

Rzeszów, 29.04.2026

prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik  
Politechnika Rzeszowska  
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa  
Katedra Konstrukcji Maszyn  
Al. Powstańców Warszawy 12  
35-029 Rzeszów

**Recenzja rozprawy doktorskiej**  
**pt. BADANIE I ANALIZA WPŁYWU WYBRANYCH DODATKÓW ROŚLINNYCH**  
**NA PARAMETRY EKSPLOATACYJNE OLEJU SMARNEGO STOSOWANEGO**  
**W SILNIKACH OKRĘTOWYCH**  
**autorka: mgr inż. Małgorzata Malinowska**  
**promotor: dr hab. Łukasz Muślewski, prof. PBŚ**  
**promotor pomocniczy: dr hab. inż. Marietta Markiewicz, prof. PBŚ**

### **Podstawa recenzji**

Zawiadomienie nr NB.520.3.1.2026 z dnia 02 kwietnia 2026 o wyznaczeniu na recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora mgr inż. Małgorzacie Malinowskiej na podstawie rozprawy doktorskiej: „*Badanie i analiza wpływu wybranych dodatków roślinnych na parametry eksploatacyjne oleju smarnego stosowanego w silnikach okrętowych*” w oparciu o uchwałę Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Bydgoskiej nr 07/03/2026.

### **1. Wprowadzenie i analiza zasadności podjęcia tematu rozprawy**

Niezawodność pracy silników spalinowych i układów napędowych opartych o przekładnie zębate wymaga stosowania odpowiednich środków smarnych, których zadaniem jest ograniczenie tarcia, zmniejszenie zużycia współpracujących powierzchni, odprowadzania ciepła powstałego w wyniku procesu spalania i współpracy elementów. Środki smarne chronią stalowe elementy przed korozją, uszczelniają komorę spalania oraz transportują zanieczyszczenia powstające podczas pracy poszczególnych elementów. Konstrukcja współczesnych układów napędowych dąży do osiągnięcia coraz większej sprawności i mocy przy zmniejszeniu masy poszczególnych elementów. Wiąże się to ze zwiększeniem wymagań również w odniesieniu do środków smarnych. Powstaje tu szczególna zależność, w której środek smarny wpływa istotnie na trwałość współpracujących elementów silnika oraz stopień zużycia tych elementów wpływa na szybkość degradacji oleju smarnego. Zjawiska te są szczególnie istotne w przypadku eksploatacji silników okrętowych,

które poddawane są długotrwałym obciążeniom mechanicznym i termicznym. Dodatkowo środki smarne ulegają zużyciu podczas eksploatacji a ich utylizacja czy recykling obwarowane są odpowiednimi przepisami odnoszącymi się do polityki gospodarki obiegu zamkniętego. Poszukiwanie nowych dodatków do olejów, które pozwolą wydłużyć czas ich stosowania lub pozwolą na zastosowanie surowców odnawialnych wpisuje się w nowoczesne trendy badawcze gospodarki opartej na wiedzy. Biorąc powyższe pod uwagę uzasadnione jest podjęcie tematu przedstawionego w dysertacji zarówno pod względem naukowym jak też utylitarnym.

## 2. Charakterystyka i ocena rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska liczy wraz załącznikami 207 stron, składa się ze spisu treści, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz załączników w postaci tabelaryzowanych wyników badań, została wydana w formie książkowej. Bibliografia składa się 256 pozycji związanych odpowiednio z tematem rozprawy, odniesienia do literatury uporządkowane są w kolejności cytowania.

Układ pracy jest prawidłowy, poszczególne części, rozdziały i podrozdziały ułożone są w logicznej kolejności, tworząc spójny układ, pozwalający na właściwą interpretację treści przedstawionych w kolejnych jej częściach.

Rozdział pierwszy przedstawia wprowadzenie odnoszące się do tematyki rozprawy dotyczące wpływu wybranych dodatków roślinnych na parametry eksploatacyjne oleju smarnego i genezę pracy opartą o założenia zastosowania surowców w odniesieniu do gospodarki obiegu zamkniętego.

