



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu
Prof. dr hab. inż. Stanisław Nagy

Kraków, 8.02.2023

Recenzja

wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego dr. inż. Zbigniewowi Rogali na podstawie jednotematycznego cyklu prac składającego się z 10 publikacji pt. „BADANIA EKSPERYMENTALNE I MODELOWANIE PROCESÓW SKRAPLANIA, REKONDENSACJI, REGAZYFIKACJI I ODZYSKU EGZERGII LNG”

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 dra hab. inż. Roberta Króla, prof. uczelni z dnia 16 listopada 2022 roku (Uchwała nr 488/22/RDND08/2021-2024 z dnia 16.11.2022 r.)

1. Wstęp

Dr inż. Zbigniew Rogala urodził się 5 maja 1990 roku, w roku 2013 zakończył studia inżynierskie na Wydziale Mechaniczno-Energetycznym Politechniki Wrocławskiej - kierunek: Energetyka, specjalność: Energetyka ciepła i jądrowa – tytuł projektu inżynierskiego: Projekt mikro-parowacza Rosenblada do zastosowania w domowych układach ORC. Kontynuował naukę uzyskując w roku następnym (2014) dyplom magistra inż. na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn (specjalność: Refrigeration and Cryogenics) – temat pracy „Termodynamiczna analiza optymalizacyjna kolumny rektyfikacyjnej”. W latach 2014-2019 latach kontynuował naukę na studiach doktoranckich i 3 lipca 2019 roku uzyskał stopień doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej inżynie-

Akademia Górniczo-Hutnicza | Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu
Katedra Inżynierii Gazowniczej

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel./fax+48 12 617 22 09
e-mail: stanislaw.nagy@agh.edu.pl

Wydział Mechaniczno-Energetyczny

48/107/2023

Wpłynęło dnia 17.02.23!

ria środowiska, górnictwa i energetyki. Temat pracy doktorskiej „Analiza termodynamiczna intensyfikacji procesów adsorpcyjnego suszenia powietrza w chłodnictwie” został zrealizowany pod opieką prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gnutka. Dr Zbigniew Rogala jest zatrudniony od października roku 2019 na Wydziale Mechaniczno- Energetycznym Politechniki Wrocławskiej, w Katedrze Kriogeniki i Inżynierii Lotniczej – aktualnie na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego. Krótka droga zawodowa, a także dorobek naukowy Habilitanta, wynikający z przedstawionych dokumentów wskazuje, że dorobek ten mieści się w dziedzinie nauki inżynieryjno-techniczne, w dyscyplinie „Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka”.

2. Podstawowe dane o osiągnięciu naukowym

Podstawą do ubiegania się dr. inż. Zbigniewa Rogali o stopień doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka jest jednotematyczny cykl prac składający się z 10 publikacji powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem: „Badania eksperymentalne i modelowanie procesów skraplania, rekondensacji, regazyfikacji i odzysku egzergii LNG”:

- [A1] Zbigniew Rogala; *Application of precooling stage in MR JT cryocoolers*; *Cryogenics*. 2022, vol. 121, art. 103395, s. 1-10. Lista Filadelfijska, IF: 2.226,
- [A2] Arkadiusz Brenk, Zbigniew Rogala, Ziemowit M. Malecha; *Analysis of freezing risk during LNG evaporation process*. W: *Advances in Cryogenic Engineering : Proceedings of the Cryogenic Engineering Conference (CEC) 2019, 21-25 July 2019, Hartford, Connecticut, USA*. [Bristol : IOP Publishing, 2020]. art. 012114, s. 1-8. (IOP Conference Series - Materials Science and Engineering, ISSN 1757-899X; vol. 755)
- [A3] Arkadiusz Brenk, Jakub Kielar, Ziemowit M. Malecha, Zbigniew Rogala; *The effect of geometrical modifications to a shell and tube heat exchanger on performance and freezing risk during LNG regasification*. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2020, vol. 161, art. 120247, s. 1-12. Lista Filadelfijska, IF: 5.584,
- [A4] Tomasz Banaszekiewicz, Maciej Chorowski, Wojciech Gizicki, Artur Jędrusyna, Jakub Kielar, Ziemowit M. Malecha, Agnieszka H. Piotrowska-Hajnus, Jarosław Poliński, Zbigniew Rogala, Korneliusz Sierpowski, Janusz Skrzypacz, Michał W. Stanlik, Krzysztof Tomczuk, P. Dowzenko; *Liquefied natural gas in mobile applications - opportunities and challenges*. *Energies*. 2020, vol. 13, nr 21, art. 5673, s. 1-35. Lista Filadelfijska, IF: 3.004,
- [A5] Zbigniew Rogala; *Composition optimization method for mixed refrigerant MR JT cryocooler*; *Cryogenics*. 2020, vol. 113, art. 103223, s. 1-10. Lista Filadelfijska, IF: 2.226,
- [A6] Wojciech Gizicki, Tomasz Banaszekiewicz, Paweł Wojcieszak, Zbigniew Rogala; *Performance analysis of small-scale power cycles for LNG physical exergy recovery*.

