

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Bohdal  
Politechnika Koszalińska  
Wydział Mechaniczny  
Katedra Energetyki  
ul. Raławicka 15-17  
75-620 Koszalin

Koszalin, 17.08.2022 r.

## Recenzja

**wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego dr inż. Pawłowi Reguckiemu na podstawie jednotematycznego cyklu prac, składającego się z 6 publikacji wiodących i 8 publikacji wspomagających oraz dwóch stanowisk badawczych powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem:**

### **„Modelowanie i optymalizacja wybranych procesów fizyko-chemicznych w zamkniętych układach chłodzenia elektrowni”**

oraz opinia o dorobku naukowo-badawczym, dydaktycznym i organizacyjnym Kandydata, wykonana na podstawie zlecenia Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej dr hab. inż. Roberta Króla prof. uczelni z dnia 14 lipca 2022 roku (Uchwała nr 361/18/RDND08/21-24 z dnia 13.07.2022 r.).

#### **1. Wstęp**

Dr inż. Paweł Regucki urodził się 9 kwietnia 1975 roku w Głubczycach. W 1994 roku rozpoczął studia w Instytucie Fizyki na Wydziale Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego, które ukończył w 1999 roku uzyskując dyplom magistra fizyki.

W 2003 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych nadany uchwałą Rady Instytutu Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej, na podstawie rozprawy zatytułowanej „Modelowanie trójwymiarowych przepływów wirowych metodami dyskretnych wirów”. Praca doktorska została obroniona z wyróżnieniem na kierunku Mechanika o specjalizacji: mechanika płynów, modelowanie numeryczne. Promotorem w tej rozprawie był dr hab. inż. Henryk Kudela, a recenzentami: prof. dr hab. Zbigniew Perażyński i prof. dr hab. inż. Włodzimierz Kordylewski.

Kandydat związany jest zawodowo z Politechniką Wrocławską od 2003 roku, gdzie pracuje do dnia dzisiejszego, początkowo jako starszy referent techniczny, w latach 2004 ÷ 2005 jako asystent, a od 01.10.2005 r. jako adiunkt naukowo-dydaktyczny na Wydziale Mechaniczno-Energetycznym, obecnie w Katedrze Inżynierii Konwersji Energii.

WSP/PW/1694/2022  
Wydział Mechaniczno-Energetyczny

Wpłynęło dnia 07.09.2022r.

## 2. Ocena osiągnięcia naukowego

Podstawą do ubiegania się dr inż. Pawła Reguckiego o stopień doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka jest jednotematyczny cykl prac składający się z 6 publikacji wiodących i 8 publikacji wspomagających oraz dwóch stanowisk badawczych powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem: „*Modelowanie i optymalizacja wybranych procesów fizyko-chemicznych w zamkniętych układach chłodzenia elektrowni*”. Jest to zbiór Jego prac wykonanych w latach 2015 ÷ 2021, w postaci artykułów w uznanych czasopismach o zasięgu światowym, referatów konferencyjnych, rozdziałów w monografii i budowy dwóch stanowisk badawczych:

1. Regucki P., Krzyżyńska R., Szeliga Z.: *Mathematical model for a single screw ash cooler of a circulating fluidized bed boiler*. Powder Technology. 2022, vol. 396, s. 50-58. DOI:10.1016/j.powtec.2021.10.044, punktacja MNiSW 2019-2021: 140, IF (2020): 05.134, *udział habilitanta – 85 %*;
2. Regucki P., Lewkowicz M., Krzyżyńska R.: *Optimization of thermal-flow processes in a system of conjugate cooling towers*. Heat Transfer Engineering. 2020, vol. 41(22) s. 1938-1948. DOI:10.1080/01457632.2019.1675251, punktacja MNiSW 2019-2020: 70, IF (2020): 02.172, *udział habilitanta – 75 %*;
3. Regucki P., Lewkowicz M., Krzyżyńska R., Jouhara H.: *Numerical study of water flow rates in power plant cooling systems*. Thermal Science and Engineering Progress. 2018, vol. 7, s. 27-32. DOI:10.1016/j.tsep.2018.04.015, czasopismo z listy filadelfijskiej, punktacja MNiSW 2017-2018: 15, *udział habilitanta – 70 %*;
4. Regucki P., Lewkowicz M., Krzyżyńska R.: *Thermal-flow study of closed cooling system with cooling towers*. Rocznik Ochrona Środowiska = Annual Set The Environment Protection. 2018, T. 20, s. 342-357, czasopismo z listy filadelfijskiej, punktacja MNiSW 2013-2018: 15, IF (2018): 00.563, *udział habilitanta – 70 %*;
5. Regucki P., Krzyżyńska R., Szeliga Z., Jouhara H.: *Mathematical model of sulphate ion concentration in a closed cooling system of a power plant*. Thermal Science and Engineering Progress. 2017, nr 4, s. 160-167. DOI:10.1016/j.tsep.2017.09.012, czasopismo z listy filadelfijskiej, punktacja MNiSW 2017-2018: 15, *udział habilitanta – 70 %*;
6. Regucki P., Krzyżyńska R., Szeliga Z.: *Wastewater management in a closed cooling system of professional power plant*. Rocznik Ochrona Środowiska = Annual Set The Environment Protection. 2017, T. 19, nr 1, s. 52-64, czasopismo z listy filadelfijskiej, punktacja MNiSW 2013-2018: 15, IF (2017): 00.899, *udział habilitanta – 70 %*;
7. Stanowisko badawcze nr 1 – *Układ pomiarowy do wyznaczania wartości współczynnika przewodnictwa cieplnego  $\lambda$  dla popiołu dennego (żużla) z kotła fluidalnego w zakresie temperatur 200 ÷ 600 °C* (2018);
8. Stanowisko badawcze nr 2 – *Układ pomiarowy do wyznaczania wartości współczynnika przewodnictwa cieplnego  $\lambda$  dla popiołu dennego (żużla) z kotła fluidalnego w zakresie temperatur do 300 °C* (2020).

