

prof. dr hab. Anna Rabajczyk

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej

im. Józefa Tuliszkowskiego

PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Józefów, dnia 22.02.2026

RECENZJA

rozprawy doktorskiej magistra inżyniera Daniela Darnikowskiego

pt. „*Methodology for investigating the degradation processes of modern materials used in alternative energy sources exposed to fire and/or mechanical overloads*”

Recenzja została sporządzona w odpowiedzi na pismo z-cy Dyrektora ds. naukowych Instytutu Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk, dr hab. inż. Grzegorza Żywicę, prof. IMP PAN. Celem jej jest, zgodnie z obowiązującymi przepisami ustalenie, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a doktorant wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną w danej dyscyplinie naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Recenzja pracy doktorskiej obejmuje moją ocenę oryginalności doboru oraz rozwiązania problemu naukowego, rozwiązania w zakresie możliwości zastosowania wyników przeprowadzonych badań w sferze gospodarczej, ocenę ogólnej wiedzy teoretycznej, a także umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Pana magistra inżyniera Daniela Darnikowskiego.

Część I: Ogólna charakterystyka recenzowanej rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa pt. *Methodology for investigating the degradation processes of modern materials used in alternative energy sources exposed to fire and/or mechanical overloads* została przygotowana przez magistra inżyniera Daniela Darnikowskiego, pod kierunkiem naukowym dr hab. inż. Magdaleny Mieloszyk, prof. IMP PAN, Gdańsk, promotora rozprawy. Praca liczy 234 stron, włączając spis treści, definicje i akronimy, wykaz wykresów, wykaz tabel oraz bibliografię. Praca doktorska składa się z 8 rozdziałów obejmujących wprowadzenie oraz wnioski, dodatkowo zawiera wykaz publikacji autora, załączniki A-E (w tym załącznik zawierający listę norm i przepisów cytowanych w rozprawie doktorskiej). Bibliografia w tej pracy obejmuje 513 pozycji, obok prac naukowych również standardów i dostępnych stron internetowych, wraz ze wskazaniem daty dostępu do danego zasobu internetowego. Praca została przygotowana w języku angielskim.

Część II: Tematyka rozprawy

Baterie litowo-jonowe (li-ion, LIB) w porównaniu do tradycyjnych akumulatorów charakteryzują się m.in. wyższą energią oraz gęstością mocy, łatwością integracji, wyższymi napięciami, znikomym brakiem występowania efektu spadku pojemności ogniwa przy cyklicznym ładowaniu i rozładowaniu, szerszym zakresem temperatur pracy. Wysoka gęstość energii akumulatorów li-ion ułatwia ich szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach i obszarach gospodarki. Wykorzystywane są w przenośnej elektronice, pojazdach elektrycznych i magazynach energii, a także przemyśle lotniczym. Nadmienić jednak należy, że ekstremalne warunki środowiskowe czy też sposób użytkowania, np. zmiżdżenie, przeładowanie, zwarcie, zanurzenie w wodzie morskiej, powodują, że duża ilość energii chemicznej, która jest magazynowana wewnątrz baterii i zawarta w ograniczonej przestrzeni, może ulec nagłemu uwolnieniu. Nastąpić może nagłe rozładowanie i niestabilność termiczna układu, a w konsekwencji pożar, a nawet eksplozja. Aby zapobiec tym niepożądanym efektom, w wielu ośrodkach naukowych prowadzone są nieustannie prace nad rozwiązaniami pozwalającymi na wzrost poziomu bezpieczeństwa użytkowania baterii i akumulatorów. Jednym z kierunków prac w tym obszarze jest identyfikacja procesów jakim podlegają materiały stosowane w systemach akumulacji energii, użytkowanych w pojazdach elektrycznych oraz stacjonarnych magazynach energii w sytuacji wystąpienia pożaru czy też przeciążeń mechanicznych.