W: 27th International Cryogenics Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference 2018: ICEC-ICMC 2018, 3-7 September 2018, Oxford, England / eds. T. Bradshaw, O. Kirichek, J. Vandore. [Bristol] : IOP Publishing, 2019. art. 012146, s. 1-5. (IOP Conference Series - Materials Science and Engineering, ISSN 1757-899X; vol. 502)

[A7] Zbigniew Rogala, Arkadiusz Brenk, Ziemowit M. Malecha; Theoretical and numerical analysis of freezing risk during LNG evaporation process; *Energies*. 2019, vol. 12, nr 8, art. 1426, s. 1-19. Lista Filadelfijska, IF: 3.004,

[A8] Zbigniew Rogala, Rafał Siemasz, Błażej Baran, Adrian Kwiatkowski; Design and experimental study on precooled MR JT cryocooler for LNG recondensation purposes; *Applied Thermal Engineering* 2022, vol. 12, nr 8, art. 1426, s. 1-19. Lista Filadelfijska, IF: 5.259,

[A9] Zbigniew Rogala, Wojciech Gizicki, Korneliusz Sierpowski; *Theoretical analysis of liquefied natural gas cold energy recovery using thermoelectric generators*; *Applied Thermal Engineering* 213 (2022) 118608, s. 1-15. Lista Filadelfijska, IF: 5.259,

[A10] Zbigniew Rogala, Adrian Kwiatkowski; *Modeling of a Three-Stage Cascaded Refrigeration System Based on Standard Refrigeration Compressors in Cryogenic Applications above 110 K*; *Modelling* 3, 255 – 271, 2022.

Merytoryczną podstawę wykonania recenzji, stanowią otrzymane materiały:

1. Wniosek Habilitanta (28.06.2022, podpisany 27.06.2022)
2. Załącznik nr 1 - Autoreferat w języku polskim i angielskim (podpisany 24.06.2022)
3. Załącznik nr 2 – Wykaz osiągnięć w języku polskim i angielskim (podpisany 24.06.2022)
4. Załącznik nr 3 – Potwierdzenie odbycia stażu/ Proof of Internship (podpisany 24.06.2022)
5. Załącznik nr 4 – Dane wnioskodawcy (podpisany 24.06.2022)
6. Kopia Dyplomu doktorskiego 5.07.2019 (podpisany 5.07.2022)

Przedstawiony do recenzji zbiór Jego indywidualnych i zespołowych prac wykonanych w latach 2019-2022 stanowi, jak wspomniano wyżej tzw. jednotematyczny cykl w postaci artykułów w uznanych czasopismach o zasięgu światowym, referatów konferencyjnych. Jednakże, analizując otrzymane dokumenty zauważyć można, że artykuł:

[A8] Zbigniew Rogala, Rafał Siemasz, Błażej Baran, Adrian Kwiatkowski; Design and experimental study on precooled MR JT cryocooler for LNG recondensation purposes; *Applied Thermal Engineering* 2022, vol. 12, nr 8, art. 1426, s. 1-19 –

został opublikowany „on line” dopiero w dn. 1 lipca 2022, zatem dwa dni przed datą figującą na otrzymanej kopii wniosku habilitacyjnego (28.06.2022, data podpisu elektronicznego/profilu zaufanego na wniosku 27.06.22).

Nie otrzymałem informacji, że rzeczywista data złożenia wniosku nastąpiła po 1.07.2022. Ponieważ jednak złożony wniosek nie został oddalony z przyczyn formalnych, recenzent zmuszony został do uwzględnienia w wykonanej recenzji jedynie zbioru dziewięciu artykułów z przedłożonych dziesięciu, jak zaleca dokument przygotowany przez RDN (5.08.2021) i opublikowany na stronie RDN pt. „Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego”.

Wspomniany dokument wymaga od recenzenta przygotowania recenzji wg stanu na dzień złożenia wniosku (28.06.2022).

Równocześnie recenzent zauważa, że publikacja [A10] nie znajduje się na liście czasopism ministerialnych „które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 kryteria ewaluacji jakości działalności naukowej ust. 2 pkt 2 lit. b, lub” (art.219 p.1 ustęp 2, Dz.U.2022.0.574 t.j. - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce). W związku z powyższym również ta publikacja nie może stanowić części cyklu publikacji przedstawionych jako osiągnięcie habilitacyjne.

Takie samo zastrzeżenie dotyczy dwóch wydawnictw pokonferencyjnych IOP Conference Series - Materials Science and Engineering, ISSN 1757-899X – [A2] i [A6]. Art.219 p.1 ustęp 2, Dz.U.2022.0.574 t.j. - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – wskazuje, że publikacja konferencyjna powinna znajdować się 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 kryteria ewaluacji jakości działalności naukowej ust. 2 pkt 2 lit. B”.

Prace wskazane poniżej [A2], [A6]:

[A6] Wojciech Gizicki, Tomasz Banaszkiwicz, Paweł Wojcieszak, Zbigniew Rogala; Performance analysis of small-scale power cycles for LNG physical exergy recovery. W: 27th International Cryogenics Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference 2018: ICEC-ICMC 2018, 3-7 September 2018, Oxford, England / eds. T. Bradshaw, O. Kirichek, J. Vandore. [Bristol] : IOP Publishing, 2019. art. 012146, s. 1-5. (IOP Conference Series - Materials Science and Engineering, ISSN 1757-899X; vol. 502)

[A2] Arkadiusz Brenk, Zbigniew Rogala, Ziemowit M. Malecha; Analysis of freezing risk during LNG evaporation process. W: Advances in Cryogenic Engineering: Proceedings of the Cryogenic Engineering Conference (CEC) 2019, 21-25 July 2019, Hartford, Connecticut, USA. [Bristol : IOP Publishing, 2020]. art. 012114, s. 1-8.(IOP Conference Series - Materials Science and Engineering, ISSN 1757-899X; vol. 755)

nie spełniają tego kryterium od roku 2013.

