

Warszawa, 10. 01. 2018r.

dr hab. Andrzej Kulczycki, prof. ITWL  
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Żółty

pt. „Oddziaływanie paliwa etanolowego E85 na właściwości użytkowe oleju smarującego SAE 5W-30 (ACEA A5/B5) i trwałość silnika typu FlexFuel”

Recenzja została wykonana na zlecenie prof. dr hab. inż. Tomasza L. Stańczyka, Dziekana Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej, z dnia 23.11.2017 r.

### 1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa mgr inż. Magdaleny Żółty pt. „Oddziaływanie paliwa etanolowego E85 na właściwości użytkowe oleju smarującego SAE 5W-30 (ACEA A5/B5) i trwałość silnika typu FlexFuel”, została napisana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Janusza Jakóbca, na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.

Rozprawa obejmuje 178 stron i zawiera pięć rozdziałów. W pracy zamieszczono dwujęzyczne streszczenie oraz alfabetyczny wykaz cytowanej literatury. Praca zawiera : 47 rysunków, 39 fotografii i 63 tabele. Dysertacja składa się z części literaturowej oraz badawczej.

Zamieszczony w rozprawie wykaz literatury, obejmuje 158 pozycji literaturowych (ostatnie z 2015 roku), w tym anglojęzycznych zamieszczonych w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, 11 stron internetowych oraz 40 aktów prawny, głównie norm.

Praca wydana starannie, bez zastrzeżeń pod względem edytorskim.

### 2. Ocena merytoryczna rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Magdaleny Żółty, należy do prac interdyscyplinarnych z zakresu: chemii oraz eksploatacji tłokowych silników spalinowych. Przedmiotem jej rozważań jest wpływ paliwa etanolowego E85 na zmiany właściwości oleju silnikowego podczas pracy silnika Flex Fuel, w tym na skuteczność smarowania i proces starzenia oleju oraz na stan techniczny silnika po określonym czasie pracy. Doktorantka wybierając ten temat pracy zdecydowała się na bardzo trudne badania, wymagające połączenia wiedzy chemicznej z wiedzą o silnikach spalinowych. Tematyka wpływu składu chemicznego i własności paliwa na stan techniczny silnika, a zwłaszcza na tempo starzenia oleju silnikowego jest słabo opisana w literaturze, stąd Doktorantka musiała wypracować własną metodykę badań. Niewątpliwie pomocnym w tym było duże, wieloletnie doświadczenie Instytutu Nafty i Gazu - PIB, w którym pracuje. Dotychczasowy dorobek Doktorantki, znany mi z jej publikacji, wskazuje na dobre przygotowanie do prowadzenia badań w tym trudnym obszarze.

Wybór tematu rozprawy uważam za uzasadniony zarówno z naukowego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Problematyka współdziałania paliwa i oleju smarującego silnik jest ważna dla prawidłowej eksploatacji silników, w tym dla utrzymywania należytego stanu technicznego wszystkich ich elementów. Producenci silników, jak również wytwórcy olejów silnikowych mają duże doświadczenie w tym zakresie, o ile paliwem jest produkt otrzymany z ropy naftowej lub zawiera niewielkie ilości biokomponentów (do 10 % (V/V) bioetanolu lub do 7 % (V/V) FAME). W odniesieniu do paliw zawierających większe ilości biokomponentów, np. E85 brak jest takiego doświadczenia. Stąd zajęcie się przez Doktorantkę paliwem E85 uważam za celowe i potrzebne dla rozwoju wiedzy o biopaliwach.

Zakres przeprowadzonych badań, sposób ich prowadzenia i wyciągnięte wnioski uważam za poprawne. Praca pozwoliła na przybliżenie procesów jakie zachodzą na styku: paliwo - olej silnikowy - silnik, a także na interesującą próbę wyjaśnienia niektórych zaobserwowanych zjawisk. Pozwala to uznać, że praca ma charakter pracy naukowej, co wymagane jest od pracy doktorskiej.