W pracy doktorskiej przeprowadzono analizę danych w dostępnej literaturze, którą połączono z analizami eksperymentalnymi, numerycznymi i statystycznymi. Ocenie poddano mechanizmy awarii termicznych, mechanicznych i elektrochemicznych li-ion, wpływ chemii i konstrukcji ogniw oraz skuteczność biernych i aktywnych systemów bezpieczeństwa. Jako lukę w wiedzy wskazano brak kompleksowego zrozumienia dynamiki ucieczki termicznej (TR, Thermal Runaway) w całym akumulatorze w kontekście standaryzacji i metodologii testowania, co stanowić może o bezpieczeństwie LIB. W rozdziale 1.2 Autor wskazał, że każdy główny rozdział rozprawy został opisany pod kątem jego roli w realizacji celów pracy, natomiast tezy zostały przedstawione dopiero w rozdziale 4 (strona 60). Jak wynika z tekstu rozprawy, jako tezę uzasadniającą podjęcie prac badawczych wskazano na możliwość opracowania *„ilościowo uzasadnionej metodologii testowania bezpieczeństwa i integralności mechanicznej akumulatorów litowo-jonowych z większą precyzją, powtarzalnością i wartością diagnostyczną niż obecne procedury regulacyjne”*. Celem natomiast jest opracowanie i zaprezentowanie naukowo rygorystycznej metodologii oceny procesów degradacji indukowanej ponownie w nowoczesnych systemach akumulatorowych (RESS i ich struktury ochronne) oraz aby opracowana metodologia miała wszystkie cechy niezbędne do poprawy precyzji testów oraz zapewnienia głębszego wglądu w procesy degradacji akumulatorów pod wpływem ciepła i naprężeń mechanicznych. Co należy podkreślić, Autor proponował integrację w ramach jednych ram metodologicznych procesy związane z przeciążeniami i przeciążeniami mechanicznymi celem

ilościowego określenia i odtworzenia procesów degradacji w nowoczesnych materiałach i konstrukcjach magazynowania energii.

Chciałabym tu podkreślić, że cele będące tytułami rozdziałów rozprawy doktorskiej, zgodnie z deklaracją Autora (strona 15), a następnie cele wskazane w rozdziale 4, oraz brak pytań badawczych powodują niepewność w zakresie, co jest głównym celem i na jakie bezpośrednie pytania Autor podejmuje się znaleźć odpowiedź i rozwiązanie. Takie podejście wprowadzać chaos i utrudnia precyzyjne określenie celu nadrzędnego i celów szczegółowych. Natomiast sposób sformułowania i prezentacji tezy jest prawidłowy i jednoznacznie wskazuje na celowość badań podjętych w recenzowanej rozprawie doktorskiej. Dlatego też uważam, że wybór tematyki pracy jest celowy i szczególnie cenny zarówno w aspekcie naukowym, technicznym, jak również aplikacyjnym. Recenzowana praca doktorska wpisuje się w aktualne trendy badań w zakresie bezpieczeństwa akumulatorów litowo-jonowych i wnosi wymierne korzyści poznawcze i użytkowe.

Część III: Ocena strony formalnej

Praca została przygotowana w sposób, który umożliwia czytelnikowi łatwe śledzenie i zrozumienie zarówno kontekstu teoretycznego, jak i wyników zaprezentowanych badań aplikacyjnych. Doktorant jasno, klarownie i komunikatywnie zaprezentował zarówno kontekst i wyniki badań literaturowych, jak i wyniki eksperymentów. Strona formalna pracy nie budzi większych zastrzeżeń, a recenzowana praca została napisana w sposób poprawny. Z perspektywy formalnej należy także wskazać na przejrzystość, odpowiednią jakość grafik, tabel, załączonych zdjęć. Na podkreślenie zasługuje liczba publikacji (w języku angielskim) stanowiących element systematycznego przeglądu literatury oraz bibliografii tej dysertacji. Należy także podkreślić fakt, że Doktorant włożył dodatkowy wysiłek przygotowując swoją rozprawę doktorską w języku angielskim.

Część IV: Charakterystyka i ocena wiedzy zaprezentowanej przez Autora

Na wstępie należy podkreślić, że recenzowana praca doktorska jest efektem realizacji doktoratu wdrożeniowego. Specyfika takiej pracy z założenia charakteryzuje się na konieczności prezentowania umiejętności i wiedzy Doktoranta niezbędnych do rozwiązywania skomplikowanych problemów w konkretnych dziedzinach praktycznych. Od Doktoranta oczekuje się zatem połączenia teorii z praktyką, posiadania umiejętności potrzebnych do samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz stosowania wyników tych badań w praktyce zawodowej, co wiąże się z umiejętnością integracji wiedzy z doświadczeniem zawodowym, a także potwierdzenia umiejętności praktycznych, które można następnie zastosować w sytuacjach rzeczywistych, układach technologicznych przedsiębiorstwa czy też innych potrzeb środowiska gospodarczego. Recenzowana rozprawa potwierdza spełnienie tych wymagań.

