

RECENZJA

**dorobku naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego
dr. inż. Rafała Łukasza Andrzejczyka
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego dr. habilitowanego**

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja została opracowana na podstawie zlecenia sygnowanego przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny *Inżynieria Mechaniczna* w Politechnice Gdańskiej, prof. dr. hab. inż. Michała Wasilczuka (pismo nr: 012/WM/2020 z dnia 08.01.2020 r.), wystawionego zgodnie z decyzją CK ds. Stopni i Tytułów wynikającą z wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego złożonego przez dr. inż. Rafała Andrzejczyka, zwanego dalej Habilitantem.

Recenzję sporządzono w oparciu o dostarczone materiały obejmujące autoreferat, wykaz dorobku naukowego oraz zbiór pozostałych załączników. Jej podstawę stanowi Ustawa z dnia 14.03.2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym ...* (tekst jednolity, Dz.U. z 2017 r., poz. 1789) oraz Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 01.09.2011 r. *w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego* (Dz.U. Nr 196, poz. 1165).

2. Podstawowe dane o Habilitancie

Pan Rafał Andrzejczyk urodził się 11. lipca 1986 roku w Żurominie. W 2010 r. ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej, kierunek *Mechanika i Budowa Maszyn*, specjalność *Systemy i Urządzenia Chłodnicze i Klimatyzacyjne* broniąc pracę dyplomową na temat *Ocena możliwości technicznych podwyższenia efektywności energetycznej (współczynnika COP) systemów chłodzenia o wydajności chłodniczej do 10 kW, na przykładzie wybranej instalacji chłodniczej*, i uzyskując dyplom magistra inżyniera. W 2014 roku, w wyniku obrony dysertacji *Badania wpływu efektu nieadiabatyczności na opory przepływu podczas kondensacji w mini-kanalach*, której promotorem był prof. dr hab. inż. Dariusz Mikieliewicz, uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Budowa i Eksploatacja Maszyn*, nadany uchwałą Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej.

W listopadzie 2013 roku podjął pracę na Wydziale Mechanicznym PG, początkowo na stanowisku *asystenta*, a następnie – od marca 2014 r. na stanowisku *adiunkta*. W okresie kwiecień 2015 – styczeń 2016 r. był dodatkowo zatrudniony w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN (specjalista).

3. Charakterystyka działalności naukowej Habilitanta

Działalność naukowo-badawcza dr. inż. Rafała Andrzejczyka, odniesiona do okresu po obronie doktoratu, obejmuje szerokie spektrum zagadnień dotyczących przede wszystkim

problematyki ciepłno-przepływowej urządzeń chłodniczych, grzewczych i klimatyzacyjnych, a w szczególności:

- intensyfikacji wymiany ciepła wybranych typów wymienników ciepła,
- badania i analizy wrzenia w kanale podczas przepływu czynnika chłodniczego,
- efektywności energetycznej termosyfonu dwufazowego,
- wykorzystania układów kogeneracyjnych i trigeneracyjnych w energetyce rozproszonej,
- magazynowania energii cieplnej,
- wykorzystania ekologicznych nośników energii w układach lewobieżnych,
- zagospodarowania energii odpadowej.

Prace te w znacznej części koncentrują się na badaniach eksperymentalnych, rozwiązaniach konstrukcyjnych i modelowaniu ciepłno-przepływowym urządzeń i procesów realizujących obiegi lewobieżne, a ich efektem są m.in. publikacje charakteryzujące zarówno obszar działań, jak i osiągnięcia Habilitanta.

W dorobku ujętym w dokumentacji habilitacyjnej (*Załącznik nr 3 do Wniosku*), w części obejmującej okres po uzyskaniu stopnia doktora, można wyszczególnić 69 prac, w większości współautorskich, w tym 13 artykułów w czasopismach z bazy JCR, 30 artykułów w czasopismach z listy „B” MNiSW, 4 publikacje w materiałach konferencji indeksowanych przez WoS oraz 22 publikacje inne (materiały konferencyjne, monografie, ...).

4. Główne osiągnięcie naukowe Habilitanta

Ważniejsze z ww. prac zostały uznane i zgłoszone przez Habilitanta jako ... *osiągnięcie naukowe uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej ...*, i zaliczone do dorobku będącego podstawą procedury habilitacyjnej (Ustawa z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym ..., tekst jednolity: Dz.U. z 2017 r., p. 1789, art. 16, ust. 2).