Oba stanowiska badawcze zostały w całości zaprojektowane i wykonane przez habilitanta. Dodatkowo habilitant przedstawił osiem publikacji wspomagających w postaci 2 artykułów, 4 referatów opublikowanych w materiałach konferencyjnych i 2 rozdziałów w monografii.

Przedstawiony do oceny dorobek Habilitanta dotyczy możliwości uzyskania poprawy efektywności pracy elektrowni, które produkując prąd elektryczny są również znaczącymi odbiorcami wody szeroko stosowanej w wielu procesach technologicznych, w tym np.: w obiegu pary wodnej w kotle energetycznym, układach chłodzenia współpracujących z kondensatorami lub urządzeniami pomocniczymi kotła. Zrealizowane przez habilitanta, we współpracy z grupą ekspertów z zakresu numerycznego modelowania, wymiany ciepła oraz ochrony środowiska, badania dotyczyły procesów fizyko-chemicznych zachodzących w zamkniętym układzie chłodzenia elektrowni. Związane były z racjonalnym gospodarowaniem zasobami wodnymi w elektrowniach i prowadzone w dwóch głównych kierunkach: numerycznym modelowaniu i optymalizacji funkcjonowania zamkniętych układów chłodzenia oraz ograniczania ilości odprowadzanych ścieków poprzez planową, opartą na wiedzy, gospodarkę wodno-ściekową.

Należy tu wyeksponować szczególne osiągnięcia Autora, w postaci istotnego wkładu naukowego, a dotyczącego takich problemów, jak:

**- Modelowanie koncentracji siarczanów w zamkniętym układzie chłodzenia elektrowni.**

Przeprowadzone prace polegały na opracowaniu modelu matematycznego i wyprowadzeniu jego analitycznego rozwiązania dla założonych warunków eksploatacyjnych instalacji. Uzyskane rozwiązanie analityczne zweryfikowano numerycznie zakładając zmienność parametrów chemicznych wody chłodzącej w badanym okresie eksploatacyjnym. Na podstawie przeprowadzonych analiz numerycznych stwierdzono, że uzyskane rozwiązanie analityczne zaproponowanego modelu matematycznego może być wykorzystane do optymalizacji gospodarki wodno-ściekowej w elektrowni poprzez przewidywanie najkorzystniejszych wartości strumieni objętości wody chłodzącej odprowadzanych do przykładowej oczyszczalni ścieków przy jednoczesnym zachowaniu norm stężeń siarczanów w cyrkulującej wodzie chłodzącej. Wykazano również, że zastosowanie optymalnego, w danych warunkach, strumienia objętości odprowadzanej wody prowadzi do znaczących oszczędności w dłuższym okresie eksploatacji. Uzyskane wyniki modelowania numerycznego pozwoliły na określenie optymalnej gospodarki wodą przez elektrownię, poprzez wskazanie minimalnej ilości odprowadzanych ścieków przy jednoczesnym zachowaniu norm stężeń siarczanów w cyrkulującej wodzie chłodzącej. Opracowane rozwiązanie pozwala na efektywne zarządzanie wodą na terenie elektrowni w zależności od liczby pracujących bloków energetycznych oraz chłodni kominowych. Opracowany i zwalidowany model można zastosować, wprowadzając dodatkowe człony źródłowe i warunki brzegowe, do modelowania zmian koncentracji innych związków chemicznych nie tylko w układach chłodzenia, ale również np. w instalacjach mokrego oczyszczania spalin.

