

Warszawa, dn. 21.01.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Marianna Jacyna
Profesor zwyczajny
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej
ul. Koszykowa 75
00-661- Warszawa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny YAKOVLIEVEJ

**„Analytical and experimental selection of fuel with bio-additives
for aircraft jet engine”**

Podstawą wykonania recenzji jest Uchwała Rady Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej z dnia 11 października 2017 roku (pismo podpisał prof. dr hab. inż. Jarosław Sęp Dziekan Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej z dn. 16 października 2017 r.).

Dokumentację merytoryczną do sporządzenia recenzji stanowi egzemplarz rozprawy pt. „Analytical and experimental selection of fuel with bio-additives for aircraft jet engine”.

Promotorem rozprawy doktorskiej jest prof. dr hab. inż. Kazimierz LEJDA, a promotorem pomocniczym dr inż. Hubert KUSZEWSKI.

1. Uwagi o tematyce i informacje ogólne o rozprawie

W recenzowanej rozprawie Autorka rozważa teoretyczne (badawcze) i eksperymentalne zagadnienia dotyczące alternatywnych paliw lotniczych powstałych poprzez zmieszanie konwencjonalnego paliwa lotniczego z biokomponentami pochodzenia roślinnego oraz badań właściwości takich paliw.

Rozprawa napisana jest w języku angielskim i obejmuje:

- 123 strony opracowane w książkę formatu A4,
- 10 ponumerowanych rozdziałów, przy czym rozdział 1 to wprowadzenie natomiast rozdział 10 to wnioski,
- wykaz skrótów i oznaczeń oraz spis tabel i rysunków,
- streszczenie w języku polskim i angielskim,
- bibliografię liczącą 140 pozycji krajowych i zagranicznych w tym: 29 pozycja współautorska Autorki rozprawy; 21 aktów normatywnych; 18 pozycji internetowych.

Rozprawa dotyczy bardzo aktualnego tematu – poszukiwania metod otrzymania wysokiej jakości alternatywnych paliw lotniczych z udziałem biokomponentów celem zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska. Uwzględniając generowane, ogólnie, przez transport koszty społeczne, szczególnie koszty zewnętrzne, to zalety badań w tym obszarze są niepodważalne i powszechnie uznane, chociaż często niechętnie doceniane i uwzględniane przy podejmowaniu wielu decyzji intensyfikujących wdrażanie nowych technologii.

Z tego względu recenzowana rozprawa, związana z badaniami alternatywnych paliw lotniczych powstałych poprzez zmieszanie konwencjonalnego paliwa lotniczego z biokomponentami pochodzenia roślinnego ma istotne znaczenie gospodarcze i ekologiczne, wskazując kierunki rozwoju technologii produkcji paliw alternatywnych i ich aplikacji do silników lotniczych.

Jak już wspomniałam powyżej, rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Yakovlievej pt. „*Analytical and experimental selection of fuel with bio-additives for aircraft jet engine*” (*Analityczno-eksperymentalny dobór paliwa z dodatkami biokomponentów do przepływowego silnika lotniczego*), składa się z 10 rozdziałów numerowanych oraz uzupełnień, streszczeń i spisów.

W rozdziale 1 zawarto wstęp do pracy. Natomiast w rozdziałach 2.-4. dokonano przeglądu aktualnego stanu wiedzy w przedmiocie badań oraz dane dotyczące parametrów paliw i wymogów stawianych paliwom lotniczym uwzględniając ich wpływ na pracę i eksploatację przepływowych silników lotniczych.

W rozdziale 5. sformułowano cel i zakres rozprawy, konsekwentnie realizowany w kolejnych rozdziałach. I tak w rozdziale 6. omówiono procesy technologiczne produkcji paliw z dodatkiem biokomponentów określonych rodzajów, następnie w rozdziale siódmym przedstawiono fizyko-chemiczne i eksploatacyjne właściwości paliw do lotniczych silników turboodrzutowych z punktu widzenia mieszania ich z biokomponentami.

