

Prof. dr hab. inż. Jarosław Milewski

Warszawa, 09.05.2023 r.

Politechnika Warszawska

Instytut Techniki Cieplnej im. Bohdana Stefanowskiego

Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa

Zakład Maszyn i Urządzeń Energetycznych

Recenzja

dorobku naukowo-dydaktycznego i organizacyjnego dra inż. Tomasz Z. Kaczmarczyka ze szczególnym uwzględnieniem osiągnięcia pt. „Badania cieplno-przepływowe i elektroenergetyczne układów mikrokogeneracyjnych ORC oraz ich podzespołów” w związku z prowadzonym postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

Informacje o autorze

Dr inż. Tomasz Kaczmarczyk ukończył studia na Wydziale Elektroniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej na kierunku Automatyka i Robotyka na specjalności automatyki 2008 roku. Stopień dr n.t. w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn nadała mu Rada Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Wrzenie nanociecz na poziomych rurkach o zmodyfikowanej powierzchni” (promotorem był prof. dr hab. inż. Janusz Cieśliński) w 2012 r. Od 2015 jest adiunktem w Zakładzie Dynamiki i Diagnostyki Turbin w Ośrodku Mechaniki Maszyn Instytutu Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku.

Z przedstawionych do recenzji materiałów nie wynika, żeby dr inż. Tomasz Kaczmarczyk ubiegał się o nadanie stopnia doktora habilitowanego wcześniej.

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

od 2015 adiunkt w Zakładzie Dynamiki i Diagnostyki Turbin – Ośrodek Mechaniki Maszyn Instytutu Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku.

**Warsaw University
of Technology**

prof. Jarosław Milewski
Institute of Heat Engineering
jaroslaw.milewski@pw.edu.pl
21/25 Nowowiejska Street
00-665 Warsaw
Poland

- 2013 – 2015 adiunkt w Zakładzie Termodynamiki – Ośrodek Termomechaniki Płynów Instytutu Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku.
- 2010 – 2014 starszy referent techniczny w Katedrze Ekoinżynierii i Silników Spalinowych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej.
- 2008 – 2010 starszy referent techniczny w Katedrze Ekoinżynierii i Aparatury Procesowej na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej.

Podstawę opracowania recenzji stanowią:

- zawiadomienie nr RN-422-2/22 zastępcy dyrektora ds. naukowych Instytutu Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk im. Roberta Szewalskiego w Gdańsku dra hab. inż. Grzegorza Żywicy, z dnia 22 marca 2023 r., o wyznaczeniu mojej osoby na recenzenta i członka komisji habilitacyjnej, powołujące się na uchwałę Rady Doskonałości Naukowej Inżynieria Mechaniczna nr 6/2023 z dnia 26 stycznia 2023 r.
- ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.), zwanej dalej Ustawą,
- dokumentacja w wersji papierowej i elektronicznej przygotowanej przez Habilitanta, zawierająca wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, potwierdzenia uzyskania stopnia doktora nauk technicznych, autoreferat, wykaz osiągnięć naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych oraz oświadczeń współautorów monografii, wniosków patentowych i publikacji naukowych i innych załączników.

Kryteria oceny zgodnie z Dz.U.2023.742 to:

1. Stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

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 lit. a, lub

b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w

**Warsaw University
of Technology**

prof. Jarosław Milewski
Institute of Heat Engineering
jaroslaw.milewski@pw.edu.pl
21/25 Nowowiejska Street
00-665 Warsaw
Poland

roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b, lub

c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne (nie dotyczy)

3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej, co wypełnia staż naukowy w niemieckim ośrodku n-b. w Hochschule Bremen na wydziale „Fakultät Natur und Technik” w zakładzie „Abteilung Maschinenbau Laboratorium für Energetik (MLEN)”. Rozwijał zakres swoich zainteresowań naukowo-badawczych w tematyce projektowania i eksploatacji, które finalizował w rozprawie habilitacyjnej.

Przedstawiona recenzja dotyczy głównie punktu 2), przy czym kandydat do stopnia przedstawił zarówno monografię jak i ciąg publikacji.