Drugi rozdział zawiera przegląd literatury oraz analizę stanu zagadnienia, Autorka powołuje się na źródła bardzo obszernej bibliografii zawierającej aktualne publikacje poruszające różne zagadnienia m.in. z zakresu środków smarnych i teorii eksploatacji. Szerokie podejście do analizy stanu zagadnienia jest uzasadnione z punktu widzenia złożoności podjętych przez Doktorantkę zagadnień badawczych.

W rozdziale trzecim Autorka opisuje założenia rozprawy oraz uzasadnia podjęcie tematyki badawczej opartej na analizie literatury. Sformułowany został cel pracy jako opracowanie i walidacja modeli regresyjnych wpływu dodatków roślinnych na wybrane właściwości fizykochemiczne oleju silnikowego przeznaczonego do eksploatacji w czterosuwowym silniku okrętowym. Wyszczególniono również siedem celów szczegółowych. Hipoteza badawcza zakłada, że zastosowanie określonych olejów roślinnych w postaci dodatków do oleju mineralnego pozwala na otrzymanie mieszanin o właściwościach fizykochemicznych zbliżonych do konwencjonalnych olejów silnikowych, które mogą spełniać założone dla silników okrętowych wymagania eksploatacyjne. W końcowej części rozdziału przedstawiono zakres badań eksperymentalnych dotyczących oceny przydatności dodatków olejów roślinnych do mineralnego oleju silnikowego.

Rozdział czwarty przedstawia program badań składający się z trzech etapów: pierwszy polegający na wyborze olejów roślinnych do badań, drugi dotyczący przeprowadzenia testów laboratoryjnych oraz trzeci przedstawiający opracowanie modeli wpływu dodatków roślinnych na właściwości oleju silnikowego stosowanego w czterosuwowym, średnioobrotowym silniku okrętowym. Poszczególne etapy przedstawiono w czytelny sposób z zastosowaniem schematu blokowego oraz opisano plan ich realizacji.

W rozdziale piątym zaprezentowano założenia wielokryterialnej oceny jakości użytkowej olejów roślinnych. Do wstępnej analizy wytypowane zostało dziesięć olejów roślinnych (arachidowy, bawełniany, kokosowy, lniany, palmowy, rycynowy, rzepakowy, słonecznikowy, sojowy, oliwa z oliwek) w oparciu dane literaturowe opisujące właściwości fizykochemiczne istotne z punktu widzenia właściwości smarnych. W procesie oceny brano pod uwagę właściwości smarne, właściwości chłodzące oraz właściwości ochronne przed zjawiskami korozji, reprezentowane za pomocą odpowiednich parametrów fizykochemicznych, do których należą: wskaźnik lepkości, gęstość, temperatura płynięcia, liczba jodowa, średnica śladu zużycia, temperatura zapłonu, liczba kwasowa, pojemność cieplna właściwa, przewodnictwo cieplne, zawartość wody, stabilność utleniania oraz działanie korodujące. Do kolejnych etapów badań wytypowano trzy oleje roślinne: rzepakowy, rycynowy i lniany.

Rozdział szósty opisuje metodykę badań, obiekt badawczy, przedmiot badań, materiały badawcze, zastosowaną aparaturę pomiarową oraz metody analizy danych zastosowane do opracowania i interpretacji uzyskanych wyników w celu ich naukowej oceny i opracowania wniosków.

W rozdziale siódmym przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych dotyczących właściwości reologicznych, fizykochemicznych i smarnościowych olejów w stanie świeżym, a następnie zmiany tych właściwości w wyniku starzenia termicznego oraz kontaktu z wybranymi metalami.

Rozdział ten przedstawia wyniki badań, które zostały usystematyzowane w kilku podrozdziałach opisujących kolejno: oleje przed procesem starzenia termicznego, termiczne starzenie olejów, badanie wpływu olejów na wybrane metale, mieszaniny mineralno-roślinne. Podrozdziały te szczegółowo przedstawiają również takie procesy badawcze jak: zależności lepkości dynamicznej od temperatury, zależność lepkości dynamicznej od szybkości ścinania, właściwości smarnościowe olejów na maszynie czterokulowej, lepkość kinematyczną, temperaturę zapłonu, zależności lepkości dynamicznej od szybkości ścinania, zawartości pierwiastków śladowych. W rozdziale tym opisano również wybór parametrów do oceny mieszanin, sposób opracowania modeli matematycznych, ocenę zdolności prognostycznej modeli oraz dobór składu mieszanin olejowych z wykorzystaniem funkcji użyteczności.