Rozprawa doktorska zawiera 8 rozdziałów, przy czym w Rozdziale 1 przedstawiony został zarys problemu naukowego i uzasadnienie naukowe oraz dokonano analizę problemów i wyzwań związanych z bezpieczeństwem technologii litowo-jonowej. W części tej określono także niedoskonałości obecnie stosowanych metod badawczych, wskazując na lukę w wiedzy i praktyce w zakresie opracowania powtarzalnej metodologii badań systemów akumulatorowych. W następnym rozdziale, zgodnie z oczekiwaniami, Doktorant prezentuje stan wiedzy na temat analizy bezpieczeństwa akumulatorów litowo-jonowych, szczegółowych podstaw technicznych dotyczących działania i trybów awarii akumulatorów litowo-jonowych (LIB), ze szczególnym uwzględnieniem warunków prowadzących do awarii (TR) i ponownego rozruchu. Rozdział 2 stanowi zatem bazę wiedzy, w którym Doktorant przedstawił mechanizmy awarii akumulatorów litowo-jonowych i prezentuje zmienne, które powinna uwzględniać solidna metoda testowania.

Rozdział 3 natomiast dedykowany jest systemom bezpieczeństwa termicznego w akumulatorach litowo-jonowych, stanowiącym krytyczne zagrożenie bezpieczeństwa zarówno dla pojazdów elektrycznych, jak i stacjonarnych systemów magazynowania energii. Doktorant przedstawił przegląd różnych metod ograniczania i tłumienia w trzech skalach integracji baterii: na poziomie ogniwa, modułu i pakietu. Analizie poddano zarówno pasywne, jak i aktywne metody. W rozdziale 4 Doktorant wskazał tezę i wybrane cele przeprowadzonych prac. Nie zawarł jednak sprecyzowanych pytań badawczych, które pozwoliłyby na unaocznienie problemów dostrzeganych przez Autora, na które warto i należało szukać rozwiązań.

Standaryzacja testowania systemów magazynowania energii w akumulatorach została przedstawiona w Rozdziale 5. W rozdziale tym Doktorant skupił się na procedurach testowania odporności na ogień stosowanych w normach motoryzacyjnych i porównał je z analogicznymi testami w innych branżach. Ostatnia część rozdziału dedykowana jest kwestiom emisji zanieczyszczeń, także ciepła, do środowiska. Dlatego też analiza ta powinna być dogłębniej wykonana, gdyż emisja podczas pożaru jest jedną z głównych przyczyn prac podejmowanych w ramach poprawy bezpieczeństwa baterii. Mechanizm pożaru musi uwzględniać zachodzące wówczas procesy chemiczne, kinetykę tych procesów, wraz z ujęciem emitowanych związków, ich charakteru chemicznego, określenia inhibitorów i/lub katalizatorów oraz ich wpływu na procesy degradacji. Tego typu zagadnień w pracy jest niewiele, co nie pozwala na pełne zrozumienie mechanizmu degradacji. Należy przy tym zgodzić się z Autorem, że poprawa powtarzalności testów i jakości danych jest nie tylko interesująca z naukowego punktu widzenia, ale również pilnie potrzebna w praktyce, aby poprawić standardy bezpieczeństwa.

W Rozdziale 6 Autor odnosi się do metodologii badania odporności ogniowej akumulatorów i stanowi najważniejszą część w rozprawie, bowiem przedstawiono i zweryfikowano nową metodologię. Jest ona podzielona na kilka części, które razem rozwijają nowe podejście do testowania. W pierwszej kolejności analizowane są podstawowe aspekty dynamiki ogniowej i wymiany ciepła, istotne dla testów

