

prof. dr hab. inż. Dariusz Boroński  
Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn i Inżynierii Biomedycznej  
Wydział Inżynierii Mechanicznej  
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wioletty Anny Górskiej-Włodarczyk

nt.: „Badania wpływu grafenu i jego pochodnych na właściwości użytkowe i odwodnienie oleju napędowego”

Podstawą formalną opracowania recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie z dnia 21 czerwca 2023 roku i pismo Przewodniczącego Rady z tego samego dnia.

### 1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Tematyka opiniowanej pracy doktorskiej związana jest z problematyką eksploatacji infrastruktury paliwowej w kontekście zanieczyszczenia oleju napędowego i możliwości redukcji obecności wody w paliwie oraz zbiornikach przeznaczonych do jego przechowywania.

Rozwiązaniem zaproponowanym w rozprawie doktorskiej jest zastosowanie w tym celu grafenu i tlenków grafenu poprzez modyfikację materiałów konstrukcyjnych stosowanych w budowie instalacji paliwowych, filtrów mechanicznych oraz bezpośredniego oddziaływania grafenu i jego pochodnych w oleju napędowym.

Problem obecności wody w paliwie oraz jej gromadzenia się w postaci różnych faz w zbiornikach paliwowych ma istotne znaczenie z punktu widzenia eksploatacji infrastruktury paliwowej oraz zapewnienia wymogów jakościowych paliw. Obecność wody sprzyja m.in. rozwojowi procesów korozyjnych, blokowaniu filtrów paliwowych, a także wpływa na właściwości użytkowe paliwa. Coraz wyższe wymagania związane z redukcją emisji niepożądanych związków w procesie spalania paliw, zwiększanie udziału komponentów pochodzenia roślinnego, wprowadzanie do paliw dodatków uszlachetniających powodują jednocześnie zwiększenie podatności na oddziaływanie wody, poprzez tworzenie bardziej zróżnicowanych mechanizmów wiązania wody w paliwie.

Usuwanie wody z infrastruktury paliwowej oraz z paliwa może być realizowane w różny sposób, w tym m.in. poprzez mechaniczne układy odpompowujące wodę, szlamy i osady z dna zbiorników oraz z zastosowaniem przepływowych filtrów realizujących zazwyczaj jednocześnie proces filtracji i separacji zanieczyszczeń w paliwie. Aby jednak filtrowanie było skuteczne, konieczne jest zastosowanie materiałów filtrujących mogących wychwycić cząsteczki wody na drodze mechanicznej lub oddziaływań fizyko-chemicznych. Skuteczność odwadniania można także zwiększyć stosując rozwiązania wiążące wodę w paliwie w postaci łatwych do odfiltrowania frakcji.

Analiza literatury oraz dane eksploatacyjne pozyskiwane z jednostek zajmujących się magazynowaniem i dystrybucją paliw wskazuje, że problem odwadniania paliw, w tym oleju napędowego jest ciągle aktualnym wyzwaniem i wymaga poszukiwania skutecznych, a przy tym

uzasadnionych ekonomicznie rozwiązań. Zaproponowane w pracy podejście bazujące na ocenie możliwości zastosowania w tym celu grafenu i jego pochodnych stanowi niewątpliwie oryginalne rozwiązanie. Większość badań właściwości grafenu w obszarze inżynierii mechanicznej koncentruje się bowiem na możliwości jego zastosowania w materiałach konstrukcyjnych, natomiast w znacznie mniejszym stopniu w modyfikacji właściwości użytkowych materiałów eksploatacyjnych, takich jak paliwa w tym olej napędowy.

**W świetle powyższych stwierdzeń można zatem uznać podjęcie tematu rozprawy za celowe i uzasadnione, a podejmowaną tematykę aktualną zarówno pod względem poznawczym, jak i praktycznym.**

Rozprawa mgr inż. Wioletty Anny Górskiej-Włodarczyk została zawarta na 278 stronach, co niewątpliwie znacznie przekracza typowe objętości tego typu opracowań. Autorka zamieściła w niej 146 rysunków i 70 tabel. Bibliografia załącznikowa obejmuje 158 pozycji literatury, w tym sześć odwołań do prac z udziałem Doktorantki. W tym miejscu należy zwrócić uwagę, że żadne z tych odwołań nie dotyczy publikacji artykułu naukowego lub wystąpienia konferencyjnego, a wskazują one jedynie na słabo zidentyfikowane projekty badawcze.