Złożony przez Habilitanta wniosek obejmuje zatem 6 publikacji: dwa samodzielne artykuły habilitanta [A1] [A5], cztery artykuły wieloautorskie [A3], [A4], [A7], [A9]. Do artykułów wieloautorskich [A3], [A7], [A9], [A4] nie dołączono oświadczeń współautorów, do części z nich [A3], [A7], [A4] habilitant podał udział proporcjonalny do liczby autorów, ale udział habilitanta wskazany w pracy [A9] nie jest proporcjonalny do liczby współautorów. Habilitant nie dołączył oświadczeń o autorstwie dla publikacji [A9] ani do pozostałych [A3], [A7], [A4].

3. Ocena merytoryczna osiągnięcia naukowego

Artykuły opublikowane zostały w prestiżowych wydawnictwach: Cryogenics [A1], [A5], International Journal of Heat and Mass Transfer [A3], Applied Thermal Engineering [A9] a także w popularnym wydawnictwie MDPI: Energys [A4], [A7].

Przedstawiony do oceny dorobek Habilitanta dotyczy zagadnień związanych z „badaniami eksperymentalnymi i modelowaniem procesów skraplania, rekondensacji, regazyfikacji i odzysku egzergii LNG”. W przedstawionym do oceny osiągnięciu habilitacyjnym habilitant wyodrębnił trzy główne zagadnienia:

1. Rekondensacja i skraplanie LNG z wykorzystaniem zjawiska Joule’a- Thomsona,
2. Regazyfikacja LNG z wykorzystaniem cieczy grzewczej,
3. Odzysk egzergii podczas regazyfikacji LNG.

3.1 Omówienie zagadnienia „rekondensacja i skraplanie LNG z wykorzystaniem zjawiska Joule’a-Thomsona”

Wymienione zagadnienie – odnosi się do publikacji przedstawionych poniżej:

- [A1] Zbigniew Rogala; *Application of precooling stage in MR JT cryocoolers*; Cryogenics. 2022, vol. 121, art. 103395, s. 1-10. Lista Filadelfijska, IF: 2.226, punktacja MNiSW:
- [A4] Tomasz Banaszekiewicz, Maciej Chorowski, Wojciech Gizicki, Artur Jędrusyna, Jakub Kielar, Ziemowit M. Małecha, Agnieszka H. Piotrowska-Hajnus, Jarosław Poliński, Zbigniew Rogala, Korneliusz Sierpowski, Janusz Skrzypacz, Michał W. Stanclik, Krzysztof Tomczuk, P. Dowzenko; *Liquefied natural gas in mobile applications - opportunities and challenges*. Energies. 2020, vol. 13, nr 21, art. 5673, s. 1-35. Lista Filadelfijska, IF: 3.004,
- [A5] Zbigniew Rogala; *Composition optimization method for mixed refrigerant MR JT cryocooler*; Cryogenics. 2020, vol. 113, art. 103223, s. 1-10. Lista Filadelfijska, IF: 2.226,

Habilitant skoncentrował się na technologii wykorzystującej chłodzenie układu z użyciem zaworów rozprężnych Joule’a Thomsona oraz wieloskładnikowych mieszanin chłodniczych - MR

(ang. mixed- refrigerant). Oprócz wymienionej technologii MR JT w procesach skraplania gazu ziemnego wykorzystuje się m. in. technologie NEC, C3MR, MFCP¹. Technologia MR JT stosowana jest w odniesieniu do skraplania gazu ziemnego w instalacjach tzw. małej skali (tzw. „small scale LNG”- (SSLNG)) lub skali „mikro LNG”).

Termin ‘mała skala’ w procesie skraplania gazu odnosi się do wytwarzania LNG w zakresie 0,05-1 mln t LNG rocznie². Pierwsze instalacje typu SSLNG” zostały zrealizowane do regazyfikacji gazu odparowanego w trakcie transportu morskiego LNG (skraplanie gazu „BOG”). Skala poniżej 50 tys.t LNG na rok odnosi się z kolei do instalacji „micro LNG”. Instalacje „SSLNG” wykorzystuje się do skraplania gazu ziemnego z małych złóż gazu ziemnego położonych w dużej odległości od systemu przesyłowego (tzw. ‘stranded gas’), małych ilości gazu wydobywanych z izolowanych złóż metanu z pokładów węglowych (CBM), małych złóż gazu położonych w strukturach podmorskich lub na wyspach, zagospodarowania nadmiarowego gazu z odparowania transportowanego LNG na gazowcach w procesie „boiling-off”. Nowe zastosowania instalacji „SSLNG” oraz „micro LNG” dotyczą wytwarzania paliwa (gazu skroplonego - LNG) dla ciężarowych pojazdów samochodowych, zasilania innych systemów transportowych (głównie transportu kolejowego, napędu statków morskich, czy też do wykorzystania w ramach tzw. „wyspowej” gazyfikacji wykorzystującej lokalnie systemy magazynowania i odparowania gazu skroplonego (LNG). Instalacje SSLNG te są również wykorzystane do skraplania, magazynowania, rekondensacji i ponownego odparowania gazu ziemnego w tzw. rozwiązaniach „LNG peak shaving”.

Habilitant zajmował się systemami do skraplania LNG w skali „microLNG”. Jak sam zauważył systemy skraplające MR JT są stosowane świecie także w małej skali – do 100W mocy chłodniczej jak zauważył Habilitant wykorzystuje się do m.in. kriokonserwacji, chłodzenia kabli HTC, kriochirurgii czy przechowywania materiałów medycznych. Habilitant w sposób opisowy przedstawił zakres stosowania wspomnianej technologii (do 100W), co przekłada się na zakres urządzeń do magazynowania wytworzonego LNG – zbiorników o maksymalnej objętości geometrycznej 1 m³ [A4].