Rozdział 8. zawiera studium zasilania turbinowych odrzutowych silników lotniczych paliwami z dodatkiem biokomponentów, które podsumowane zostało przedstawioną w rozdziale 9. oceną emisji szkodliwych związków wchodzących w skład spalin w określonych warunkach eksploatacyjnych. Pracę kończy podsumowanie oraz spis bibliograficzny.

Reasumując twierdzę, że mgr inż. Anna Yakovlieva podejmując się w swojej rozprawie zagadnienia zastosowania alternatywnych paliw lotniczych będących

mieszkami konwencjonalnego paliwa lotniczego do silników przepływowych z biokomponentami pochodzenia roślinnego oraz badania eksperymentalnego i analitycznego tych paliw znakomicie wpisuje się w potrzeby zarówno teoretyków jak i praktyków zajmujących się rozwojem technologii produkcji paliw alternatywnych i ich aplikacji do silników lotniczych. Podjęty przez Doktorantkę problem badawczy w rozprawie jest jak najbardziej uzasadniony, a samo sformułowanie tematu rozprawy uważam za właściwe.

2. Charakterystyka zakresu, celu i treści rozprawy

Treść rozdziałów powiązana jest z tytułem rozprawy i stanowi jego rozwinięcie oraz została podporządkowana realizacji celu rozprawy, który Doktorantka formułuje jako: *„badanie i opracowanie kryteriów doboru paliw z optymalnym udziałem biokomponentów, przeznaczonych do stosowania w silnikach lotniczych.”*

We wstępie Doktorantka omówiła rolę transportu lotniczego jako jednego z podstawowych rodzajów transportu. Dokonując analizy danych statystycznych związanych z zanieczyszczeniem środowiska, a zwłaszcza powietrza, wynikającego z realizacji pracy przewozowej w transporcie lotniczym, Doktorantka przywołuje w większości źródła rosyjskojęzyczne oraz strony organizacji, jednak bez daty dostępu oraz szczegółowego ich opisu. Mgr inż. Anna Yakovlieva podkreśliła udział paliw kopalnych w wytwarzaniu gazów cieplarnianych i wskazała transport lotniczy jako znaczące źródło tej emisji z jednoczesnym trendem rosnącym (dalej rozważania te kontynuowane są w rozdziale 2.2 rozprawy). Omówiony został potencjał alternatywnych źródeł energii, w tym możliwości wytwarzania mieszanek paliwowych z wykorzystaniem biokomponentów wytwarzanych z odnawialnych źródeł, takich jak biomasa. **Wniosek o możliwości opracowania mieszanek paliw do silników lotniczych z wykorzystaniem biokomponentów zakończył wprowadzenie i nakreślił dalszą zawartość rozprawy, co należy uznać za właściwe podejście do problemu badawczego.**

Rozdział drugi rozprawy to analiza aktualnego stanu technologii wytwarzania i wykorzystania paliw lotniczych do silników odrzutowych. Doktorantka przedstawiła klasyfikację technologii wytwarzania paliw do lotniczych silników przepływowych z podziałem na źródła nieodnawialne, w tym kopalne oraz odnawialne z uwzględnieniem odpadów przemysłowych, biomasy i organicznych źródeł tłuszczów. Ponieważ przy opracowaniu klasyfikacji Doktorantka korzystała ze źródeł

sprzed około 10 lat, co w świetle stwierdzenia przedstawionego we wstępie, że rozwój technologii biokomponentów trwa od około 10 lat, narzuca pytanie, czy klasyfikacja nie powinna zostać dopracowana w tym zakresie? Analiza rodzajów paliw lotniczych, ich cechy i obszary zastosowania oraz podstawowe sposoby produkcji stanowiła podbudowę do omówienia czynników określających alternatywne paliwa lotniczych odnosząc się do miernika EROEI (*Energy Returned on Energy Invested*). oraz omówienia struktury emisji szkodliwych związków wchodzących w skład spalin. W podrozdziale 2.3 Doktorantka przedstawiła analizę trzech generacji biopaliw i sposobów ich otrzymywania (produkcja bio-nafty, obróbka cieplna surowców zawierających tłuszcze oraz przetwarzanie biomasy), wskazując równocześnie na początki tych technologii i nowe badania w zakresie ich wykorzystania w transporcie. **Na uwagę zasługuje analiza perspektyw wykorzystania komponentów pochodzenia roślinnego w alternatywnej produkcji paliw wsparta szerokim przeglądem literatury**, przy czym często bez wskazania konkretnych pozycji i autorów.

