



Politechnika Śląska, Gliwice
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Techniki Ciepłej
Prof. dr hab. inż. Wojciech Stanek
ul. Konarskiego 22, 44-100 Gliwice
wojciech.stanek@polsl.pl

Gliwice, 25 Marca 2024 r.

Recenzja

osiągnięć naukowych dr inż. Łukasza Szablowskiego ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

1. Przedstawienie podstawowych danych o Kandydacie

a) Data uzyskania stopnia doktora oraz nazwa jednostki organizacyjnej, w której był ten stopień nadany

Dr inż. Łukasz Szablowski w dniu 29.04.2014 r. uzyskał stopień naukowy doktora nadany uchwałą Rady Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej na podstawie przedstawionej rozprawy doktorskiej „Strategia sterowania źródłami pracującymi w systemie energetyki rozproszonej”. Promotorem w przewodzie doktorskim był Prof. dr hab. inż. Krzysztof Badyda. Kandydat w roku 2009 uzyskał dyplom inżynierski, a w roku 2010 dyplom magisterski na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej.

b) Informacja, czy Kandydat ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego, w tym o ile wynika to z dokumentacji sprawy informacja o przebiegu i zakończeniu wcześniejszego postępowania

Z przedstawionej przez Kandydata dokumentacji wynika, że Kandydat nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

c) Przebieg pracy naukowo-zawodowej (miejsce pracy, zajmowane stanowiska)

Kandydat od września 2014 roku jest zatrudniony na stanowisku adiunkta na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej w Instytucie Techniki Ciepłej (Zakład Maszyn i Urządzeń Energetycznych).

2. Przedstawienie informacji o obowiązujących przepisach prawa na dzień wszczęcia danego postępowania habilitacyjnego, w tym obowiązujących kryteriach oceny.

Podstawę formalną wykonania niniejszej recenzji stanowią:

- Pismo Pana Prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego, Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej (RDN.IŚGiE.6.2024), z dnia 12 stycznia 2024 z informacją o podjęciu uchwały na posiedzeniu Rady Naukowej Dyscypliny IŚGiE w dniu 12 grudnia 2023 w sprawie powołania pełnego składu komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego wszczętego na wniosek Pana dr inż. Łukasza Szablowskiego. W ramach uchwały zostałem powołany do pełnienia funkcji recenzenta w w/w postępowaniu habilitacyjnym.
- Art. 219 ust. 1 oraz art. 183 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023 poz. 742 - dok. Obowiązujący w dniu złożenia wniosku przez Kandydata). Zgodnie z obowiązującą Ustawą w ramach recenzji uwzględniono czy Kandydat

W. Stanek

spełnia następujące kryteria: 1) posiada stopień doktora; 2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej: a) 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt. 2, lub b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt., lub c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne oraz 3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Podstawa merytoryczna:

Dokumentacja dr inż. Łukasza Szablowskiego wykonana została zgodnie z wymaganiami dokumentacyjnymi wniosków w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego i przedłożona Radzie Doskonałości Naukowej zgodnie z wymaganiami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023 poz. 742.), obejmująca:

- Wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka,
- Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia naukowego doktora,
- Dane wnioskodawcy,
- Autoreferat,
- Wykaz osiągnięć naukowych,
- Monografię naukową,
- Wersje elektroniczne składników przedłożonych osiągnięć naukowych,
- Wersje elektroniczne poświadczeń ważniejszych osiągnięć naukowych,
- Oświadczenia o wkładzie autorskim dla osiągnięcia nr II,
- Potwierdzenia wybranych osiągnięć i otrzymanych nagród,
- Potwierdzenia staży, otrzymanych grantów, recenzji.

Stwierdzam jednoznacznie, że dokumentacja jest zgodna z wymaganiami do wykonania oceny osiągnięć naukowych Kandydata ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

3. Przedstawienie informacji o ocenianych osiągnięciach naukowych, w tym:

3a) tytuł osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się w aktualnym postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Osiągnięciami naukowymi przedłożonymi przez dr inż. Łukasza Szablowskiego, stanowiącym podstawę ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka zgodnie z Art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023 poz. 742.) są:

Osiągnięcie nr I: Monografia naukowa *Wybrane zagadnienia modelowania matematycznego układów do magazynowania energii przy pomocy sprężonego powietrza,*

Osiągnięcie nr II: – Cykl publikacji powiązanych tematycznie: *Badania numeryczne i eksperymentalne wybranych metod wytwarzania i wykorzystania wodoru.*

Jako elementy składowe osiągnięcia nr II Kandydat w dokumentacji wskazał artykuły:

[A1] Szablowski, Ł., Milewski, J., Badyda, K., Kupecki, J.: *ANN-supported control strategy for a solid oxide fuel cell working on demand for a public utility building*. International Journal of Hydrogen Energy 2018, 43(6).