Treść pracy została podzielona na 13 rozdziałów poprzedzonych spisem treści oraz wykazem skrótów i oznaczeń. W pracy zamieszczono także wymagane ustawowym zapisem streszczenia w języku polskim i angielskim oraz dodatkowo klauzulę dotyczącą tajemnicy przedsiębiorstwa. Nietypowym rozwiązaniem jest nadanie numeru rozdziału bibliografii załącznikowej (rozdział 13), czego raczej nie spotyka się w opracowaniach naukowych.

**W pierwszych czterech rozdziałach** zawartych na bez mała stu stronach rozprawy Doktorantka wprowadza czytającego w tematykę związaną z obecnością wody w systemach paliwowych. Po krótkim wprowadzeniu uzasadniającym zasadność podjęcia tematu pracy (rozdział 1), w kolejnych trzech rozdziałach w rozległy i bardzo szczegółowy sposób omawia kolejno kwestie dotyczące:

- źródeł pochodzenia wody w paliwach, postaci w jakiej jest w nim obecna oraz regulacji prawnych dotyczących maksymalnych poziomów udziału wody w paliwie (rozdział 2),
- wpływu wody na systemy paliwowe, w tym oddziaływanie na dodatki paliwowe, oddziaływanie korozyjne i skażenia mikrobiologiczne (rozdział 3)

oraz

- aktualne rozwiązania stosowane w celu usuwania wody z systemów paliwowych (rozdział 4).

Omawiana część pracy ma w mojej ocenie podręcznikowo-monograficzny charakter i w znaczny sposób wykracza poza zakres merytoryczny podejmowanego przedsięwzięcia badawczego. Szczegółowo informacje zawarte we wskazanych rozdziałach niosą niewątpliwie duży ładunek wiadomości opartych na danych literaturowych obejmujących publikacje naukowe, regulacje prawne, wymagania branżowe oraz zapisy norm i zaleceń, jednak nie są niezbędne w prezentacji własnego osiągnięcia naukowego. Poza rozdziałem czwartym, który można uznać za przegląd istniejących metod filtrowania oleju napędowego, pozostałe rozdziały są potwierdzeniem niekorzystnego oddziaływania wody oraz opisem mechanizmów i procesów, które te oddziaływania wywołują. Znacznie korzystniejszym byłoby przeprowadzenie syntezy zgromadzonego materiału i wskazanie istotnych elementów z punktu widzenia podjętego zamierzenia badawczego, tj. skutecznego odwodnienia oleju napędowego, a nie powodów i skutków obecności wody w systemach paliwowych.

**W piątym rozdziale** pracy Doktorantka przedstawiła podsumowanie stanu zagadnienia, które jednak w mojej ocenie nie wyczerpuje problematyki zasygnalizowanej w temacie rozprawy. Brakuje w nim bowiem omówienia stanu wiedzy w zakresie zastosowania grafenu i jego pochodnych w procesie odwadniania. Nie oznacza to jednak, że Autorka całkowicie pominęła tę kwestię, a jedynie zamieściła ją w innej części pracy, tyle że już po podsumowaniu stanu zagadnienia i po sformułowaniu celu pracy, tj. w omówieniu wyników badań własnych. Można by uznać takie rozwiązanie za właściwe, gdyby Doktorantka nie dotarła do żadnych informacji w tym zakresie i całość badań dotyczących relacji grafen – woda musiałaby być przeprowadzona w ramach realizowanej pracy. Tak jednak nie jest, a uwaga ta zostanie szerzej wyjaśniona w dalszej części charakterystyki pracy.