**- Modelowanie i optymalizacja rozdziału wody chłodzącej i wymiany ciepła w zamkniętych układach chłodzenia.** Prowadzone badania skoncentrowano na opracowaniu matematycznego modelu rozplywu wody chłodzącej w zamkniętym układzie chłodzenia w zakresie: skraplacze bloków energetycznych – chłodnie kominowe, co pozwoliło wyznaczyć temperatury wody chłodzącej na powrocie z chłodni kominowych. Punktem wyjścia do opra-

cowania modelu matematycznego instalacji hydraulicznej było stworzenie jej graficznego schematu oraz wykonanie pomiarów strumieni objętości i spadków ciśnień w wybranych punktach instalacji. Opracowany model matematyczny instalacji chłodzenia urządzeń pomocniczych kotła miał na celu przeanalizowanie wpływu różnych rozwiązań modernizacyjnych na poprawę rozdziału wody chłodzącej ze szczególnym uwzględnieniem chłodnic popiołu dennego. Model matematyczny instalacji składał się z osiemnastu nieliniowych równań algebraicznych umożliwiających wyznaczenie strumieni objętości na poszczególnych odcinkach (gałęziach) układu. W modelu zastosowano trzy typy równań związanych z: bilansem rozplywu wody chłodzącej w rozgałęzieniach (węzłach) instalacji, bilansem spadków ciśnień w zamkniętych pętlach (oczkach) instalacji i bilansem spadków ciśnień pomiędzy wlotem a wylotem z instalacji. Zaproponowane typy równań umożliwiły różnorodny dobór osiemnastu równań algebraicznych dla łącznej liczby węzłów oraz otwartych i zamkniętych pętli (oczek). Uzyskany w ten sposób układ nieliniowych równań algebraicznych rozwiązano stosując iteracyjną metodę Newtona. Innym przykładem zastosowania opracowanego modelu była symulacja rozplywu wody chłodzącej w zamkniętym układzie chłodzenia chłodnie kominowe – kondensatory bloków energetycznych. Układ chłodzenia obejmował pięć chłodni kominowych współpracujących poprzez dwa niezależne kolektory z kondensatorami sześciu bloków energetycznych. Każdy ze skraplaczy był zasilany wodą chłodzącą tłoczoną przez dwie pompy cyrkulacyjne. Uzyskane wyniki modelowania numerycznego umożliwiły wskazanie najbardziej optymalnego rozdziału wody chłodzącej, przy zadanej liczbie pracujących chłodni kominowych, w celu uzyskania możliwie najniższej temperatury wody na wlocie do kondensatorów bloków energetycznych. Model numeryczny został również wykorzystany do rozpoznania możliwości zarządzania rozplywem wody chłodzącej w instalacji chłodzenia urządzeń pomocniczych kotła przy realizacji zlecenia przemysłowego w Oddziale Elektrowni Turów

w 2012 roku. Habilitant wykazał, że redystrybucję masowych natężeń przepływu wody w układach chłodzenia ze sprzężonymi wieżami chłodniczymi można zoptymalizować. Dla aktualnie eksploatowanych zamkniętych układów chłodniczych wiedza o charakterystyce poszczególnych wież chłodniczych pozwala na prawidłową redystrybucję wody chłodzącej, osiągając maksymalny możliwy spadek średniej temperatury wody chłodzącej w całym układzie chłodniczym. Zastosowanie zaproponowanego algorytmu matematycznego pozwoliło na poprawę średniego spadku temperatury wody chłodzącej w układzie o około 4% do 5%.

- **Modelowanie wymiany ciepła w wymiennikach elektrowni.** Badania prowadzono pod kątem optymalizacji rozdziału wody chłodzącej na poszczególne chłodnie tak, aby uzyskać jak najniższą temperaturę wody chłodzącej na wlocie do skraplacza. Dokonano analizy procesu wymiany ciepła wewnątrz chłodni kominowej pomiędzy wodą chłodzącą a przepływającym w przeciwnym kierunku powietrzem. W elektrowni na węgiel brunatny wykonano kompletną, wielokrotną serię pomiarów termodynamicznych powietrza przepływającego wewnątrz chłodni kominowej, które pozwoliły ocenić, w jakim stopniu warunki atmosferyczne wpływają na uzyskiwany stopień schłodzenia wody chłodzącej. Uzyskane wyniki pomiarów pozwoliły na przeprowadzenie bilansu cieplnego chłodni i wykazanie, że wiodącym mechanizmem, wpływającym na obniżenie temperatury wody chłodzącej, jest jej częściowe odparowanie wewnątrz chłodni. Pomiar bilansowe przeprowadzone wewnątrz chłodni kominowej były

podstawą do wyznaczenia charakterystyki cieplno-przepływowej chłodni. Na ich podstawie określono całkowite obciążenie hydrauliczne układu chłodzenia. Na podstawie modelu matematycznego szeregowo-równoległej instalacji hydraulicznej oraz wyników dotyczących modelowania zjawisk cieplno-przepływowych zachodzących w zamkniętym układzie chłodzenia kondensatory - chłodnie kominowe oraz uzyskane rozwiązanie analityczne i symulacje numeryczne wykazano, że prawidłowy rozdział wody chłodzącej pomiędzy pracujące w układzie chłodzenia chłodnie kominowe umożliwia uzyskanie najwyższego możliwego, w danych warunkach pracy, całkowitego spadku temperatury wody.