odporności i rezystywności akumulatorów. Przedstawiono podstawy teoretyczne dotyczące zachowania się smugi dymnej i wydzielania ciepła w dużych złożach węglowodorów w porównaniu z piecami kontrolowanymi, a także przedstawiono, jak prawidłowo modelować narażenie termiczne. Otrzymane wyniki stanowiły podstawę do rzetelnego porównania testu otwartego z testem piecowym oraz przeprowadzono analizę numeryczną warunków testu ponownego dla obudów LIB, ze szczególnym uwzględnieniem parametrów testu ponownego zgodnie z normą UNECE R100.03. Zgodnie z otrzymanymi wynikami zaproponowano zalecenia, mające na celu aktualizację i ulepszenie przepisów dotyczących bezpieczeństwa akumulatorów. Zgodnie z zaleceniami Autora badania odporności na ogień z wykorzystaniem pieca powinny zostać wprowadzone jako opcja lub wymóg, a organy regulacyjne takie jak np. grupa robocza UNECE WP.29 ds. bezpieczeństwa pojazdów elektrycznych, powinny rozważyć włączenie badania odporności na ogień w oparciu o warunki ogrzewania określone w normie EN 1363-1. Co jest istotne, stworzona ścieżka zgodności jest dokumentem zgodnym z najnowszymi standardami, mającym na celu zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa systemom akumulatorów w różnych branżach. Autor podaje przykłady odpowiednich zapisów, które mogłyby podnieść poziom bezpieczeństwa baterii, jak w przypadku reaktora zewnętrznego, dla którego przepis mógłby stanowić: *„RESS powinien zostać poddany albo (a) testowi rezystancyjnemu paliwa zgodnie z obowiązującą procedurą lub (b) testowi rezystancyjnemu pieca przez X minut zgodnie z krzywą czasowo-temperaturową zgodnie z normami EN 1363-1 i EN 1363-2 (krzywa standardowa lub węglowodorowa), bez wybuchu występującego podczas testu lub przekroczenia wzrostu temperatury wewnątrz DUT powyżej temperatury progowej TR ogniwa”* (strona 147).

Rozwój systemu oczyszczania spalin z niekontrolowanych emisji termicznych (TREAS, The Thermal Runaway Emissions Aftertreatment System project) został przedstawiony w Rozdziale 7. Autor opisał zagadnienia związane z zarządzaniem emisjami substancji toksycznych i palnych, które mogą powstać podczas testów TR. Zarządzanie emisją różnych substancji czy też ciepła jest istotne nie tylko ze względu na bezpieczeństwo osób biorących udział w gaszeniu pożaru i procesów zachodzących pod wpływem i z udziałem tych substancji, ale także ze względu na przepisy dotyczące ochrony środowiska i bezpieczeństwa, które określają graniczne wartości stężeń uwalnianych nieoczyszczonych gazów z testów akumulatorów do atmosfery. W ramach tego rozdziału zadeklarował przeprowadzenie walidacji laboratoryjnego systemu oczyszczania spalin, który może być używany w połączeniu z eksperymentami TR celem usuwania szkodliwych substancji i poprawy warunków eksperymentalnych. W pracy brakuje jednak doprecyzowania do jakich substancji układ ten będzie miał zastosowanie, co jest istotne ze względu na fakt, iż w zależności od materiałów użytych do produkcji danej baterii, różne zanieczyszczenia mogą być emitowane. Należy jednak przy tym podkreślić, iż system TREAS został opracowany w ramach „Doktoratu Wdrożeniowego” przez Autora i jako interdyscyplinarne rozszerzenie podstawowych badań nad degradacją i bezpieczeństwem RESS. Ponadto, wyniki projektu TREAS zostały

wdrożone w systemach laboratoryjnych testerów Centrum Techniki Okrętowej S.A., aby zapewnić czystsze powietrze podczas testów LIB. W ramach realizowanych prac w zakresie optymalizacji systemu TREAS uwzględniono przepływ powietrza z wykorzystaniem modelowania 3D (Siemens NX), obliczenia CFD (SOLIDWORKS Flow Simulation) oraz pomiary prototypu i testy ogni TR NCM w różnych konfiguracjach. Należy jednak zauważyć, iż przedstawiona metodologia nie zawiera informacji o dokładności/precyzji pomiaru, co jest istotne dla oceny jakości realizowanych badań, a następnie stworzenia podstaw metodologii i testowania, zgodnie z nadrzędnym celem prac badawczych.

Ostatni rozdział zawiera wnioski końcowe, w tym zawiera dyskusję wyników pracy prezentując je w kontekście przyjętych celów.

Do pracy zostały także dołączone materiały w postaci załączników, w tym dokument zawierający przegląd materiałów stosowanych w akumulatorach litowo-jonowych (Załącznik A), przegląd systemów zapobiegania pożarom akumulatorów i rozwiązań w zakresie ich zapobiegania (Załącznik B), dodatkowe zestawy danych i wykresy z przeprowadzonych testów eksperymentalnych (Załącznik C), tło rozwoju TREAS i charakterystykę emisje TR i ich zagrożenia dla zdrowia lub środowiska, zwłaszcza w przestrzeniach zamkniętych (Załącznik D) oraz listę norm i przepisów przywołanych w rozprawie (Załącznik E).