**Rozdział szósty** rozprawy opisuje przyjęte cele naukowe podjętego przedsięwzięcia badawczego oraz w czytelny sposób zapoznaje czytającego z zakresem przeprowadzonych badań. Badania zostały



podzielone na cztery etapy, które dotyczyły skuteczności odwadniania oleju napędowego z zastosowaniem materiałów filtracyjnych zawierających grafen, skuteczności odwadniania oleju napędowego poprzez bezpośrednie wprowadzenie grafenu i jego pochodnych do zawodnionego paliwa, a także wpływu grafenu na właściwości użytkowe oleju napędowego oraz analizy możliwości ponownego zastosowania grafenu jako środka odwadniającego. Opis zakresu badań ma trochę nietypową formułę, gdyż przedstawiony jest w czasie przyszłym, tzn. przedstawia to, co Autorka zamierza zrobić, a nie to co zostało zrobione. Tym samym bardziej przypomina harmonogram planowanego projektu badawczego, niż omówienie zakresu przeprowadzonych prac naukowo-badawczych.

**W kolejnym, tj. siódmym rozdziale** pracy Doktorantka omówiła wyniki badań rzeczywistych faz wodnych i osadów pochodzących ze zbiorników magazynujących oleje napędowe. Przeprowadzone badania umożliwiły identyfikację związków chemicznych występujących w badanych próbkach oraz porównanie ich z wynikami badań próbek biokomponentów i dodatków uszlachetniających. W rozdziale zamieszczono także wyniki obserwacji osadów za pomocą mikroskopii optycznej i elektronowej. W drugim przypadku przeprowadzono także analizę pierwiastkową metodą spektroskopii rentgenowskiej.

Jako powód realizacji badań Autorka wskazała potwierdzenie celowości podjętego tematu badawczego oraz dostarczenie „dowodów” niekorzystnego wpływu wody na olej napędowy. W mojej ocenie, Doktorantka w wystarczający i w aż nadto szeroki sposób uzasadniła celowość podjętego tematu badań w rozdziałach 1-4 i nie było potrzeby dodatkowego potwierdzania wpływu wody na olej napędowy w ramach realizowanej pracy.

**Ósmy rozdział rozprawy** stanowi najobszerniejszą część pracy i zasadniczo opisuje przeprowadzone badania eksperymentalne dotyczące efektów zastosowania grafenu i jego pochodnych do usuwania wody z zawodnionego oleju napędowego. Jednak i w tym przypadku Autorka nie ustrzegła się pewnej niekonsekwencji w prezentacji wyników badań, którą częściowo zasygnalizowano podczas omawiania piątego rozdziału rozprawy.

Pierwszy podrozdział (8.1) zatytułowany „charakterystyka materiałów grafenowych” w mojej ocenie powinien znaleźć się w części pracy dotyczącej analizy stanu literatury, a wynikające z niego wnioski powinny być zamieszczone w rozdziale piątym, tj. „Podsumowaniu stanu zagadnienia i kierunku dalszych badań”. Doktorantka prezentuje w nim bowiem szczegółową analizę danych literaturowych w zakresie charakterystyki właściwości grafenu istotnych z punktu widzenia celu pracy.

Wyniki analiz literaturowych Autorka uzupełnia własnym badaniem zastosowania pianek grafenowych do separacji wody z oleju napędowego (8.1.1.3), co być może stanowiło przyczynę zamieszczenia całego podrozdziału 8.1 w części dotyczącej omówienia własnych wyników badań. W mojej ocenie nie było najmniejszych przeszkód, aby w przypadku umieszczenia rozdziału 8.1 w analizie stanu wiedzy, podrozdział 8.1.1.3 wydzielić i zamieścić go w wynikach badań własnych. Cały podrozdział 8.1 zawiera 11 podrozdziałów, w których na prawie czterdziestu stronach omówiono wyniki analiz literaturowych różnych właściwości grafenu i jego tlenków, a przeprowadzone własne badania zastosowania pianek grafenowych do separacji wody, to zaledwie jego niewielki fragment.