Stanowią one monotematyczny cykl publikacji ujęty uogólnionym tytułem ***Wybrane zagadnienia poprawy efektywności konwekcyjnej wymiany ciepła w konstrukcjach aparatów cieplnych na potrzeby HVAC***, na który składają się:

1. Andrzejczyk R., Muszyński T.: *Performance analyses of helical coil heat exchangers. The effect of external coil surface modification on heat exchanger effectiveness*. Archives of Thermodynamics, vol. 37, 4 (2016), s. 137-159.
2. Andrzejczyk R., Muszyński T.: *Thermodynamic and geometrical characteristics of mixed convection heat transfer in the shell and coil tube heat exchanger with baffles*. Applied Thermal Engineering, vol. 121 (2017), s. 115-125.
3. Andrzejczyk R., Muszyński T.: *An experimental investigation on the effect of new continuous core-baffle geometry on the mixed convection heat transfer in shell and coil heat exchanger*. Applied Thermal Engineering, vol. 136 (2018), s. 237-251.
4. Andrzejczyk R., Muszyński T., Gosz M.: *Experimental investigations on heat transfer enhancement in shell coil heat exchanger with variable baffles geometry*. Chemical Engineering and Processing, vol. 132 (2018), s. 114-126.
5. Andrzejczyk R., Muszyński T., Dorao C.: *Experimental investigations on adiabatic frictional pressure drops of R134a during flow in 5mm diameter channel*. Experimental Thermal and Fluid Science, vol. 83 (2017), s. 78-87.
6. Muszyński T., Andrzejczyk R., Dorao C.: *Investigations on mixture preparation for two phase adiabatic pressure drop of R134a flowing in 5 mm diameter channel*. Archives of Thermodynamics, vol. 38, 3 (2017), s. 101-118.
7. Muszyński T., Andrzejczyk R., Dorao C.: *Detailed experimental investigations on frictional pressure drop of R134a during flow boiling in 5 mm diameter channel: The influence of acceleration pressure drop component*. Int. J. of Refrigeration, vol. 82, (2017), s. 163-173.

8. Andrzejczyk R., Muszyński T., Kozak P.: *Experimental investigation of heat transfer enhancement in straight and U-bend double-pipe heat exchanger with wire insert*. Chemical Engineering and Processing, Process Intensification, vol. 136, February 2019, s. 177-190.
9. Andrzejczyk R., Muszyński T., Kozak P.: *Experimental investigation on straight and u-bend double tube heat exchanger with active and passive enhancement methods*. XI Int. Conference on Computational Heat, Mass and Momentum Transfer (ICCHMT 2018), 2018, s. 1-6.
10. Andrzejczyk R., Muszyński T., Kozak P.: *Experimental and CFD studies on straight and U-Bend double tube heat exchangers with active and passive enhancement methods*, Heat Transfer Engineering (zgłoszony do publikacji, po pierwszej recenzji).
11. Andrzejczyk R., Muszyński T.: *The performance of H₂O, R134a, SES36, ethanol, and HFE7100 two-phase closed thermosyphons for varying operating parameters and geometry*. Archives of Thermodynamics, vol. 38, 3 (2017), s. 3-21.
12. Andrzejczyk R.: *Experimental investigation of the thermal performance of a wickless heat pipe operating with different fluids: water, ethanol, and SES36. Analysis of influences of instability processes at working operation parameters*. Energies, vol. 12, 1 (2018), s. 1-28.

Sumaryczny *Impact Factor* ww. cyklu publikacji $IF = 22,307$, zaś łączna liczba punktów kwantyfikacyjnych MNiSW = 294.

W powyższym cyklu publikacje [2,3,4,5,7,8,10,11] to artykuły w czasopismach indeksowanych w bazie JCR / lista „A” MNiSW, publikacje [1,6,11] – artykuły w czasopiśmie z listy „B” MNiSW, a pozycja [9] to publikacja w materiałach konferencyjnych ujętych w bazie WoS. Wszystkie publikacje, poza [12], są pracami współautorskimi. W *Załączniku nr 2* do Wniosku Habilitant sprecyzował swój udział w ich powstaniu, przy czym nie znajduje to odzwierciedlenia w oświadczeniach współautorów (*Załącznik nr 4*).