Z informacji przedstawionych w autoreferacie i artykułach Habilitanta wynika, że głównym przedmiotem działalności Habilitanta były instalacje do ponownego skraplania gazu ziemnego (rekondensacji) w systemach BOG LNG instalowanych na statkach (do napędu), a także w transporcie w transporcie kolejowym (do napędu lokomotyw) oraz samochodowym (cargo). Wymienione zastosowania mają duże znaczenie dla transformacji energetycznej – wykorzystanie LNG do transportu zmniejsza emisję gazów cieplarnianych do atmosfery. Zapowiadane technologie wodorowe w zastosowaniach transportowych (mobilnych) być może będą następnym krokiem w ograniczeniu emisji w dalszej przyszłości.

¹ NEC, C3MR, MFCP – brak opisu skrótów w pracy. Chodzi o cykl rozprężania azotu (NEC), układ z system wstępnego schładzania propanem (C3MR), ulepszony system kaskadowy Linde (MFCP)

² Definicja wg IGU (2015). IGU – International Gas Union.

Habilitant w artykule [A5] pracach przedstawił autorski model procesowy do skraplania gazu wraz z modelem optymalizacyjnym przeznaczony do projektowania i symulacji jednostopniowych obiegów MR JT. Habilitant formułuje główne założenia modelu takie jak częściowa automatyzacja, optymalizacja wykorzystująca narzucone/zdefiniowane wstępnie kryteria optymalizacyjne z założonymi podstawowymi parametrami pracy (zmiany parametrów w analizowanych pracach ograniczone do minimum).

Pomimo, że tytuł osiągnięcia badawczego dotyczy skroplonego gazu ziemnego, jednak w żadnym z artykułów nie ma ani definicji LNG (przykładowego składu analizowanego w publikacjach gazu), ani też informacji o rzeczywistych parametrach stanu analizowanych układów. Recenzent nie zauważył w żadnej z prac rzeczywistych elementów cyklu skraplania gazu ziemnego, w szczególności w odniesieniu do wymagań czystości składu (usuwania siarkowodoru, węglowodorów C_{5+} , dwutlenku węgla, azotu) i zawartości pary wodnej w składzie gazu.

Dlatego recenzent uważa, że habilitant nie zajmował się procesem skraplania gazu ziemnego (a tym bardziej gazu ziemnego zaazotowanego) wydobytego ze złoża. Analiza zawartości przedłożonych prac – pozwala jedynie stwierdzić, że prace te dotyczą wybranych zagadnień związanych z procesem rekondensacji (w procesach BOG), regazyfikacji i odzysku egzergii LNG – głównie w mikroinstalacjach.

Jak wynika z analizy prac Habilitanta – opisywany proces skraplania – w małych/micro układach mógł dotyczyć wysokometanowego gazu po uzdatnianiu i usunięciu wymienionych wyżej składników (których istnienie – w szczególny sposób wpływa na proces skraplania gazu – powodując czy to powstanie hydratów, czy też fazy stałej).

Habilitant zajmuje się wprawdzie procesem zamarzania wody w systemach wymiany ciepła dostarczonego do układu do odparowania LNG, nie zajmuje się jednak wpływem składu gazu ziemnego na proces skraplania gazu. Habilitant założył, że nowy model skraplania (zakładam domyślnie – odpowiednio uzdatnionego gazu ziemnego) powinien zakładać predefiniowane parametry procesu oraz powinien uwzględniać cechy oraz ograniczenia podzespołów chłodniczych (m.in. uwzględniać m.in. charakterystykę pracy sprężarek wykorzystywanych w obiegu chłodniczym).

Do optymalizacji procesu Habilitant wykorzystał metodę najszybszego spadku (ang. steepest descent method). Sama metoda należy do klasy metod gradientowych w zakresie programowania nieliniowego, nie zapewnia jednak bezwzględnej zbieżności – jak zauważył Habilitant. Zaproponowane i zbudowane przez Habilitanta narzędzie optymalizacyjne wprowadza różne założenia do modelu, takie jak: minimalna temperatura w rekuperacyjnym wymienniku ciepła (co odpowiada minimalnej różnicy entalpii przy stałej temperaturze), ograniczenia ciśnieniowe i temperaturowe komercyjnych sprężarek chłodniczych, nieidealne sprężanie izentropowe, natężenie przepływu na ssaniu, objętościową jednostkową moc chłodniczą i współczynnik COP układu.

Ponadto model optymalizacyjny bierze pod uwagę trzy kryteria optymalizacji:

1. Współczynnik wydajności COP (Coefficient of Performance),
2. Właściwą moc chłodniczą odniesioną do masy SCP_m (ang. Specific Cooling Power)
3. Właściwą moc chłodniczą odniesioną do objętości SCP_v – nowy,

W założeniu model poszukuje skład trój- i czteroskładnikowych mieszanin chłodniczych (MR). Prezentowanym w [A5] efektem optymalizacji jest skład MR oraz COP dla przykładowej dla przyjętych założeń w temperaturze chłodzenia 120 K dla początkowego składu molowego 0,1, 0,4, 0,25, 0,25 mieszaniny azotu, metanu, etanu i propanu.

Model optymalizujący napisany w języku Python wykorzystuje równanie stanu gazu rzeczywistego Penga-Robinsona (1976) oraz program RefProp 10. Habilitant oprócz wykorzystania współczynnika COP wykorzystuje też parametr SCP_v (właściwa objętościowa wydajność chłodnicza) co jest nowym kryterium optymalizującym wskazującym jaka moc chłodnicza zostanie uzyskana ze sprężarki o stałej wydajności objętościowej. Prezentowane w pracy wyniki wskazują na możliwość znaczącej poprawy współczynnika COP.