W kolejnych podrozdziałach, tj. od 8.2 do 8.5 Doktorantka omawia wyniki szerokiego zakresu badań własnych, w których analizowała skutki zastosowania tlenku i zredukowanego tlenku grafenu na właściwości użytkowe „czystego” i zawodnionego oleju napędowego oraz możliwości redukcji zawartości wody w różnych konfiguracjach próbek oleju napędowego za pomocą stałych tlenków grafenu i ich wodnych zawiesin. Badaniom poddana została także skuteczność odwadniania w zależności od różnych poziomów zawodnienia oleju i przy różnych poziomach „dawkowania” materiałów grafenowych. Rozdział ósmy kończy omówienie wyników badań biokomponentów w zakresie ich odwadniania oraz wpływu grafenu na ich parametry jakościowe.

Sposób prezentacji zastosowanych metod, uzyskanych wyników i ich analiz w podrozdziałach 8.2-8.5 nie budzi uwag, a zrealizowany zakres badań odpowiada celowi pracy.

Kolejny, tj. **dziewiąty rozdział pracy** dotyczy badania właściwości tlenku grafenu po procesie odwadniania i możliwości jego ponownego użycia po oczyszczeniu i osuszeniu i obejmuje szereg własnych analiz przeprowadzonych z zastosowaniem spektroskopii, dyfrakcji rentgenowskiej oraz



mikroskopii skaningowej.

Nieco odmienny charakter ma **dziesiąty rozdział pracy**, w którym Doktorantka poddała analizie opisane w literaturze możliwe mechanizmy występujące w procesie wiązania wody przez tlenki grafenu. Dodatkowo w przypadku ich wodnych zawiesin przeprowadziła eksperymentalne badania weryfikacyjne. Polegały one głównie na mikroskopowej analizie obrazu wodnych zawiesin przed i po procesie odwadniania.

**Jedenasty rozdział pracy**, zgodnie z jego tytułem, zawiera syntetyczne podsumowanie uzyskanych wyników badań własnych, w tym głównie przebiegu i rezultatów przeprowadzonych badań eksperymentalnych.

Pracę kończy **rozdział dwunasty**, w którym Doktorantka zamieściła najważniejsze wnioski z przeprowadzonych badań i analiz ich wyników. W rozdziale znalazły się także wskazania do kierunku dalszych prac, w tym w aspekcie ich praktycznego zastosowania w przemyśle.

Zawarte w tym rozdziale wnioski znajdują odzwierciedlenie w treści pracy i w ogólności nie budzą zastrzeżeń. Drobne uwagi w tym zakresie zostaną przedstawione w kolejnej części opinii.

**Z przedstawionego omówienia wynika, że przedstawiona do oceny rozprawa pomimo kilku uwag krytycznych spełnia pod względem układu i podziału treści oraz kompletności materiału wymagania stawiane tego typu pracom.**

## 2. Ocena rozprawy

Analiza rozprawy pozwala sformułować jej ogólnie pozytywną ocenę zarówno pod względem rozpoznania podjętej problematyki badawczej, jak i realizacji badań własnych.

Zaproponowany zakres badań odpowiadał postawionemu celowi przedsięwzięcia. Doktorantka wykazała się właściwą dla realizacji badań naukowych wiedzą i umiejętnościami, które pozwoliły jej na przeprowadzenie szerokiego zakresu analiz opartych na wynikach badań eksperymentalnych obejmujących zróżnicowane metody i techniki pomiarowe.

Zwraca także uwagę analiza danych eksperymentalnych pochodzących z badań realizowanych w określonych reżimach czasowych od kilku minut do wielu miesięcy, co wymagało od Doktorantki dobrej organizacji i przygotowania w zakresie identyfikacji, gromadzenia i przetwarzania wyników badań.

### 2.1. Osiągnięcie Doktorantki

Podstawowym osiągnięciem naukowym wynikającym z analizy rozprawy doktorskiej mgr inż. Wioletty Anny Górskiej-Włodarczyk jest w mojej ocenie eksperymentalne zweryfikowanie i potwierdzenie możliwości redukcji zawartości wody w systemach paliwowych obejmujących transport i magazynowanie oleju napędowego za pomocą tlenków grafenu i ich wodnych zawiesin.