W rozdziale ósmym opisano analizę i interpretację opisanych wcześniej wyników badań właściwości fizykochemicznych. Punktem odniesienia do oceny

przydatności olejów roślinnych jako komponentów mieszanin przeznaczonych do smarowania silnika okrętowego typu MAN L32/40 były badania olejów w stanie świeżym. Istotne różnice odnotowano podczas badań wskaźnika lepkości. Najwyższą wartością tego wskaźnika charakteryzuje się olej lniany i rzepakowy, oznacza to mniejszą zmienność lepkości w funkcji temperatury.

Przeprowadzone badania pokazują znaczne zróżnicowanie badanych olejów w stanie świeżym. Dla przykładu, olej rycynowy wykazuje wysoką lepkość w temperaturze 40 °C oraz podwyższoną lepkość w temperaturze 100°C. W odniesieniu do warunków eksploatacyjnych powoduje to zdolność do tworzenia grubego filmu smarnego, który może być odpowiedzialny za podwyższenie oporów w układzie smarowania.

Analizie poddano m.in. temperaturę zapłonu badanych olejów roślinnych, które charakteryzują się wysokimi wartościami tej temperatury, przekraczającymi wartości dla stosowanych powszechnie olejów mineralnych. Najwyższą temperaturą zapłonu charakteryzuje się olej rzepakowy. Parametr ten jest istotny z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowania oraz stabilności termicznej oleju jako środka smarnego.

Zakres przeprowadzonych analiz jest bardzo szeroki i odpowiada ogromnej ilości przeprowadzonych przez Doktorantkę badań. Z punktu widzenia eksploatacyjnego istotne było przeprowadzenie analizy wyników dla olejów po procesie starzenia termicznego co decyduje o jego przydatności w układzie smarowania silnika okrętowego, pracującego w warunkach długotrwałych obciążeń mechanicznych i cieplnych. Na podstawie przeprowadzonych badań Autorka stwierdza, że samo starzenie termiczne, bez kontaktu z materiałami konstrukcyjnymi, nie prowadzi w olejach roślinnych do istotnych zmian składu pierwiastkowego, natomiast w oleju mineralnym zależne jest głównie od składników i dodatków. Ocenione zostały również oddziaływania olejów z metalami w warunkach starzenia termicznego. W końcowej części rozdziału poddano interpretacji wyników badań mieszanin mineralno-roślinnych i określono zależności pomiędzy właściwościami fizykochemicznymi mieszanin a udziałem poszczególnych składników.

Rozdział dziewiąty przedstawia kierunki dalszych badań wynikające z przeprowadzonych prac badawczych i naukowych dotyczących zastosowania olejów roślinnych jako dodatków do olejów smarnych.

W rozdziale dziesiątym sformułowane zostały wnioski końcowe w postaci dziewięciu punktów odnoszących się do całego spektrum uzyskanych wyników badań i analiz przeprowadzonych w ramach realizacji dysertacji.

Podczas studiowania treści pracy pojawiają się pewne pytania, m.in.:

- dlaczego Autorka wybrała do określenia modelu termicznego układu olejowego silnik okrętowy MAN L32/40,
- jak interpretować stwierdzenie małe i średnie jednostki pływające, czy nie byłoby bardziej odpowiednie podanie mocy silnika, prędkości obrotowej, liczby i układu cylindrów, zakresu pracy w tym charakterystyki przebiegu mocy czy

momentu obrotowego, biorąc pod uwagę dostępne materiały firmy MAN, na ich samym początku tego typu opracowań pojawia się stwierdzenie, że przedstawione dane mają charakter informacyjny i należy analizować parametry silnika w zależności od przeznaczenia w układzie napędowym, jednostki pływającej czy agregatu, jako indywidualnego projektu,

- jaki wpływ na właściwości eksploatacyjne olejów ma charakter pracy tego samego typu silnika, stosowanego w jednym przypadku bezpośrednio w układzie napędowym jednostki pływającej w drugim przypadku do napędu agregatów, jaka jest moc silnika w każdym przypadku oraz jaki będzie model termiczny układu smarowania w każdym z zastosowań,
- jaki wpływ na model obciążeń termicznych w układzie smarowania ma przepływ oleju przez turbosprężarkę, która pracuje pod wysokimi obciążeniami cieplnymi i warunkach dużej prędkości obrotowej ułożyskowanego zespołu wirnikowego.