Przedstawiona bibliografia zawiera około 80% cytowanych pozycji literaturowych, które zostały opublikowane po 2010 roku, co stanowi bardzo dobry wskaźnik udziału publikacji „nowych” do ogólnej liczby pozycji przedstawionej w bibliografii. Znaczna część cytowanej literatury pochodzi z renomowanych czasopism o zasięgu międzynarodowym np. Rsc Advances, Journal of The Electrochemical Society, Analytical chemistry, Energy, Journal of Power Sources, Applied Thermal Engineering, Energy Conversion and Management: X. Cytowana specjalistyczna literatura z zakresu chemii, inżynierii chemicznej, inżynierii materiałowej, inżynierii mechanicznej, inżynierii środowiska gwarantuje, że w pracy opisano aktualny stan wiedzy z kraju i zagranicy.

Struktura pracy jest logiczna i spójna. Zakres wiedzy zaprezentowanej w poszczególnych rozdziałach jest bardzo syntetyczny, pomija zagadnienia związane z emisją różnych substancji, istotnych z punktu widzenia propagacji pożaru i zagrożenia wybuchem, ale pozwala śledzić przebieg badań literaturowych i aplikacyjnych oraz dostrzec drogę do osiągnięcia postawionej tezy i osiągnięcia celów badawczych związanych z opracowaniem metodologii i walidacją układu. Autor dość syntetycznie, ale poprawnie, przedstawia istniejące modele i metody stosowane w analizie bezpieczeństwa pożarowego baterii, które stanowią podstawę dla badań aplikacyjnych. Jest to ważne, ponieważ umożliwia zrozumienie kontekstu i zapewnia solidne fundamenty dla dalszych analiz.

Dodatkowo, Doktorant pokazuje dogłębną znajomość dziedziny badawczej, w której doktorat był realizowany. Badania aplikacyjne są oparte na solidnych podstawach wiedzy i doświadczenia, dostarczają nowych rozwiązań dla rzeczywistych problemów.

Rozprawa doktorska mgr inż. Daniela Darnikowskiego ma charakter doświadczalno-aplikacyjny. Uzyskane wyniki badań mogą zostać wdrożone do różnych obszarów gospodarki i przemysłu, w tym przemysłu energetycznego i samochodowego. Opracowanie redakcyjne rozprawy jest na bardzo dobrym poziomie edycyjnym.

Rozprawę doktorską mgr inż. Daniela Darnikowskiego oceniam bardzo wysoko i stwierdzam, że przedstawione wyniki badań poszerzają wiedzę w zakresie metodyki badania procesów degradacji nowoczesnych materiałów stosowanych w alternatywnych źródłach energii narażonych na działanie ognia i/lub przeciążeń mechanicznych. Ponadto chciałbym podkreślić, że niniejsza rozprawa doktorska jest interdyscyplinarna i stanowi oryginalny wkład w zakresie bezpieczeństwa, inżynierii materiałowej, inżynierii mechanicznej czy też inżynierii środowiska.

Część V: Uwagi krytyczne i komentarze

Rozprawa doktorska odnosi się do bardzo istotnego zagadnienia związanego z bezpieczeństwem stosowania w coraz większej skali rozwiązań opartych o baterie litowo-jonowe. Zaprezentowana tematyka zawiera liczne i ważne spostrzeżenia, analizy i wnioski, jednakże niektóre elementy budzą zastrzeżenia, w tym:

