturę badawczą. Przedstawiono metody analizy zmierzonych przebiegów wielkości wolnozmiennych i szybkozmiennych oraz metodykę badań silnika w stanach ustalonych i nieustalonych. Badania wybranego silnika Renault G9T w ustalonych stanach pracy silnika polegały na wyznaczaniu charakterystyk prędkościowych i obciążeniowych silnika. W końcowej części rozdziału przedstawiono metodykę badań silnika w stanach nieustalonych oraz zamieszczono ocenę powtarzalności testów silnika na stanowisku dynamometrycznym.

W rozdziale czwartym omówiono badania silnika zasilanego pięcioma rodzajami paliwa: olejem napędowym, paliwem uniwersalnym F-34 i jego mieszaninami z dodatkiem estrów metylowych oleju rzepakowego (RME) oraz alkoholu etylowego w różnym stężeniu. Program badań obejmował wyznaczenie charakterystyk zewnętrznych oraz obciążeniowych silnika pracującego z wybranymi wartościami prędkości obrotowej w całym zakresie użytecznego momentu obrotowego. Podczas wyznaczania charakterystyk mierzono wartości mocy i momentu obrotowego silnika, zużycia paliwa jednostkowego i godzinowego, temperatury spalin przed turbosprężarką, a także udziały wybranych składników spalin. Rozdział kończy omówienie badania stanu technicznego wtryskiwaczy, z których część uległa uszkodzeniu podczas zasilania silnika paliwem F-34 z dodatkiem etanolu, co eliminuje etanol jako dodatek do paliwa F-34.

Rozdział piąty zawiera omówienie badań silnika zasilanego paliwem F-34 z dodatkiem estrów metylowych oleju rzepakowego o różnym stężeniu. Badania wpływu rosnącego udziału estrów metylowych oleju rzepakowego w paliwie F-34 przeprowadzone w pełnym zakresie obciążenia silnika oraz prędkości obrotowej wykazały, że do zasilania tego silnika może być stosowane paliwo składające się z paliwa F-34 z dodatkiem paliwa rzepakowego nawet do 80%. Zastosowanie takiego paliwa nie powinno wpłynąć istotnie na większość parametrów pracy silnika. W wyniku badań zauważono, że zastosowanie czystego paliwa rzepakowego jest również dopuszczalne. W wyniku rosnącego udziału paliwa rzepakowego w paliwie F-34 stwierdzono wzrost udziałów tlenków azotu w spalinach z jednoczesnym zmniejszeniem udziałów tlenku węgla, węglowodorów i zadymienia spalin, co wynika z obecności dodatkowego tlenu atomowego w cząsteczkach paliwa rzepakowego, a tym samym w komorze spalania. Nie stwierdzono innych niekorzystnych zmian w pracy silnika zasilanego paliwem z dodatkiem RME. Podczas badań silnik pracował niezawodnie, a

wszystkie jego układy działały bez zarzutu.

W rozdziale szóstym przedstawiono badania silnika zasilanego paliwem F-34 z dodatkiem RME w stanach nieustalonych. W czasie odtwarzania testu jezdnego w sposób ciągły mierzono chwilowe wartości wybranych parametrów pracy silnika, w tym mocy i momentu obrotowego silnika, zużycia paliwa, temperatury w wybranych punktach silnika i udziałów składników spalin. Wyniki tych pomiarów uśredniano w ciągu całego testu i dalej analizowano takie uśrednione wartości. Badania prowadzono dla silnika rozgrzanego oraz po jego zimnym rozruchu. Na podstawie wyników pomiarów stwierdzono, że zwiększanie udziału estrów oleju rzepakowego wpływa na zmniejszenie średniego momentu obrotowego i mocy silnika. Zmalały udziały produktów niepełnego spalania (węglowodory i tlenek węgla) wzrosły natomiast udziały tlenków azotu i tlenu w spalinach, a także większe było masowe zużycie paliwa. Zmiany te były proporcjonalne do udziałów estrów metylowych oleju rzepakowego w paliwie F-34, co pokazały wyznaczone funkcje regresji liniowej.