Zgodnie z przedstawionym przeglądem literatury, przedstawione w pracy podejście ma nowatorski charakter, a tym samym osiągnięte rezultaty badań wnoszą także nową wiedzę w zakresie metod odwadniania oleju napędowego i mogą przyczynić się do rozwoju przemysłowych układów filtrowania w systemach paliwowych.

Należy także zwrócić uwagę na wskazanie przez Doktorantkę negatywnych aspektów wynikających z proponowanej metodyki odwadniania oleju napędowego polegających na obniżeniu wartości jego stabilności oksydacyjnej.

### 2.2. Uwagi do rozprawy

Sformułowana powyżej pozytywna ocena rozprawy i jej osiągnięcia naukowego, nie oznaczają jednak, że nie można mieć pewnych krytycznych, zapewne w części dyskusyjnych uwag, do poszczególnych zagadnień prezentowanych przez Doktorantkę. Część z nich, dotycząca głównie struktury i organizacji rozprawy, zamieszczono bezpośrednio w punkcie „Ogólna charakterystyka rozprawy”. Zwrócono jednak uwagę także na kilka zagadnień o charakterze merytorycznym, które należałoby wyjaśnić lub poddać dyskusji w trakcie publicznej obrony. Poniżej zestawiono je z podziałem na uwagi o charakterze ogólnym i nieco bardziej szczegółowym.



## a. Uwagi ogólne

- W pracy nie zaproponowano tezy ani hipotezy badawczej, ograniczając się do sformułowania celu naukowego, którym według Doktorantki było „... zbadanie przydatności i efektywności grafenu, tlenku grafenu oraz zredukowanego tlenku grafenu jako środka odwadniającego paliwo (oleju napędowego), do obniżenia w nim zawartości wody do jak najniższego poziomu minimalizującego jej niekorzystne oddziaływanie ...” oraz że spodziewanym efektem praktycznym w przypadku uzyskania pozytywnego wyniku badań, tj. potwierdzenia właściwości odwadniających materiałów grafenowych w paliwie, według Doktorantki miało stanowić „... przesłankę do sformułowania celu aplikacyjnego do ograniczenia przedostawania się wody do infrastruktury paliwowej w skali przemysłowej.”

Biorąc pod uwagę brak tezy i hipotezy pracy, przedstawione cele w mojej ocenie powinny być bardziej precyzyjne. Sformułowanie typu „... do jak najniższego poziomu ...” bardzo utrudnia odpowiedź na postawione pytanie o przydatność grafenu i jego pochodnych do odwadniania oleju. Brak klarownego wskazania jakiego poziomu zawartości wody chcemy uniknąć, praktycznie w każdym przypadku pozwala stwierdzić przydatność proponowanej metody lub jej brak. Podobnie jest w przypadku określenia „... minimalizującego jej niekorzystne oddziaływanie ...”. Należałoby zdefiniować je bardziej jednoznacznie. Z przeprowadzonej analizy literatury, regulacji prawnych, zapisów norm powinny wynikać kryteria, które pozwalają dać odpowiedź na postawione pytanie.

Nie do końca jest dla mnie jasne sformułowanie dotyczące celu aplikacyjnego. Stwierdzenie, że „... potwierdzenie właściwości odwadniających stanowić będzie przesłankę do sformułowania celu aplikacyjnego do ograniczenia przedostawania się wody do infrastruktury paliwowej w skali przemysłowej...” jest niezrozumiałe i wymaga wyjaśnienia.