Przedstawione powyżej pytania i uwagi mają charakter dyskusyjny, nie mają na celu kwestionowania wartości naukowej analizowanych badań, być może pozwolą Autorce w przyszłości skoncentrować się na pewnych szczegółach związanych z rzeczywistymi procesami eksploatacyjnymi, które po części planuje w przyszłych etapach badań.

Przedstawiona do oceny dysertacja dotyczy istotnych zagadnień badawczych z punktu widzenia badań i rozwoju dyscypliny inżynieria mechaniczna w zakresie eksploatacji maszyn, ma również potencjał wdrożeniowy w obszarze prac nad nowymi składami olejów smarnych z wykorzystaniem biokomponentów. Jest to szczególnie istotne ze względu na zastosowanie surowców odnawialnych oraz możliwość stosowania dodatków czy zamienników olejów w warunkach ograniczonej dostępności zasobów kopalnych czy importowanych.

Ważnym elementem poznawczym jest przeprowadzenie szerokich badań właściwości wielu rodzajów olejów roślinnych, ma to szczególne znaczenie aplikacyjne w obszarze zastosowania tego typu olejów nie tylko do smarowania czterosurowych silników spalinowych dużej mocy, można w kolejnych etapach badań odnieść się do smarowania silników dwusurowych czy szybkoobrotowych o zapłonie iskrowym a także innych elementów układów napędowych.

### **3. Podsumowanie**

Przedstawiona do recenzji dysertacja zawiera istotne zagadnienia, dotyczące badań i analizy wpływu wybranych dodatków roślinnych na parametry eksploatacyjne oleju smarnego stosowanego w silnikach okrętowych. Przeprowadzone analizy pozwoliły Doktorantce na opracowanie założeń metodyki prowadzenia prac naukowych w obszarze wielokryterialnej oceny jakości użytkowej samych olejów

roślinnych i mieszanin olejów roślinnych z mineralnymi. Istotnym osiągnięciem jest zastosowanie opisanej metody modyfikacji analizy olejów smarnych w tym roślinnych, stosowanych w spalinowych silnikach okrętowych, które mogą mieć zastosowanie jako przemysłowe materiały eksploatacyjne, co stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Tematyka pracy została wybrana w sposób przemyślany i trafny, a jej zakres spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Układ formalny pracy jest zgodny z wytycznymi dla dysertacji doktorskich, zawiera odpowiednią bibliografię i wysokiej jakości materiał ilustracyjny. Praca odnosi się do aktualnej wiedzy, wnosi treści nowe w obszarze badań naukowych a także możliwości ich aplikacji w warunkach przemysłowych. Sformułowane na początku cele badawcze zostały osiągnięte a opracowana analiza wyników badań stanowi oryginalny wkład Autorki w obszarze dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. W mojej ocenie przedstawiona dysertacja świadczy o kompetencjach Autorki w zakresie samodzielnego prowadzenia prac naukowych o charakterze badawczym z wysokim potencjałem aplikacyjnym pokazuje również Jej dobre obycie naukowe.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska pt. *„Badanie i analiza wpływu wybranych dodatków roślinnych na parametry eksploatacyjne oleju smarnego stosowanego w silnikach okrętowych”* autorstwa mgr inż. Małgorzaty Malinowskiej, spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz.U. 2018 poz. 1668 w zakresie dyscypliny inżynieria mechaniczna, w mojej ocenie może być dopuszczona do kolejnych etapów procedury przewodu doktorskiego. Biorąc pod uwagę ogrom prac badawczych wykonanych przez Doktorantkę oraz przeprowadzenie szczegółowych analiz o charakterze naukowym i potencjale wdrożeniowym wnioskuje o wyróżnienie pracy doktorskiej.

*Gregorz Budzik*