

Kraków 22.11.2019 r.

Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Mokrzycki  
Instytut Gospodarki Surowcami  
Mineralnymi i Energią PAN  
ul. J. Wybickiego 7A, 31-261 Kraków  
eugeniusz.mokrzycki@min-pan.krakow.pl

## RECENZJA

osiągnięcia naukowego *Analiza procesu termicznej przeróbki biomasy, dorobku naukowo-badawczego i dydaktycznego oraz organizacyjnego i popularyzatorskiego w związku z postępowaniem habilitacyjnym*  
**Pana dr. inż. Pawła KOMADY**

### 1. Wprowadzenie

Przedmiotową recenzję opracowałem jako recenzent wyznaczony przez Centralną Komisję do Spraw Stopni i Tytułów. Pismo w tej sprawie o znakach Ś-153/2019 wystosowała do mnie p.o. Dziekan Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej – dr inż. Aneta Czechowska-Kosacka, prof. uczelni.

Otrzymana dokumentacja zawiera wszystkie dokumenty, jakie są niezbędne do wykonania oceny osiągnięcia naukowego, całokształtu dorobku naukowego i dydaktycznego oraz organizacyjnego i popularyzatorskiego dr. inż. Pawła Komady. Na podstawie ich analizy mogę stwierdzić, że dorobek Habilitanta mieści się w dziedzinie: nauki techniczne i dyscyplinie: inżynieria środowiska.

Na podstawie:

- Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. 2016, po. 882),
- Ustawy z dnia 27 lipca 2005 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym, Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. 2017, poz. 2183 z póź. zm.),
- Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. *w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego* (Dz. U. 2011, nr 196, poz. 1165), tj. przepisów, które w zakresie niniejszego postępowania habilitacyjnego zachowały moc obowiązującą zgodnie z art.179, ust. 2 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – *Przepisy wprowadzające Ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*; oraz

analizy dostarczonej dokumentacji, mogę stwierdzić, że dorobek Habilitanta merytorycznie można zaliczyć do dziedziny *nauki techniczne* w dyscyplinie *inżynieria środowiska*, natomiast według przywołanej powyżej Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. (Dz. U. 2018, poz. 1669) do dziedziny *nauki inżynieryjno-techniczne* w dyscyplinie *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*.

## 2. Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe dr. inż. Pawła Komady stanowi monografia *Analiza procesu termicznej przeróbki biomasy* (Paweł Komada – Analiza procesu termicznej przeróbki biomasy. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk vol. 154. Warszawa 2019). Recenzentami wydawniczymi byli: prof. dr hab. inż. Tomasz Winnicki oraz prof. dr hab. Lucjan Pawłowski (Pol. Lubelska).

Praca składa się z 7. rozdziałów, literatury, wykazu ważniejszych oznaczeń. Liczy 120 stron, zawiera 64 pozycje literatury, w tym 29 w języku polskim, 9 tabel i 42 rysunki.

Praca dotyczy wykorzystania metod optycznych w analizie termicznej przeróbki biomasy: współspalania z węglem kamiennym oraz zgazowania. Optyczne pomiary parametrów tego procesu pozwalają na uzyskanie dodatkowych sygnałów, które mogą być wykorzystane w układach zaawansowanego sterowania, umożliwiając lepsze wykorzystanie biomasy, jak również ograniczenie wpływu niekorzystnych zjawisk towarzyszących temu procesowi.

W osiągnięciu naukowym dokonano badań mających na celu:

- wykorzystanie sygnału intensywności płomienia do analizy procesu spalania/współspalania biomasy,
- analizę sygnału zmian intensywności płomienia i wyznaczenie jego parametrów wrażliwych na zmianę warunków pracy palnika,
- analizę wpływu widm absorpcyjnych dominujących składników mieszaniny gazów oraz temperatury na dokładność wyznaczania zawartości danego gazu za pomocą metody spektroskopii absorpcyjnej.

W rozdziale 1. – wstępie, Habilitant przybliżył: definicje biomasy występujące w literaturze, podział biomasy ze względu na rodzaj (pochodzenie), współspalanie biomasy z węglem kamiennym oraz zwrócił uwagę na konieczność dokonywania badania procesu spalania metodami spektroskopii absorpcyjnej i emisyjnej. Trzeba podkreślić, że uzyskanie informacji na temat tego procesu wymaga zaawansowanych metod analizy sygnałów.

Rozdział 2 dotyczy biomasy stałej i jej rodzajów. Habilitant skupił uwagę na biopaliwach stałych (biomasa: drzewna, zielna, owocowa, wodna), następnie omówił formy biomasy (zrębki, brykiety, pellety) oraz źródła i potencjał biomasy, jak również właściwości biomasy.

W rozdziale 3. dr inż. Paweł Komada omówił: technologie konwersji biomasy (spalanie, zgazowanie, pirolizę, konwersję biochemiczną), współspalanie biomasy z węglem (bezpośrednie, pośrednie), wykorzystanie biomasy w kraju.