[A2] Kupecki, J., Motylinski, K., Szablowski, Ł., Zurawska, A., Naumovich, Y., Szczesniak, A., Milewski, J.: *Quantification of the Improvement of Performance of Solid Oxide Fuel Cell Using Chiller-Based Fuel Recirculation*. Journal of Energy Resources Technology 2020, 142(2), 022002.

[A3] Szablowski, Ł., Kupecki, J., Milewski, J., Motylinski, K.: *Kinetic model of a plate fin heat exchanger with catalytic coating as a steam reformer of methane, biogas, and dimethyl ether*. International Journal of Energy Research 2019, 43(7), 2930-2939.

[A4] Szablowski, Ł., Dybinski, O., Szczesniak, A., Milewski, J. Mathematical model of steam reforming in the anode channel of a molten carbonate fuel cell. Energies 2022, 15(2), 608.

Do dokumentacji Kandydat dołączył oświadczenia zawierające szczegółowe informacje w zakresie wkładu autorskiego w artykułach wymienionych w ramach osiągnięcia II. Należy jednoznacznie stwierdzić, że zakres tematyczny jest ważny z punktu widzenia aktualnych problemów systemów energetycznych oraz dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Artykuły wymienione w zakresie osiągnięcia II były opublikowane w prestiżowych międzynarodowych czasopismach naukowych, w tym International Journal of Hydrogen Energy. Ponadto należy stwierdzić, że wymienione przez Kandydata osiągnięcie II cechują wysokie wskaźniki naukometryczne: sumaryczny Impact Factor = 13,928; sumaryczna punktacja MNiSW/MEiN = 375 pkt.

3b) dane naukometryczne, jak sumaryczny wskaźnik Impact Factor, sumaryczna punktacja ministerialna, liczba cytowań oraz indeks Hirscha, którymi legitymuje się Kandydat na dzień wszczęcia postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego, z podaniem również danych współczynników po uzyskaniu ostatniego awansu naukowego

W dokumentacji Kandydat przedstawił szczegółowo dane naukometryczne, obliczone w dniu 20.09.2023 na podstawie jego dorobku naukowego (75 publikacji), według których sumaryczny Impact Factor (IF) wyniósł 115,75, a sumaryczna punktacja ministerialna (MNSiW / MEiN) wynosiła 3097. Podane wskaźniki (zgodne z danymi zawartymi w Bazie Wiedzy Politechniki Warszawskiej) należy uznać jako ponadprzeciętne.

W bazie Web of Science (WoS) uwzględniono 39 prac, które były cytowane 475 razy i w rezultacie Index Hirscha (h-index) Kandydata wyniósł 12. Kandydat porównał w dokumentacji te informacje naukometryczne z danymi prezentowanymi w innych bazach – Scopus oraz Google Scholar. W bazie Scopus uwzględniono 54 prace, które były cytowane 524 razy i w rezultacie Index Hirscha (h-index) Kandydata wyniósł 12. W bazie Google Scholar uwzględniono 78 prac, które były cytowane 792 razy i w rezultacie Index Hirscha (h-index) Kandydata wyniósł 15.

Należy dodać, że w przedstawionych we wniosku informacjach o najważniejszych czasopismach, w ramach których Kandydat publikował swoje prace naukowe 5 artykułów było opublikowanych przed uzyskaniem stopnia doktora, a 30 artykułów było opublikowanych pomiędzy uzyskaniem stopnia doktora a złożeniem wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Aktywność publikacyjną Kandydata w okresie po uzyskaniu stopnia doktora z całą pewnością należy ocenić jako ponadprzeciętną.

Według aktualnych danych w bazie WoS całkowita liczba publikacji naukowych wynosi 44 (7 przed uzyskaniem stopnia doktora i 37 po uzyskaniu stopnia doktora). Według WoS Index Hirscha Kandydata przed uzyskaniem stopnia doktora wynosił 5, a po uzyskaniu stopnia doktora wzrósł do 14. Ponadto według bazy WoS sumaryczny Impact Factor (IF) w okresie po uzyskaniu stopnia doktora zwiększył się o 94,791.

W. Starej

Podsumowując należy stwierdzić, że osiągnięcia w zakresie publikacji naukowych na podstawie przedstawionych powyżej danych naukometrycznych też należy ocenić jako ponadprzeciętne.

3c) Informacja o liczbie publikacji naukowych, monografii, rozdziałów w monografiach autorstwa lub współautorstwa Kandydata, z podaniem również danych informacji po uzyskaniu ostatniego awansu naukowego.

Przed uzyskaniem stopnia doktora Kandydat był współautorem 5 artykułów w czasopiśmie naukowych, w tym 1 artykuł był opublikowany w czasopiśmie Applied Mechanics and Materials. W ramach tych publikacji Kandydat w 3 artykułach był pierwszym autorem.