4.1. Charakterystyka merytoryczna

Zaliczone do GON prace Kandydata należy uznać za ważne ze względu na poruszaną w nich tematykę dotyczącą efektywności pracy urządzeń grzewczych, chłodniczych i klimatyzacyjnych (ang. HVAC), których rynek jest współcześnie uważany za jeden z najważniejszych i najszybciej rozwijających się sektorów światowej gospodarki. Do produkcji „chłodu”, zarówno na potrzeby tzw. komfortu cieplnego pomieszczeń, jak i chłodzenia (np. żywności), stosuje się głównie sprężarkowe urządzenia chłodnicze, wrażliwe na zmiany parametrów termicznych otoczenia, szczególnie w przypadku ich chłodzenia powietrzem atmosferycznym. W okresach wysokich temperatur (lato) objawia się to znacznym obniżeniem efektywności energetycznej i skutkuje wzmożonym zapotrzebowaniem na energię napędową (elektryczną), której zużycie gwałtownie rośnie. Sprawia to, że jednym z podstawowych kierunków prowadzonych prac badawczo-rozwojowych są działania mające na celu poprawę efektywności energetycznej systemów HVAC, w tym efektywności wymienników ciepła uważanych za jedne z najważniejszych elementów determinujących ich wydajność. Nie mniej istotnym problemem wymagającym rozwiązania, jest wykorzystywanie szkodliwych środowiskowo czynników roboczych o wysokim wskaźniku GWP. Uważa się, że słusznym jest podejście, iż do prawidłowej oceny sprężarkowego urządzenia chłodniczego / pompy ciepła należy wykorzystywać wskaźnik TEWI (ang. *Total Equivalent Warming Impact*), pozwalający w sposób kompleksowy ocenić oddziaływanie instalacji na środowisko i szacować koszty użytkowania w kontekście bezpośredniego i pośredniego wpływu na tworzenie efektu cieplarnianego. Dlatego ważne jest zarówno podniesienie efektywności energetycznej tych systemów, w tym wymienników ciepła, jak również poszukiwanie nowych, przyjaznych dla środowiska zamienników dla obecnie stosowanych czynników roboczych.

Naprzeciw tym potrzebom wychodzą prace Habilitanta, w których można wyodrębnić cztery zasadnicze grupy zagadnień - tematów, a mianowicie:

- *Intensyfikacja wymiany ciepła po stronie „płaszcz” węzownicowych wymienników ciepła za pomocą autorskiej koncepcji przegród oraz modyfikacji zewnętrznej powierzchni zarysu węzownicy.*

Prace Kandydata obejmowały opracowanie i przebadanie różnych koncepcji intensyfikacji wymiany ciepła w wymiennikach węzownicowych pracujących w warunkach przepływu laminarnego, charakteryzujących się niższą efektywnością energetyczną. W efekcie Kandydat wykazał, iż opracowana koncepcja przegród montowanych po stronie płaszcza wymiennika wywołuje ruch wtórny, porównywalny z ruchem spiralnym, intensyfikując tym samym proces mieszania czynnika wokół węzownicy, co pozwala zminimalizować występujące *strefy martwe*. Tym samym proponowana metoda poprawia efektywność energetyczną konstrukcji, co jest szczególnie widoczne przy mniejszych prędkościach przepływu czynnika po stronie płaszcza. Istotnym jest, że rozwiązanie nie prowadzi do znaczącego wzrostu oporów przepływu czynnika omywającego węzownicę, a tym samym – większego zapotrzebowania na moc przetwarzania. Opracowane przez Kandydata korelacje empiryczne proponowanych modyfikacji, pozwalają na stosunkowo prostą ich aplikację, wychodząc naprzeciw oczekiwaniom projektantów urządzeń do systemów HVAC.

- *Badania wrzenia w kanale konwencjonalnym podczas przepływu czynnika R134a. Analiza wpływu zjawiska porywania/osadzania kropeł, wpływu tarcia międzyfazowego na całkowity spadek ciśnienia w przepływie dwufazowym.*

W tym obszarze działalności Kandydat ukierunkował swoje prace na pogłębienie wiedzy w zakresie przepływu dwufazowego jednego z podstawowych czynników roboczych stosowanych w instalacjach HVAC (R134a), w szczególności na ocenę wpływu zjawiska osadzania / porywania kropeł na spadek ciśnienia podczas przepływu adiabatycznego oraz na przewidywanie postaci struktur przepływu. Problem jest ważny, gdyż przepływ ze zmianą fazy sprzyja występowaniu wysokich wartości współczynników przejmowania ciepła, czemu jednocześnie towarzyszą efekty sprzyjające wzrostowi oporów przepływu, a w rezultacie zwiększenie zużycia energii. Prowadzone prace wykazały m.in., że znaczący wpływ na całkowite opory mają warunki cieplno-przepływowe czynnika na wlocie do sekcji odparowania (przechłodzenie), a także, iż istotnym elementem właściwego określania całkowitego spadku ciśnienia jest prawidłowe modelowanie spadku wywołanego przyspieszeniem czynnika roboczego (dla kondensacji - opóźnieniem). Ze względu na brak zadowalającej zgodności wyników badań własnych z korelacjami literaturowymi Kandydat zaproponował zmodyfikowaną korelację na tzw. stopień zapelnienia. Opracowana metodyka obliczania spadku ciśnienia tarcowego jak i wywołanego przyspieszeniem / opóźnieniem mieszanki dwufazowej, pozwala na poprawę procesu projektowania parowników i skraplaczy, mających kluczowe znaczenie dla optymalizacji efektywności energetycznej w instalacjach HVAC.