Rozdział 4 poświęcony jest problemom technologicznym termicznej przeróbki biomasy. Omówiono w nim: zagrożenie wybuchem, niestabilność płomienia, zwiększenie procesu żużlowania, zwiększenie strat niedopału, proces korozji niskotemperaturowej. Należy

mieć świadomość tego, że zastępowanie paliw kopalnych paliwami biomasowymi powoduje oprócz korzystnych zjawisk (ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>, ochrona zasobów paliw pierwotnych) również szereg niekorzystnych zjawisk: niestabilność płomienia, wzrost zużycia i niedopału, intensyfikacja korozji niskotlenkowej. Konieczny jest więc dobór odpowiednich metod pomiarowych, które umożliwią właściwą kontrolę wybranych parametrów procesu spalania.

W rozdziale 5. Habilitant omówił monitorowanie procesu spalania, poczynając od systemu diagnostyczno-monitorującego poprzez metody analizy danych po wykrywanie spalania niestabilnego i detekcję rodzaju spalanej paliwa. Jak już wspomniano, procesowi spalania i współspalania może towarzyszyć szereg niekorzystnych zjawisk, dlatego też wskazane jest monitorowanie płomienia w celu optymalnego prowadzenia procesu.

W Katedrze Elektroniki Politechniki Lubelskiej (obecnie Instytut Elektroniki i Technik Informacyjnych) opracowano światłowodowy system diagnostyczno-monitorujący płomienia FMS 01, który spełnia wymagania ujęte w normie PN-EN 230 przez detektory płomienia oraz jest zgodny z wymaganiami dla tego typu urządzeń wymienionych w normach: EN 12952-9, PN-EN 746-2, PN-EN 61000-6-2, PN-EN 61000-6-4, a także w dyrektywach: 92/23/WE, 73/23/EWG.

System ten służy do monitoringu pracy palników naściennych, jak i narożnych. Emitowane przez płomień promieniowanie jest transmitowane za pomocą specjalnych światłowodów do układu optoelektronicznego. Tam poddawane jest konwersji na sygnał elektryczny, który podlega przetwarzaniu i rejestracji. W celu kontrolowania płomienia z różnych paliw wykorzystuje się szeroki zakres spektralny 230–1100 nm oraz cyfrowe przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym. System umieszczenia sondy światłowodowej w ścianie kotła energetycznego jest każdorazowo dobierany indywidualnie, co ma związek z rozmieszczeniem palników, rozmiarami kotła, a także możliwościami konstrukcyjnymi.

Sygnały systemu monitorowania płomienia są analizowane z zastosowaniem transformaty Fouriera oraz transformaty falkowej. Transformata Fouriera jest popularnym i często stosowanym narzędziem do analizy sygnałów pomiarowych. W przypadku systemu monitorowania płomienia wykorzystywana jest ona do wstępnej analizy otrzymywanych sygnałów pulsacji płomienia (zwłaszcza do rozróżniania płomieni paliwa ciekłego i stałego). Sygnały rejestrowane przez układ monitorowania płomienia są sygnałami dyskretnymi. Tak więc sygnał z układu monitorowania płomienia poddany analizie Fouriera przedstawia zmianę rozkładu częstotliwości w czasie. Widmo sygnału pochodzące ze spalania węgla zawarte jest pomiędzy częstotliwościami bliskimi zeru i około 40 Hz.

Przekształcanie falkowe (funkcji bazowych) w odróżnieniu od przekształcenia Fouriera pozwala na lepszą lokalizację zjawisk w czasie i jest bardziej wymagające obliczeniowo. Sygnał poddawany analizie z wykorzystaniem dyskretnego przekształcenia falkowego DWT (*Discrete Wavelet Transform*) jest dzielony na tzw. detal i aproksymację, która może być dalej dzielona (detal nie podlega podziałowi). Aproksymacje mają charakter sygnałów o niższych częstotliwościach, a detale o wyższych. Habilitant porównywał spektrogramy szeregowych czasowych zarejestrowanych dla przypadku współspalania węgla i biomasy oraz samego węgla. Przy współspalaniu pojawiają się składowe o częstotliwościach poniżej 0,1 Hz. Tak więc przekształcenia Fouriera oraz falkowe umożliwiają rozróżnienie rodzaju spalanej paliwa.

Problem spalania niestabilnego jest istotny w przypadku spalania biomasy. Spalanie takie prowadzi do niewłaściwego przebiegu procesu spalania, co skutkuje spadkiem sprawności, wzrostem niedopału, erozji i korozji. Jedną z metod oceny stabilności płomienia polega na analizie, z wykorzystaniem dyskretnego przekształcenia falkowego, sygnału zmian intensywności świecenia płomienia. Podczas pomiarów obserwowane są zmiany intensywności płomienia monitorowanego palnika, a także jego krótkookresowe wyłączenie. W tym celu szereg czasowy został podzielony na równe odcinki, dla których przeprowadzono analizę z wykorzystaniem falki Daubechies 2. Przebieg podzielono na 8 przedziałów, dla których Habilitant przeanalizował rozkład wartości poszczególnych detali.