- Doktorantka w rozdziale 5 w odniesieniu do zawartości wody w paliwie stwierdza, że „Biorąc pod uwagę, że sama jakość wydawanych paliw nie jest zagrożona to wysiłki zmierzające do jej zachowania podczas przechowywania w infrastrukturze paliwowej są kosztochłonne”. Co oznacza „jakość wydawanych paliw” ?
- Doktorantka w rozdziale 7 rozprawy omawia wyniki badań właściwości fizyko-chemicznych faz wodnych z dna zbiorników magazynowych paliw. W ramach tych badań analizie poddaje skład chemiczny i mikroskopowe obrazy osadów z faz wodnych. W tym miejscu powstaje pytanie, czy stosowane w dalszej części rozprawy próbki (rozdział 8) pochodzą z tego samego źródła, a jeśli nie to jakie jest znaczenie tych analiz z punktu widzenia celu pracy, tj. możliwości zastosowania grafenu i jego pochodnych do redukcji zawartości wody w oleju napędowym ?
- W badaniach opisanych w rozdziale 8.4 Doktorantka używa próbek oznaczonych od A do F. Poszczególne oznaczenia przypisane zostały różnym olejom napędowym o różnych parametrach, rodzaju i zawartości wody. Dlaczego w badaniach z zastosowaniem stałych tlenków grafenu i ich wodnych zawiesin nie zastosowano takich samych zestawów próbek ? W pierwszym przypadku były to próbki A i B, w drugim B i C. Podobne pytanie dotyczy badań efektywnej dawki odwadniającej dla wodnej zawiesiny tlenku grafenu, w których w odróżnieniu od wcześniejszych badań, użyto innego typu oleju napędowego (gatunek B, wcześniej gatunek F).
- Ponadto z opisu próbek A i B nie wynika, czy ich bazą jest ten sam rodzaj oleju napędowego. Dla próbki A jest to gatunek F, a dla próbki B brakuje jasnej informacji o gatunku oleju – podano tylko, że jest to olej napędowy o polepszonych właściwościach niskotemperaturowych.
- W opisie wyników badania zastosowania pianek grafenowych do separacji wody z oleju napędowego (8.1.1.3) pojawia się nie związana bezpośrednio z tym zagadnieniem informacja o możliwości zastosowania grafenu jako domieszki do materiałów konstrukcyjnych. Zdaniem Doktorantki zwiększenie kąta zwilżalności uzyskane dzięki dodaniu grafenu do Poliamidu „może być obiecujące przy wykorzystaniu tego typu materiałów do zapewnienia ochrony przeciwworozyjnej w kontakcie z zawadzionym paliwem”. Jak rozumieć tę uwagę ? Jakiego rodzaju korozji dotyczy ta uwaga i do których elementów infrastruktury paliwowej się odnosi ?
- Analiza treści pracy sugeruje, że część badań opisanych w rozprawie była realizowana z udziałem zewnętrznych ośrodków. Jaki był udział Doktorantki w takich przypadkach ?



- Szkoda, że we wnioskach z przeprowadzonych badań Doktorantka nie zamieściła swoich uwag dotyczących kierunków dalszych badań, w tym np. koncepcji zastosowania potwierdzonej eksperymentalnie proponowanej metody odwadniania w rzeczywistych instalacjach paliwowych.

#### **b. Uwagi szczegółowe**

- Skróty w „Wykazie skrótów i oznaczeń” nie zostały uporządkowane alfabetycznie, co bardzo utrudnia odnajdowanie ich rozwinięć w trakcie lektury pracy.
- Jednoczesne odwoływanie się do wielu pozycji literatury nie jest dobrze widziane w publikacjach naukowych (np. strona 19: [27, 47, 32-43, 46, 48, 49, 52, 53] lub [10, 11, 56-61, 65, 67-75, 78, 79]. Lepszym rozwiązaniem jest krótkie scharakteryzowanie poszczególnych doniesień.
- Doktorantka czasem posługuje się określeniem „zawartość wody”, a czasem „zawartość wilgoci”. Na czym polega różnica ?
- Strona 138<sup>3-4</sup>. Brakuje odwołania do źródła literaturowego w przywołaniu modelu Lerfa-Klinowskiego (Lerf, A., He, H., Forster, M. & Klinowski, J. Structure of graphite oxide revisited. J. Phys. Chem. B 102, 4477–4482, 1998, <https://doi.org/10.1021/jp9731821>.)
- Strona 165<sub>2</sub>. Co oznacza sformułowanie „Wyniki badań, wykonane w Zakładzie Pracy, ...” ?
- W tablicach 8.6 i 8.7 prezentujących wyniki badań jakościowych olejów napędowych zawarto uwagę o braku technicznych możliwości wykonania analiz z uwagi na postać próbki. Dlaczego nie przygotowano próbek umożliwiających taką analizę i na czym polega przywołane ograniczenie ?
- Co oznacza odnośnik <sup>1)</sup> w opisie „Zawartości zanieczyszczeń” kolumny „Wyniki badań” w tablicy 8.27 ?
- Co oznacza zerowa wartość stężenia wodnej zawiesiny tlenku grafenu stosowana w badaniach odwadniania próbek D, E i F, których wyniki pokazano na wykresach na rysunkach 8.63, 8.65 i 8.68 ?
- Niektóre wyniki pomiarów nie są omówione w pracy (np. rys. 8.31, 8.39, 8.40 lub 8.41). Jaki jest cel zamieszczania ich w pracy ?
- Na zdjęciach uzyskanych z mikroskopów (zarówno optycznych jak i elektronowych) brakuje skali długości, co często utrudnia ich interpretację (np. rys. 4.5, rys. 7.13).
- Opisy części wykresów są nieczytelne, w tym np. na rysunkach 7.2 do 7.5, 7.16, 7.17, 8.16.