Rozdział trzeci obejmuje analizę wpływu wybranych parametrów paliwa na pracę i eksploatację lotniczego silnika przepływowego. W tym rozdziale został omówiony podstawowy schemat silnika, cykl wtrysku paliwa do silnika, sposób mieszania i przepływu mieszanki paliwowo-powietrznej oraz zjawiska cieplne zachodzące przy tym przepływie. Doktorantka przedstawiła warianty procesu spalania paliwa w komorach różnych typów ze wskazaniem na stosunek ilości paliwa do osiągniętej efektywności pracy silnika i poziomu emisji wybranych szkodliwych składników spalin oraz stabilność procesu spalania. **Dużo uwagi mgr inż. A. Yakovlieva poświęciła analizie składu gazów spalinowych silników**, m.in.: mechanizmom powstawania tlenku węgla (CO), dwutlenku węgla (CO₂) i pary wodnej (H₂O), węglowodorów (C_nH_m), tlenków siarki (SO_x), tlenków azotu (NO_x) sadzy oraz cząstek stałych w kontekście czynników technicznych, konstrukcyjnych silnika oraz warunków pracy umożliwiających powstawanie tych związków. Omówiła również wydajność lotniczego silnika przepływowego i związane z nią zanieczyszczenie części silnika składowymi oraz produktami spalania paliwa słabej jakości (podrozdziały 3.6 i 3.7) Podobnie jak w rozdziale trzecim literatura przywołana jest, na ogół, zbiorczo bez wskazywania konkretnych pozycji bądź badań.

W rozdziale czwartym Doktorantka omówiła standardy i wymogi techniczne stawiane paliwom do silników turbodrzutowych związanych z efektywnością

i niezawodnością ich pracy, wytrzymałością (odpornością) części silników lotniczych oraz oddziaływaniem na środowisko. **Wymienia m.in: wymaganą wysoką lotność, odpowiednie charakterystyki pracy przy niskich temperaturach, chemiczną i termiczną stabilność, brak niekorzystnego oddziaływania korozyjnego z metalowymi i niemetalowymi częściami silnika, odpowiednie właściwości smarne, optymalną przewodność elektryczną, brak składników toksycznych, zanieczyszczeń i dodatków**, w tym minimalną zawartość związków siarki prowadzących do powstawania niebezpiecznych składników gazów spalinowych. Standardy w zakresie parametrów i cech paliwa lotniczego zostały omówione w oparciu o aktualne akty normatywne i standardy międzynarodowe dla lotnictwa cywilnego (m.in. brytyjskie, amerykańskie), a także dyrektywy Parlamentu Europejskiego w zakresie wymogów środowiskowych stawianych paliwom do silników turboodrzutowych.

Przedstawione w rozdziałach 1-4 rozważania pozwoliły Doktorantce na sformułowanie celu i zakresu rozprawy – **rozdział 5**. Zasadniczy cel rozprawy sformułowany jako **badanie i opracowanie kryteriów doboru paliw z optymalnym udziałem biokomponentów, przeznaczonych do stosowania w silnikach lotniczych**. został jasno i szczegółowo opisany na rysunku 5.1 oraz omówiony w tekście. Jako realizację celu Autorka rozprawy ujęła: rozwój technologii wytwarzania biokomponentów, badanie składu chemicznego biokomponentów i ich struktury molekularnej, eksperymentalne badanie fizyko-chemicznych własności biokomponentów otrzymanych przez estryfikację oleju rzepakowego, eksperymentalne badanie wpływu FAME i FAEE na charakterystyki paliw zmieszanych z biokomponentami w różnych proporcjach i spełnianie przez nie wymogów, szacowanie emisji i badanie wybranych parametrów silników zasilanych mieszaniną paliwa z biokomponentami, formułowanie kryteriów doboru bioskładników paliw do silników turboodrzutowych.