Współczesne systemy sterowania procesem spalania wyposażone są w nowoczesne wielowymiarowe kontrolery umożliwiające integrację sygnałów z różnego rodzaju urządzeń pomiarowych, co przyczynia się do poprawy sterowania. Obecnie, praktycznie, nie ma możliwości obiektywnego potwierdzenia jakiego rodzaju paliwo jest spalane czy współspalane. Potwierdzenie spalania danego rodzaju paliwa w komorze spalania jest niezwykle istotne (z punktu widzenia bezpieczeństwa spalania się paliwa – zanik płomienia). System monitorowania płomienia zaprojektowany i skonstruowany na Politechnice Lubelskiej ma możliwość wykrywania zaniku płomienia, rozbłysków, pulsowania, rodzaju spalanej paliwa. Informacje te mogą stanowić dodatkowe sygnały wejściowe dla zaawansowanych układów i sterowania płomieniem.

W rozdziale 6. Habilitant przedstawił zagadnienia dotyczące analizy składu gazów. Pomiar gazów jest istotnym zagadnieniem, gdyż z jednej strony informuje o składzie gazu generatorowego otrzymanego w procesach zgazowania, z drugiej strony – informuje o składzie gazów wylotowych (pomiar emitowanych zanieczyszczeń).

Wykorzystanie biomasy do celów energetycznych wiąże się z potrzebą kontroli składu gazów, czy to wewnątrz komory spalania, czy też gazów spalinowych. Wybór właściwych narzędzi służących do pomiarów składu gazów wymaga uwzględnienia zakresów pomiarowych, w jakich pomiary mają być wykonywane. Rozwiązaniem może być zastosowanie optymalnych metod pomiarowych, gdyż pozwalają one na praktyczne bezinwazyjne pomiary *on-line* oraz nie wymagają przygotowania próbki. Możliwy jest optyczny pomiar stężeń gazów w szerokich granicach, a zastosowanie światłowodów specjalnych pozwala na zabezpieczenie układu przed agresywnością środowiska i wysoką temperaturą. Badania tego typu można wykonać różnymi metodami spektroskopowymi; w pracy opisano metodę całkową wielu linii – MLI (*Multiple Line Integrated*).

W celu wyznaczenia zawartości danego gazu w spodziewanym zakresie jego zmian, Habilitant wykonał badania symulacyjne zastosowania całkową wielu linii w pomiarach zawartości gazów w mieszaninie charakterystycznej dla gazu generatorowego. Przyjął, że badania będą przeprowadzane dla zakresu spektralnego 1500–1600 nm. Badania symulacyjne widm składników mieszaniny Habilitant wykonał wykorzystując bazę danych widm gazów HITRAN 2012 oraz jej wersję dla wysokich temperatur – HITEMP 2010.

Do ważniejszych gazów, które podlegają kontroli, praktycznie w każdym przypadku, należą tlenek i dwutlenek węgla. Gaz pochodzący ze zgazowania biomasy ma w swoim składzie głównie CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i CO<sub>2</sub> oraz parę wodną. Główne widma absorpcyjne tych gazów występują w średniej podczerwieni – są one najsilniejsze. Kształt widm uzależniony jest od temperatury. Analizie poddano widma pochłaniania CO<sub>2</sub> bez udziału innych gazów, a także

z udziałem tylko CO, tylko H<sub>2</sub>O, tylko CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O i CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O i CH<sub>4</sub> oraz wszystkich gazów jednocześnie. Badania symulacyjne wszystkich tych przypadków pozwalają na określenie wpływu gazów zakłócających na wyniki pomiarów.

Istotnym czynnikiem wpływającym na widmo pochłaniania gazów mieszaniny jest temperatura, która wpływa na natężenie linii widmowych. W wyższych temperaturach obserwuje się również występowanie dodatkowych linii absorpcyjnych, zwłaszcza w przypadku pary wodnej i CO oraz CO<sub>2</sub>. Wraz ze wzrostem temperatury największe zmiany natężenia linii widmowej widoczne są dla linii o mniejszych liczbach falowych. Habilitant przeprowadził badania symulacyjne w celu oceny wpływu tego zjawiska na wyniki uzyskane metodą spektroskopii całkowitej wielu linii. Z przeprowadzonych badań wynika, że najmniejsze błędy występują wówczas, gdy różnice w natężeniu linii pochłaniania nie są zbyt duże (w zakresie temperatur 700–1000 K).

W instalacjach przemysłowych, w których przetwarzana jest biomasa pojawia się problem niehomogeniczności środowiska i jego wpływu na wyniki pomiarów stężenia oznaczanych gazów mieszaniny. Środowisko jest niehomogeniczne pod wpływem temperatury, ciśnienia, jak i zawartości danego składnika. Ocena wpływu niejednorodności temperatury wzdłuż ścieżki pomiarowej przeprowadzono na drodze symulacyjnej dla 2. profili: spadku temperatury w kierunku ścianek kotła i wzrostu temperatury od ścianek do środka kotła.