#### **c. Uwagi redakcyjne**

Doktorantka dołożyła starań, aby strona redakcyjna rozprawy nie budziła zastrzeżeń i można uznać, że rozprawa w ogólności jest zredagowana poprawnie i starannie. Dotyczy to jednak głównie formatowania tekstu i tabel, nieco gorzej w tym zakresie wypadają rysunki, w tym przede wszystkim wykresy. Do opisu wykresów zastosowano bowiem różnego typu i rozmiaru czcionki, czasem brakuje oznaczeń osi i jednostek. W wielu przypadkach opisy rysunków są nieczytelne (zbyt małe). Ponadto podpisy pod rysunkami są zapisane w różny sposób: czasem z kropką po numerze rysunku (np. rys. 2.3 i 2.4), a czasem bez (rys.2.1 i 2.2).

Ocena strony językowej pracy nie budzi uwag, poza nielicznymi usterkami stylistycznymi i tzw. „literówkami”.

Chciałbym jednak wskazać kilka ogólniejszych kwestii, na które Doktorantka powinna zwrócić uwagę w kolejnych opracowaniach:

- Należy w przyszłości bardziej zadbać o spójność opisów i poprawność językową przy nazywaniu różnych wielkości, metod, procesów, itp. Przykładem jest „wykaz skrótów i oznaczeń”, w którym rozwinięcia skrótów czasami zaczynają się od wielkiej litery, a czasami od małej, np. „Tlenek węgla” i „tlenek polietylenu” lub „tlenek grafenu”.
- W publikacjach zwartych stosuje się zazwyczaj klucz odwołań do pozycji literaturowych, w którym ich numeracja związana jest z kolejnością wystąpienia w tekście. Innym rozwiązaniem może być alfabetyczny wykaz publikacji. W rozprawie nie zastosowano żadnego z tych rozwiązań.
- Należy unikać zapisywania jednostek w nawiasach kwadratowych (np. [°C]). Zgodnie



z Rozporządzeniem Rady Ministrów (także w zaktualizowanej wersji z dnia 5 czerwca 2020 r.) w sprawie legalnych jednostek miar, „...§ 10. Do nazw i oznaczeń jednostek nie należy dołączać żadnych dodatkowych wyrazów, wskaźników ani liter, poza określonymi w rozporządzeniu ...”. Tym samym zarówno na wykresach, jak i w tekście zamiast zapisu np. Temperatura [°C] stosuje się Temperatura, °C, a w przypadku wartości: 30 °C. Doktorantka zastosowała w rozprawie kilka różnych konwencji, np. na rysunku 2.2 „Zawartość wody w oleju napędowym [% m/m]”, na rysunku 2.3 „% m/m”, a na rysunku 3.5 „Zawartość wody (ppm)”.