Pomiędzy uzyskaniem stopnia doktora a uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego Kandydat był współautorem 31 artykułów w czasopiśmie naukowych. W ramach tych publikacji Kandydat w 5 artykułach był pierwszym autorem. Należy również dodać że w przypadku 5 publikacji z tego okresu współautorami byli przedstawiciele zagranicznych ośrodków naukowych. Ponadto należy dodać, że publikacje dotyczyły ważnych i aktualnych problemów energetyki w tym systemów akumulacji oraz że uzyskane rezultaty prezentowane w publikacjach były osiągnięte na podstawie zastosowania zaawansowanych metod badawczych, w tym analizy egzergetycznej.

Dodatkowo w okresie pomiędzy uzyskaniem stopnia doktora a uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego Kandydat był współautorem dwóch monografii: 1) *Currently available and future methods of energy storage* oraz 2) *Bilansowanie OZE w systemie elektroenergetycznym*. Ponadto przed uzyskaniem stopnia doktora Kandydat był współautorem 5 referatów konferencyjnych, a w okresie po uzyskaniu stopnia doktora współautorem 19 referatów konferencyjnych w tym na prestiżowych konferencjach międzynarodowych ECOS, SDEWES, CPOTE.

3d) Informacje o najważniejszych czasopiśmie, w ramach których Kandydat publikował swoje prace naukowe.

Przed uzyskaniem stopnia doktora Kandydat był współautorem 5 publikacji w tym w czasopiśmie Applied Mechanics and Materials. Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydat był współautorem 31 publikacji w czasopiśmie naukowych oraz dodatkowo współautorem 4 publikacji wykazanych w ramach osiągnięcia nr II: – Cykl publikacji powiązanych tematycznie: *Badania numeryczne i eksperymentalne wybranych metod wytwarzania i wykorzystania wodoru*. 13 spośród publikacji naukowych Kandydata było opublikowane w prestiżowych czasopiśmie naukowych, w tym: 1) 3 artykuły w czasopiśmie Energy – obecny Impact Factor IF = 9,0; 2) 1 artykuł w czasopiśmie Renewable Energy – obecny IF = 8,7; 3) 6 artykułów w czasopiśmie International Journal of Hydrogen Energy – obecny IF = 7,2; 4) 1 artykuł w czasopiśmie Entropy – obecny IF = 2,7; 5) 2 artykuły w czasopiśmie ASME Journal of Energy Resources Technology – obecny IF = 3,0. **Z całą pewnością osiągnięcia Kandydata w tym zakresie należy uznać jako ponadprzeciętne.**

3e) Informacja, czy Kandydat odgrywał wiodącą rolę w ramach powstawania współautorskich prac naukowych.

W ramach publikacji wykazanych Osiągnięcie nr II: – Cykl publikacji powiązanych tematycznie: *Badania numeryczne i eksperymentalne wybranych metod wytwarzania i wykorzystania wodoru* z całą pewnością Kandydat odgrywał wiodącą rolę w ramach powstawania tych prac naukowych. W ramach 31 publikacji opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora Kandydat był pierwszym autorem w 4 publikacjach, w tym w 1 publikacji opublikowanej w prestiżowym czasopiśmie Energy. Ponadto był drugim autorem w 6 publikacjach, w tym 1 publikacji w prestiżowym czasopiśmie Energy oraz 1 publikacji w prestiżowym czasopiśmie Renewable Energy. Z przedstawionej dokumentacji wynika, że Kandydat odgrywał znaczącą rolę w ramach współautorskich prac naukowych.

3f) Ocena wskazanego przez Kandydata osiągnięcia naukowego; w tym czy stanowi ono znaczący wkład w rozwój określonej dyscypliny naukowej.

W ramach niniejszego punktu przedstawiono ocenę dwóch osiągnięć wskazanych przez Kandydata:

- a) Osiągnięcie nr I: Monografia naukowa *Wybrane zagadnienia modelowania matematycznego układów do magazynowania energii przy pomocy sprężonego powietrza*,
- b) Osiągnięcie nr II: – Cykl publikacji powiązanych tematycznie: *Badania numeryczne i eksperymentalne wybranych metod wytwarzania i wykorzystania wodoru*.

Osiągnięcie nr I: Monografia naukowa *Wybrane zagadnienia modelowania matematycznego układów do magazynowania energii przy pomocy sprężonego powietrza*.