- *Pasywne i aktywne metody intensyfikacji wymiany ciepła w zakresie wymienników typu rura w rurze i U-rura.*

Kolejnym ważnym tematem, który Kandydat podjął w swoich pracach, było wykorzystanie różnych metod intensyfikacji wymiany ciepła w wymienniku typu *rura w rurze i U-rura*. Prowadzone prace (konstrukcyjno-eksperymentalne, modelowanie matematyczne za pomocą korelacji półempirycznych, analiza CFD), pokazały możliwości zwiększenia efektywności wymiany ciepła, w tym celowość stosowania turbulizatorów pasywnych generujących przepływ wtórny w płaszczu wymiennika oraz tzw. „*wdmuchu*” dodatkowej fazy w obszar przepływu, a także zasadność wykorzystania obu tych metod jednocześnie. Ważnym efektem tych prac jest zgromadzona baza danych eksperymentalnych dotycząca przepływu w przekroju pierścieniowym, istotna m.in. z tego względu, iż literatura tematu wykazuje niewielką ilość prac odnoszących się do tego zagadnienia, przy czym dotyczy to zarówno przepływu jedno- jak i dwufazowego.

- *Analiza efektywności energetycznej termosyfonu dwufazowego, wpływ podstawowych parametrów geometrycznych, rodzaju czynnika roboczego oraz niestabilności przemian fazowych.*

Kolejna część działalności Kandydata obejmuje prace dotyczące termosyfonu dwufazowego (grawitacyjnej rurki ciepła), który ze względu na prostotę wykonania, brak elementów ruchomych oraz brak potrzeby doprowadzenia energii napędowej (układ pasywny) znalazł zastosowanie w systemach HVAC. W szczególności aktywnie rozwijanym kierunkiem badań jest wykorzystanie termosyfonu do wspomagania układu pompy ciepła. Jednym z podstawowych problemów funkcjonowania takich systemów jest możliwość wystąpienia niestabilności pracy termosyfonu, a także problem z doбором czynnika roboczego oraz optymalizacją parametrów geometrycznych i ilości substancji roboczej (stopień wypełnienia parownika). Wynikiem prac Kandydata jest m.in. baza danych dotyczących termosyfonu dwufazowego pracującego z różnymi czynnikami roboczymi w zakresie zmiennych poziomów wypełnienia parownika, jak również czasowe charakterystyki pracy układu. Zgromadzony w niej materiał może przyczynić się do poprawy projektowania systemów wykorzystujących grawitacyjne rurki ciepła. Wymiernym efektem prac jest także wynalazek w postaci płaskiego żebra wykorzystującego efekt termosyfonowy, zgłoszony do ochrony patentowej w UP RP.

4.2. Podsumowanie

Analiza merytoryczna i formalna cyklu publikacji zgłoszonego przez Kandydata jako osiągnięcie naukowe będące podstawą procedury habilitacyjnej, pozwala mi stwierdzić, że stanowi on syntezę i podsumowanie prac prowadzonych przez dr. R. Andrzejczyka w obszarze objętym tematem. W moim przekonaniu materiał ten stanowi wkład w rozwój wiedzy w obszarze intensyfikacji wymiany ciepła w wymiennikach ciepła mających zastosowanie w systemach HVAC, a do najistotniejszych osiągnięć Kandydata należy zaliczyć:

- opracowanie koncepcji i wykonanie oryginalnej konstrukcji pasywnego intensyfikatora wymiany ciepła w postaci przegród wywołujących ruch wtórny w płaszczu wymiennika węzownicowego, o potwierdzonej przydatności do poprawy efektywności energetycznej, szczególnie przy przepływie laminarnym po stronie płaszcza;
- opracowanie korelacji empirycznych do obliczania współczynników przejmowania ciepła dla proponowanych modyfikacji konstrukcji wymiennika węzownicowego umożliwiających stosunkowo prostą ich implementację do zastosowań praktycznych;
- współautorstwo zmodyfikowanej metodyki obliczania spadku ciśnienia tarcowego, jak i wywołanego przyspieszeniem / opóźnieniem mieszania dwufazowej;
- opracowanie empirycznych korelacji umożliwiających projektowanie wymienników ciepła typu *rura w rurze* i *U-rura z / bez turbulizatora spiralnego*, pracujących w zakresie przepływu jednofazowego lub dwufazowego;
- opracowanie bazy danych eksperymentalnych dla nieizotermicznego przepływu płynu w kanale pierścieniowym;
- opracowanie bazy danych pracy termosyfonu dwufazowego z różnymi czynnikami roboczymi oraz czasowych charakterystyk pracy, przydatnych do lepszego projektowania systemów wykorzystujących grawitacyjne rurki ciepła w układach HVAC.