Rozdział siódmy zawiera wnioski końcowe. Szczególnie istotny jest pierwszy wniosek, który potwierdza tezę, że w silniku o zapłonie samoczynnym G9T z zasobnikowym wysokociśnieniowym układem zasilania typu „Common Rail”, możliwe jest wykorzystanie estrów metylowych oleju rzepakowego jako dodatku do paliwa F-34 stosowanego w wojsku, a nawet jako paliwa zasadniczego (w czystej postaci). Zostało to stwierdzone na podstawie badań w stanach ustalonych i nieustalonych pracy badanego silnika. Przeprowadzone oryginalne badania wskazują też na zagrożenia awarii silnika wynikające z zastosowania metanolu jako dodatku do paliwa F-34. Przydatność estrów metylowych oleju rzepakowego (RME) jako dodatku do paliwa F-34 jest ograniczona niestabilnością fizycznej takiej mieszaniny. Dalsze, bardziej szczegółowe wnioski, potwierdzają skuteczność przyjętych założeń oraz realizację założonego celu pracy.

3. MERYTORYCZNA OCENA PRACY

Rozprawa dotyczy tematyki istotnej ze względu na jej aspekt użytkowy, wynikający ze współczesnych potrzeb eksploatacji silników spalinowych w różnych warunkach otoczenia. Jej zaletą jest także obszerny zakres zrealizowanych prac eksperymentalnych. Cele pracy zostały osiągnięte, a postawione tezy udowodniono.

W szczególności, za ważny dorobek doktoranta, zarówno w aspekcie naukowym jak i aplikacyjnym należy uznać następujące elementy rozprawy.

1. Uzasadnienie podjęcia tematu, wynikające nie tylko z wnikliwie przeprowadzonej analizy stanu wiedzy, ale przede wszystkim wynikające z własnych doświadczeń Doktoranta. Temat pracy obejmuje aktualną tematykę wymagającą wiedzy i głębokiej znajomości silników spalinowych, połączonej z badaniami wykonywanymi w warunkach hamownianych.
2. Poziom merytoryczny pracy oraz erudycja Autora w zakresie rozważanej tematyki. Dobrze oceniam umiejętności Doktoranta w zakresie posługiwania się współczesnymi metodami badania maszyn i urządzeń oraz umiejętności doboru wysoko specjalizowanej aparatury badawczej w aspekcie założonego celu badań.
3. Umiejętność korzystania ze współczesnej literatury specjalistycznej oraz formułowania oryginalnych wniosków, co dowodzi dojrzałości naukowej i zawodowej Doktoranta.
4. Oceniając merytoryczną wartość rozprawy należy uznać, że zawiera ona treści konieczne dla udowodnienia postawionych tez. Wartość jej dodatkowo podnosi obszerność uzyskanych wyników dużego zakresu badań umożliwiających wielostronne analizy i porównania.

Wnioski z przeprowadzonych analiz i badań są sformułowane trafnie i adekwatnie do ich zakresu i charakteru. Całość pracy cechuje wyjątkowo staranna jej redakcja. W zakresie

omawianych zagadnień występują silne akcenty praktyczne wywodzące się z dobrej orientacji Autora w zakresie rozpatrywanej problematyki.

Dalej wyróżnić należy następujące, bardziej szczegółowe elementy pracy:

1. Oryginalne wyniki badań wskazujące skutki wynikające z zastosowania metanolu jako dodatku do paliwa F-34 oraz przydatność estrów metylowych oleju rzepakowego (RME) jako dodatku do paliwa F-34, z zastrzeżeniem niestabilności fizycznej takiej mieszaniny.
2. Badania prowadzone dwuetapowo z uwzględnieniem paliw podstawowych (olej napędowy, paliwo F-34) i biopaliw (etanol i estry metylowe oleju rzepakowego) w pierwszym etapie oraz dokładniejsze badania estrów metylowych i paliwa F-34 w drugim etapie.
3. Wyznaczenie korelacji między stężeniem dodatku RME w paliwie F-34, a parametrami pracy silnika i udziałami składników jego spalin w silniku z nowoczesnym, wysokociśnieniowym układem wtryskowym, sformułowane na podstawie wyników badań w stanach ustalonych i nieustalonych pracy silnika.
4. Zastosowanie metodyki badania silnika w stanach nieustalonych w oparciu o przyjęty test badawczy wzorowany na teście ECE R 15, pozwalający na uwzględnienie warunków pracy silnika zbliżonych do rzeczywistych, a nie tylko ocena na podstawie charakterystyk obciążeniowych i prędkościowych pracy silnika.