Czynnikami mogącym powodować nieprawidłowe wyznaczenie zawartości CO<sub>2</sub> w mieszaninie jest obecność innych gazów, których widmo pochłaniania przypada na poddawany analizie zakres spektralny. Widma gazów w zakresie bliskiej podczerwieni bardzo często zachodzą na siebie, co jest źródłem błędów pomiarowych.

Habilitant zaproponował modyfikację metody całkowitej wielu linii, polegającą na analizie wybranych linii pochłaniania gazu, co pozwala ograniczyć wpływ zjawiska interferencji widm. Wyznaczył kanały pomiarowe (linii pochłaniania) CO<sub>2</sub> zapewniające akceptowalne błędy pomiarowe przy obecności gazów zakłócających, które mogą być wykorzystywane w analizie zawartości CO<sub>2</sub> w mieszaninie gazów.

Rozdział 7 stanowi podsumowanie.

Przedstawione przez Habilitanta do oceny osiągnięcie naukowe stanowi spójny materiał badawczy dotyczący analizy procesu termicznej przeróbki biomasy (spalanie, współspalanie), wnoszący istotny wkład do nauki w dyscyplinie inżynieria środowiska.

Należy podkreślić, że przedstawiona tematyka badań w ocenianym osiągnięciu naukowym jest wynikiem doświadczeń Habilitanta, wynikających z realizacji projektów badawczych oraz prac naukowo-badawczych dla podmiotów gospodarczych sektora paliwowo-energetycznego kraju.

Na podstawie dokonanej oceny merytorycznej osiągnięcia naukowego dr. inż. P. Komady stwierdzam, że Habilitant:

- jest bardzo dobrze zorientowany w opracowaniu metod sygnałów charakteryzujących proces przeróbki biomasy na cele energetyczne, które mogą być wykorzystywane w diagnostyce tego procesu, a także w zaawansowanych układach sterowania
- wykazał się umiejętnością prowadzenia badań oraz doboru procedury badawczej adekwatnej do specyfiki sformułowanego i rozwiązywanego problemu,
- umiejętnie i merytorycznie poprawnie zinterpretował wyniki badań i prawidłowo określił wnioski odnoszące się do konkretnych realnych obiektów badań.

Istotnymi osiągnięciami Habilitanta wynikającymi z pracy *Analiza procesu termicznej przeróbki biomasy* są:

- współudział w opracowaniu urządzenia pomiarowego do monitorowania płomieni palników kotłów energetycznych,
- wykorzystanie informacji zawartych w zmianach intensywności płomienia do monitoringu (i analizy) procesu spalania, w tym współspalania biomasy,
- wykorzystanie przekształcenia Fouriera i falkowego do analizy sygnału zmian intensywności płomienia dla różnych warunków procesu spalania,
- określenie cech sygnału – z wykorzystaniem przekształcenia Fouriera i falkowego – wrażliwych na zmianę stanu procesu, służących do monitoringu współspalania biomasy z węglem kamiennym, jak również do wykorzystania w zaawansowanych układach sterowania tego procesu,
- ocena wpływu temperatury i widm absorpcyjnych dominujących składników mieszaniny gazów na błąd względny wyznaczania zawartości CO<sub>2</sub> zmodyfikowaną metodą całkową wielu linii dla wybranego zakresu spektralnego,
- wybór zestawu kanałów optycznych umożliwiających wykonanie pomiarów zawartości wybranego gazu z wykorzystaniem zmodyfikowanej metody całkową wielu linii,
- wskazanie ograniczeń rozpatrywanej metody wyznaczania zawartości CO<sub>2</sub>.

Uważam, że problematyka podjęta w osiągnięciu naukowym i wskazanie możliwości wykorzystania metod wyznaczania sygnałów, charakteryzujących proces termochemiczny przeróbki biomasy, w diagnostyce tego procesu oraz jako dodatkowe sygnały w zaawansowanych układach sterowania, ma istotne znaczenie zarówno dla rozwoju nauki – inżynierii środowiska, jak również dla praktyki – racjonalnego gospodarowania i kształtowania zewnętrznego środowiska przyrodniczego.

Sposób sformułowania jak i rozwiązywania problemu mają cechy oryginalności. Za cenne uważam podjęcie złożonego i trudnego tematu, właściwe określenie zakresu badawczego i wprowadzenie własnej koncepcji rozwiązania postawionego problemu.

### **3. Ocena dorobku naukowego**

Habilitant ukończył studia na Wydziale Elektrycznym (obecnie Wydział Elektrotechniki i Informatyki) Politechniki Lubelskiej uzyskując, na podstawie pracy dyplomowej *Zastosowanie transmisji solitonowej w sieciach światłowodowych*, w czerwcu 1999 roku tytuł zawodowy magistra inżyniera na kierunku: elektrotechnika, specjalności: przetwarzanie i użytkowanie energii elektrycznej. Opiekunem pracy dyplomowej był: dr inż. Jacek K. Zientkiewicz.