Reasumując uważam, że uznany za główne osiągnięcie naukowe Habilitanta cykl publikacji jest swoistym podsumowaniem prowadzonych przez Niego prac badawczych w zakresie objętym tytułem i zawiera szereg ważnych elementów, które można uznać za Jego oryginalny dorobek. Zawarta w nim problematyka z pewnością może być przedmiotem postępowania habilitacyjnego, a przedstawione wyniki, w moim przekonaniu, są ważne zarówno ze względu na rozwój wiedzy, jak też możliwość praktycznych zastosowań.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

Pozostałe publikacje z okresu po obronie pracy doktorskiej, nie włączone w skład osiągnięcia habilitacyjnego, to: 5 artykułów w czasopismach z listy JCR, 27 w czasopismach z listy „B” MNiSW, 3 publikacje w materiałach indeksowanych w WoS oraz 27 pozycji w materiałach konferencyjnych i innych. Uzupełnieniem są 2 zgłoszenia patentowe oraz 2 zgłoszenia projektów wynalazczych. Publikacje, podobnie jak i pozostałe osiągnięcia, są pracami współautorskimi z sugerowanym przez Habilitanta udziałem w ich powstaniu.

Dorobek ten, podobnie jak poprzedni, jest wynikiem uczestnictwa Habilitanta w pracach naukowo-badawczych, o zróżnicowanej tematyce syntetycznie podanej poniżej:

- *Wykorzystanie układów kogeneracyjnych i trigeneracyjnych w systemach energetyki rozproszonej.*

Prace dotyczyły zastosowania silników spalinowych małej mocy zasilanych gazem ziemnym, w tym opracowania innowacyjnego urządzenia trigeneracyjnego wyposażonego w układ do obróbki ciepłno-wilgotnościowej powietrza (moduł adsorpcyjny), powietrzną pompę ciepła i wielopaliwowy silnik spalinowy, i były realizowane w ramach projektu NCBiR *Innowacyjne urządzenie trigeneracyjne do produkcji energii elektrycznej i chłodu dla energetyki rozproszonej o obniżonej emisji środowiskowej*, którego liderem jest PG, a partnerem przemysłowym VBW sp. z o.o. Efektem tych prac jest m.in. zgłoszony do ochrony patentowej wynalazek *Wieloźródłowy płytowy wymiennik ciepła*, którego Habilitant jest współautorem.

- *Systemy magazynowania energii cieplnej przeznaczone do współpracy z układami realizującymi obiegi lewobieżne.*

Prace dotyczyły wykorzystania ciepła jawnego i ciepła przemiany fazowej w krótko-terminowych i sezonowych magazynach, koncentrując się na poszukiwaniu materiałów naturalnych przydatnych jako wypełnienie. Kandydat uczestniczył m.in. w projekcie *Zasobnik ciepła ze stratyfikacją termiczną*, realizowanym dla firmy Mar-Spaw sp. z o.o., którego wynikiem była technologia wykonania wymienników węzownicowych odpowiadających za proces ładowania / rozładowywania zasobnika. Obecnie dr R. Andrzejczyk kieruje projektem *Bio-ekoinnowacyjny przenośny magazyn termalny dla zastosowań elektromobilnych*, którego celem jest opracowanie innowacyjnego magazynu do akumulacji ciepła i chłodu, współpracującego z systemem HVAC pojazdu elektrycznego, zapewniającego komfort cieplny w kabinie i odpowiednie parametry termiczne pakietu baterii, przy czym głównym zamierzeniem jest wykorzystanie w jego konstrukcji substancji biodegradowalnych. *Bio-ekoinnowacyjny magazyn termalny do współpracy z systemem HVAC w pojeździe elektrycznym oraz zewnętrznymi punktami ładowania / rozładowywania*, którego głównym pomysłodawcą rozwiązania jest Kandydat, jest przedmiotem zgłoszenia do ochrony patentowej w UP RP.