Osiągnięcia naukowe przedstawione do oceny

Tytuł osiągnięcia

Osiągnięciem naukowym zgłoszonym przez Habilitanta, pt. „Badania cieplno-przepływowe i elektroenergetyczne układów mikrokogeneracyjnych ORC oraz ich podzespołów”, jest zbiór publikacji (A1 - A13) obejmujących 13 pozycji z baz Web of Sciences oraz Scopus, monografia (M1) oraz trzy oryginały osiągnięcia projektowo-konstrukcyjne, mianowicie:

- [A1] [Kaczmarczyk T.Z.](#), Żywica G.: Experimental research of a micropower volumetric expander for domestic applications at constant electrical load. Sustainable Energy Technologies and Assessments 2022; vol. 49, 101755. (IF 7,632; MNiSW 140 pkt. – 2021r.)
- [A2] [Kaczmarczyk T.Z.](#): Experimental research of a small biomass organic Rankine cycle plant with multiple scroll expanders intended for domestic use. Energy Conversion and Management 2021; vol. 244, 114437. (IF 11,533; MNiSW 200 pkt. – 2021r.)
- [M1] [Kaczmarczyk T.Z.](#), Żywica G., Ihnatowicz E.: Zastosowanie urządzeń ekspansyjnych w układach kogeneracyjnych ORC. Wydawnictwo Instytutu Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk 2015, 200 stron, ISBN 978-83-88237-64-5. (MNiSW 80 pkt. – 2021r.)



- [A3] [Kaczmarczyk T.Z.](#), [Żywica G.](#), [Ihnatowicz E.](#): Experimental research on scroll expanders operating in parallel in an organic Rankine cycle system with a biomass boiler. *Energy Conversion and Management* 2020; vol. 224, 113390. (IF 11,533; MNiSW 200 pkt. – 2021r.)
- [A4] Mieloszyk M., Majewska K., Żywica G., **Kaczmarczyk T.Z.**, Jurek M., Ostachowicz W.: Fibre Bragg grating sensors as a measurement tool for an organic Rankine cycle micro-turbogenerator. *Measurement* 2020; vol. 157, 107666. (IF 5,131; MNiSW 200 pkt. – 2021r.)
- [A5] Żywica G., **Kaczmarczyk T.Z.**, Breńkacz Ł., Bogulicz M., Andrearczyk A., Bagiński P.: Investigation of dynamic properties of the microturbine with a maximum rotational speed of 120 krpm – predictions and experimental tests. *Journal of Vibroengineering* 2020; vol. 22, Issue 2, pp. 298-312. (IF 0; MNiSW 40 pkt. – 2021r.)
- [A6] **Kaczmarczyk T.Z.**, Żywica G., Ihnatowicz E.: Experimental study of a low-temperature micro-scale organic Rankine cycle system with the multi-stage radial-flow turbine for domestic applications. *Energy Conversion and Management* 2019; vol. 199, 111941, pp. 1-15. (IF 11,533; MNiSW 200 pkt. – 2021r.)
- [A7] **Kaczmarczyk T.Z.**, Ihnatowicz E., Żywica G., Kaniecki M.: Experimental study of the prototype of a Roto-Jet pump for the domestic ORC power plant. *Archives of Thermodynamics* 2019; vol. 40, No. 3, pp. 83-108. (IF 0; MNiSW 70 pkt. – 2021r.)
- [A8] Żywica G., **Kaczmarczyk T.Z.**: Experimental evaluation of the dynamic properties of an energy microturbine with defects in the rotating system. *Eksploracja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 2019; vol. 21, pp. 670-678. (IF 2,742; MNiSW 70 pkt. – 2021r.)
- [A9] **Kaczmarczyk T.Z.**, Żywica G., Ihnatowicz E.: The impact of changes in the geometry of a radial microturbine stage on the efficiency of the micro CHP plant based on ORC. *Energy* 2017; vol. 137, pp. 530-543. (IF 8,857; MNiSW 70 pkt. – 2021r.)
- [A10] Żywica G., **Kaczmarczyk T.Z.**, Ihnatowicz E., Turzyński T.: Experimental investigation of the domestic CHP ORC system in transient operating conditions. *Energy Procedia* 2017; vol. 129, pp. 637-643. ISBN: 978 1510 848 535. (IF 0; MNiSW 5 pkt. – 2021r.)
- [A11] Żywica G., **Kaczmarczyk T.Z.**, Ihnatowicz E.: A review of expanders for power generation in small-scale organic Rankine cycle systems: Performance and operational aspects. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part A-Journal of Power and Energy* 2016; vol. 230, Issue 7, pp. 669-684. (IF 1,616; MNiSW 70 pkt. – 2021r.)