- **Badanie wymiany ciepła w chłodnicy popiołu dennego współpracującej z kotłem fluidalnym.** Postawiony cel wymagał przeprowadzenia szeregu pomiarów eksploatacyjnych na zainstalowanych w elektrowni chłodnicach popiołu dennego oraz opracowania modelu matematycznego opisującego wymianę ciepła wewnątrz chłodnicy. Badania skoncentrowano na opracowanie matematycznego modelu pojedynczej śrubowej chłodnicy popiołu, który został następnie wykorzystany w pracy doktorskiej Pani Barbary Janowskiej (2018), gdzie Habilitant był promotorem pomocniczym. Punktem wyjścia do opracowanego modelu matematycznego był bilans cieplny pojedynczej chłodnicy śrubowej bazujący na równaniach Fouriera. Ze względu na brak jednoznacznych danych literaturowych dotyczących wartości przewodnictwa cieplnego popiołu dennego opracowano koncepcję i wykonano dwa stanowiska pomiarowe, które wykorzystano do wyznaczenia tych wartości. Na stanowisku nr 1 wartości współczynnika przewodnictwa cieplnego była wyznaczana na podstawie liniowego rozkładu temperatury mierzonego wzdłuż wysokości izolowanego cylindra za pomocą czterech termopar typu K. W drugim wariantcie stanowiska badawczego, wartość współczynnika przewodnictwa cieplnego dla popiołu dennego była wyznaczana na podstawie radialnego (promieniowego) rozkładu temperatury popiołu mierzonego pięcioma termoparami typu K. Doświadczalny rozkład temperatury wewnątrz popiołu wzdłuż promienia cylindra był porównywany z rozwiązaniem analitycznym równania wymiany ciepła w zmiennych cylindrycznych wyprowadzonym na potrzeby walidacji przeprowadzonego eksperymentu. Uzyskano bardzo dobrą zgodność danych eksperymentalnych z obliczeniami matematycznymi. Prezentowany model może być wykorzystany do monitorowania warunków pracy schładzacza popiołu, a także zostać włączony do systemu monitoringu kotła CFB. Ponadto umożliwia wyznaczenie optymalnych przepływów objętościowych wody chłodzącej w celu uzyskania jej najwyższej możliwej temperatury wylotowej, a następnie do wykorzystania tej wody, m.in. do celów sanitarnych. Umożliwiłyby to wykorzystanie odzyskanego ciepła odpadowego, a tym samym zwiększenie ogólnej sprawności bloku energetycznego.

Należy wyraźnie podkreślić, że prezentowana przez Habilitanta tematyka cyklu prac jest bardzo interesująca, oryginalna i nowoczesna. Bazuje na najnowszych osiągnięciach naukowych z ostatnich lat. Przedstawiony do oceny jednotematyczny cykl publikacji, pomimo że może stanowić kompletne dzieło naukowe, wskazuje również kierunki dalszego rozwoju badań i może inspirować do prowadzenia nowych badań w zakresie szeroko pojętej gospodarki wodnej stosowanej w wielkoprzemysłowych procesach chłodzenia. Wyróżnia się wysokim poziomem opracowania, jest wypełniony kompleksowo wynikami i nowoczesną metodyką badawczą. Wnosi nową wiedzę do zagadnień szeroko pojętej energetyki i jest przydatny inżynierom oraz pracownikom naukowym, zwłaszcza nauk technicznych. Habilitant wykazał, że

modele matematyczne są użytecznym i niezawodnym narzędziem do analizy przepływów w różnych typach układów hydraulicznych. Modele te, po procesie, walidacji mogą służyć do weryfikacji różnych wariantów modernizacji instalacji chłodniczych, a także wskazywania ich krytycznych elementów czy kierunków przepływów w poszczególnych gałęziach. Informacje te mogą być cenne dla inwestorów, którzy chcieliby podjąć racjonalne decyzje inwestycyjne związane z modernizacją instalacji hydraulicznych. Zaproponowane przez Habilitanta oprogramowanie oparte na modelach matematycznych, może być zaimplementowane do systemu monitoringu bloków energetycznych i wykorzystywane do diagnostyki systemu, wskazując odchylenia od jego nominalnej pracy. Przedstawiony dorobek naukowy znacząco wpływa na rozwój aktualnego stanu wiedzy i stosowanych technik modelowania matematyczno-fizycznego.