- Niestety pewne zastrzeżenia można mieć także do opisu źródeł w bibliografii załącznikowej. Poza wskazanym wcześniej problemem z kolejnością występowania poszczególnych publikacji w wykazie, zwraca także uwagę brak kompletności opisów bibliograficznych w niektórych pracach. Dotyczy to między innymi wszystkich opracowań Doktorantki, których opis zawiera jedynie tytuł projektu i o ile można się domyśleć miejsce realizacji, tj. bliżej nie określony Zakład Pracy. W odwołaniach do stron internetowych czasem brakuje wymaganych informacji (w tym daty dostępu). Występują także inne niedociągnięcia, np. nie udało się odnaleźć w zasobach internetowych informacji o pozycji [37], brakuje wydawcy w przypadku książki [86] oraz dokumentu ASTM [66].

### 2.3. Podsumowanie

W mojej ocenie Doktorantka w trakcie realizacji pracy wykazała się właściwymi kompetencjami w zakresie gromadzenia i interpretacji danych literaturowych, planowania i prowadzenia prac eksperymentalnych, a także w zakresie opracowania i analizy otrzymanych wyników badań. Metody i narzędzia badawcze użyte przez Doktorantkę są właściwe dla przyjętego celu i zakresu pracy, a sposoby przedstawienia wyników badań i ich analizy zgodne z przyjętymi standardami w tym zakresie.

Zwraca uwagę obszerność przeprowadzonych badań i analiz, staranność w ich opisie i realizacji, a także bardzo dobra orientacja Doktorantki w złożonej i niełatwej tematyce dotyczącej zjawisk opisywanych z zastosowaniem wiedzy z zakresu procesów fizykochemicznych i ich praktycznego zastosowania w odwadnianiu oleju napędowego z zastosowaniem głównie tlenków grafenu.

Analiza tematyki i zakresu badań zrealizowanych przez Doktorantkę może jednak nasuwać wątpliwości co do zasadności umiejscowienia rozprawy w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna. Przedsięwzięcie badawcze zrealizowane przez Doktorantkę i omówione w jej rozprawie doktorskiej ma bowiem rozległy i interdyscyplinarny charakter, w tym w dużej mierze z zakresu inżynierii chemicznej głównie poprzez badania i opis właściwości fizyko-chemicznych oleju napędowego oraz grafenu i jego pochodnych. Wiąże się jednak także w szeroko rozumianym obszarze inżynierii mechanicznej w zakresie eksploatacji systemów paliwowych, w tym zapewnienia wymaganej jakości materiałów eksploatacyjnych mechanicznymi metodami filtrowania i separacji.

Biorąc pod uwagę, że metody badawcze zastosowane w omawianym przedsięwzięciu są wykorzystywane zarówno w inżynierii chemicznej, jak i w inżynierii mechanicznej oraz że procesy fizykochemiczne występujące w opisanych procesach wiązania wody poprzez materiały grafenowe finalnie prowadzą do ich zastosowania w mechanicznych procesach filtrowania i separacji, można skłaniać się do stwierdzenia, że omawiana rozprawa może przyczynić się do rozwoju dyscypliny inżynieria mechaniczna i tym samym zostać zakwalifikowana także do tej dyscypliny.

Nie usuwa to jednak moich wątpliwości w tym zakresie i chętnie poznałbym stanowisko Doktorantki, jak rozumie znaczenie swoich osiągnięć z punktu widzenia dyscypliny inżynieria mechaniczna. Niestety takich wyjaśnień nie zawarto bezpośrednio w treści pracy.

Kwestia zgodności tematyki pracy z dyscypliną inżynieria mechaniczna, w mojej ocenie powinna być także przedmiotem dyskusji w trakcie jej obrony.

### 3. Wniosek końcowy

Na podstawie oceny przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej można stwierdzić, że podjęte w niej zamierzenie badawcze zostało osiągnięte, a rozprawa zawiera oryginalne osiągnięcia poznawcze i utylitarne mogące znaleźć bezpośrednie zastosowanie w praktyce.

Przedmiotem rozprawy doktorskiej było oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorantka wykazała się właściwym przygotowaniem teoretycznym oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Można zatem stwierdzić, że rozprawa doktorska mgr inż. Wioletty Anny Górskiej-Włodarczyk spełnia wymogi określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i może być dopuszczona do dalszych czynności związanych z nadaniem stopnia doktora.