Ten niewątpliwie pozytywny obraz samej pracy, jak i Doktorantki nieco traci wobec, w mojej opinii, niedociągnięć w sposobie opisu badań. Poniżej przedstawiam te niedociągnięcia.

Zarówno w tytule rozprawy, jak i w jej treści doktorantka używa terminu „trwałość silnika”. W teorii eksploatacji maszyn trwałość definiuje się, jako zdolność do zachowania stanu zdatności maszyn w określonych warunkach eksploatacji. Stan zdatności jest to taki stan obiektu, który gwarantuje pełną realizację zadanych funkcji użytkowych. Podana definicja określa trwałość w sensie opisowym, natomiast w sensie ilościowym (normatywnym) trwałość obiektu jest to uogólniony czas eksploatacji (liczony od chwili wyprodukowania), w którym obiekt zachowuje wybrane cechy w określonych granicach. O wyborze tych cech, a w konsekwencji o ich granicznych wartościach, decydują przyjęte kryteria oceny trwałości. Mówi się także, że trwałość w sensie ilościowym jest uogólnionym czasem pracy do chwili osiągnięcia przez obiekt stanu granicznego. Mam wątpliwość, czy w kontekście przeprowadzonych badań można mówić o trwałości silnika testowego.

Problematyka wpływu składu chemicznego i własności paliwa na stan techniczny silnika i proces starzenia oleju silnikowego oraz zmiany w efektywnym spełnianiu zadań, jakie wymagane są od oleju silnikowego jest złożona, a prowadzone w tym zakresie badania powinny być szczególnie dobrze zaprojektowane. Autorka w rozdziale 2 – Część literaturowa, przybliżyła tę problematykę. Skupia się jednak na paliwie: aż 8 podrozdziałów dotyczy paliwa E85, w znacznie mniejszym stopniu zajmuje się olejem silnikowym. Biorąc pod uwagę fakt, że paliwo oddziałuje na olej silnikowy, a nie odwrotnie, proporcje te powinny być odwrócone. W podrozdziale 2.9. omówiono procesy, jakim podlega olej podczas pracy silnika. Autorka na podstawie danych literaturowych wykazała negatywny wpływ etanolu i niektórych rodzajów benzyny naftowej (15 % (V/V)) na olej silnikowy. Podkreśla wpływ kwasu octowego powstałego z utlenienia etanolu na reakcje chemiczne przyspieszające proces starzenia oleju. Wykazała także wpływ frakcji olefinowych, zawartych w części naftowej paliwa E85 na przyspieszenie procesu starzenia oleju silnikowego.

Rozdział 3 stanowi zasadniczą część pracy. W podrozdziale 3.1. Autorka uzasadnia wybór tematu. Podrozdział 3.2. zatytułowany jest " Przedmiot badań eksperymentalnych", w spisie treści "eksploatacyjnych". Rozumiem, że w spisie treści jest błąd, gdyż Autorka nie prowadziła badań eksploatacyjnych. Wyjątkowo krótki – jedno zdanie, podrozdział 3.2.

zawiera szczerą informację o składzie komponentowym paliwa E85, informację o klasie lepkości i jakości według klasyfikacji ACEA oleju silnikowego oraz o stanowisku silnikowym.

Podrozdział 3.3. – Metodyka badań, stanowi zbiór standardowych metod badania jakości paliwa i oleju silnikowego, w podrozdziale 3.4. przedstawiono charakterystykę stanowiska silnikowego. Tytuł podrozdziału Autorka wyraźnie wiąże z metodami oznaczania poszczególnych znormalizowanych własności paliwa E85 i oleju silnikowego. Metodykę badań Doktorantka umieściła przed sformułowaniem celu pracy i hipotez. W pracach naukowych zwykle pod pojęciem "metodyka badań" rozumie się metodykę weryfikacji sformułowanych hipotez i metodykę osiągnięcia celu badań. W recenzowanej pracy tak rozumianej metodyki badań nie dopatrzyłem się.