- [A12] Kaczmarczyk T.Z., Żywica G., Ihnatowicz E.: Vibroacoustic diagnostics of a radial microturbine and a scroll expander operating in the organic Rankine cycle installation. Journal of Vibroengineering 2016; vol. 18 Issue 6, pp. 4130-4147. (IF 0; MNiSW 40 pkt. – 2021r.)
- [A13] Kaczmarczyk T.Z., Ihnatowicz E., Żywica G., Kiciński J.: Experimental investigation of the ORC system in a cogenerative domestic power plant with a scroll expanders. Open Engineering 2015, vol. 5, str. 411-420. (IF 0; MNiSW 70 pkt. – 2021r.)

Dane naukowo metryczne, liczba publikacji i rola kandydata

Habilitant jest samodzielnym autorem jednej publikacji [A2] opublikowanej w czasopiśmie Energy Conversion and Management o wskaźniku IF 11,533, które wg wykazu MNiSW ma 200 pkt. Pozostałe artykuły naukowe oraz monografia są współautorskie i zostały opublikowane w latach 2015-2022. Artykuły były opublikowane w czasopismach, których wskaźnik IF był w zakresie od 0 do 11,533. W monografii oraz w 8 z 13 publikacji dr inż. Tomasz Kaczmarczyk był pierwszym i jednocześnie korespondencyjnym autorem, co daje świadectwo pewnej samodzielności naukowej Habilitanta. Z opisów wkładu pracy Habilitanta w opracowanie poszczególnych publikacji wieloautorskich (potwierdzonej przez współautorów w załączonej dokumentacji) wynika, że Jego udział był istotny. Habilitant przed uzyskaniem stopnia naukowego dra był współautorem 2 publikacji, a po uzyskaniu awansu naukowego był autorem/współautorem 18 publikacji naukowych z listy JCR wykazywanych w bazie WoS. Sumaryczny Impact Factor czasopism w okresie przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych odpowiednio wynosi 3,104 oraz 55,651. Natomiast sumaryczna liczba punktów ministerialnych za okres przed i po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych zgodnie z aktualnym na dzień 16.08.2022 r. wykazem MNiSW odpowiednio wynosił 215 i 2435.

Czasopisma w jakich kandydat publikował

Przedstawiony przez Kandydata cykl publikacji naukowych ukazał się w następujących czasopismach: Sustainable Energy Technologies and Assessments (1), Energy Conversion and Management (3), Measurement (1), Journal of Vibroengineering (2), Archives of Thermodynamics (1), Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability (1), Energy (1), Energy Procedia (1), Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part A-Journal of Power and Energy (1), Open Engineering (1).

Ocena osiągnięcia naukowego

W przedstawionej do oceny monografii (M1) dr Tomasz Kaczmarczyk jest pierwszym autorem, a z przedstawionej dokumentacji wynika, że jego wkład w powstanie pracy wynosił 75%. Z oświadczenia współautorów monografii wynika, że był pomysłodawcą badań w których uczestniczył, opracował opis oraz analizę wyników badań cieplno-przepływowych i elektroenergetycznych.

Kandydat przedstawił również w trzy osiągnięcia o charakterze projektowo-konstrukcyjnym związane tematycznie z Jego dorobkiem naukowym. Jako pierwsze osiągnięcie wskazał opracowanie nowej, kompaktowej konstrukcji wymiennika ciepła mającej zastosowanie do chłodzenia stojanów prądnic maszyn energetycznych (turbín). Jak kandydat podkreślił opracowane urządzenia umożliwia zmniejszenie gabarytów i masy turbogeneratora, co zostało wykazane podczas budowy mikroturbogeneratora ORC o maksymalnej prędkości obrotowej i mocy elektrycznej odpowiednio równych 120000 obr/min i 1 kW [AA1]. Oryginalną konstrukcję tego urządzenia zgłosił w Urzędzie Patentowym RP pod nr P.437021. Natomiast sposób wykonania żeber tego wymiennika ciepła zgłosił w Urzędzie Patentowym RP pod nr P.437023.

Drugie osiągnięcie konstrukcyjne przedstawione przez Habilitanta dotyczyło opracowania nowatorskiej modułowej konstrukcji sekcyjnego wymiennika ciepła umożliwianego zastosowanie wielu płynów chłodzących jednocześnie. Urządzenie to ma zastosowanie m.in. do chłodzenia uzwojenia stojanów prądnic maszyn energetycznych. Rozwiązanie konstrukcyjne tego urządzenia zostało zgłoszone w Urzędzie Patentowym RP pod nr P.437023.