- *Wykorzystanie przyjaznych środowisku nośników energetycznych w układach chłodniczych, grzewczych i klimatyzacyjnych.*

Prace dotyczyły właściwości ciepłno-przepływowych „nowych” czynników roboczych mających zastąpić płyny z grupy HCFC i HFC, a także związanych z tym zmian konstrukcyjnych układów chłodniczych / klimatyzacyjnych, i obejmowały m.in. modelowanie efektywności energetycznej sprężarkowej pompy ciepła współpracującej z wybranymi czynnikami roboczymi, modelowanie charakterystyk ciepłno-przepływowych parownika jako zależności współczynników przejmowania ciepła od strumienia masy czynnika i doprowadzonej mocy oraz oporów przepływu dwufazowego, a także wpływu przechłodzenia czynnika i temperatury skraplania na współczynnik wydajności grzewczej pompy ciepła. Badania te, ukierunkowane na energooszczędne i proekologiczne rozwiązania systemów chłodniczych i klimatyzacyjnych były prowadzone na potrzeby firmy *A. Jabłoński Cool System*.

- *Systemy zagospodarowania energii odpadowej*

Kandydat zajmował się także zagadnieniem wykorzystania energii odpadowej z systemów chłodniczych i klimatyzacyjnych, w szczególności analizą układów odzysku ciepła przegrzania i skraplania, aspektów technicznych i ekonomicznych tej operacji, a przede wszystkim prawidłowym projektowaniem węzłów odzysku ciepła, wyborem układu sterowania oraz niezawodnością pracy systemu, także optymalizacją w kontekście różnych rodzajów stosowanych czynników roboczych. Osobne zagadnienie stanowiły prace dotyczące zagospodarowania energii odpadowej w systemach grzewczych i napędu układów chłodniczych jednostek pływających, a także magazynowania ciepła i chłodu z systemów odzysku energii z silników jednostek morskich przy zastosowaniu różnych akumulatorów (termochemiczne, ze zmianą fazy, wykorzystujące ciepło jawne), z uwzględnieniem optymalizacji projektowania zarówno w kontekście przeznaczenia jednostki, dostępności energii odpadowej i zapotrzebowania na ciepło / chłód oraz zmiany warunków klimatycznych w trakcie rejsu.

Powyższe prace Habilitant realizował jako wykonawca projektów badawczych finansowanych centralnie (niektórymi kierował), prac zleconych, a także w ramach badań własnych i statutowych. Uważam, że zakres tematyczny tych prac, poziom merytoryczny, także waga podejmowanej problematyki dają podstawy do pozytywnej oceny prowadzonej działalności naukowo-badawczej, a zgromadzony dorobek, także w części pozahabilitacyjnej, należy uznać za ważny, zarówno ze względów poznawczych, jak i użytkarnych.

Tym samym mogę stwierdzić, że Habilitant wykazuje się znaczną efektywnością naukową, o czym świadczą realizowane przez Niego prace oraz związany z nimi dorobek, który upowszechniał w czasopiśmie międzynarodowych (lista JCR) i krajowych (lista „B”), a także prezentował na licznych konferencjach. Sumaryczny Impact Factor Jego publikacji, wynosi $IF = 36,98$ (wg dokumentacji), natomiast indeks Hirscha $h = 7$. Dorobek ten jest znaczny i w całości przypada na okres po doktoracie. Uważam, że spełnia on wymogi ustawowe, a jego całokształt upoważnia dr. R. Andrzejczyka do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego nauk technicznych.

6. Ocena pozostałej działalności

Poniżej, w sposób syntetyczny, przedstawione są osiągnięcia Habilitanta w obszarze działalności dydaktycznej, a także w innych obszarach pracy.

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

Dotychczasowa działalność dydaktyczna Habilitanta jest związana z pracą na WM PG, gdzie prowadził / prowadzi różne formy zajęć (wykłady, ćwiczenia, projekty, laboratoria), zarówno na studiach stacjonarnych, jak i niestacjonarnych I i II-go stopnia, w tym w języku angielskim. Ponadto był promotorem prac dyplomowych magisterskich (6), inżynierskich (17) i tzw. projektów indywidualnych (ponad 10). W 2016 roku wykonana przez Jego dyplomanta praca została nagrodzona dyplomem *Doskonały projekt* w konkursie *Urządzenia Demonstracyjne dla Szkół Wyższych*.

Od 2018 r. jest promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim prowadzonym na Wydziale Oceanotechniki i Okrętownictwa PG (M. Gosz: *Badania teoretyczne i eksperymentalne krótkoterminowego magazynu ciepła zintegrowanego z konstrukcją budynku*).

Za działalność dydaktyczną został wyróżniony przez Rektora PG nagrodą zespołową I stopnia (2017 r.).