Wynikiem analizy przeprowadzonej w [A5] jest stwierdzenie podobieństwa zoptymalizowany składu MR w odniesieniu do objętościowego SCP_v , a także w odniesieniu do COP. Podniesienie ciśnienia na ssaniu sprężarki ma znaczący wpływ na podniesienie COP. Wyniki analizy mogą mieć znaczenie dla zastosowania standardowych sprężarek chłodniczych w instalacjach chłodniczych. Wynikiem pracy jest również wykazanie, że dla założonych warunków pracy analizowanego układu chłodniczego podstawowe znaczenie ma optymalizacja składu MR, skutkująca poprawą warunków wymiany ciepła w rekuperatorze.

Innym wynikiem pracy przedstawionej w [A5] jest opracowanie modelu dla kaskadowego obiegu MR JT, który jest co najmniej o 50% efektywniejszy w porównaniu do jednostopniowego obiegu MR JT. Habilitant przeprowadził także analizy teoretyczne dotyczące wydajności kaskadowanych chłodziarek MR JT w celu optymalizacji składu mieszanego czynnika chłodniczego $N_2 + HC$ w zależności od temperatury dochłodzenia. Wynikiem analizy wykonanej przez Habilitanta jest także wskazanie znaczenia procesu chłodzenia wstępnego na zwiększenie COP a także rezygnacja z układu dwusprężarkowego w tym przypadku, z uwagi na nieznaczny wzrost COP.

Analiza wyników pracy prezentowana w [A8] oraz [A10] została pominięta, z uwagi na uwarunkowania przedstawione na początku recenzji.

3.2 Omówienie zagadnienie 'regazyfikacja LNG z wykorzystaniem cieczy grzewczej'

Habilitant zajmował się zagadnieniem ograniczenia ryzyka zamarzania czynnika grzewczego wykorzystywanego w instalacjach regazyfikacji LNG. Badania Habilitanta skupiały się na analizach teoretycznych i numerycznych wymiany ciepła podczas procesu regazyfikacji LNG. Dr Z. Rogala skupił się nad zagadnieniem zrozumienia i kontroli wymiany ciepła związanej z regazyfikacją LNG, analizując proces tworzenia się fazy stałej cieczy grzewczej. Badania Habilitanta skupiały się na analizach teoretycznych i numerycznych wymiany ciepła podczas procesu regazyfikacji LNG głównie w odniesieniu do pracy płaszczowo-rurowych wymienników ciepła (STHX ang. shell & tube heat exchanger) w kontekście ogrzewania wodą lub mieszaniną wody z glikolem. Głównym zagadnieniem było ograniczenie ryzyka zamarznięcia czynnika grzewczego, ale też łagodzenie skutków maldystrybucji LNG, ograniczenie tworzenia się martwych stref po stronie cieczy grzewczej, kontrola wymiany ciepła podczas wrzenia LNG. Analiza ta posiada dokumentację w zakresie publikacji [A3], [A7]:

[A3] Arkadiusz Brenk, Jakub Kielar, Ziemowit M. Malecha, Zbigniew Rogala; The effect of geometrical modifications to a shell and tube heat exchanger on performance and freezing risk during LNG regasification. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2020, vol. 161, art. 120247, s. 1-12. Lista Filadelfijska, IF: 5.584,

[A7] Zbigniew Rogala, Arkadiusz Brenk, Ziemowit M. Malecha; Theoretical and numerical analysis of freezing risk during LNG evaporation process; *Energies*. 2019, vol. 12, nr 8, art. 1426, s. 1-19. Lista Filadelfijska, IF: 3.004,

W artykule [A3] przedstawiono model numeryczny opływu poprzecznego pęczku rurek, w rurkach przepływało skroplony gaz ziemny natomiast w płaszczu przepływała woda. Przeanalizowano przypadki bez przepływu (przypadek awarii) oraz przypadki z przepływem w zakresie liczby Reynoldsa od 25 do 225 dla trzech rozstawów rurek: 8, 10 i 14 mm, opisując przypadek awarii pompy. Wyniki analiz pokazały, że rozmieszczenie rurek wymiennika ma zasadniczy wpływ na czas pomiędzy ustaniem przepływu a całkowitym zamarznięciem wymiennika i wyznaczono krytyczną liczbę Reynoldsa ($Re=50$), poniżej wartości, której lód znajdujący się na powierzchni rurki ogranicza wymianę ciepła pomiędzy czynnikiem grzewczym a LNG.

W artykule [A7] Habilitant zajmował się też opracowaniem analitycznego, zero-wymiarowego modelu wymiany ciepła wzdłuż płaskiej płyty pomiędzy wodą i wrzącym LNG. Dr Z. Rogala wykonał analizę procesu regazyfikacji LNG z uwzględnieniem zamarzania cieczy grzewczej. Dokonał też analizy i identyfikacji mechanizmów wymiany ciepła, które w największym stopniu wpływają na proces regazyfikacji. Jednym z rezultatów pracy jest prognoza zależności szybkości zamarzania cieczy od warunków przepływu (liczba $Re < 1500$). Analiza ta może mieć zastosowanie przy projektowaniu nowych wymienników do mobilnych instalacji odgazowania LNG.

W zakresie dużych instalacji odgazowania LNG w terminalach morskich analiza, pomimo że ciekawa teoretycznie, ma bardzo ograniczone znaczenie w realizacji procesów regazyfikacyjnych LNG, w których możliwe jest zamarzanie wody morskiej wykorzystywanej od regazyfikacji LNG. W tych systemach w miejsce systemu Open Rack Vaporizer (ORV) i systemu Submerged Combustion Vaporizer (SCV) możliwe jest zastosowanie nowych instalacji wykorzystujących system Intermediate Fluid Vaporizer (IFV). W instalacjach wykorzystujących IFV stosuje się pośrednie ciecze o właściwościach uniemożliwiających zamarzanie, temperatura wody morskiej w instalacjach zawsze jest dodatnia.