- Grafy/rysunki: w przypadku rysunków, których autorem nie jest Doktorant niezbędne jest nie tylko wskazanie odnośnika literaturowego, ale także otrzymanie pozwolenia na kopiowanie i prezentowanie danego opracowania graficznego; zgodnie z zaprezentowanymi informacjami, Autor nie wykazał, że dysponuje odpowiednimi zgodami na druk i prezentację grafiki „obcej”; dodatkowo niektóre rysunki jak np. 1.7, 2.5, 2.6 czy też 2.7, 3.1 nie mają informacji o odnośniku literaturowym;
- Zapisy reakcji chemicznych powinny być ponumerowane oraz poparte odpowiednim odnośnikiem literaturowym; brak odnośnika literaturowego wskazuje, że Autor samodzielnie doszedł do tego w jaki sposób przebiega dana reakcja chemiczna; brak odnośnika jest m.in. na stronie 19, 24;
- Rozdział 3: Doktorant nie dokonał porównania metod pasywnych i aktywnych w sposób ukazujących pozytywne cechy, jak i trudności i problemy związane z zastosowaniem danej metody; porównanie, zaprezentowane w postaci wykresu bądź układu tabelarycznego, pozwoliłoby na jednoznaczne wskazanie problematyki dotyczącej stosowanych metod ograniczania i tłumienia;
- Rozdział 4: przedstawione cele nie są tożsame z tytułami poszczególnych rozdziałów pracy mimo, iż zgodnie z deklaracją Doktoranta (strona 15), tytuły rozdziałów rozprawy doktorskiej stanowią jednocześnie cele; taka sytuacja powoduje niepewność w zakresie co jest głównym celem i na jakie bezpośrednie pytania Autor podejmuje się znaleźć odpowiedź i rozwiązanie;

- W rozprawie zbyt ogólnikowo zidentyfikowano jakie zanieczyszczenia są emitowane i w jakich ilościach; niewystarczająca ilość treści związanych z emisją ciepła i substancji chemicznych jest widoczna zwłaszcza w kontekście walidacji;
- Metodologia: w pracy Autor nie przedstawił dokładności/precyzji prowadzonych przez siebie prac badawczych;
- Załącznik A: treści prezentowane w załączniku wskazują na brak konsekwencji, bowiem Autor wskazał (strona 26), że degradacja materiałów stanowi zagadnienie istotne dla analizy tematu, natomiast analiza tego zagadnienia jest dopiero w załączniku (strona 161); taka organizacja i kolejność prezentacji zagadnień powoduje, że proces degradacji jest elementem dodatkowym mimo, iż we wstępie podkreślono rolę i ważność tego procesu;
- Rozdziały nie zawierają podsumowania prezentowanych w nim treści, co by pozwoliło na wskazanie najważniejszych kwestii poruszanych w danym obszarze tematycznych;
- Bardzo ogólnikowe przedstawienie metod oczyszczania toksyn z powietrza;
- Bibliografia: nie wszystkie pozycje zostały przedstawione w prawidłowy sposób, np. pozycja [205] Xingyan Yao, Lingxi Kong, and Michael Pecht. Reliability of cylindrical li-ion battery safety vents. IEEE Access, PP:1-1, 05 2020, brak jest numeru DOI, stron artykułu, [253] The United Nations Economic Commission for Europe. About unece - mission. <https://unece.org/mision>, 2022, dla której nie wskazano daty dostępu, czy też pozycja [273] IEC CENELEC. Iec - cenelec agreement on common planning of new work and parallel voting, dla której nie przedstawiono autorów, roku publikacji, a w przypadku wykorzystania wersji elektronicznej – pełnego adresu strony i daty dostępu;
- Inne uwagi: brak konsekwencji w zapisie jednostki (raz jest zapisana kursywą, a raz nie); indeksy we wzorach substancji chemicznych nie zostały prawidłowo zapisane (niejednokrotnie cyfry nie są zapisane jako indeks dolny).

Wniosek końcowy

Reasumując można stwierdzić, że Doktorant w pełni opanował techniki pomiarowe, przeprowadził szeroko zakrojone badania i uzyskał oryginalne wyniki zarówno o znaczeniu poznawczym, jak i aplikacyjnym. Recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Z lektury dysertacji wynika, że Autor posiada szeroką wiedzę w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna oraz potwierdza nabycie umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Zamieszczone w niniejszej recenzji uwagi krytyczne mają w większości charakter dyskusyjny. Należy przy tym podkreślić, iż nie rzutują one jednak istotnie na bardzo dobry poziom naukowy rozprawy.

Dlatego stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca mgr inż. Daniela Darnikowskiego pt. „*Methodology for investigating the degradation processes of modern materials used in alternative energy sources exposed to fire and/or mechanical overloads*” spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2024.1571 t.j.) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Ponadto dysertacja zasługuje na wyróżnienie, o co niniejszym wnioskuję. Za wyróżnieniem rozprawy przemawiają moim zdaniem bardzo dobrze przeprowadzone i udokumentowane badania eksperymentalne, uzyskane wartościowe wyniki i ich wnikliwe przeanalizowanie oraz duże znaczenie aplikacyjne uzyskanych rezultatów badań.


prof. dr hab. Anna Rabajczyk