Monografia naukowa pt.: „*Wybrane zagadnienia modelowania matematycznego oraz oceny pod kątem energetycznym i egzergetycznym układów magazynujących energię przy pomocy sprężonego powietrza*” wydana przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej w 2023 r. (ISBN 978-83-8156-562-2) wskazana przez Kandydata dr inż. Łukasza Szablowskiego jako osiągnięcie naukowe nr I została opisana na 129 stronach. Monografia składa się z 7 rozdziałów tematycznych obejmujących: 1) wprowadzenie; 2) klasyfikację układów CAES według różnych kryteriów; 3) opis perspektyw rozwoju technologii CAES; 4) opis modeli matematycznych wykorzystywanych w ramach przeprowadzonych analiz w zakresie układów CAES; 5) opis algorytmów w zakresie analizy energetycznej badanych technologii CAES; 6) opis algorytmów w zakresie analizy egzergetycznej badanych technologii CAES oraz 7) podsumowanie i wnioski końcowe. W ramach pracy Autor odwołał się do 96 pozycji literaturowych, w tym 59 artykułów naukowych (17 wydanych w ciągu ostatnich 5 lat), a 6 jest autorstwa i współautorstwa Kandydata. Należy również podkreślić, że w czasie opublikowania przez Kandydata monografii w literaturze polskojęzycznej nie istniała książka poświęcona w całości tematyce układów do magazynowania energii za pomocą sprężonego powietrza CAES, co również należy podkreślić jako ważne osiągnięcie Kandydata. W dalszej części oceny osiągnięcia nr I przedstawiono ocenę poszczególnych rozdziałów monografii.

W ramach rozdziału 1 – (wprowadzenie) na podstawie bogatego przeglądu literatury Kandydat przedstawił aktualny stan zastosowania technologii magazynowania CAES w świecie, podkreślił wagę stosowania nowoczesnych systemów akumulacji w czasie zwiększonego udziału energii z OZE oraz ich losowego działania. Przedstawiony przegląd w ramach rozdziału 1 prowadzi do konkluzji, że badania w zakresie analiz systemów CAES wpisują się w zakres aktualnych problemów badawczych. Tezy przedstawione przez Kandydata w ramach rozdziału 1, z całą pewnością potwierdzają, że podjęty zakres badań zaprezentowany szczegółowo w monografii jest bardzo ważny z punktu widzenia aktualnych problemów systemów energetycznych oraz ważny dla dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka

W ramach rozdziału 2 Autor przedstawia szczegółowo klasyfikację układów CAES, w tym analizowanych w ramach badań prezentowanych w kolejnych rozdziałach monografii. W zakresie opisu technologii CAES dokonano klasyfikacji tych układów z uwzględnieniem różnych kryteriów: układy o stałym ciśnieniu magazynowania oraz układy o stałej objętości magazynowania, układy diabatyyczne, adiabatyczne oraz izotermiczne, układy ze zbiornikami naturalnymi lub sztucznymi. W ramach rozdziału przedstawiono również klasyfikację układów pod względem ich zastosowania: układy stacjonarne oraz układy mobilne. Kryteriabrane pod uwagę w ramach przedstawionej klasyfikacji zostały opisane w rozdziale. Ponadto Autor zaprezentował schematów wybranych układów.

W rozdziale 3 Autor przedstawił szczegółowo perspektywy rozwoju technologii CAES zarówno w Polsce jak i w świecie. Omówiono potencjał rozwoju technologii CAES w związku ze zwiększonym udziałem odnawialnych źródeł energii (OZE) w systemach energetycznych oraz z punktu widzenia konieczności magazynowania energii z OZE. Dodatkowo w rozdziale 3 Autor zaprezentował ważne

informacje w zakresie struktur geologicznych mogących być naturalnymi magazynami na sprężone powietrze. W ramach rozdziału przedstawiono również obecny stan rozwoju technologii CAES oraz przegląd istniejących instalacji CAES.

W ramach kolejnych rozdziałów Autor przedstawia opis zastosowanych metod w zakresie modelowania wybranych układów CAES (rozdział 4) oraz analizy energetycznej (rozdział 5) i analizy egzergetycznej (rozdział 6) układów CAES. W ramach badań zaprezentowanych w monografii Kandydata uwzględniono różne warianty układów CAES, w tym: układy o stałej objętości (diabatyczny CAES; adiabatyczny CAES; układy do zastosowań mobilnych), układy o stałym ciśnieniu – w tym podwodny układ do magazynowania energii w sprężonym powietrzu.

W rozdziale 4 Autor przedstawił szczegółowy opis modeli matematycznych stosowanych w ramach przeprowadzonych analiz dla wybranych układów CAES. Szczegółowo przedstawiono równania użyte do modelowania poszczególnych elementów analizowanych układów CAES. W ramach zastosowanych algorytmów do modelowania układów CAES o stałej objętości magazynu (zmiennociśnieniowych) zastosowano równania opisujące procesy dynamiczne. Do modelowania układów stałociśnieniowych wykorzystano równania statyczne. W ramach rozdziału Autor szczegółowo przedstawił algorytmy stosowane w ramach modelowania wymienionych układów CAES. W rozdziale przedstawiono również szczegółowo założenia przyjęte przy tworzeniu modeli matematycznych dla różnych typów układów CAES, których symulacji dokonano w ramach pracy. Ponadto przedstawiono opisy matematyczne oraz założenia dla modeli układów stacjonarnych, a także układów do zastosowań mobilnych. Opis modeli matematycznych będących podstawą do wygenerowania danych dla kolejnych etapów badań przedstawionych w rozdziale 5 - analiza energetyczna oraz w rozdziale 6 – analiza egzergetyczna został przedstawiony w pracy bardzo szczegółowo. Rozdział, w którym Autor przedstawił stosowane modele matematyczne w zakresie technologii CAES stanowi bardzo istotny wkład w zakresie analiz systemów akumulacji energii CAES.