W 1999 r. ukończył studia podyplomowe na Wydziale Elektrycznym (obecnie Wydział Elektrotechniki i Informatyki) Politechniki Lubelskiej. Temat pracy był następujący: *Porównanie własności optycznych WDM i optycznego CDMA w zastosowaniu do sieci telekomunikacyjnych*.

W dniu 11 kwietnia 2007 roku na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej Habilitant obronił pracę doktorską *Optoelektroniczna metoda detekcji tlenku węgla w mieszaninie gazów*, uzyskując stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie:

elektrotechnika. Promotorem pracy był dr hab. inż. Waldemar Wójcik, prof. PL, a recenzentami: prof. dr hab. inż. Zdzisław Jankiewicz, prof. dr hab. inż. Viktor Lozbin.

Ponadto Habilitant ukończył również:

- certyfikowane *Szkolenie i Licencjonowanie Personelu Technicznego*; PWSZ w Chełmie Part-66, Part- 147 (2010),
- kurs: *Użytkowanie oprogramowania MATLAB/SIMULINK* w zakresie: MLBE, SLBE (2010) i SLCT (2011),
- szkolenie: *EN-S7-1200A: SIMATIC S7-1200 Programowanie i obsługa – część I* (2016),
- szkolenia: *National Instruments: LabVIEW Core 1* (2016), *LabVIEW Core 2*, *LabVIEW Core 3* (2017), *Data Acquisition and Signal Conditioning* (2017).

Dr inż. P. Komada pracuje na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki (dawniej Wydział Elektryczny) Politechniki Lubelskiej jako:

- asystent w Katedrze Elektroniki Wydziału Elektrycznego (obecnie Wydział Elektrotechniki i Informatyki) (1999–2007),
- adiunkt, w Katedrze Elektroniki (od 2012 r. Instytut Elektroniki i Technik Informacyjnych – zastępca dyrektora Instytutu ds. ogólnych) (od 2007–nadal).

Ocena dorobku dotyczy okresu po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych, tj. od 2008 do 2018 roku – oceniany okres stanowi więc 11 lat Jego działalności naukowej i dydaktycznej.

Zainteresowania naukowe Habilitanta dotyczą szeroko pojętej problematyki monitorowania procesu spalania paliw pierwotnych, jak również spalania i współspalania paliw biomasowych. Zakres ten można podzielić na cztery obszary badawcze obejmujące badania:

- widm emisyjnych,
- sygnałów światłowodowego systemu monitorowania płomienia w systemach diagnostyki i sterowania procesem,
- optycznych przyrządów i metod pomiarowych,
- procesu termicznej przeróbki biomasy.

W ramach 1. obszaru badawczego dr inż. P. Komada zajął się promieniowaniem emitowanym z wnętrza komory spalania. Promieniowanie takie jest emitowane przez obiekt o wyższej temperaturze (niż temperatura detektora) i jest źródłem informacji o tym obiekcie, jak również o ośrodku leżącym pomiędzy źródłem emisji a miejscem obserwacji. Badania tego typu przeprowadził za pomocą spektrometru FTIR (*Fourier Transform InfraRed*), który rejestruje widmo z zakresu 2000–2500  $\text{cm}^{-1}$ . Źródłem rejestrowanego widma był płomień spalanej paliwa, jak również rozgrzane elementy komory spalania. Badania te miały na celu uzyskanie informacji o składzie gazów, temperaturze źródła promieniowania oraz parametrach ścieżki pomiarowej. Habilitant wykonywał również badania modelowania widma emisyjnego dla danego zestawu składników, temperatury i parametrów ścieżki pomiarowej w celu określenia wpływu na uzyskane wyniki parametrów spektrometru, niejednorodności temperatury i/lub zmiany koncentracji gazów wzdłuż ścieżki pomiarowej. Z tego obszaru badawczego powstało 16 pozycji wydawniczych, w tym: 1 rozdział w monografii, 7 artykułów w czasopiśmie krajowych, 3 referaty na konferencje międzynarodowe, 5 referatów na konferencje krajowe.

W ramach 2. obszaru badawczego Habilitant wykorzystywał sygnały z systemu monitorowania płomienia do diagnostyki pracy palnika. Sygnały te poddane były analizie metodami sztucznej inteligencji w celu klasyfikacji i ekstrakcji cech o stanie procesu. W wyniku tych badań zaproponowane zostało rozwiązanie neuronowego regulatora pracy palnika-pyłowego oraz zamodelowano również jego działanie. Regulatory te wykorzystują sygnał optyczny do oszacowania zawartości wybranych gazów ( $\text{NO}_x$ , CO). Ten obszar badawczy był przedmiotem 14. pozycji wydawniczych, w tym: 1. rozdziału w monografii w języku angielskim, 10. referatów na konferencje międzynarodowe, 3. referatów na konferencje krajowe.