Punktem wyjścia do badań było ustalenie, przez Doktorantkę, kryteriów doboru paliw z optymalną zawartością biokomponentów obejmujące (rys. 5.2): właściwości fizykochemiczne (m.in.: gęstość, skład frakcyjny, cechy energetyczne, zachowanie się w niskich temperaturach, lepkość kinematyczna, punkt zapłonu), parametry pracy silnika (ciąg, przepływ paliwa, temperatura rury wylotowej, czas reakcji na przyspieszenie), kryteria środowiskowe (emisja CO₂, H₂O, SO₂, NO_x). Takie podejście miało na celu dowiedzenie następujących tez:

1. Mieszanie biokomponentów otrzymanych z oleju rzepakowego z paliwem do silników turbodozujących z zachowaniem określonych proporcji nie powoduje przekroczenia aktualnie obowiązujących norm i standardów dla paliw tego typu.
2. Stosowanie biokomponentów w paliwach lotniczych do silników turbodozujących, w proporcjach gwarantujących zachowanie aktualnie obowiązujących norm i standardów, nie wymaga zmian konstrukcyjnych w silnikach.
3. Zastosowanie biokomponentów otrzymywanych z oleju rzepakowego w paliwie powoduje redukcję emisji szkodliwych związków spalin.

Dla udowodnienia postawionych tez, Doktorantka podzieliła badania na trzy etapy. Pierwszy etap polegał na przeprowadzeniu kompleksowych badań właściwości fizykochemicznych mieszanin paliwowych. Drugi etap to badania stanowiskowe silnika turbodozującego zasilanego mieszaninami paliw o różnym udziale biokomponentów, zaś w trzecim etapie Doktorantka poddała ocenie analitycznej parametry ekologiczne tych samych mieszanin paliwowych.

W rozdziale szóstym Doktorantka, zgodnie z przedstawioną w rozdziale piątym realizacją celu, omówiła proces technologiczny produkcji paliw do przepływowych silników lotniczych z dodatkiem biokomponentów pozyskanych z oleju rzepakowego. Wskazała, że nie jest możliwe mieszanie biokomponentów wytwarzanych na potrzeby transportu samochodowego (biodiesel) z paliwami lotniczymi. Autorka rozprawy sformułowała zestaw wymogów koniecznych do uzyskania biokomponentów odpowiedniej jakości oraz algorytm proponowanego procesu produkcyjnego. Następnie omówiła strukturę molekularną, skład i właściwości biokomponentów uzyskanych w ten sposób.

Rozdział 7. obejmuje swym zakresem badania etapu pierwszego. Pani Anna Yakovlieva przeprowadziła eksperymenty laboratoryjne z mieszaninami paliwowymi zawierającymi odpowiednio 10%, 20%, 30%, 40% i 50% biokomponentów w celu uzyskania informacji o ich właściwościach fizyko-chemicznych i charakterystykach eksploatacyjnych. Badania przeprowadzone zostały w Laboratorium Materiałów Eksploatacyjnych w Katedrze Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Rzeszowskiej. Doktorantka dokonała dyskusji uzyskanych wyników, przedstawiła podstawowe zależności matematyczne do ich wyznaczenia (podrozdział 7.4), przeprowadziła analizę porównawczą wyników i sformułowała kryteria mieszania

paliwa do silników turboodrzutowych z biokomponentami (podrozdział 7.5.). Do kryteriów zaliczyła:

- racjonalną proporcję estrów nasyconych do nienasyconych,
- kompatybilność biokomponentów z paliwami uzyskiwanymi tradycyjnie z ropy naftowej,
- fizyczną stabilność mieszanki dzięki wzajemnej rozpuszczalności estrów i węglowodorów,
- odpowiednią gęstość zapewniającą konieczny poziom parowalności, możliwość tworzenia się mieszanki paliwowo-powietrznej i przez to kompletne spalanie,
- odpowiednią lepkość mieszanki i cechy w niskiej temperaturze,
- odpowiednie efektywne ciepło spalania,
- chemiczną i termochemiczną stabilność z minimalną tendencją do sedymentacji w układach paliwowych,
- brak wody i niepożądanych dodatków w mieszaniu paliwowej.