W rozdziale 5 Autor monografii przedstawił podstawy teoretyczne w zakresie analizy energetycznej dla układów CAES opisanych w poprzedniej części pracy. W ramach rozdziału opisano definicje sprawności energetycznej wykorzystywane do oceny analizowanych układów CAES. Podstawą w zakresie analizy energetycznej były wyniki modelowania matematycznego z wykorzystaniem algorytmów przedstawionych w rozdziale 4. W rozdziale 5 Autor przedstawił szczegółowe wyniki analizy energetycznej badanych układów CAES. Obliczono sprawności magazynowania energii dla wszystkich rozważanych typów układów do magazynowania energii przy użyciu sprężonego powietrza. Na podstawie uzyskanych wyników Autor w ramach rozdziału przedstawia szczegółowo ważne wnioski w zakresie oceny efektywności badanych układów. Ważne z punktu widzenia doskonalenia układów CAES są następujące konkluzje przedstawione przez Autora w niniejszym rozdziale: 1) największe straty energetyczne w przypadku stałobjętościowego, diabatycznego układu CAES to strata chłodzenia międzystopniowego sprężarki oraz strata wylotowa; 2) w przypadku stałobjętościowego układu adiabatycznego ważne jest uwzględnienie straty chłodzenia oleju z uwagi na to, że nie można było wykorzystać całej energii zmagazynowanej w oleju termalnym; 3) wnioski w zakresie układów CAES do zastosowań mobilnych, m.in.: w najprostszej konfiguracji sprawność silnika pneumatycznego do układu mobilnego jest bardzo niska ze względu na konieczność schłodzenia sprężonego powietrza; sposobem na poprawę sprawności tego silnika jest wykorzystanie ciepła otoczenia do ogrzania czynnika roboczego i cylindrów silnika; przeprowadzenie procesu rozprężania w taki sposób, aby lepiej wykorzystać spadek entalpii dla różnych ciśnień w zbiorniku poprzez unikanie dławienia; udoskonalenie procesu sprężania podczas ładowania zbiornika poprzez zastosowanie odpowiedniego chłodzenia. W zakresie układów stałociśnieniowych Autor prezentuje ważne wniosek, że największą sprawność można uzyskać dla układu adiabatycznego a najmniejszą dla układu diabatycznego bez rekuperacji. W przypadku układów diabatycznych na podstawie uzyskanych wyników Autor przedstawia ważny wniosek, że zastosowanie rekuperacji w

zakresie tych układów bardzo znacząco zmniejszyło stratę wylotową, dzięki czemu zaobserwowano duży wzrost sprawności układu. Należy jednoznacznie podkreślić, że zaprezentowane wyniki oceny energetycznej układów CAES są ważne z punktu widzenia doskonalenia tych technologii.

W rozdziale 6 Autor prezentuje algorytmy zastosowania klasycznej analizy egergetycznej oraz zaawansowanej analizy egergetycznej w zakresie badanych układów CAES. W zakresie zaawansowanej analizy egergetycznej zastosowano algorytm oceny bezpośrednich i indukowanych start egzergii. Zaproponowane algorytmy można ocenić jako innowacyjne podejście do oceny systemów CAES. W szczególności zastosowany algorytm zaawansowanej analizy egergetycznej jest ważny z punktu widzenia diagnostyki analizowanych systemów. Algorytm ten pozwala na ocenę strat wyindukowanych w danym komponencie w związku z nieodwracalnością procesów w innych komponentach systemu. Na podstawie uzyskanych rezultatów w zakresie konwencjonalnej analizy egergetycznej układów CAES Autor prezentuje ważne konkluzje: największym źródłem destrukcji egzergii dla diabatyicznego, stałoobjętościowego układu CAES są komory spalania; w przypadku adiabatycznego, stałoobjętościowego układu CAES destrukcje egzergii były znacznie mniejsze niż dla układu diabatyicznego; dla układu A-CAES największe destrukcje egzergii uzyskano na niskoprężnej i wysokoprężnej części sprężarki, – w zakresie układów CAES do zastosowań mobilnych prowadzi przedstawiono wniosek, że w celu poprawy osiągnięć tych układów należałoby skupić się na udoskonaleniu procesu sprężania tak, aby zmniejszyć destrukcję egzergii związaną z chłodzeniem; w przypadku układów stałociśnieniowych największe destrukcje egzergii zaobserwowano dla diabatyicznego UWCAES, a najmniejsze dla układu adiabatycznego. Na podstawie wyników uzyskanych przy zastosowaniu zaawansowanej analizy egergetycznej zaprezentowano wniosek, że zaprezentowane wyniki wskazują na duży potencjał ograniczania destrukcji egzergii poprzez ulepszanie poszczególnych elementów systemu, w szczególności: sprężarek, turbin i wymienników ciepła. Największą redukcję destrukcji egzergii można osiągnąć za pomocą udoskonalenia wymienników ciepła. Należy podkreślić, że zaprezentowane wyniki uzyskane w ramach przeprowadzonej analizy egergetycznej są bardzo ważne z punktu widzenia potencjału doskonalenia badanych systemów.