Trzecim osiągnięciem zgłoszonym przez Kandydata było opracowanie urządzenia uszczelniającego przewody elektryczne z maszyn elektrycznych. Takie zagadnienie nabiera szczególnego znaczenia podczas pracy maszyn elektroenergetycznych w środowiskach zagrożonych wybuchem oraz pracy układów ORC z czynnikami roboczymi mogącymi powodować zagrożenie dla mienia i osób przebywających w ich pobliżu. Podobnie jak dwóch powyżej przytoczonych przypadkach Kandyd to rozwiązanie konstrukcyjne zgłosił w Urzędzie Patentowym RP pod nr P.437024.

Przedstawiony do oceny dorobek Habilitanta dotyczy badań eksperymentalnych mikroinstalacji kogeneracyjnych ORC oraz ich podzespołów, które opublikował w monografii oraz artykułach naukowych. Główny nacisk badawczy Kandydat położył na badania objętościowych i przepływowych zespołów ekspansyjnych oraz agregatów pompowych, które są zasadniczymi elementami układów ORC. Uwieńczeniem badań prowadzonych przez Habilitanta było złożenie czterech wniosków patentowych, które dotyczyły opracowania nowych rozwiązań konstrukcyjnych podzespołów mikroturbogeneratorów ORC. Można

stwierdzić, że prowadzone przez Kandydata prace miały na celu rozwinięcie zagadnień teoretycznych i eksperymentalnych badań układów kogeneracyjnych ORC. Autor zajął się również zagadnieniami odzysku ciepła odpadowego w obiektach przemysłowych i zagospodarowaniu ich do zasilania układów ORC. Jak stwierdził Kandydat, przedstawione przez Niego dorobek stanowi uzupełnienie bądź rozszerzenie prac badawczych prowadzonych na świecie zakresie przedstawionej tematyki.

Obecnie zastosowanie układów kogeneracyjnych zasilanych z OZE czy ciepłem odpadowym nabiera większego znaczenia. Wynika to z różnych aspektów m.in. ekonomicznych, środowiskowych oraz rosnącego ubóstwa i kryzysu energetycznego spowodowanego m.in. przez trwającą wojnę na Ukrainie. Dlatego obecnie dużo uwagi poświęcone jest kwestii bezpieczeństwa energetycznego mającego zasadniczy wpływ na funkcjonowanie infrastruktury krytycznej. Stąd też nieustannie poszukiwane są nowe i rozwijane istniejące technologie energetyczne, a badania naukowe prowadzone w tym obszarze są stale aktualne. Dlatego wszystkie podejmowane działania zmierzające do ograniczenia strat energii oraz zwiększające efektywność pracy istniejących i nowobudowanych układów i obiektów na duże znaczenie praktyczne.

Mając na uwadze powyższe można stwierdzić, że obszar tematyki badawczej obranej przez Habilitanta jest bardzo ważny i bez wątpienia zasadny pod względem aplikacyjnym, poznawczym jak i utylitarnym. Tematyka prac oraz wyniki badań przedstawione przez Habilitanta mają istotne znaczenie w rozwoju dyscypliny naukowej jaką jest szeroko rozumiana Inżynieria Mechaniczna.

W ramach wskazanego przez dra Tomasz Kaczmarczyka osiągnięć naukowych zaprezentowano materiał przedstawiający wyniki prac w zakresie badań eksperymentalnych mikroukładów kogeneracyjnych ORC i ich podzespołów jak stanowi tytuł przedstawionego do oceny osiągnięcia oraz trzy oryginalne osiągnięcia konstrukcyjno-projektowe elementów turbogeneratorów ORC, które zostały zgłoszone w Urzędzie Patentowym RP. Problematyka badań prowadzonych przez Habilitanta została podzielona na trzy główne obszary badawcze, które zatytułował jako:

1. Badania pomp i agregatów pompowych.
2. Badania mikrozespołów ekspansyjnych.
 - Objętościowe zespoły ekspansyjne (typu spiralnego).
 - Przepływowe zespoły ekspansyjne (mikroturbogeneratory).
3. Badania mikroinstalacji kogeneracyjnych ORC.