W ramach 3. obszaru badawczego badania dr. inż. P. Komady dotyczyły:

- możliwości wykorzystania systemu monitorowania płomienia jako pirometru dwubarwowego,
  - wykorzystania obrazu płomienia w celach diagnostycznych; wielkości opisujące kształt płomienia do oceny jego stabilności czy przemieszczania,
  - oznaczania metodami optycznymi węgla całkowitego w popiele lotnym,
  - różnych wielkości fizycznych czujników światłowodowych: modyfikacja światłowodowego żyroskopu o zmniejszonej czułości na czynniki ograniczające jego dokładność, rozkład naprężenia liniowego wykorzystujący światłowodowe siatki Bragga (zgłoszenie patentowe).
- W ramach tego obszaru powstało 10 pozycji publikacyjnych, w tym: 1 patent, 2 artykuły w czasopismach krajowych, 2 referaty na konferencje krajowe i 5 referatów na konferencje międzynarodowe.

Obszar badawczy 5 został omówiony w recenzowanej monografii.

Habilitant opublikował ogółem 136 pozycji, w tym 68 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych. Struktura publikacji po doktoracie kształtuje się następująco:

- publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) – 7,
- publikacje w czasopismach z listy B MNiSzW – 23,
- monografie – 2, w tym 1 samodzielnie,
- rozdziały w pozycjach zwartych (książki, monografie) – 4,
- referaty na konferencje międzynarodowe z bazy Web of Science – 23,
- referaty na konferencje krajowe – 8,
- zgłoszenie patentowe – 1.

Dr inż. P. Komada publikował w:

- czasopismach z listy JCR: Elektronika i Elektrotechnika (1), International Journal of Electronics and Telecommunications (1), Przegląd Elektrotechniczny (3), Rocznik Ochrona Środowiska – Annual Set the Environment Protection (2),
- w czasopismach z listy B MNiSzW: Elektronika : Konstrukcje, Technologie, Zastosowania (10), Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska (3), Naukovi Visti NTUU KPI (1), Pomiar Automatyka Kontrola (1), Przegląd Elektrotechniczny (8)

Habilitant recenzował publikacje do czasopism: Optica Applicata (1), Przegląd Elektrotechniczny (1).

Brał udział w realizacji 9. projektów krajowych, w tym w 5. po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych.

Ponadto Habilitant:



– był sekretarzem redakcji – Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska – IAPGOŚ; Centrum Innowacji i Transferu Technologii Lubelskiego Parku Naukowo-Technologicznego Sp. z o.o. (2012–2017),

– jest redaktorem naczelnym – Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska – IAPGOŚ, Politechnika Lubelska (2018–nadal).

Habilitant współpracuje z następującymi jednostkami naukowo-badawczymi i uczelniami:

– Instytut Energetyki, Warszawa,

– Uniwersytet Białoruski, Katedra Kwantowej Radiofizyki i Optoelektroniki, Mińsk (Białoruś),

– Kazakh National Research–Technical University, Almaty (Kazachstan),

– Al-Farabi Kazakh National University, Almaty (Kazachstan),

– V.M. Glushkov Institute of Cybernetics, Kijów (Ukraina),

– Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kijów (Ukraina).

Na podstawie powyższej analizy dorobku naukowego dr. inż. Pawła Komady mogę stwierdzić Jego znaczący wkład do rozwoju dyscypliny naukowej: inżynieria środowiska.

Istotnym elementem oceny wpływu publikacji Habilitanta na rozwój dyscypliny jaką reprezentuje (inżynieria środowiska) jest liczba cytowań Jego artykułów przez środowisko naukowe zajmujące się tymi problemami.

Dane bibliometryczne kształtują się następująco:

– liczba cytowań według bazy Web of Science – 68; według bazy Scopus – 142; według bazy Google Scholar – 253,

– Indeks Hirscha: według bazy Web of Science – 6; według bazy Scopus – 7; według bazy Google Scholar – 7,

– sumaryczny Imact Factor – 2,537,

– liczba punktów wszystkich prac według Rozporządzenia MNiSW z dnia 12.12.2016 – 1144,29; po doktoracie – 723 (a według punktacji z roku wydania – 649).

Reasumując, dorobek naukowy dr. inż. Pawła Komady jest znaczący w skali środkowo-europejskiej oraz krajowej i oceniam go na bardzo dobry.