Dla pracy naukowej, a taką jest rozprawa doktorska, bardzo istotnym jest właśnie poprawne sformułowanie celu pracy i hipotez, a następnie metodyki weryfikacji tych hipotez. W recenzowanej pracy ten fragment nie został w mojej opinii potraktowany z należytą starannością. Cel pracy został przedstawiony dopiero w podrozdziale 3.5., po omówieniu metodyki badań, a hipotezy w podrozdziale 3.6. Uważam, że cel pracy sformułowany został zbyt ogólnikowo i w mojej ocenie nie do końca poprawnie językowo. To może być przyczyną niewłaściwego odczytania intencji Autorki. Rozumiem, że celem pracy jest poznanie problemów wynikających z oddziaływania paliwa E85 na olej silnikowy, co w konsekwencji powoduje pogorszenie stanu technicznego silnika. W tym miejscu pojawia się pytanie: czy można zrealizować tak sformułowany cel badając jedynie współdziałanie paliwa E85 z olejem silnikowym. Zwykle badając wpływ nowego paliwa na silnik i olej silnikowy prowadzi się badania porównawcze. Wyniki badań uzyskane dla nowego, badanego paliwa odnosi się do wyników badań uzyskanych dla paliwa konwencjonalnego. Kryterium oceny są wówczas różnice uzyskanych wyników badań, a nie bezwzględne wartości otrzymane tylko dla badanego paliwa. Taka metodyka badań pozwala na dokonanie uogólnień, a na pewno wnioskowanie o rezultatach stosowania badanego paliwa w rzeczywistej eksploatacji silników Flex Fuel. Metodyka przyjęta przez Doktorantkę ogranicza wnioskowanie do silnika na stanowisku testowym, co Autorka, rzetelnie podchodząc do prowadzonych badań, kilkakrotnie podkreśla.

Praca doktorska powinna nosić znamiona pracy naukowej, a więc celem pracy powinna być nie tylko identyfikacja problemów, ale również próba wyjaśnienia ich przyczyn oraz propozycja sposobu ich rozwiązania. Doktorantka zawarła to we fragmencie "Aspekt poznawczy pracy", zobowiązując się niejako do określenia przyczyn niekorzystnych oddziaływań paliwa E85 na olej silnikowy, o ile takie zostaną zidentyfikowane. Fragment zatytułowany: "Aspekt użyteczny" ma ku mojemu zdziwieniu bardzo ogólnikowy charakter i nie wskazuje na próbę rozwiązywania zidentyfikowanych problemów w ramach prowadzonych przez Autorkę badań.

Kolejny podrozdział 3.7. zgodnie z tytułem zawierać powinien wyniki badań laboratoryjnych paliwa E85 i oleju silnikowego. Faktycznie zawiera jednak tylko wyniki badań paliwa E85. Ten podrozdział został w mojej opinii nadmiernie rozbudowany o opisy poszczególnych, standardowych oznaczeń. Uważam, że nie jest potrzebne szczegółowe opisywanie takich oznaczeń, jak skład frakcyjny paliwa, czy inne standardowe oznaczenia. W tym podrozdziale Doktorantka przedstawiła wyniki badań nad formułą chemiczną paliwa etanolowego. Zmieniając proporcje bioetanolu i naftowej benzyny określiła, wynikające z tego, zmiany