W rozdziale 7 Autor przedstawił podsumowanie wniosków w uzyskanych w ramach badań zaprezentowanych w monografii. Uzyskane rezultaty są również podstawą do zdefiniowania planów przyszłych badań w zakresie technologii CAES.

Należy podkreślić, że zawartość merytoryczna pracy jest bardzo ważna z punktu widzenia rozwoju technologii magazynowania CAES. Po analizie monografii jednoznacznie stwierdzam, że Kandydat do stopnia doktora habilitowanego osiągnął założony cel naukowy, a jego osiągnięcia naukowe są oryginalnym rozwiązaniem o zastosowaniu aplikacyjnym ważnym z punktu widzenia doskonalenia technologii CAES. W związku z tym stwierdzam, że Kandydat wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych, a monografia jest **osiągnięciem naukowym stanowiącym istotną aktywność i wkład naukowy w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, który może być podstawą do nadania stopnia doktora habilitowanego.**

Kandydat w ramach wniosku wykazał również drugie osiągnięcie: Cykl publikacji powiązanych tematycznie: *Badania numeryczne i eksperymentalne wybranych metod wytwarzania i wykorzystania wodoru*. W ramach tego osiągnięcia Kandydat zaprezentował 4 publikacje naukowe A1-A4 wymienione w punkcie 3e) niniejszej recenzji. Również to osiągnięcie (dotyczące technologii wodorowych) należy zaliczyć do ważnych osiągnięć oraz ważnych z punktu widzenia wkładu naukowego w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Jako najważniejsze osiągnięcia w tym zakresie należy wymienić: 1) budowa modelu matematycznego sztucznej sieci neuronowej do przewidywania zapotrzebowania na energię elektryczną, której zadaniem było wygenerowanie danych potrzebnych do zaplanowania strategii sterowania stosem ogniwo SOFC; 2) budowa modelu matematycznego procesu reformingu parowego dla trzech różnych paliw (metanu, biogazu i eteru dimetylowego); 3) wykorzystanie opracowanego modelu do symulacji składu gazów

H. Stanelek

wylotowych z oddzielnego reformera parowego oraz do określenia składu gazów powstających na powierzchni katalizatora umieszczonego w kanale anodowym ogniwa MCFC; 4) przeprowadzenie badań eksperymentalnych potwierdzających korzyści płynące z zastosowania recyrkulacji gazów anodowych w ogniwie paliwowym SOFC oraz 5) przeprowadzenie badań eksperymentalnych dla ogniwa paliwowego MCFC zasilanego mieszaniną metanu i pary wodnej w obecności katalizatora w kanale anodowym ogniwa MCFC.

Podsumowanie

Po analizie monografii (Osiągnięcie nr I: *Wybrane zagadnienia modelowania matematycznego układów do magazynowania energii przy pomocy sprężonego powietrza* – opublikowane w formie monografii naukowej) oraz ocenie osiągnięcie nr II: *Badania numeryczne i eksperymentalne wybranych metod wytwarzania i wykorzystania wodoru* – opublikowane w formie cyklu publikacji powiązanych tematycznie (artykuły A1 – A4) stwierdzam jednoznacznie, że Kandydat do nadania stopnia doktora habilitowanego osiągnął założony i ważny z punktu widzenia rozwoju dyscypliny IŚGiE cel naukowy. Osiągnięcia naukowe stanowią oryginalne rozwiązania w dużym zakresie o dużym potencjale aplikacyjnym. W związku z tym stwierdzam, że Kandydat wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia zaawansowanych badań naukowych a monografia oraz cykl artykułów (Osiągnięcie nr II) w zakresie: „*Badania numeryczne i eksperymentalne wybranych metod wytwarzania i wykorzystania wodoru*” są osiągnięciem naukowym stanowiącym istotny wkład w zakresie dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, który z całą pewnością może być podstawą do nadania stopnia doktora habilitowanego.

3g) Informacja o spełnieniu przez Kandydata kryterium dotyczącego wykazania się istotną aktywnością naukową lub artystyczną.

Dr inż. Łukasz Szablowski w ramach swojej działalności naukowej realizuje prace badawczo-rozwojowe w różnych (ważnych) obszarach badawczych dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, w tym badania z ważnych obszarów dotyczących aktualnych problemów w zakresie technologii wodorowych oraz systemów akumulacji CAES. Pomiedzy uzyskaniem stopnia doktora a uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego Kandydat był współautorem 31 artykułów naukowych (co przedstawiono we wcześniejszych punktach niniejszej recenzji). W ramach działalności Kandydata należy również podkreślić ponadprzeciętną aktywność w zakresie: współpraca międzynarodowa i staże naukowe; udział w realizacji projektów naukowych oraz prac badawczych dla przemysłu, co opisano w dalszej części niniejszego punktu.

Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydat odbył 4 staże naukowe w instytucjach zagranicznych: 1) 3-miesięczny staż w National Technical University of Athens, Grecja. W trakcie stażu prowadzono badania w zakresie modelowania i analizy egzergetycznej układów do magazynowania energii CAES i LAES, czego efektem są 3 publikacje w czasopiśmie naukowych w tym dwie w prestiżowym czasopiśmie Energy; 2) 2-tygodniowy staż w National Cheng Kung University, w trakcie stażu prowadzono badania nad elektrolitami o podwójnym przewodnictwie jonowym dla wysokotemperaturowych ogniw paliwowych, czego efektem były 4 publikacje, w tym 3 w prestiżowym czasopiśmie International Journal of Hydrogen Energy; 3) 2-tygodniowy staż w Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS, Niemcy oraz 2-tygodniowy staż w University of Aveiro (Portugalia), w trakcie którego przeprowadzono badania materiałów wchodzących w skład membran (oraz niektórych ogniw paliwowych) do separacji CO₂. Przed uzyskaniem stopnia doktora Kandydat odbył 1 6-ciomiesięczny staż w San Diego State University (USA), w trakcie którego Kandydat brał udział w projektowaniu instalacji do ciśnieniowej pirolizy biomasy.

Kandydat aktywnie uczestniczył w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych. Przed uzyskaniem stopnia doktora

W. Stawek

Kandydat był głównym wykonawcą w projekcie: *Opracowanie strategii sterowania źródłami pracującymi w systemie energetyki rozproszonej*, grant NCN. Pomiędzy uzyskaniem stopnia doktora a uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego kandydat był zaangażowany w realizację 8 projektów: 1) *Praca rozproszonych źródeł energii – strategii sterowania oparte o sztuczne sieci neuronowe (kierownik)*, Narodowe Centrum Nauki - Projekt PRELUDIUM; 2) *Wysokosprawne węglanowe ogniwa paliwowe*, grant NCBiR (wykonawca); 3) *Innovative matrix materials for molten carbonate fuel cells*, grant NCBiR (wykonawca); 4) *Udoskonalone wytwarzanie ogniw paliwowych mające na celu wydłużenie czasu eksploatacji, poprawę parametrów pracy, w szczególności mocy przypadającej na jednostkę objętości/masy ogniwa, oraz obniżenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych poprzez zastosowanie alternatywnych układów katalitycznych w technologii poligraficznej*, grant NCBiR (podwykonawca); 5) *Opracowanie przemysłowej konstrukcji węglanowych ogniw paliwowych oraz ceramicznych elektrolizerów dających możliwość integracji z instalacjami energetycznymi power-to-gas*, grant NCBiR (podwykonawca); 6) *Nowy model protonowego ceramicznego ogniwa paliwowego (SOFC) oparty o parametry zredukowane*, grant OPUS NCN (wykonawca); 7) *Novel molten carbonate/ceramic composite materials for sustainable energy technologies with CO2 capture and utilization*, grant FCT / EU M-ERA.NET 2016 (wykonawca) oraz 8) *Badania procesów parowego rozkładu metanu do wodoru w obecności zjawisk elektrochemicznych*, grant grant NCN (**kierownik**). Ponadto Kandydat uczestniczył (pomiędzy uzyskaniem stopnia doktora a uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego) w zespołach badawczych realizujących prace: 1) *Zastosowanie zaawansowanej analizy egzergetycznej do modelowania i oceny układów do magazynowania energii wykorzystujących sprężone powietrze (kierownik)*, grant wewnętrzny w ramach programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego; 2) *Wykorzystanie wytwarzania addytywnego do produkcji elementów wysokotemperaturowych elektrochemicznych źródeł energii, (kierownik)*, Grant Rektorski, Politechnika Warszawska, 3) *Opracowanie modelu dynamicznego i badania eksperymentalne procesu reformingu parowego zachodzącego bezpośrednio na anodzie ogniwa paliwowego MCFC, (kierownik)*, Grant Dziekański Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej (badania wstępne do grantu SONATA NCN).