#### **4. Ocena dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i organizacyjnego**

Habilitant prowadził i prowadzi zajęcia dydaktyczne na studiach I i II stopnia oraz jednolitych magisterskich, dla kierunków: Elektrotechnika, Informatyka, Mechatronika, Mechanika i Budowa Maszyn:

– Podstawy elektroniki – ćwiczenia, laboratorium, projekt,

– Podstawy elektroniki i energoelektroniki – laboratorium,

– Podstawy elektroniki – ćwiczenia, laboratorium, projekt,

– Podstawy elektroniki i energoelektroniki – laboratorium,

– Elektroniczne układy analogowe i cyfrowe – laboratorium,

– Układy elektroniczne – wykład, laboratorium,

– Systemy i układy elektroniczne – wykład, laboratorium,

– Podstawy techniki mikroprocesorowej – laboratorium,

– Technika cyfrowa – wykład, ćwiczenia, laboratorium,

– Podstawy techniki światłowodowej – laboratorium,

- Technika światłowodowa w teleinformatyce – wykład, laboratorium,
- Telekomunikacja optoelektroniczna – laboratorium,
- Czujniki optoelektroniczne – wykład, laboratorium,
- Wprowadzenie do telekomunikacji – wykład,
- Seminarium dyplomowe,
- Mikroprocesorowe układy sterowania – wykład, laboratorium,
- Wiadomości podstawowe z elektroniki lotniczej – wykład, laboratorium,
- Systemy instrumentów elektronicznych technik cyfrowych – wykład.

Prowadził również zajęcia dydaktyczne na studiach podyplomowych:

- *Technika Światłowodowa: Technologia włókien i kabli światłowodowych* – wykład, laboratorium,
  - *Administracja Sieciami Komputerowymi: Bezpieczeństwo sieci i usług* – wykład, Windows: Serwery usług sieciowych – wykład, laboratorium,
  - *Zarządzanie Energią: Racjonalizacja użytkowania energii* – wykład.
- Opracowywał oraz korygował: sylabusy do tych zajęć, treści wykładów, ćwiczeń i zajęć laboratoryjnych, materiały dla studentów oraz instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych.
- Sprawuje opiekę naukową nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego:
- Saule Luganskaya – *Analiza możliwości wykorzystania modyfikowanych światłowodowych struktur periodycznych do pomiaru kąta polaryzacji światła* – otwarcie przewodu (10.07.2017); Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej, promotor pomocniczy,
  - Kanat Mussabekov – *Optyczna metoda równoczesnego pomiaru temperatury i wydłużenia linii energetycznej* – otwarcie przewodu (14.09.2018), Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej, promotor pomocniczy,
  - Akmaral Tleshova – *Wpływ dynamiki zmian okresu światłowodowych struktur dyfrakcyjnych na parametry ich charakterystyk transmisyjnych* – otwarcie przewodu (14.09.2018), Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej, promotor pomocniczy,
  - Aitkulov Zhalau – *Development of a management system for information and communication evacuation model based on the construction of a wireless network* – zatwierdzenie tematu (27.09.2018), Al-Farabi Kazakh National University, Almaty (Kazachstan), konsultant zagraniczny,
  - Assel Jaxylykova – *Methods of deep learning for hierarchical neural network architectures* – 12.01.2019 (zatwierdzenie tematu), Al-Farabi Kazakh National University, Almaty (Kazachstan), konsultant zagraniczny.

Był opiekunem 157. prac dyplomowych, w tym 82. prac inżynierskich i 75. prac magisterskich. Ponadto był opiekunem 6. osób studiujących według indywidualnego toku studiów

Dorobek dydaktyczny dr. inż. Pawła Komady oceniam na bardzo dobry.

Habilitant w zakresie popularyzacji nauki:

- wygłosił referat *Optoelektroniczna metoda detekcji tlenku węgla* w Instytucie Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej – 2007,
- dokonał prezentacji laboratorium techniki światłowodowej na posiedzeniu Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej – PAN 22–23.09.2008,

- przedstawił następujące referaty na zebraniach Instytutu Elektroniki i Technik Informacyjnych, Wydziału Elektrotechniki i Informatyki, Politechnika Lubelska:
  - *Biomasa i jej wykorzystanie w energetyce* – 2008,
  - *Pomiary spektroskopowe* – 2010,
  - *Wpływ niejednorodności ośrodka na wyniki pomiarów w spektroskopii absorpcyjnej* – 2011,
    - *Wykorzystanie spektroskopii całkowitej wielu linii w pomiarach koncentracji CO* – 2013,
    - *Wykorzystanie spektroskopii całkowitej wielu linii w pomiarach CO* – 2016,
    - *Wykorzystanie spektroskopii całkowitej wielu linii w pomiarach składu gazu z biomasy* – 2018,
- prowadził wykłady z zakresu optoelektroniki i techniki światłowodowej dla studentów Uniwersytetu Trzeciego Wieku w Chełmie (2009),
- realizował projekty z zakresu fotoniki w ramach Lubelskiego Festiwalu Nauki (2005–2012),
- przygotowywał pokazy z zakresu fotoniki w ramach Dni Otwartych Politechniki Lubelskiej (2005–2012),
- przygotowywał prezentacje z zakresu techniki światłowodowej dla uczestników programów mobilności akademickiej z Ukrainy i Kazachstanu – od 2012.