6.2. Inne osiągnięcia

W okresie po dysertacji, w latach 2015-2019 Habilitant kierował 4 projektami realizowanymi ze środków na działalność statutową WM PG, dotyczącymi problematyki *konden-*

sacji / wrzenia na zmodyfikowanej powierzchni wymiany ciepła oraz badań i modelowania matematycznego pasywnych i aktywnych metod intensyfikacji wymiany ciepła w obszarze kompaktowych wymienników ciepła. Ponadto brał udział w projektach naukowo-badawczych finansowanych ze źródeł centralnych / zewnętrznych:

- *Zaawansowane technologie pozyskiwania energii: Opracowanie technologii dla wysokosprawnych zero-emisyjnych bloków węglowych zintegrowanych z wychwytem CO₂ ze spalin* (NCBiR, projekt strategiczny, 01.05.2010 - 30.04.2015);

- *Innowacyjne urządzenie trigeneracyjne do produkcji energii elektrycznej i chłodu dla energetyki rozproszonej o obniżonej emisji środowiskowej* (POIR, 01.01.2018 - 31.12.2020);

- *Fundamental study of hydrodynamics and mass transfer in annular-mist flow* (Research Council of Norway – FRINATEK, Project 231529).

Brał także udział w projektach międzynarodowych realizowanych w ramach konsorcjów naukowych:

- *Development and demonstration of compact, multi-source heat exchanger technologies for renewable energy application, ReneweX-2016*. Research and Innovation Funding Programme (członek konsorcjum z ramienia IMP PAN, 01.2014 - 01.2016);

- *Bioeconomy in the South Baltic Area: Biomass-based Innovation and Green Growth*. Interreg South Baltic (członek konsorcjum z ramienia WM PG, 31.07.2017 - 01.07.2020).

Aktualnie kieruje projektem NCBiR / Lider: *Bio-ekoinnowacyjny przenośny magazyn termalny dla zastosowań elektromobilnych* (realizacja od 01.01.2019).

Dr R. Andrzejczyk odbył cztery krótkie staże w Norwegian University of Science and Technology, NTNU, Trondheim, Norwegia, w tym: dwa w ramach Programu Funduszy Stypendialnych i Szkoleniowych EEA Grants (V-VI.2015, 26-30.IX.2016) oraz dwa ze środków własnych NTNU (X.2015, XII.2015). Ich program obejmował wykorzystanie metod numerycznych i analitycznych metod optymalizacji w zakresie akwizycji i obróbki danych eksperymentalnych, wykorzystanie programu LabView, badania w zakresie przepływu dwufazowego i inne, a ważnym efektem było nawiązanie współpracy z prof. C. A. Dorao. Ponadto zrealizował dwa pobyty w ramach programu Erasmus+ (V.2016, V.2017).

W okresie 20.-22.IX.2016 odbył szkolenie na PŚI w zakresie metod odwrotnych, a także wykorzystania kamery termowizyjnej i zastosowania algorytmów genetycznych.

Kandydat brał także udział w pracach realizowanych na potrzeby przemysłu, m.in.:

- *Opracowanie nowego wyrobu do odzysku ciepła na podstawie ustalenia najefektywniejszego składu absorbentów w systemie grzewczym, wraz z nową technologią dostosowaną do ich produkcji* - praca B&R na rzecz firmy Klar sp. j. (2015 r., kierownik zadania);

- *Energochłonność pralnic przemysłowych z technologią ozonowania* - praca na rzecz firmy Stary Tartak, Hotel i Restauracja (2016 r., wykonawca);

- *Opracowanie studium wykonalności zamierzenia inwestycyjnego: Zasobnik ciepła ze stratyfikacją termiczną* - praca na rzecz firmy Mar-Spaw sp. z o.o. (2016 r., wykonawca);

- *Zakup usługi badawczo-rozwojowej na rzecz opracowania innowacyjnych rozwiązań energooszczędnych systemów chłodzenia i klimatyzacji obiektów* - praca na rzecz firmy A. Jabłoński Cool System (2017 r., kierownik zadania).

Po uzyskaniu stopnia doktora sporządził 21 recenzji artykułów zgłoszonych do publikacji w czasopismach międzynarodowych (z bazy JCR), m.in.: *Energies* (4), *Sustainability* (4), *Int. J. of Refrigeration* (1), *Int. J. of Heat and Mass Transfer* (1), *J. of Heat Transfer* (1), a także w czasopismach wyróżnionych w bazie WoS: *Archives of Thermodynamics* (8), *Machines* (1), *Electronics* (1). Posiada certyfikat wyróżniającego się recenzenta (*Int. J. of Mechanical Science*).

Jest członkiem zespołu redakcyjnego czasopisma *Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna*.

Uczestniczył w pracach komitetu naukowego *Konferencji Młodych Naukowców*, Gdańsk 2014 i komitetu organizacyjnego konferencji *Business potentials for SMEs within the bio-economy*, Gdańsk 2018.