Tematyka pierwszego zagadnienia związana jest badaniami eksperymentalnymi komercyjnych i prototypowych pomp i agregatów pompowych, których wyniki zostały przedstawione m.in. w publikacjach [A1, A2, A7]. Powyższe badania zostały wykonane w prototypowych mikroinstalacjach ORC z czynnikiem niskowrzącym o nazwie handlowej HFE-7100. Czynnik ten jak podkreślił Habilitant jest rozpuszczalnikiem, który przykładowo w temperaturze 20 °C ma ponad 1,5 razy większą gęstość od wody i ponad dwukrotnie mniejszy współczynnik lepkości kinematycznej. Kandydat podkreślił, że obecnie dostępne na rynku pompy nie posiadają charakterystyki pracy dla tego czynnika roboczego. Pompy i agregaty pompowe przez Habilitanta były badane w różnych konfiguracjach tj. z zaworami rozprężnymi oraz objętościowymi i przepływowymi zespołami ekspansyjnymi. Jak wynika z przedstawionych wyników badań przez Kandydata czynnik HFE-7100 może powodować uszkodzenie elementów konstrukcyjnych pomp oraz powoduje znaczne obniżenie sprawności agregatów pompowych w odniesieniu do parametrów projektowych deklarowanych przez producentów. Podobnie wnioski wyciągnął Habilitant z badań prototypowego agregatu pompowego z rurką Pitota [A7], który był specjalnie został zaprojektowany do pracy z czynnikiem HFE-7100. Reasumując powyższe badania Habilitant stwierdził, że obliczenia wykonane w oparciu o klasyczne modele obliczeniowe i nowoczesne techniki numeryczne 3D w znacznym stopniu odbiegały od założeń projektowych a tym samym wyników eksperymentalnych. Stwierdził, że zastosowanie klasycznych modeli obliczeniowych opracowanych dla wody lub pary wodnej do obliczeń urządzeń zasilanych nowymi czynnikami roboczymi stosowanymi w układach ORC wprowadza znaczny błąd obliczeniowy, a tym samym potwierdził wcześniej postawioną tezę i wykazał zasadność prowadzenia badań. Na podstawie powyższego można stwierdzić, że badania przedstawione przez Habilitanta wypełniają lukę literaturową a uzyskane wyniki umożliwią opracowanie nowych modeli obliczeniowych pomp zasilanych czynnikami niskowrzącymi.

Drugi obszar tematyczny obejmował zagadnienia związane z badaniami zespołów ekspansyjnych, których wyniki przedstawił w publikacjach [A1, A2, M1, A3, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A13]. W pierwszej kolejności przedstawił wyniki badań objętościowych zespołów ekspansyjnych z ekspanderem spiralnym wykonanych na prototypowym stanowisku badawczym, którego Habilitant był autorem. Kandydat prowadził badania ekspanderów spiralnych pracujących trybach szeregowej i równoległej pracy dwóch zespołów ekspansyjnych o mocy 1 kW każdy oraz w trybie indywidualnej pracy tych maszyn. Badania tych maszyn wykonano w układzie ORC z czynnikiem niskowrzącym HFE-7100. Z przedstawionej dokumentacji wynika, że Habilitant był odpowiedzialny m.in. za opracowanie planu i metodologii badawczej oraz pomiary cieplno-przepływowe i elektroenergetyczne

oraz analizę i opracowanie wyników badań. Badania związane były m.in. z analizą termodynamiczną i elektroenergetyczną tych zespołów ekspansyjnych. Z badań wynika, że pod względem energetycznym jak i stabilności pracy układów mikrokogeneracyjnych ORC zespoły ekspansyjne powinny pracować w trybie równoległym. Na podstawie badań opracowano warunki brzegowe za pomocą, których można wyznaczyć optymalną pod względem energetycznym liczbę zespołów ekspansyjnych pracujących w trybie równoległym w układzie ORC. Kandydat podkreślił, że w literaturze tematycznej można znaleźć niewiele badań dotyczących pracy zespołów ekspansyjnych pracujących w trybach szeregowym i równoległym w mikroinstalacjach ORC. W większości takie badania główne oparte są na analizach i symulacjach numerycznych i bazują na uproszczonych modelach obliczeniowych. Skutkiem, czego jest znaczna różnica pomiędzy wynikami uzyskanymi na drodze symulacji a badaniami eksperymentalnymi.