Funkcje organizacyjne dr. inż. Pawła Komady pełnione na uczelniach to:

- kierownik Katedry Elektrotechniki Instytutu Nauk Technicznych i Lotnictwa Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Chełmie (2008–2017),
- zastępca dyrektora ds. ogólnych Instytutu Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Lubelskiej (2012–nadal),
- członek Kolegium Elektorów Wydziału (2005–2008, 2016–2020),
- członek Kolegium Elektorów Uczelni w wyborach na kadencję (2008–2012, 2016–2020),
- członek Rady Wydziału na kadencje (2008–2012, 2012–2016, 2016–2020),
- pełnomocnik Dziekana WEiI PL ds. Centrum Wdrożeniowego (2011–nadal),
- członek Centrum Programu Partnerstwa Wschodniego PL (2016–nadal),
- opiekun roku studentów studiów dziennych – kierunki studiów: Elektrotechnika oraz Informatyka (2002–2007),
- członek Rady Programowej na WEiI PL dla kierunku Informatyka (2012–nadal),
- członek Wydziałowej Komisji ds. Kształcenia na WEiI PL dla kierunku: Elektrotechnika i Mechatronika (2012–nadal),
- członek Wydziałowej Komisji ds. Kształcenia na WEiI PL dla kierunku: Inżynieria Biomedyczna (2016–nadal),
- członek Komisji dyplomowej dla kierunku: Elektrotechnika i Mechatronika (2016–nadal),
- sekretarz Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej WEiI PL (2006–2012),
- członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej WEiI PL (2012–nadal),
- sekretarz Uczelnianej Komisji Rekrutacyjnej PL (2013–nadal),
- członek Odwoławczej Komisji Stypendialnej dla studentów (2013–nadal).

Habilitant był członkiem komitetu organizacyjnego szeregu konferencji dotyczących światłowodów i ich zastosowania, jak również członkiem komitetu programowego szeregu konferencji organizowanych przez Ukrainę i dotyczących problemów automatyzacji i sterowania.

Jest członkiem międzynarodowych i krajowych organizacji oraz towarzystw naukowych:

- The International Society For Optical Engineering – SPIE Poland Chapter (2000–2008),
- Polskie Towarzystwo Techniki Sensorowej (2000–nadal),
- Polskie Towarzystwo Zastosowań Elektromagnetyzmu (2007– nadal),
- Polskie Stowarzyszenie Fotoniczne – Photonics Society of Poland (2008– nadal),
- Polskie Towarzystwo Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej (2008– nadal).

Został wyróżniony nagrodami Rektora Politechniki Lubelskiej za osiągnięcia w działalności:

- dydaktycznej i organizacyjnej: 2008, 2010, 2011,
- dydaktycznej: 2016, 2018,
- organizacyjnej: 2009, 2012, 2013, 2014, 2015, 2017,

jak również nagrodami Rektora PWSZ w Chełmie za wyróżniającą się działalność zawodową: 2009, 2011, 2012, 2016.

## 5. Wniosek końcowy

Na podstawie niniejszej recenzji osiągnięcia naukowego dr. inż. Pawła Komady *Analiza procesu termicznej przeróbki biomasy* oraz oceny Jego dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego stwierdzam, że:

1. Osiągnięcie naukowe spełnia wymogi w stopniu bardzo dobrym stawiane habilitacji, tj. zawiera oryginalne metody badań, wyniki własnych badań Habilitanta, które stanowi wkład do rozwoju dyscypliny naukowej: *inżynieria środowiska*; natomiast według Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. do dziedziny: *nauki inżynieryjno-techniczne*, w dyscyplinie: *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*.
2. Doświadczenie i szeroka wiedza Habilitanta z zakresu wykorzystania metod optycznych do diagnostyki procesu spalania paliw umożliwiły Mu zidentyfikowanie istotnych problemów, a następnie zastosowanie odpowiednich metod matematycznych, pozwalających wyjaśnić mechanizmy przemian zachodzących w procesach termicznej przeróbki paliw.
3. Habilitant w 11-letnim okresie po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych powiększył ilościowo i jakościowo swój dorobek naukowy. Dorobek ten oceniam jako spełniający w stopniu bardzo dobrym kryteria jakościowe: zawiera bowiem elementy oryginalności oraz nowatorstwa, a także posiada bardzo istotne znaczenie praktyczne.
4. Dorobek naukowy Habilitanta został szeroko upowszechniony przez publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR), jak również przez liczne referaty i wystąpienia na konferencjach międzynarodowych.
5. Habilitant posiada znaczący dorobek dydaktyczny; świadczy o tym szeroki zakres tematyczny prowadzonych przez Niego zajęć, jak również opieka nad dyplomantami.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia, które uzasadniłem w recenzji, a w szczególności całokształt dorobku Habilitanta, stwierdzam, że dr inż. Paweł Komada

spełnia ustawowe wymogi stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego, tj. określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r., o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r., nr 65, poz. 595 z późn. zm.) oraz w oparciu o art. 179, ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające Ustawę – Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. 2018, poz. 1669) i wnoszę o Jego dalsze dopuszczenie i procedowanie postępowania habilitacyjnego dr. inż. Pawła Komady w ramach Komisji Habilitacyjnej powołanej przez Centralną Komisję ds. Stopni i Tytułów.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ellojch'.