Opiniowane prace dr inż. Pawła Reguckiego uważam za ważny i wartościowy wkład do poznania i analizy zjawisk cieplno-przepływowych związanych z wykorzystaniem wody w procesach chłodzenia w instalacjach wielkoprzemysłowych, co oznacza, że założony cel został zrealizowany. Postawione w publikacjach problemy zostały rozwiązane prawidłowo. **Tym samym jednotematyczny cykl publikacji, jako osiągnięcie naukowe spełnia w moim przekonaniu, w sposób w pełni zadowalający wymagania określone w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.**

### 3. Ocena istotnej działalności naukowej

Dr inż. Paweł Regucki po ukończeniu studiów prowadził prace badawcze związane z teoretyczną mechaniką płynów, badaniami i symulacjami numerycznymi zjawisk hydrodynamiki metodami dyskretnych wirów. Wynikiem tych prac była rozprawa doktorska pt.: „*Modelowanie trójwymiarowych przepływów wirowych metodami dyskretnych wirów*” obroniona z wyróżnieniem w 2003 roku w Politechnice Wrocławskiej na kierunku Mechanika o specjalizacji: mechanika płynów, modelowanie numeryczne.

Po uzyskaniu stopnia doktora dr inż. Paweł Regucki kontynuował wszystkie rozpoczęte już wcześniej tematy badawcze, a także podjął nowe problemy, które zostały omówione w ramach przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego, w tym: modelowania koncentracji siarczanów w zamkniętym układzie chłodzenia elektrowni, modelowania i optymalizacji rozdziału wody chłodzącej i wymiany ciepła w zamkniętych układach chłodzenia, modelowania wymiany ciepła w wymiennikach elektrowni oraz badania wymiany ciepła w chłodnicy popiołu dennego współpracującej z kotłem fluidalnym. Oprócz tych prac zajmował się również problemami wychwytu i neutralizacji metali ciężkich (przede wszystkim rtęci) ze spalin. Należy tutaj wyróżnić: badania wychwytu rtęci w elektrofiltrach i reemisji rtęci w mokrym absorberze realizowane na pełnoskalowych obiektach i jednostkach pilotażowych, modelowanie matematyczne i numeryczne reakcji chemicznych z udziałem rtęci  $Hg^0$  i  $Hg^{2+}$  oraz tlenków siarki i azotu oraz analizy wpływu różnego typu addytywów na skuteczność wychwytu i trwałego związania w mokrym absorberze rtęci i innych szkodliwych substancji zawartych w spalinach.

Habilitant prowadził badania stężenia rtęci w popiele lotnym pobranym z filtrów elektro-

statycznych (ESP) zainstalowanych w elektrowniach na węgiel brunatny i kamienny, które wykazały, że rtęć znajduje się na powierzchni cząstek popiołu lotnego wychwytywanych w elektrofiltrze, ale jej stężenie maleje wraz ze wzrostem wielkości tych cząstek. Wykazał, że tylko mała część rtęci jest wymywana, a metale takie jak miedź i ołów tworzą aktywne centra popiołu, które są następnie zajmowane przez cząsteczki zawierające atomy rtęci. Stwierdził, że duża zawartość tych pierwiastków w popiele miałaby znaczący wpływ na sorpcję rtęci z gazów spalinowych. Zaproponował, że alternatywą do technologii wykorzystującej wychwytywanie rtęci zlokalizowanej w gazach spalinowych w elektrofiltrze, może być absorpcja utlenionych form rtęci w instalacjach mokrego oczyszczania spalin. Wynika to z faktu, że utlenianie rtęci elementarnej zmienia jej rozpuszczalność, przez co jest łatwiejsza do usunięcia. Wychwycona rtęć może zostać zaabsorbowana w wodzie lub zostać zaadsorbowana na ciałach stałych.

Interesujące są również wyniki badań przeprowadzonych przez Habilitanta niestandardowego zachowania rtęci, a zwłaszcza jej wysokiej emisji w dwóch formach: elementarnej ( $\text{Hg}^0$ ) i utlenionej ( $\text{Hg}^{2+}$ ), z mokrego układu odsiarczania spalin (WFGD) zarejestrowane w jednej z elektrowni konwencjonalnej na węgiel brunatny, gdzie główną formą emisji była forma utleniona rtęci, w ilości około 60 ÷ 70% całkowitego wylotowego stężenia rtęci. Wyniki pokazały, że rtęć była w bardzo wysokim stężeniu (10  $\mu\text{g/g}$ ) w stałych produktach ubocznych odsiarczania, podczas gdy faza ciekła zawierała około 1  $\mu\text{g/dm}^3$ . Na podstawie tych badań sformułowano wnioski i konkretne zalecenia dla eksploatatorów elektrofiltrów w elektrowniach węglowych.