Rozdział ósmy rozprawy obejmuje badania parametrów pracy silnika zasilanego mieszaniną paliwa konwencjonalnego z biokomponentami. Doktorantka przeprowadziła badania praktyczne w warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem turbinowego silnika odrzutowego model RU19A-300. Silnik był badany w trzech biegach testowych: z wykorzystaniem paliwa konwencjonalnego oraz dwóch mieszanek zawierających biokomponenty (10% i 20% zawartości). Mgr inż. Anna Yakovlieva podała analizie charakterystyki pracy tj.: ciąg, przepływ paliwa, temperatura rury wylotowej, ciśnienie sprężania, ciśnienie w kolektorze paliwa, czas reakcji na przyspieszenie w zależności od prędkości obrotowej wału. Doktorantka omówiła testowany silnik i jego parametry, program testowy do prowadzenia pomiarów, dokonała zestawienia wyników i ich dyskusji wraz z prezentacją zależności matematycznych.

Rozdział dziewiąty poświęcony został ocenie emisji szkodliwych związków znajdujących się w spalinach z silnika turboodrzutowego zasilanego mieszaniną paliwa i biokomponentów. W celu szacowania emisji Doktorantka wykorzystwała cykl lądowania i startu rekomendowany przez ICAO jako podstawa analiz porównawczych emisji. Emisja została oszacowana analitycznie poprzez określenie ilości generowanych szkodliwych związków spalin w kolejnych fazach lotu, przy określonym obciążeniu silnika oraz w ustalonych warunkach atmosferycznych (wilgotność, temperatura, ciśnienie). Obliczenia zostały wykonane dla:

- dwutlenku węgla (CO_2) – wykazując zmniejszenie jego ilości w gazach spalinowych przy zastosowaniu 20% biokomponentów o 1,96%,
- pary wodnej (H_2O) – wykazując zmniejszenie ilości wody w gazach spalinowych o 4,04% przy zastosowaniu 20% biokomponentów,
- tlenków siarki (SO_x) – wykazując możliwe zmniejszenie ilości tych związków w spalinach o 14% względem konwencjonalnych paliw przy zastosowaniu 20% biokomponentów,
- tlenków azotu (NO_x) – wykazując zmniejszenie ilości tych związków w gazach spalinowych o 6,41% w czasie startu, o 7,1% w czasie wznoszenia, o 16,81% w czasie lądowania i o 16,80% w czasie kołowania, przy zastosowaniu 20% biokomponentów.

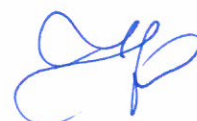
W rozdziale dziesiątym przedstawione zostały końcowe wnioski w zakresie mieszania paliw do lotniczych silników przepływowych z biokomponentami – szczególnie na bazie oleju rzepakowego.

Podsumowując tę część recenzji pragnę podkreślić, iż wymienione przez Doktorantkę tezy zostały dowiedzione na poziomie analitycznym i doświadczalnym. Szeroki zakres wykonanych prac wzbogaca wiedzę naukową w zakresie inżynierii mechanicznej, technologii chemicznej, ekologii i zrównoważonego rozwoju środków transportu w dyscyplinie *BUDOWA I EKSPLOATACJA MASZYN*.

3. Ocena rozprawy

Tematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Yakovlievej dotyczy zastosowania alternatywnych paliw lotniczych będących mieszankami konwencjonalnego paliwa lotniczego do silników przepływowych z biokomponentami pochodzenia roślinnego oraz badania eksperymentalnego i analitycznego tych paliw. Badania prowadzone były ze względu na potrzebę opracowania mieszanek paliwowych spełniających wymogi w zakresie wymagań normatywnych dotyczących parametrów fizykochemicznych i eksploatacyjnych paliw lotniczych zawierających biokomponenty parametrów operacyjnych silników oraz wartości emisji szkodliwych składników spalin.