Wspomniane badania dotyczące procesu zamarzania wymienników opisanych w publikacjach wskazały na konieczność właściwego działania w celu ochrony systemu poprzez kontrolę: zawartości lodu, strumienia ciepła, spadku ciśnienia na pęczku rur po stronie wody, wymaganej mocy pompy i stosunek strumienia ciepła do mocy pompy. W publikacji [A3] Habilitant przedstawił analizę zamarzania wody podczas pracy wymiennika ciepła LNG-ciecz grzewcza. Przedstawiony i opracowany przez Habilitanta model został wykorzystany do badania parametrów: kształtów rurek LNG, odstępów między rurkami oraz strumieni masy czynnika grzewczego. Analiza pokazały, że wielkość odstępów między rurkami, wartość współczynnika kształtu rur i liczby Reynoldsa ma istotny wpływ na tworzenie się lodu, strumień ciepła, spadek ciśnienia i pracę pompy podczas procesu regazyfikacji LNG. Habilitant przedstawił także szereg rekomendacji i wniosków dotyczących zagadnienia regazyfikacji LNG z użyciem cieczy grzewczej.

3.3 Omówienie zagadnienia „odzysk egzergii podczas regazyfikacji LNG”

Habilitant zajmował się zagadnieniem odzysku egzergii podczas procesu regazyfikacji LNG w publikacji [A9] Zbigniew Rogala, Wojciech Gizicki, Korneliusz Sierpowski; Theoretical analysis of liquefied natural gas cold energy recovery using thermoelectric generators; Applied Thermal Engineering 213 (2022) 118608, s. 1-15. Lista Filadelfijska, IF: 5.259,

Habilitant analizował też możliwą konwersję egzergii na energię elektryczną przy użyciu ogniw termoelektrycznych TEG (ang. Thermoelectric Generator). Szczegółowa analiza przedstawiona jest w pracy [A9]. Zdaniem recenzenta badania wymagają dalszych badań teoretycznych a także eksperymentalnych. Trudno recenzentowi uznać ten artykuł jako istotny element całościowego osiągnięcia habilitacyjnego.

3.4 Podsumowanie

Podsumowując należy docenić osiągnięcia Habilitanta i zdaniem recenzenta można uznać, poszczególne publikacje, zebrane w jedną całość, dotyczące trzech zagadnień cząstkowych wskazują

na oryginalne rozwiązania problemu naukowego polegającego na usprawnieniach w zakresie rekondensacji LNG w mikroinstalacjach skraplających wykorzystujących technologię MR JT w odniesieniu do odpowiednio uzdatnionego wysokometanowego gazu ziemnego, a także w zakresie regazyfikacji LNG z wykorzystaniem cieczy grzewczej - wnosząc istotny wkład w rozwój określonej dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Równocześnie podkreślić należy, że Habilitant nie przedstawił pełnej dokumentacji pokazujących i umożliwiających wyodrębnić indywidualnego, merytorycznego udziału w powstanie całego cyklu danej pracy, co jest warunkiem dokonania oceny osobistych osiągnięć stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny (brak oświadczeń współautorów artykułów).

Zauważyć należy, że z przedstawionej listy 10 publikacji, aż 4 nie spełniają wymogów ustawowych, co pokazuje, że wniosek został przygotowany bardzo niestarannie.

4. Ocena pozostałego dorobku naukowego (niestanowiącego osiągnięcia habilitacyjnego)

W załączniku 1 do wniosku habilitacyjnego dr Z. Rogala przedstawił „Wykaz zrealizowanych oryginalnych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych lub artystycznych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2c Ustawy” Habilitant wskazuje na osiągnięcia [B1] i [B2].

Zdaniem recenzenta osiągnięcia te powinny zostać zaklasyfikowane do pozostałego dorobku Habilitanta, który nie stanowi wskazywanego osiągnięcia habilitacyjnego, m.in. w zakresie chłodnictwa adsorpcyjnego. Wspomniane zagadnienia te były przedmiotem badań Habilitanta w trakcie pisania pracy doktorskiej i dotyczyły niskociśnieniowych chłodziarek adsorpcyjnych (Adsorption cooling) (publikacja [B2] oraz adsorpcyjnego osuszania powietrza (Desiccant cooling) (publikacja [B1]). W publikacji [B1] Habilitant zajmował się analizą egzergii fluidalnej chłodziarki adsorpcyjnej FDC (ang. Fluidized Desiccant Cooler). Celem pracy [B2] były modyfikacje układu prowadzące do znacznej poprawy współczynnika COP niskociśnieniowego agregatu chłodniczego. Badania eksperymentalne wody zdemineralizowanej po obróbce zimną plazmą (publikacja [B3]) dotyczy pod kątem wymiany ciepła w celu wyznaczenia określenie potencjału GPTW (ang. Glow Plasma Treated Water).

Inne osiągnięcia Habilitanta wykazane są jako zbiór 11 publikacji [D1-D3] oraz [E1-E8] Wszystkie prace dotyczą zagadnień wymiany ciepła głównie chłodnictwa. Jedna publikacja jest jedno-autorska, pozostałe wieloautorskie. Nie zostały omówione w autoreferacie, dlatego trudno ocenić wkład Habilitanta w ich powstanie (z wyjątkiem publikacji [E3]). Publikacje te stanowią dorobek uzupełniający Habilitanta.