W tej części tematycznej Habilitant przedstawił również badania eksperymentalne prototypowych mikroturbogeneratorów pracujących w układzie ORC z czynnikiem niskowrzącym. Jedną z badanych maszyn był pięciostopniowy mikroturbogenerator z częściowym zasilaniem i osiowym przepływie czynnika roboczego. Projektowe parametry pracy tego mikroturbogeneratora były następujące: natężenie przepływu HFE-7100 wynosiło 0,17 kg/s, ciśnienie i temperatura czynnika roboczego na zasilaniu odpowiednio wynosiły 12 bar i 162 °C, przy których nominalna moc elektryczna i prędkość obrotowa odpowiednio wynosiły 3 kW i 12000 obr/min. W mikroturbogeneratorze zastosowano ceramiczne łożyska kulkowe. Z badań eksperymentalnych wynikało, że mikroturbogenerator uzyskał maksymalną moc elektryczną wynoszącą ok. 0,75 kW, co wynikało m.in. z nieprawidłowej pracy układu łożyskowego. Autorzy badań wykazali, że przy maksymalnej prędkości mikroturbogeneratora ok. 10600 obr/min prędkość drgań wynosiła 3,27 mm/s i tym samym była sklasyfikowana w strefie C. We wnioskach końcowych stwierdzili, że nieprawidłowa praca łożysk objawiającą się wysokim poziomem drgań wynikała m.in. z właściwości czynnika HFE-7100, który praktycznie nie posiada żadnych właściwości smarnych i jest rozpuszczalnikiem m.in. stosowanym w przemyśle do odtłuszczania powierzchni maszyn. Agresywne działanie czynnika roboczego spowodowało uszkodzenie osłon łożysk wykonanych z tworzyw sztucznych i wypłukiwanie z nich smaru.

Habilitant brał udział w badaniach czterostopniowego mikroturbogeneratora promieniowo-osiowego o mocy 2,5 kW wykonanego w wersji z częściowym zasilaniem układu łopatkowego.

W tej maszynie zastosowano łożyska gazowe zasilane czynnikiem roboczym HFE-7100. Z badań [A8] wynikało, że oddziaływanie czynnika HFE-7100 na elementy ferromagnetyczne prądnicy powodowało powstanie osadów po korozyjnych powodujących zatykanie kanałów zasilających łożyska gazowe, których średnica wynosiła 0,4 mm. Wykazano to w badaniach

**Warsaw University
of Technology**

prof. Jarosław Milewski
Institute of Heat Engineering
jaroslaw.milewski@pw.edu.pl
21/25 Nowowiejska Street
00-665 Warsaw
Poland



poziomu drgań korpusu mikroturbogeneratora. W ramach cyklu przedstawionych prac autor prowadził również badania związane z opracowaniem metod detekcji szczelności korpusu mikroturbogeneratora o mocy 2,5 kW. Opracowany układ detekcji dehermetyzacji korpusu mikroturbogeneratora bazował na czujnikach światłowodowych Bragga oraz termoelementach zamontowanych na korpusie mikroturbogeneratora, którego skuteczność działania potwierdził wykonane badania eksperymentalne [A4]. Z przedstawionego do oceny cyklu publikacji wynika, że habilitant brał wielokrotnie udział w badaniach mikroturbogeneratora o nominalnej mocy i prędkości obrotowej odpowiednio równych 2,5 kW i 24000 obr/min. Wstępne badania tego mikroturbogeneratora wykazały, że sprawność izentropowa mikroturbiny była prawie trzykrotnie mniejsza od teoretycznej wartości projektowej wynoszącej 72%. Habilitant w kolejnych pracach badawczych przedstawia cykl modernizacji oraz opisy mechanizmów i przyczyn, które skutkowały nieprawidłową pracą mikroturbogeneratora. Przykładowo na podstawie wykonanych badań w pierwszej kolejności zmodernizowano konstrukcję kierownicy układu łopatkowego przez zwiększenie łuku zasilającego z 72° do 84°, co spowodowało wzrost sprawności izentropowej mikroturbiny do wartości 52% w odniesieniu do konstrukcji pierwszej generacji mikroturbiny. Kolejne badania wykazały problemy z dystrybucją świeżej pary czynnika roboczego kierowanej do układu łopatkowego a tym samym konieczność modernizacji kanałów zasilających. Badania wykonane po tej modernizacji wykazały, że przy prędkości obrotowej 22450 obr/min moc elektryczna na wyjściu układu ORC wynosiła ok. 2,2 kW a sprawność izentropowa mikroturbiny wzrosła do ok. 71% i była o 1% mniejsza od sprawności obliczonej w fazie projektowej. W tej części tematycznej habilitant przedstawił opracowany algorytm obliczeniowy i konstrukcje układów chłodzenia prądnicy mikroturbogeneratorów, które jak wcześniej wspomniano zostały zgłoszone w Urzędzie Patentowym RP. Praktyczne zastosowanie opracowanych układów chłodzenia prądnic znalazło m.in. w konstrukcji mikroturbogeneratora o mocy 1 kW i prędkości obrotowej 120000 obr/min, co Habilitant przedstawił w pokonferencyjnej publikacji naukowej [AA1]. Wyniki badań w których uczestniczył Habilitant przyczyniły się do rozwoju i opracowania nowych modeli obliczeniowych mikroturbin z częściowym zasilaniem organicznym czynnikiem roboczym [AA2].