Należy zwrócić uwagę na opracowywane przez Kandydata praktyczne rozwiązania, które mają zastosowanie w krajowych i zagranicznych przedsiębiorstwach. Należy podać, że opracowanie oraz weryfikacja modelu matematycznego koncentracji siarczanów w wodzie cyrkulującej w zamkniętym układzie chłodzenia zostało podjęte we współpracy z kierownictwem elektrowni Turów S.A. i dotyczyło możliwości przewidywania i racjonalnego gospodarowania ściekami przy zachowaniu krajowych oraz unijnych norm i przepisów. Również zagadnienia związane z modelowaniem rozdziału wody chłodzącej i wymiany ciepła w zamkniętych układach chłodzenia były przedmiotem dwóch zleceń przemysłowych (w elektrowni Turów S.A. i w elektrowni na węgiel brunatny zlokalizowanej w Tušimicach w Czechach), których celem było przeanalizowanie rozptyłu wody chłodzącej w istniejącej instalacji chłodzenia pod kątem jej przyszłej modernizacji oraz wskazanie możliwości sterowania rozdziałem wody chłodzącej w celu uzyskania jak najlepszego efektu wymiany ciepła w chłodniach kominowych. Także, badanie wymiany ciepła w chłodnicy popiołu dennego współpracującej z kotłem fluidalnym prowadzono na obiekcie rzeczywistym w elektrowni Turów. Habilitant uczestniczył również w pracach badawczych polsko-czeskiej grupy naukowej nad problemami wychwyty i neutralizacji metali ciężkich (przede wszystkim rtęci) ze spalin. Współpraca badawcza była prowadzona w latach 2017 ÷ 2020 pomiędzy Politechniką Wrocławską (Wydział Inżynierii Środowiska i Wydział Mechaniczno-Energetyczny) a ENET Center VSB Technical University of Ostrava oraz Czech Technical University in Prague. Prowadzona współpraca zaowocowała opublikowaniem czterech prac w czasopiśmie z listy filadelfijskiej.

Dorobek naukowy Kandydata jest znaczny i został wydatnie pomnożony po uzyskaniu stopnia doktora. Jest on autorem lub współautorem łącznie 62 opublikowanych prac naukowych, w tym 57 opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora (z IF 34,435). Jest również autorem/współautorem 26 prac niepublikowanych stanowiących sprawozdania i raporty z przeprowadzonych badań i zleceń przemysłowych (w tym 23 opracowanych po uzyskaniu stopnia doktora).

Wyniki swoich badań przedstawił na 8 konferencjach naukowych, w tym 4 na konferencjach międzynarodowych. Na szczególne wyróżnienie zasługują publikacje w czasopismach o zasięgu międzynarodowym: *Powder Technology*, *Heat Transfer Engineering*, *Thermal Science and Engineering Progress*, *Annual Set The Environment Protection*, *Journal of Physics* oraz referaty wygłoszone na konferencjach międzynarodowych w Czechach, na Słowacji i w Polsce. Dorobek naukowy Habilitanta charakteryzuje wg bazy Web of Science - indeks Hirscha 4, liczba cytowanych prac 20, liczba cytowań 45. Wg bazy Scopus indeks Hirscha wynosi 4, liczba cytowanych prac 24, liczba cytowań 56. Całkowity dorobek punktowy wynosi łącznie 990 punktów, w tym 270 punktów dla publikacji wiodących.

Swoje prace badawcze Habilitant realizował w ramach projektów badawczych finansowanych z grantów zdobywanych w konkursach krajowych i zagranicznych. Brał udział w realizacji 5 projektów badawczych międzynarodowych, w których był kierownikiem lub koordynatorem ze strony Politechniki Wrocławskiej. Były to projekty finansowane ze środków: LLP/Erasmus, Erasmus Mundus oraz Europejskiego Funduszu Społecznego NAWA.

Realizując prace naukowe w zakresie techniki cieplnej i chłodniczej Kandydat kładzie duży nacisk również na aspekt aplikacyjny i wdrożeniowy swoich badań. Świadczą o tym zrealizowane liczne prace o charakterze stosowanym. W latach 2006 ÷ 2019 uczestniczył w realizacji czternastu prac badawczych i zleceń przemysłowych, których wyniki zostały opublikowane w raportach końcowych. Należy tutaj wskazać prace wykonane na zlecenie Elektrowni Turów, a dotyczące bilansów przepływowych i cieplnych, optymalizacji obciążeń hydraulicznych, oporów hydraulicznych zmniejszania zużycia czynników roboczych, charakterystyk układów chłodzących, wymienników ciepła, rozdziału powietrza pierwotnego i wtórnego w poszczególnych podsystemach elektrowni węglowych.