Uważam, że zasadniczym i najważniejszym dorobkiem mgr inż. Anny Yakovlievej, stanowiąc rozdziały 5-9, które obejmują opracowanie autorskiej metodyki badań analitycznych i eksperymentalnych otrzymania wysokiej jakości alternatywnych paliw lotniczych z udziałem biokomponentów opartych na estrach metylowych i etylowych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego, która umożliwia ich zastosowanie



w mieszaninach z konwencjonalnymi paliwami lotniczymi. Dużą zaletą rozprawy, jak wskazałam w pierwszym punkcie swojej opinii, jest jej użyteczny charakter. To bardzo ważne przy tego typu opracowaniach. Przeprowadzone badania eksperymentalne, przedstawione w rozdziałach 7-9 potwierdzają przydatność zaproponowanego podejścia dla sektora eksploatacji transportu lotniczego. Mgr inż. Anna Yakovlieva w swoich analizach wykazała, że ewentualne wdrożenie proponowanego w pracy podejścia umożliwi uzyskanie wymiernych korzyści z punktu widzenia minimalizacji zanieczyszczenia środowiska, ponieważ zastosowanie biokomponentów pochodzących z oleju rzepakowego w paliwie lotniczym zmniejsza emisję niepożądanych składników w spalinach silnika przepływowego.

Dokonując oceny układu rozprawy, należy podkreślić, praca napisana jest starannie, bardzo dobrym językiem angielskim. Zagadnienia omawiane są jasno, na odpowiednim poziomie szczegółowości i z wykorzystaniem odpowiedniej literatury.

Tezy pracy zostały określone w sposób precyzyjny i jasny, a ciąg realizowanych badań i rozważań został przemyślany w taki sposób, aby postawione tezy udowodnić. Sformułowane zostały zarówno naukowe jak i użyteczne efekty pracy.

Za główne osiągnięcie mgr inż. Anny Yakovlievej uważam:

1. Wzbogacenie wiedzy naukowej w zakresie inżynierii mechanicznej, technologii chemicznej, ochrony środowiska oraz zrównoważonego rozwoju, przydatnej dla praktyków i specjalistów zatrudnionych w sektorze eksploatacji transportu lotniczego i zajmujących się alternatywnymi paliwami silnikowymi.
2. Przeprowadzenie badań i opracowanie kryteriów doboru dla wybranych mieszanin paliw, które mogą być pomocne przy opracowywaniu optymalnych kompozycji paliw alternatywnych produkowanych na skalę przemysłową. Doktorantka wykazała w swoich badaniach, że takie paliwa będą miały lepsze parametry eksploatacyjne i ekologiczne oraz zapewnią wyższą sprawność silników lotniczych.
3. Przeprowadzenie badań praktycznych w warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem turbinowego silnika odrzutowego model RU19A-300 w zakresie parametrów pracy silnika zasilanego mieszaniną paliwa konwencjonalnego z biokomponentami.
4. Przeprowadzenie oceny emisji szkodliwych związków znajdujących się w spalinach z silnika turbodoładowanego, przy określonym obciążeniu silnika oraz w ustalonych warunkach atmosferycznych (wilgotność, temperatura, ciśnienie), zasilanego mieszaniną paliwa i biokomponentów w oparciu o wykonanie analiz cyklu lądowań i startów rekomendowany przez ICAO jako podstawa analiz porównawczych emisji.

Podsumowując ten punkt opinii uważam, że omówiona konstrukcja rozprawy oraz sposób opracowania materiału empirycznego, a także forma przeprowadzonej analizy i przyjęta metodyka badań są na dobrym poziomie i właściwe dla tego rodzaju prac. Doktorantka wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną, dobrą znajomością przedmiotu badań oraz opanowaniem metod eksperymentalnych i analitycznych stosowanych w dyscyplinie *BUDOWA I EKSPLOATACJA MASZYN*.