Dr Rogala prowadzi od roku 2018 intensywną współpracę z firmą CryoScience, która jest wiodącym producentem urządzeń zasilanych ciekłym azotem do krioterapii miejscowej oraz ogólnoustrojowej. W latach 2018 – 2022 był wykonawcą w projekcie badawczo-wdrożeniowym pt. „Indu-

ustrial research and development works regarding the technology of innovative development of hybrid and electric WBC cryochambers” POIR.01.01.01-00-1225/17 współfinansowanym przez NCBiR. Habilitant od roku 2020 pracował w projekcie jako kierownik naukowy projektu. Celem projektu było opracowanie innowacyjnej technologii kriokomór elektrycznych pozwalających przeprowadzać zabiegi w temperaturach do -140°C .

5. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Habilitant prowadził szereg kursów dydaktycznych dotyczących zagadnień termodynamicznych, a także z zakresu elektrotechniki i elektroniki obejmujących ćwiczenia tablicowe i laboratoryjne. Jest promotorem trzech prac inżynierskich, trzech prac magisterskich, pisanych w języku polskim i angielskim. Habilitant aktywnie przeprowadził przebudowę pięciu stanowisk dydaktycznych. Dr Z. Rogala otrzymał Nagrodę Rektora Politechniki Wrocławskiej za wkład w działalność uczelni w roku 2020 oraz 2018 (jako doktorant). Zauważam osiągnięcia dydaktyczne (w odniesieniu do krótkiego zaledwie 2 lata plus 9 miesięcy - okresu zatrudnienia). Habilitant posiada osiągnięcia organizacyjne związane z przebudową laboratorium.

6. Działalność popularyzatorska, wystąpienia konferencyjne, udział w życiu naukowym

Habilitant posiada jedno wystąpienie na konferencji międzynarodowej (ASEE 2017) we Wrocławiu z referatem. Dorobek w tym zakresie należy uznać za znikomy. Habilitant nie posiada osiągnięć w zakresie: członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych. Habilitant jest członkiem komitetu recenzentów wydawnictwa MDPI. Habilitant wykonał szereg recenzji dla wydawnictw: Applied Thermal Engineering (Elsevier) -6; Cryogenics (Elsevier)-2 Applied Energy (Elsevier) -1; Energies (MDPI) - 8 Applied Sciences (MDPI) -1; Processes (MDPI)- 1; Atmosphere (MDPI)- 1.

Habilitant zaliczył 3-miesięczny staż naukowy w dziale badawczo-rozwojowym w firmie Cryo Science Poland w charakterze eksperta R&D w Bielany Wrocławskie, 7.2019 – 9. 2019. Niestety – zdaniem recenzenta przedsiębiorstwa pomimo posiadania działów R&D nie są jednostkami naukowymi, dlatego zrealizowany staż nie można uznać za spełniający wymagania (art. 219 punkt ust.1 punkt 3 ustawy (Dz.U.2022.0.574 t.j. - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce).

Dr Z. Rogala nie posiada osiągnięć w zakresie uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych. Habilitant jest zaangażowany w pracę Krajowego Konsor-

cjum FEMTOFizyka. Habilitant nie posiada osiągnięć w zakresie uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny.

7. Działalność w otoczeniu gospodarczym

Habilitant nie wykazał osiągnięć w zakresie dorobku technologicznego, ale aktywnie współpracuje ze spółką Cryoscience w zakresie realizacji m.in. projektu badawczo-rozwojowego „Industrial research and development works regarding the technology of innovative development of hybrid and electric WBC cryochambers” współfinansowanego przez NCBiR, 2019 – 2022 a także ze spółką Cryo-Cargo w zakresie realizacji projektu badawczo-rozwojowego „Opracowanie morskich kontenerów do przechowywania i transportu materiałów medycznych w temperaturach poniżej -80°C, 2021-2022 Habilitant posiada w swoim dorobku dwa zastrzeżenia patentowe (2015, 2018).

Habilitant informuje o wdrożeniu kriokomory ogólnoustrojowej Cryo Glacier® o temperaturze zabiegowej -140 °C w ramach współpracy z firmą CryoScience, 2019-2022. Brak jest potwierdzenia tego osiągnięcia ze strony firmy CryoScience, Wniosek został złożony w dn. 28.06.22 i zawiera w tekście autorefeatu informację o planowanym rozpoczęciu wdrożeniu produkcji wspomnianej komory w lipcu 2022 (po złożeniu wniosku). Habilitant jest autorem opracowania dot. oceny zamrażania wymienników dla Hyundai Heavy Industries, Korea Shipbuilding & Marine Engineering.

8. Informacje naukometryczne dorobku Habilitanta

Dane zebrane przez Habilitanta dotyczą wszystkich publikacji – również tych, które zdaniem recenzenta nie wchodziły do osiągnięcia habilitacyjnego są następujące:

1. Impact Factor po doktoracie: 35.06 (w tym publikacje [A8], [A10], które recenzent odrzucił z uwagi na publikację po złożeniu wniosku i brak czasopisma w wykazie MEiN)
2. Impact Factor przed doktoratem: 12.396
3. Sumaryczny Impact Factor: 47.46 (w tym publikacje [A8] i [A10], które recenzent odrzucił z uwagi na publikację po złożeniu wniosku i brak czasopisma w wykazie MEiN))

Zgodnie z informacją w autoreferacie Habilitant posiada następującą liczbę cytowań

1. Wg bazy Web of Science: 95 cytowania, w tym 16 autocytowań
2. Wg bazy Scopus: 106 cytowań, w tym 17 autocytowań
3. Wg bazy Google Scholar: 138 cytowań, w tym 17 autocytowań

Habilitant posiada indeks Hirscha – zgodnie z wpisem w autoreferacie:

1. Wg bazy Web of Science: 6
2. Wg bazy Scopus: 7

9. Ocena osiągnięć potwierdzających istotną aktywność naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej w szczególności zagranicznej