Kandydat jest współautorem patentu o nazwie: *Kolektor słoneczny* (Int. Cl. F24J 2/05, F24J 2/12, F24J 2/26. Zgłoszenie nr 391335 z 26.05.201), Opublikowano 31.03.2015), co można uznać za znaczne osiągnięcie. Przedmiotem wynalazku jest kolektor słoneczny znajdujący zastosowanie w instalacjach ogrzewania wody użytkowej. Jego wkład w powstanie tego patentu polegał na wykonaniu części obliczeń numerycznych wykazujących, że opisane w patencie rozwiązanie poprawia sprawność kolektora słonecznego. Udział procentowy Habilitanta w opracowaniu patentu wynosi 20 %.

Dorobek naukowy dr inż. Pawła Reguckiego oceniam wysoko. Jest on autorem wielu oryginalnych opracowań naukowych o charakterze poznawczym i aplikacyjnym. Podjęta tematyka badawcza jest nowoczesna i dotyczy jeszcze mało zbadanych problemów naukowych związanych z racjonalnym gospodarowaniem zasobami wodnymi w elektrowniach i optymalizacją funkcjono-



wania zamkniętych układów chłodzenia oraz ograniczania ilości odprowadzanych ścieków poprzez planową, opartą na wiedzy, gospodarkę wodno-ściekową. W swoich opracowaniach Habilitant opisuje fizykę zachodzących zjawisk i przedstawia modele matematyczne z nią związane. Są one bardzo przydatne w prowadzeniu rozważań naukowych i w obliczeniach inżynierskich. O ich przydatności świadczą bardzo liczne cytowania publikacji Autora. Na szczególną uwagę zasługuje prowadzenie badań pod kątem przyszłych zastosowań uzyskanych wyników. Dowodem tego jest uzyskanie patentu, udział w projektach badawczych, w tym międzynarodowych oraz szeroka współpraca z sektorem przemysłowym.

Pewien niedosyt może budzić brak autorskich, jednoosobowych publikacji Kandydata. Wszystkie wskazane do oceny opracowania są pracami zespołowymi, dla których Kandydat precyzyjnie określił swój udział procentowy i merytoryczny w publikowanych osiągnięciach. Jest to jednak zrozumiałe, ponieważ Kandydat cały czas prowadził swoje prace badawcze w zespołach, których był członkiem lub kierownikiem. Brak jest również staży naukowych w innych ośrodkach w kraju i zagranicą.

**Podsumowując stwierdzam, że dorobek naukowy Kandydata po uzyskaniu stopnia doktora jest znaczący, a istotną działalność naukową Kandydata oceniam jako dobrą. Oznacza to, że w pełni rekomenduję Go do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.**

#### **4. Ocena osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych Kandydata**

Dr inż. Paweł Regucki rozpoczął pracę w 2003 roku na Politechnice Wrocławskiej jako starszy referent techniczny, następnie w latach 2004 ÷ 2005 był zatrudniony na stanowisku asystenta, a od 01.10.2005 r. do dzisiaj pracuje jako adiunkt naukowo-dydaktyczny na Wydziale Mechaniczno-Energetycznym, obecnie w Katedrze Inżynierii Konwersji Energii. Prowadzi zajęcia dydaktyczne, w tym wykłady i laboratoria w języku angielskim na specjalności Refrigeration and Cryogenics na II stopniu studiów. Był opiekunem kilkunastu prac inżynierskich i magisterskich, w tym również w opracowanych w języku angielskim. W ramach działań edukacyjnych opracował dziewięć publikacji popularno-naukowych w czasopiśmie „Energetyka Ciepła i Zawodowa”.

W latach 2014 ÷ 2019 był promotorem pomocniczym jednej rozprawy doktorskiej mg inż. Barbary Janowskiej (z domu Engler) - temat pracy: „*Badania cieplno-przepływowe chłodnicy popiołu dennego kotła fluidalnego*”. Praca została zrealizowana w Katedrze Termodynamiki, Teorii Maszyn i Urządzeń Ciepłych na Wydział Mechaniczno-Energetycznym Politechniki Wrocławskiej.