Praca ma jednak pewne wady i niedociągnięcia, które nie obniżają mojej ogólnej, pozytywnej oceny wszystkich jej aspektów (wyboru tematu, uzasadnienia, analiz, przeprowadzonych badań, wnioskowania, itp.), w szczególności jak następuje.

1. Uwaga ogólna dotycząca tematu rozprawy – wydaje mi się, że problematyka zastosowania biopaliw i ich wpływu na pracę oraz eksploatację silników została już bardzo szeroko rozpoznana; w temacie pracy pojawia się dodatkowe określenie silnik pojazdu wojskowego, niemniej osprzęt oraz konstrukcja badanego silnika nie ma żadnych cech wojskowych.
2. Problematyczny jest wybór obiektu badań i brak jego szerszego uzasadnienia. Silnik wysokoprężny G9T jest oczywiście silnikiem o zapłonie samoczynnym, wyposażonym w układ typu „Common Rail”, ale jest to jednocześnie najstarsza generacja układu CR – dlatego nie zdecydowano się na wybór bardziej nowoczesnej jednostki?
3. Doktorant na str. 13 podaje, że w pracy uwzględniano dwa biopaliwa: ester metylowy oleju rzepakowego oraz bezwodny alkohol etylowy, etanol, nie wspominając nic o tym, że od kilku już lat ogranicza się stosowanie biopaliw I generacji tzn. wykorzystujących środki żywności i przechodzi na biopaliwa II generacji, nie związane z tymi środkami.
4. „...stosowane niekiedy świece żarowe ułatwiają zapłon tylko podczas rozruchu silnika...” (s.11 akapit 2) – świece żarowe stosuje się w niemal każdym silniku o ZS a ich funkcjonalność jest obecnie bardzo szeroka. Przede wszystkim ułatwiają nie tylko rozruch, ale również biorą udział we wstępnej fazie rozgrzewania silnika, jak również w fazie wypalania filtra cząstek stałych, podnosząc temperaturę procesu spalania.
5. Bardziej precyzyjnie byłoby „wysokie ciśnienie paliwa do 300 MPa”; ponad 150 MPa osiągały już układy wprowadzone w 2001 roku (s. 12 akapit 4).
6. S. 25 akapit 3 – błędnie podane wartości ciśnienia. Układy CR pracują w zakresie od 25 MPa dla biegu jałowego do 300 MPa dla najnowszych układów (m.in. Caterpillar). Powszechnie stosowane są układy osiągające 250 MPa w pojazdach osobowych.
7. S. 26 akapit 1 – obecnie stosowana jest już trzecia generacja układów, a wtrysk dzielony jest nawet na 10 dawek (do 8 dla cewek elektromagnetycznych).
8. S.28 – akapit 2 – obecnie nowej generacji silniki pracują przy minimalnym współczynniku lambda nawet 1,1.
9. S.59 – akapit 6 – spręż jest wartością nieposiadającą jednostki (tutaj MPa).

10. Autor wspomina o wpływie pracy zaworu EGR na istotne odstępstwa wyników i ich niepewność. Wysterowanie zaworu EGR w systemach Bosch EDC15 następuje w funkcji dawki paliwa oraz prędkości obrotowej, zatem dla różnych paliw w tym samym punkcie pracy jego otwarcie było różne. Dlaczego więc nie przeprowadzono pomiarów z zamkniętym zaworem EGR tak, aby wyeliminować jego wpływ na pracę silnika (s.79-81)?
11. Warto zwrócić uwagę na zwiększony przelew nawet dla wtryskiwaczy 1 oraz 2, co może świadczyć o zużyciu kulkowego zaworu sterującego i tym samym spowodowaniu przecieku do przewodu przelewowego, co może być bezpośrednią przyczyną spadku wydatku wtryskiwacza (s. 102-103).
12. Strony 105-140 zawierają szeroką analizę wolnozmiennych parametrów dla badanych paliw. Ich opis oraz wyniki nie budzą istotnych zastrzeżeń, natomiast wydaje się, że podobne analizy dla mieszanin paliwa lotniczego z olejem rzepakowym były już wykonywane podczas badań silnikowych.