Przez rozumienie pojęcia instytucji naukowej rozumie się zwykle uczelnie wyższe, publiczne i niepubliczne oraz ich jednostki organizacyjne (wydziały, instytuty, katedry, zakłady), a także instytuty badawcze, które prowadzą badania naukowe. Zdaniem Rady Doskonałości Naukowej działalność ta musi być potwierdzona stosownymi dokumentami („Należy jednak mieć przy tym na uwadze, że omawiana aktywność, co wynika z literalnego brzmienia tego przepisu, musi być realizowana w co najmniej dwóch uczelniach, instytucjach naukowych lub instytucjach kultury.”³

Staż naukowy (w instytucji naukowej) ani też aktywność doktora Z. Rogali nie zostały potwierdzone zostały żadnym pismem Dziekana Wydziału Mechaniczno-Energetycznego Politechniki Wrocławskiej. Habilitant zaliczył 3-miesięczny staż naukowy w dziale badawczo-rozwojowym w firmie Cryo-Science Poland w charakterze eksperta R&D w Bielany Wrocławskie, 7.2019 – 9. 2019. Trudno uznać, że firma komercyjna jest ‘instytucją naukową’, nawet jeżeli posiada dział R&D.

W świetle powyższych ustaleń uznaję, że nie został wypełniony wymóg ustawowy wykazania się istotną aktywnością naukową "realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej" (art. 219 ust.1 punkt 3 ustawy (Dz.U.2022.0.574 t.j. - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce))

10. Podsumowanie

Uważam, że przygotowany wniosek habilitacyjny posiada wady formalne, które nie powinny umożliwiać wykonanie oceny merytorycznej, w związku m.in. z włączeniem do spisu publikacji artykułu, który nie został opublikowany w dniu złożenia wniosku (28.06.2022). Lista publikacji wskazana jako osiągnięcie Habilitanta zawiera też jeden artykuł oraz dwie publikacje konferencyjne, które w momencie opublikowania nie spełniały warunku zapisanego w art. 219 ustęp 1 punkt 2 ustawy (Dz.U.2022.0.574 t.j. - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce). Złożony wniosek powinien zdaniem recenzenta zostać oddalony z urzędu przez RDN z przyczyn formalnych, jednak z uwagi na jego dopuszczenie przeprowadzona została analiza merytoryczna wniosku.

Analizując przedstawiony aspekt poznawczy osiągnięcia naukowego pt. „Badania eksperymentalne i modelowanie procesów skraplania, rekondensacji, regazyfikacji i odzysku egzergii LNG”

³ Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego; str. 15, Poradnik aktualizowany/5.08. 2021 r., wyd. Rada Doskonałości Naukowej

przychyłam się do stwierdzenia (pomimo odrzucenia z przyczyn formalnych 4 publikacji), że przedstawiony cykl publikacji stanowi oryginalne osiągnięcia Habilitanta (przy założeniu, że wkład innych osób jest zgodny z oświadczeniem Habilitanta⁴) i może zostać uznany jako istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Uznaję zatem, że można przyjąć spełnienie warunku opisanego w art. 219, ust. 1 pkt 2 ustawy (Dz.U.2022.0.574 t.j. - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce) w odniesieniu do złożonego wniosku habilitacyjnego, ale równocześnie zwracam uwagę, że Habilitant nie udokumentował w sposób jasny swojego udziału publikacjach wieloautorskich co wymaga art. 219, ust. 2 ustawy (Dz.U.2022.0.574 t.j. - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce) w odniesieniu do złożonego wniosku habilitacyjnego.

Zauważyć należy, że Habilitant jest właścicielem dwóch patentów dot. procesu wymiany ciepła oraz osuszania adsorpcyjnego. Pozostały dorobek habilitanta opisany w p. 4-7 niniejszej opinii wskazuje na małą aktywność międzynarodową (brak udziału w projektach międzynarodowych, jedno wystąpienie na konferencji międzynarodowej, brak wymiany międzynarodowej, brak międzynarodowych publikacji). Recenzent zauważa, że aktywność w zakresie udziału w życiu naukowym poza własną uczelnią nie jest wysoka. Udział habilitanta w zakresie współpracy z otoczeniem gospodarczym jest wystarczający. wykazuje pewne

Habilitant zaliczył 3-miesięczny staż naukowy w dziale badawczo-rozwojowym w firmie Cryo Science Poland w charakterze eksperta R&D w Bielany Wrocławskie, 7.2019 – 9. 2019. Trudno jednak uznać, że firma komercyjna jest 'instytucją naukową', nawet jeżeli posiada dział R&D.

W świetle powyższych ustaleń uznaję, że nie został wypełniony wymóg ustawy wykazania się istotną aktywnością naukową "realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej" (art. 219 ust.1 punkt 3 (Dz.U.2022.0.574 t.j. - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce).

Uważam, że wniosek przedstawiony powinien zostać oddalony z przyczyn formalnych, jak opisałem w pierwszej części recenzji. Analiza merytoryczna i formalna przedstawionych osiągnięć habilitanta (po odrzuceniu 4 opisanych wyżej publikacji) nie pozwala mi na przedstawienie rekomendacji pozytywnej odnośnie spełnienia wymogów opisanych w art. 219 ustawy (Dz.U.2022.0.574 t.j. - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce).

⁴ Habilitant nie dostarczył oświadczeń współautorów omawianego cyklu publikacji

Uważam, że przedstawiony wniosek habilitacyjny jest przedwczesny, w szczególności Habilitant nie wykazał się „istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej”. Tym samym nie wypełnił wymagań opisanych w art. 219 ustawy (Dz.U.2022.0.574 t.j. - Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce).

Stanisław Męży