Od 16.09.2005 – do chwili obecnej Kandydat jest wydziałowym pełnomocnikiem dziekana do spraw międzynarodowych programów edukacyjnych (w tym: LLP/Erasmus, Erasmus+, Leonardo da Vinci, TIME, Exchange), w okresie od 02. 01.01.2005 do 15.09.2005 pełnił funkcję wydziałowego koordynatora programu Socrates/Erasmus na Wydziale Mechaniczno-Energetycznym Politechniki Wrocławskiej. W trakcie pełnienia funkcji wydziałowego pełnomocnika ds. międzynarodowych programów edukacyjnych sprawował opiekę nad studentami zagranicznymi, którzy przyjeżdżają na Wydział Mechaniczno-Energetyczny w ramach międzynarodowej wymiany z zagranicznymi uczelniami. W ramach pełnionych obo-

wiązków pomagał studentom w wyborze kursów anglojęzycznych oferowanych na Politechnice Wrocławskiej, nadzorował ich pobyt na uczelni oraz przygotowywał dokumenty rozliczające ich wymianę (learning agreement, transcript of records).

Habilitant trzykrotnie był członkiem komitetu organizacyjnego lub naukowego międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych organizowanych przez Politechnikę Wrocławską lub Faculty of Materials Science and Technology, Slovak University of Technology in Bratislava. Podczas organizacji konferencji „XXII Fluid Mechanics Conference” w 2016 roku pełnił funkcję kierownika (conference manager), odpowiadał za przygotowanie techniczne konferencji oraz był współautorem materiałów pokonferencyjnych. W ramach konferencji *3rd Scientific Conference with International Participation ENERGY RESOURCES OF THE REGION – PRESENT AND FUTURE 2014*, był członkiem komitetu naukowego tej konferencji. Podczas XVII Krajowej Konferencji Mechaniki Płynów w 2006 roku, był członkiem komitetu organizacyjnego tej konferencji, pełnił funkcję sekretarza (conference secretary) oraz odpowiadał za przygotowanie techniczne konferencji i był współautorem materiałów pokonferencyjnych.

W latach 2016 ÷ 2018 Kandydat był członkiem stowarzyszonym Sekcji Mechaniki Płynów Komitetu Mechaniki Polskiej Akademii Nauk.

Dr inż. Paweł Regucki posiada liczne osiągnięcia dydaktyczne, w tym dwukrotnie zajął pierwsze miejsce w konkursie na najlepszego prowadzącego zajęcia dydaktyczne na Wydziale Mechaniczno-Energetycznym Politechniki Wrocławskiej (w latach 2006/2007 i 2007/2008). Otrzymał dyplom za opiekę promotorską pracy dyplomowej pt.: „*Analiza możliwości wykorzystania ciepła odpadowego z chłodnicy popiołu kotła fluidalnego*” wykonanej przez mgr inż. Julię Dembkowską w VII edycji Konkursu im. prof. Teodora Wróblewskiego na najlepszą pracę dyplomową z zakresu energetyki obronionej na Wydziale Mechaniczno-Energetycznym w roku akademickim 2018/19. Trzykrotnie brał udział w pierwszej i drugiej edycji Festiwalu Nauki w gminie Kąty Wrocławskie oraz na terenie Politechniki Wrocławskiej, objętej patronatem Dolnośląskiego Festiwalu Nauki (2019, 2020 rok).

Za swoją działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną Kandydat otrzymał liczne nagrody i wyróżnienia. Należą do nich: Medal brązowy za długoletnią służbę wydany postanowieniem Prezydenta Rzeczypospolitej z dnia 31 sierpnia 2011r., Wyróżnienie z okazji 100-lecia Uczelni Technicznych we Wrocławiu, 15.11.2010, JM Rektor Politechniki Wrocławskiej, w uznaniu zasług na rzecz rozwoju Politechniki Wrocławskiej, przejawiających się w prowadzeniu prac naukowych na wysokim poziomie, rzetelnym kształceniu przyszłych absolwentów oraz rozsławianiu imienia Alma Mater, siedem Nagród Rektora Politechniki Wrocławskiej w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni (2007, 2008, 2010, 2016, 2017, 2018, 2019) oraz cztery Nagrody Dziekana Wydziału Mechaniczno-Energetycznego za całokształt działalności naukowo-dydaktycznej (2004, 2005, 2006, 2008).

**Biorąc powyższe pod uwagę wyrażam przeświadczenie, że dorobek dydaktyczny i organizacyjny jest wystarczający i potwierdza kwalifikacje Kandydata do uzyskania stopnia doktora habilitowanego stanowiąc podstawę do dalszego awansu.**

## 5. Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy przedstawionego osiągnięcia naukowego w postaci jednotematycznego cyklu 6 publikacji wiodących, 8 publikacji wspomagających i dwóch stanowisk badawczych powiązanych tematycznie oraz działalności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej stwierdzam, że dr inż. Paweł Regucki posiada znaczące i oryginalne osiągnięcia, które poszerzają dotychczasowy stan wiedzy w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Upoważnia mnie to do stwierdzenia, że pod względem formalnym Jego kandydatura w pełni odpowiada warunkom określonym w art. 221 ust.5 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2022 r. poz. 574). Dorobek Kandydata jest zgodny z kryteriami oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno – technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