Na podstawie przedstawionych danych należy jednoznacznie stwierdzić, że aktywność kandydata w ramach realizacji projektów naukowo-badawczych jest również ponadprzeciętna. Realizowane prace dotyczą ważnych zagadnień z zakresu systemów energetycznych. W zakresie działalności naukowo-badawczej Kandydata należy również wymienić: a) **uzyskane prawa własności przemysłowej, w tym patenty**: 1) -Zgłoszenie patentowe P-422085, Rafał Bernat, Jarosław Milewski, Arkadiusz Szczęśniak, **Łukasz Szablowski**, Uszczelnienie wysokotemperaturowych ogniw paliwowych; 2) Zgłoszenie patentowe P.427754, Karol Ćwieka, Tomasz Wejrzanowski, Robert Baron, Jarosław Milewski, **Łukasz Szablowski**, Arkadiusz Szczęśniak, Sposób wytwarzania katody węglanowego ogniwa paliwowego o wysokiej porowatości otwartej; 3) Zgłoszenie patentowe P.441399, Dybiński O., Martsinchyk A., Milewski J., Szczęśniak A., **Szablowski Ł.** Sposób regeneracji elektrolitu w węglanowym ogniwie paliwowym, 4) Zgłoszenie patentowe P.443556, **Szablowski Ł.**, Dybiński O. Adiabatywny układ do magazynowania energii; oraz b) **wdrożenia technologiczne**: 1) Analiza możliwości adaptacji skraplacza bloku gazowo-parowego dawnej EC Starachowice do roli wymiennika ciepłowniczego dla potrzeb EC w Siedlcach; 2) Instalacja do ciśnieniowej pirolizy biomasy o wydajności 7200 lb/h, Stany Zjednoczone Ameryki, San Diego. Należy również dodać, że Kandydat uzyskał 3 nagrody Rektora Politechniki Warszawskiej: 2016 – zespołowa I stopnia za osiągnięcia naukowe, 2019 – indywidualna I stopnia za osiągnięcia naukowe, 2021 – indywidualna I stopnia za osiągnięcia naukowe oraz nagrodę naukową im prof Walthera Hermmana NERNSTA za osiągnięcie praktyczne związane z procesami elektrochemicznymi oraz Stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa 2020 – 2023 wyższego dla wybitnych młodych naukowców

Po przeanalizowaniu pełnej dokumentacji stwierdzam jednoznacznie, że Kandydat wykazał się istotną aktywnością naukową i spełnia kryterium niezbędne do nadania stopnia doktora

W. Stępek

habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka w zakresie kryterium dotyczącego wykazania się istotną aktywnością naukową lub artystyczną

3h) Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę Kandydata do stopnia doktora habilitowanego.

Na podstawie przedstawionej przez Kandydata dokumentacji należy stwierdzić że w zakresie osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę aktywność Kandydata do stopnia doktora habilitowanego jest ponadprzeciętna. Należy tu wymienić następujące osiągnięcia Kandydata: 1) *Przedmioty prowadzone w języku polskim*: Turbiny energetyczne, Turbiny gazowe i układy gazowo-parowe, Algorytmy i programy bilansów cieplnych, Układy hybrydowe w energetyce, Urządzenia pomocnicze, Informatyka; *Przedmioty prowadzone w języku angielskim*: Algorithms and programs of heat balances, Theory of turbomachinery, Turbines, Gas turbines and combined cycles, Mathematical modeling and computer simulation of distributed energy systems; 2) promotor prac dyplomowych: w latach 2014 – 2023 Kandydat był promotorem prac dyplomowych 43 studentów (sumarycznie prac magisterskich i inżynierskich) na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej.; 3) *Promotorstwo doktorantów* - od roku 2023 Kandydat jest promotorem pomocniczym pracy doktorskiej Pana Stanisława Sałygi na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Ponadto Kandydat jest redaktor pomocniczym w Journal of Energy Resources Technology (100 pkt wg MEiN, IF 3) wydawanym przez ASME oraz Redaktorem w Journal of Power Technologies (IF 0,6) wydawanym przez Instytut Techniki Ciepłej. Kandydat jest również recenzentem w czasopismach: Energy, International Journal of Energy Research, Journal of Energy Resources Technology, Architecture Civil Engineering Environment, Applied Sciences, Entropy. W roku 2015 Kandydat uzyskał nagrodę Rektora Politechniki Warszawskiej: 2015 (zespołowa III stopnia) za osiągnięcia organizacyjne

4. Wniosek końcowy

Na podstawie przedstawionej przez Kandydata dokumentacji stwierdzam jednoznacznie, że osiągnięcia naukowe zatytułowane „Wybrane zagadnienia modelowania matematycznego układów do magazynowania energii przy pomocy sprężonego powietrza” – opublikowane w formie monografii naukowej oraz Osiągnięcie nr II: *Badania numeryczne i eksperymentalne wybranych metod wytwarzania i wykorzystania wodoru* – opublikowane w formie cyklu publikacji powiązanych tematycznie. Dr inż. Łukasza Szablowskiego spełnia wymagania stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego określone w art. 219 ust. 1, pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. , a dorobek oceniam jako wartościowy i ponadprzeciętny oraz mający znaczący wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Osiągnięcia Kandydata w ramach wszystkich kryteriów branych pod uwagę w recenzji oceniam jako ponadprzeciętne.

W związku z powyższym pozytywnie opiniuję wniosek do Komisji Habilitacyjnej oraz do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej o nadanie dr inż. Łukaszowi Szablowskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Wojciech Stawek