wybranych parametrów fizykochemicznych. Jak to zaznaczyła we wstępie do tego podrozdziału, skupiła się na badaniu liczb oktanowych, składu frakcyjnego i prężności par. W dalszej części przedstawiła jednak wyniki pomiarów szeregu innych własności, odnoszących się do całego łańcucha życia paliwa. Jeśli Autorka w ramach opisanych w rozprawie badań opracowała formułę paliwa E85, przedstawione badania były konieczne. Szkoda, że nie uwypuklono tego ani w tytule podrozdziału, ani w jego treści. Uważam to za ważny i cenny fragment pracy, wskazujący, że Doktorantka do właściwych badań na stanowisku silnikowym wykorzystwała paliwo o odpowiednich własnościach. W tym aspekcie mogę zgodzić się z zainteresowaniem Autorki prężnością par paliwa, który to parametr odnosi się do łańcucha logistycznego i określa skłonność paliwa do emisji NM VOC do powietrza atmosferycznego. Autorka nie wskazała jednak na własności paliwa, które mogą mieć wpływ na procesy starzenia oleju silnikowego oraz stan techniczny silnika.

Istotnym mankamentem pracy jest brak charakterystyki chemicznej oleju silnikowego. Domyślam się, że jest to produkt handlowy i niemożliwym jest zdobycie takich informacji od jego producenta. Niemniej Doktorantka powinna przynajmniej przybliżyć jego skład chemiczny, wskazując na rodzaj bazy olejowej oraz pakietu dodatków uszlachetniających.

Charakterystyka oleju silnikowego znalazła się dopiero w podrozdziale 3.8.. Podobnie jak w poprzednim podrozdziale Autorka opisuje poszczególne testy, np. związane z własnościami reologicznymi oleju. W mojej ocenie nie jest to potrzebne, tym bardziej, że w pracy nie znalazłem opisu metody oznaczania stopnia oksydacji, nitracji i sulfonowania, parametrów bardzo istotnych dla przedmiotu rozprawy.

Bardzo interesujące są wyniki testu na stanowisku silnikowym Ford 1,8 l DURATEC-HE PFI typu FlexFuel. Ten fragment pracy wskazuje na dojrzałość naukową Doktorantki, która będąc chemikiem dobrze poznała konstrukcję silnika i zasady jego funkcjonowania, a zwłaszcza wpływ paliwa i oleju silnikowego na zmiany stanu technicznego poszczególnych elementów silnika. Opisane badania wszechstronnie charakteryzują stan silnika po różnym okresie jego pracy, jak również zmianę własności fizykochemicznych oleju silnikowego. Doktorantka przeprowadziła badania oleju silnikowego świeżego i po różnym okresie pracy silnika. Nie znalazłem w treści pracy informacji, czy pod pojęciem "olej świeży" Doktorantka rozumie olej przed wlaniem do silnika, czy po wlaniu do silnika i krótkim okresie pracy. Zwykle jako punkt "0" przyjmuje się własności oleju po bardzo krótkim okresie pracy w silniku, a nie oleju przed wlaniem do silnika. To może mieć duże znaczenie dla oceny tempa zmian zawartości pierwiastków pochodzących ze ściery - produktów zużycia różnych elementów silnika. Ponadto nie znalazłem informacji, czy do badań stosowany był fabrycznie nowy silnik, czy nowymi były tylko niektóre jego elementy, np. wtryskiwacze, zawory, tłoki itp.

Badając stan techniczny silnika Autorka przeprowadziła bardzo interesujące badania składu chemicznego osadów w komorze spalania, na zaworach dolotowych, na wtryskiwaczach, na tłokach oraz w misce olejowej. Zastosowała techniki FTIR-ATR oraz ED-XRF do identyfikacji pierwiastków, co pozwoliło na charakterystykę chemiczną osadów. Ten cenny i unikalny materiał doświadczalny pozwolił Doktorantce na wskazanie prawdopodobnych źródeł powstawania osadów.