Trzeci obszar badawczy Kandydat poświęcił badaniom mikroinstalacji kogeneracyjnych ORC. W tej części przedstawił badania eksperymentalne i analizy termodynamiczne i elektroenergetyczne tych układów. Przykładowo z badań przedstawionych [A1] wynika, że dla zadanego poziomu źródła ciepła zasilającego układ ORC oraz obciążenia elektrycznego prądnicy zespołu ekspansyjnego istnieje optymalna wartość wskaźnika BWR (Back Work Ratio), przy którym moc elektryczna na wyjściu układu kogeneracyjnego jest maksymalna. Stwierdził, że BWR jest bardzo ważnym wskaźnikiem w szczególności mikroinstalacjach ORC,

**Warsaw University
of Technology**

prof. Jarosław Milewski
Institute of Heat Engineering
jaroslaw.milewski@pw.edu.pl
21/25 Nowowiejska Street
00-665 Warsaw
Poland

w których średnia sprawność agregatów pompowych jest w zakresie od 7% do 33%. W publikacji [A2] wykazał, że w szeregowej konfiguracji dwóch zespołów ekspansyjnych z ekspanderem spiralnym wartość wskaźnika BWR była poniżej jedności, co skutkowało większym poborem mocy elektrycznej przez napęd pompy w stosunku do mocy elektrycznej produkowanej przez układ ORC. W publikacjach zamieszczone są zarówno teoretyczne jak i praktyczne aspekty dotyczące metodologii i badań oraz projektowania mikroinstalacji kogeneracyjnych ORC. Należy podkreślić, że Kandydat brał udział w badaniach potencjałów energetycznych odpadowych źródeł ciepła na obiektach przemysłowych tj. kopalnia węgla kamiennego, hucie szkła, zakładzie produkującym żywność, których celem było określenie możliwości ich zastosowania do zasilania układów kogeneracyjnych ORC.

Uwagi szczegółowe

Niestety obok walorów część z prac zawiera kilka usterek. Główne z nich przedstawiono jako uwagi szczegółowe poniżej.

1. W pierwszej publikacji oznaczonej w cyklu prac jako [A1] tabela 2 jest nie do końca czytelna – trudno zrozumieć jakie wartości są ze sobą zestawione.
2. W publikacji oznaczonej w cyklu prac jako [A4] symbole i skróty są tylko opisane tylko w tekście publikacji - brak wykazu najważniejszych symboli i skrótów.
3. W publikacji oznaczonej w cyklu prac jako [A5] opisy osi na rysunku 7 są za małe przez co są mało czytelne.
4. W publikacji oznaczonej w cyklu prac jako [A7] rysunek 4 jest mało czytelny – zbyt niska rozdzielczość obrazu.
5. W publikacji oznaczonej w cyklu prac jako [A12] opisy osi na rysunku 15 są za małe i mało czytelne.

Spełnienie przez kandydata kryteriów

Badania przedstawione w cyklu prac poszerzają informacje i wiedzę o badaniach układów mikrokogeneracyjnych ORC oraz ich podzespołów. W mojej ocenie przedstawiony dorobek stanowi spójną całość i ciąg logiczny, które wynikają z planu badawczego przedstawionego przez Habilitanta. Habilitant wykazał uzdolnienia i umiejętności w przygotowaniu i przeprowadzeniu badań eksperymentalnych mikroukładów energetycznych i ich interpretacji. Wyniki badań mają także potencjał aplikacyjny. Dlatego niezależnie od uwag krytycznych przedstawionych powyżej stwierdzam, że przedstawiony dorobek naukowo-badawczy dra Tomasza Kaczmarczyka spełnia ustawowe wymagania i jest wystarczający do

ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego. Tym samym uznaję, że wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna jest znaczny.