4. Uwagi do rozprawy

Pomimo wszystkich zalet i dobrej oceny rozprawy pod względem zawartości merytorycznej, dysertacja ma pewne niedostatki do których zaliczam m.in.:

1. Teksty wiszące w większości rozdziałów. Teksty wiszące stanowią wstęp/wprowadzenie do problematyki rozdziału, w związku z tym dla jasności prowadzonych w danym rozdziale rozważań należy je wydzielić z całości jako np. „Wprowadzenie do rozdz.” lub „Uwagi ogólne”, itp.
2. Rys. 2.2. jest nieczytelny – na tarczy wykresu zabrakło opisów prezentowanych wartości.
3. Widoczna jest dysproporcja między poszczególnymi rozdziałami i podrozdziałami. Rozdziały 5. i 6. są znacznie krótsze niż pozostałe rozdziały (oba mają po 3 str.), co powoduje że treść rozprawy nie jest dobrze wyważona. Jednakże z punktu widzenia zawartości tych rozdziałów ich budowa wydaje się być zasadna. Z kolei podrozdział 7.1 (11 linijek tekstu) jest nieproporcjonalnie krótszy od podrozdziału 7.3 (6 stron tekstu i zdjęć) lub od podrozdziału 7.4 (ponad 23 strony).
4. W wielu miejscach rozprawy Doktorantka używa liczby mnogiej w pierwszej osobie („my”), co z jednej strony wskazuje na to, że czerpie z prac wieloautorskich, w których uczestniczyła, ale z drugiej nie powinno być nadużywane w rozprawach doktorskich postrzeganych w kategoriach monografii naukowych.

Analiza tekstu rozprawy rodzi kilka pytań szczegółowych, które nasunęły się w trakcie czytania. Odpowiedzi na pytania oczekuję podczas publicznej obrony.

1. Czy opracowane przez Panią podejście ma możliwości szybkiego zastosowania. Jeśli tak, to czy może Pani określić wymierne korzyści np. dla lotnictwa cywilnego, gospodarki czy innych uczestników całego procesu?
2. Ponieważ rozwój technologiczny, zmiany gospodarcze oraz wyniki badań laboratoryjnych mają wpływ na rozwój technologii produkcji paliw alternatywnych i ich aplikacji do silników lotniczych. W związku z tym, jak Pani ocenia swoje dokonania w tym kontekście?

3. Wskazała Pani, że uzyskane w ramach dysertacji wyniki mogą przyczynić się m.in. do poprawy efektywności energetycznej transportu lotniczego oraz zapewnić zrównoważony rozwój i bezpieczeństwo przelotów. Czy może Pani rozwinąć ten wątek?

5. Wniosek końcowy oceny rozprawy

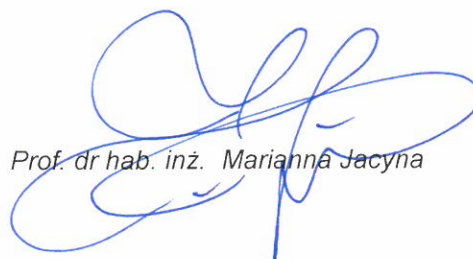
Uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa, mimo przedstawionych powyżej uwag krytycznych, które nie podważają zasadniczego dorobku Jej Autorki, została wykonana na bardzo dobrym poziomie merytorycznym. Przyjęte przez mgr inż. Annę Yakovlievą tezy rozprawy zostały udowodnione, a wyznaczony cel główny konsekwentnie osiągnięty.

Dokonując oceny całości rozprawy wyrażam opinię, iż stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wskazując na odpowiedni poziom wiedzy teoretycznej jej Autorki w reprezentowanej dyscyplinie nauki, dobrą znajomość przedmiotu badań, zdolność do analitycznego spojrzenia na rozpatrywany problem oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Zaprezentowane w rozprawie wyniki badań są oryginalnym dorobkiem naukowym Doktorantki, a rezultaty pracy mogą zostać wykorzystane w praktyce, czego Autorka rozprawy dowiodła.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa mgr inż. Anny Yakovlievej, pt. „*Analytical and experimental selection of fuel with bio-additives for aircraft jet engine*”, spełnia warunki przewidziane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami

Stawiam więc wniosek o przyjęcie opracowania przedstawionego do recenzji – jako rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Yakovlievej na stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie *BUDOWA I EKSPLOATACJA MASZYN* i dopuszczenie jej do publicznej obrony.



Prof. dr hab. inż. Marianna Jacyna