Praca zakończona jest podsumowaniem i wnioskami. W podsumowaniu pojawiły się bardzo ważne dla przedmiotu rozprawy stwierdzenia. Niestety dla części z tych stwierdzeń nie

znalazłem w pracy źródła w postaci wyników badań. Autorka stwierdza (str. 164): „ Ponadto czynnikami wpływającymi na trwałość silnika ..... podczas testu hamownianego stanowiły: parametry normatywne paliwa etanolowego E85, tj. liczba oktanowa, skład frakcyjny, prężność par, zawartość alkoholu etanolowego i alkoholi wyższych; ...”. Nie znam terminu „alkohol etanolowy”, jest etanol lub alkohol etylowy. Autorka nie badała w teście silnikowym różnych paliw etanolowych, różniących się m.in. zawartością etanolu i wyższych alkoholi, skąd więc powyższe stwierdzenie?

Część ostatnia „Wnioski” zawiera 20 wniosków końcowych. Wnioski te powinny wprost odnosić się do celu pracy i sformułowanych hipotez. Wobec krytycznych uwag odnośnie sformułowanych: celu pracy i hipotez, trudno jest mi wprost odnieść do nich wnioski końcowe z przeprowadzonych badań. Niemniej wnioski uważam za interesujące i poprawne, wskazujące na znacznie większy dorobek Autorki, niż opisany w rozprawie. Dla przykładu wniosek 8 wyraźnie pokazuje, że Doktorantka dysponuje danymi eksperymentalnymi z testu na silniku FORD 1,8 l DURATEC-HE PFI dla innych paliw, niż E85. Szkoda, że tych danych, nawet traktowanych jako dane literaturowe, nie wykorzystała przy analizie wyników badań uzyskanych dla paliwa E85. Niektóre wnioski przedstawiają ogólnie znane prawidłowości, np. wniosek 14. Z kolei wniosek 15 wykazał, że proces degradacji oleju silnikowego przebiegł zbyt intensywnie (CCS), przy czym Autorka nie odnosi się do tego faktu. Wniosek 19 jest zbiorem powtórzonych wyników mikrometrażu części silnika, przy czym nie wiadomo, na jakiej podstawie Autorka stwierdza, że „...zużycie węzłów ciernych obiektu badawczego kształtują się na zadawalającym poziomie”.

Podsumowując ocenę merytoryczną pracy stwierdzam, że rozprawa jest niejednolita pod względem treści merytorycznych: zawiera bardzo dobre fragmenty i cenne wyniki badań, które zupełnie niepotrzebnie są pomieszane ze sformułowaniami bardzo ogólnymi i powszechnie znanymi. Ta niejednolitość redakcyjna rozprawy znacznie utrudnia jej ocenę. Niemniej pragnę stwierdzić, że prawidłowy dobór technik badawczych, zakres podjętych prac doświadczanych oraz poprawnie sformułowane przez Doktorantkę wnioski, potwierdzają jej dojrzałość naukową do samodzielnego prowadzenia badań, a także na wystarczającym poziomie umiejętność przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników.

### **3. Uwagi szczegółowe.**

Niezależnie od pozytywnej oceny merytorycznej pracy zauważono w jej treści szereg braków i nieścisłości. Przedstawiono je poniżej.

- 1) str. 5. jest: Przedmiot badań eksploatacyjnych, powinno być: Przedmiot badań eksperymentalnych.
- 2) str. 35. jest: ...tendencja forowania osadów..., powinno być: ...tendencja tworzenia osadów...
- 3) str. 40. jest: "2.6.3. Spalanie stukowe oraz inne rodzaje spalania nienormalnego". Nie spotkałem się z pojęciem spalania nienormalnego, tym bardziej, że Autorka nie używa tego terminu w treści podrozdziału.
- 4) str. 43. Rys. 7. Część rysunku jest nieczytelna z powodu niewłaściwego doboru kolorów
- 5) str. 47. jest: "Zalety i wady stosowania bioetanolu jako paliwa alternatywnego"; W tym podrozdziale Autorka w zasadzie omawia paliwa zawierające bioetanol, a nie

czysty bioetanol. Paliwem alternatywnym jest produkt finalny, a bioetanol jest w przeważającej większości przypadków biokomponentem.