Osiągnięcia dydaktyczne i inne istotne do oceny dorobku informacje

Habilitant jestem członkiem rzeczywistym i członkiem zarządu oddziału Stowarzyszenia Inżynierów i Mechaników Polskich w Gdańsku oraz członkiem zarządu „koła SIMP nr 1 przy Politechnice Gdańskiej”. W latach 2013-2015 był członkiem American Society of Mechanical Engineers (ASME). Prowadził zajęcia dydaktyczne na Politechnice Gdańskiej na Wydziale Mechanicznym oraz Wydziale Fizyki i Matematyki Stosowanej. Odbýwał staż naukowy na niemieckiej uczelni Hochschule Bremen na wydziale „Fakultät Natur und Technik” w zakładzie „Abteilung Maschinenbau Laboratorium für Energetik (MLEN)”, co potwierdził stosownym zaświadczeniem. Z przedstawionego dorobku wynika, że przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych był autorem lub współautorem odpowiednio 11 i 16 rozdziałów w monografiach naukowych. Był redaktorem gościnnym w czasopiśmie Processes oraz Applied Sciences. Był członkiem trzech komitetów recenzujących manuskrypty na zagranicznych konferencjach (ORC2021 Munich, HEFAT2019 Wicklow, ORC2017 Milano). Jak wynika z dokumentacji dostarczonej przez Kandydata oprócz przedstawionego dorobku po uzyskaniu tytułu naukowego doktora nauk technicznych był autorem lub współautorem 42 artykułów naukowych (niestanowiących cyklu prac). Natomiast przed uzyskaniem stopnia naukowego był współautorem 12 artykułów naukowych. Był również autorem [MD1] i współautorem [MD2] dwóch monografii naukowych, które były opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora czynnie uczestniczył w 40 konferencjach krajowych i międzynarodowych. W tym okresie wygłosił dwa referaty zaproszone. Natomiast przed doktoratem uczestniczył w 10 konferencjach w tym wygłosił jeden referat plenarny zaproszony. Jak wynika z przedstawionego dorobku po uzyskaniu tytułu naukowego doktora nauk technicznych Habilitant był autorem lub współautorem 42 artykułów naukowych (niewymienionych w cyklu publikacji), a przed uzyskaniem stopnia naukowego był współautorem 12 artykułów naukowych. W okresie przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora był odpowiednio członkiem w 3 i 7 zespołach badawczych realizujących projekty krajowe lub zagraniczne. Przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora uczestniczył odpowiednio w 1 i 22 zleceniach badawczych, z czego w jedenastu był kierownikiem. Zaprojektował kilka stanowisk badawczych. Zgodnie z przedstawioną dokumentacją w ramach współpracy z firmą BE&K Europe, a obecnie KBR Poland w Kwidzynie zrealizował 32 zleczone projekty techniczne (w tym 27 przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora nauk technicznych), które zostały wdrożone w przemyśle. W okresie przed i po

**Warsaw University
of Technology**

prof. Jarosław Milewski
Institute of Heat Engineering
jaroslaw.milewski@pw.edu.pl
21/25 Nowowiejska Street
00-665 Warsaw
Poland

uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych brał odpowiednio udział w 28 i 9 wdrożeniach w przemyśle. Z przedstawionego dorobku Habilitanta wynika, że wykonał projekty techniczne, opracowania i ekspertyzy na zlecenie firm zewnętrznych, których łącznie wykonał 197 (z czego 144 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora).

Zgodnie z przedstawionym dorobkiem naukowym Habilitant na dzień wszczęcia postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego wykonał 126 recenzji artykułów naukowych m.in. dla czasopism: Sustainable Energy Technologies and Assessments (IF 7.632, MNiSW 140 pkt. 18 recenzji), Energy Conversion and Management (IF 11.533, MNiSW 200 pkt., 22 recenzje), Measurement (IF 5.131, MNiSW 200 pkt., 5 recenzji), Applied Thermal Engineering (IF 6.465, MNiSW 140 pkt. 34 recenzje), Applied Energy (IF 11.446, MNiSW 200 pkt., 3 recenzje).

Wniosek końcowy

Na podstawie oceny szczegółowo podanej powyżej stwierdziłem, że powiązany tematyczny dorobek przedstawiony przez dra inż. Tomasza Zygmunta Kaczmarczyka pod zbiorczym tytułem „Badania cieplno-przepływowe i elektroenergetyczne układów mikrokogeneracyjnych ORC oraz ich podzespołów” stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Habilitant wykazał się dodatkowymi osiągnięciami projektowo-konstrukcyjnymi oraz publikacyjnymi, dobrymi wskaźnikami naukowymi, a także aktywnym uczestnictwem w konferencjach naukowych i w realizacji projektów. Tym samym według mojej opinii spełnia wymagania wyrażone w art. 221 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Dlatego popieram wniosek o nadanie dr inż. Tomaszowi Zygmuntowi Kaczmarczykowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna.

Jarosław Milewski

Milewski