4. OCENA EDYCJI ROZPRAWY

Objętość pracy jest uzasadniona z punktu widzenia potrzeb opisu przeprowadzonych analiz teoretycznych i eksperymentalnych. Wyniki badań są zaprezentowane w postaci rzeczowych raportów, protokołów oraz charakterystyk.

Zakres pracy i zamieszczone informacje przedstawiają jednoznacznie i wyczerpująco jej tematykę oraz dają możliwość dokładnego powtórzenia badań w innych (odpowiednio wyposażonych) laboratoriach. Zwiększa to wiarygodność wyników zamieszczonych w rozprawie.

Układ pracy jest logiczny, język rozprawy zrozumiały, ilustracje wykonane są bardzo starannie i przejrzysto. Tym niemniej Autor nie ustrzegł się, dość często występujących błędów redakcyjno – stylistycznych, w wielu zdaniach – braków spacji, kropek, pominiętych pojedynczych liter, np.

- s. 2 akapit 3 – błąd literowy - „paliwa” zamiast „paliw”,
- s. 5 akapit 3 – lepkość „klimatyczna” zamiast „kinematyczna”,
- s. 6 akapit 5 – „pogorsza” zamiast „pogarsza”,
- s. 23 akapit 3 – „jednoczenie”,
- s. 29 akapit 2 – „samozapłonu” zamiast „samozapłon”,
- s. 35 akapit 2 – „jednoczesną, ciągłą”,
- s. 41 akapit 2 – „rolęczynnika”,
- s. 61 akapit 2 – „małej bezwładność”,
- s. 69 akapit 4 – „0,63w”,
- s. 79 akapit 3 – „oddziela interpretację”,
- s. 110 akapit 3 – „obr/mini”,
- s. 112 akapit 3 – „T₃rośnie”,
- s. 121 akapit 3 – „CO₂widoczne”,
- s. 131 akapit 1 - końcowe wiersze – rozstrzelone wyrazy,
- s.143 akapit 2 - niezrozumiałe zdanie „...Ogólnie na podstawie wyznaczonych charakterystyk można zauważyć, że udział estrów w paliwie F-34 w mniejszym stopniu wpływa na przebieg procesu spalania porównując z prędkością obrotową silnika.”,
- s. 146 – akapit 1 – „wyniki nie świadczy”,
- s. 153 – wykres nieczytelny (nakładające się linie),
- s. 154 – akapit 2 – „silnik i moc użyteczną rozwinął”,
- s. 161 – akapit 2 – „ różnicą uzyskana”,

- s. 167 – akapit 3 – „zasilnia”,
- s. 170 – akapit 4 – „wysokociśnieniowym, zasobnikowych”.

5. PODSUMOWANIE OCENY ROZPRAWY

W podsumowaniu oceny rozprawy uważam, że opiniowana praca w pełni odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim ze względu na wysoki poziom merytoryczny oraz aplikacyjne osiągnięcia w zakresie rozpatrywanych problemów. Praca zawiera elementy interdyscyplinarne i stanowi dobry przykład zastosowania nowoczesnych metod naukowych oraz wysoko specjalizowanej aparatury badawczej do rozwiązywania zadań budowy i eksploatacji maszyn. Opiniowaną rozprawę doktorską oceniam wysoko.

A zatem w związku z taką, pozytywną, oceną rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Wilka nt. „Badania wpływu dodatku biopaliw na pracę silnika pojazdu wojskowego w stanach ustalonych i nieustalonych”, uważam, że opiniowana rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie naukowej budowa i eksploatacja maszyn, także dowodzi umiejętności samodzielnego prowadzenia przez niego pracy naukowej, wobec czego opiniowana rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim zgodnie z ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. ze zmianami. Upoważnia mnie to do postawienia wniosku o dopuszczenie mgra inż. Michała Wilka do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