- 6) str. 53. jest: "Jednocześnie może spowalniać wyczerpywanie się złóż paliw ropopochodnych..." ; nie słyszałem o złożach paliw ropopochodnych.
- 7) str. 67. jest: ...optymalizację procesów spalania w komorze silnika, w tym ekologiczności jego pracy. Niezręczne sformułowanie "optymalizacja ekologiczności pracy".
- 8) str. 67. jest: "Projekt prEN 15293 obecnie został jednak odrzucony przez CEN i póki co ..."; sformułowanie nie pasujące do języka publikacji.
- 9) str. 89. W Tabeli 30 przedstawione są wyniki badania zużycia kulek po teście na aparacie HFRR dla dwóch paliw: paliwa etanolowego E85 i paliwa etanolowego E85 + dodatek P9. Na jakiej podstawie Autorka pisze: "Na podstawie otrzymanych wyników badań stwierdzono, że: ...\*paliwo etanolowe o wysokiej zawartości etanolu E85 wykazało znacznie lepsze właściwości smarne w porównaniu nawet do tradycyjnej formuły węglowodorowej nieuszlachetnionej, \*obecność typowej dawki pakietu dodatków uszlachetniających w benzynie silnikowej zastosowanej do skomponowania paliwa etanolowego E85 powodowała pogorszenie własności smarnych."
- 10) str. 101. jest: "3.8.1. Oddziaływanie paliwa etanolowego E85 na właściwości fizykochemiczne i użytkowe oleju smarowego ...." ; paliwo nie oddziałuje na właściwości, a na olej.
- 11) str. 102. fragment: " Aby olej mógł spełniać przypisane mu zadania ..... powinien charakteryzować się coraz to większą ilością właściwości ..... najistotniejsze to: .... \*gwarancja dobrej mieszalności z dodatkami uszlachetniającymi paliwo i olej smarowy, ...."; liczba własności nie zależy od oleju, a badacza, który decyduje, jakie własności chce badać. Ponadto gwarancja dobrej mieszalności z dodatkami jest oczywista - związki niemieszające się lub słabo mieszające się z paliwem lub olejem nie mogą być dodatkami do tych produktów. Wskazane byłoby również uzasadnienie dla wymogu dobrej mieszalności oleju smarowego z dodatkami do paliw.

Ponadto w treści pracy zauważyłem szereg błędów stylistycznych i tzw. literówek.

### **Podsumowanie**

Recenzowana praca, niezależnie od krytycznych uwag, zamieszczonych powyżej, stanowi znaczący wkład do rozwoju paliw alternatywnych. Doświadczenia zdobywane przez dziesięciolecia pozwalają prognozować wpływ paliw konwencjonalnych (mineralnych) na pracę silnika, jego stan techniczny po różnych okresach użytkowania oraz tempo starzenia oleju silnikowego. Doświadczenia te trudno jest przełożyć na paliwa alternatywne, a zwłaszcza tak chemicznie różne od konwencjonalnych, jak paliwo E85. Badania przeprowadzone przez Doktorantkę wnoszą nową wiedzę o procesach zachodzących w silnikach o zapłonie iskrowym zasilanych paliwem etanolowym E85. Krytyczne uwagi odnoszą się do redakcji pracy, a nie do jej treści merytorycznej.

Stwierdzam zatem, że praca mgr inż. Magdaleny Żółty pt. „Oddziaływanie paliwa etanolowego E85 na właściwości użytkowe oleju smarującego SAE 5W-30 (ACEA A5/B5) i trwałość silnika typu FlexFuel" (promotor: prof. dr hab. inż. Janusz Jakóbiec) spełnia

wymagania stawiane rozprawom doktorskim, w rozumieniu ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. z 2014 r., poz. 1852, ze zm. w Dz. U. z 2015 r. poz. 249), a Autorka może być dopuszczona do jej publicznej obrony.