Za działalność naukową był wyróżniony przez Rektora Politechniki Gdańskiej:

- trzykrotnie nagrodą dla *Młodych Pracowników Nauki*, 2013, 2014, 2015 r.,
- dwukrotnie nagrodą indywidualną III st., 2016, 2017 r.

W 2018 r. był nominowany do *Polskiej Nagrody Inteligentnego Rozwoju* w kategorii: *Młody Innowacyjny Lider Nauki za Bio-eko-innowacyjny przenośny magazyn termalny dla zastosowań elektromobilnych* (konkurs pod patronatem Prezesa UP RP).

Jest autorem / współautorem ekspertyz wykonanych na zlecenie instytucji zewnętrznych, m.in. ekspertyzy Chillera NECS/B 1314, zrealizowanej na zlecenie firmy BM Polska sp. z o.o., 2016 r., której celem było określenia przyczyn jego częściowej awarii.

Od 2014 r. jest członkiem Rady Naukowo-Programowej Polskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła i ekspertem Krajowego Forum Chłodnictwa, Związku Pracodawców, w zakresie szkoleń i egzaminów personelu z dziedziny techniki chłodniczej, klimatyzacyjnej i pomp ciepła.

7. Ocena całokształtu osiągnięć Habilitanta

Biorąc pod uwagę *Kryteria oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego* ujęte w rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1.09.2011 roku (Dz.U. Nr 196, poz. 1165), na podstawie przedstawionych powyżej materiałów można stwierdzić, że Habilitant:

- zgodnie z Art. 16.1 Ustawy (Dz.U. z 2017, poz. 1789, art. 16, ust. 2):

- posiada stopień doktora oraz osiągnięcia naukowe uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej, oraz wykazuje się istotną aktywnością naukową,

oraz spełnia większość wymagań stawianych w ww. rozporządzeniu MNiSW, a mianowicie:

- zgodnie z §3 ust. 4, punkt „a” rozporządzenia:

- jako osiągnięcie naukowe przedstawił cykl publikacji powiązanych tematycznie, w całości stanowiący *osiągnięcie* określone w art. 16, ust. 2, Ustawy z 14.03.2003 r.,
- jest współautorem / autorem publikacji naukowych opublikowanych, po dysertacji, w czasopismach ujętych w bazie JCR,
- jest współautorem oryginalnego rozwiązania projektowego / konstrukcyjnego,
- jest współautorem 2 zgłoszeń patentowych w UP RP;

- zgodnie z §4 rozporządzenia:

- wyniki prac publikował jako współautor w czasopismach międzynarodowych i krajowych innych niż mowa w ww. §3;
- jest współautorem publikacji w materiałach konferencyjnych, monografiach i czasopismach technicznych;
- sumaryczny *Impact Factor* Jego publikacji naukowych wg listy JCR, zgodnie z rokiem opublikowania (wg dokumentacji):
 - po uzyskaniu stopnia doktora $IF = 36,98$
 - w obszarze osiągnięcia badawczego $IF = 22,307$
- liczba cytowań wg bazy Web of Science:
 - po uzyskaniu stopnia doktora 120
 - w obszarze osiągnięcia badawczego 61
- Indeks Hirscha wg bazy Web of Science 7

- uczestniczył w realizacji krajowych i międzynarodowych projektów badawczych, kierował jednym z nich;
- jest współautorem zgłoszeń patentowych i wniosków projektowych;
- za działalność naukową był wyróżniony nagrodami JM Rektora PG;
- brał aktywny udział w krajowych i międzynarodowych konferencjach tematycznych, na których prezentował swój dorobek i osiągnięcia;
- *zgodnie z §5 rozporządzenia:*
 - uczestniczył w programach międzynarodowych / europejskich,
 - brał udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych,
 - uczestniczył w pracach komitetów naukowych i organizacyjnych konferencji,
 - za działalność dydaktyczną był wyróżniony nagrodami, m.in. Rektora PG,
 - uczestniczył w pracach konsorcjów (międzynarodowych),
 - jest członkiem zespołu redakcyjnego czasopisma *Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna*,
 - jest członkiem krajowych organizacji i stowarzyszeń,
 - ma osiągnięcia dydaktyczne,
 - sprawuje opiekę nad studentami w toku specjalizacji (dyplomy),
 - sprawuje opiekę nad doktorantem w charakterze promotora pomocniczego,
 - odbył krótkoterminowe staże w zagranicznych ośrodkach akademickich,
 - brał udział w pracach zespołów eksperckich, jest autorem / współautorem prac i ekspertyz dla przemysłu / przedsiębiorców,
 - recenzował publikacje w czasopismach naukowych, w tym w czasopismach z IF,
 - uczestniczył w pracach na rzecz przemysłu.

Reasumując:

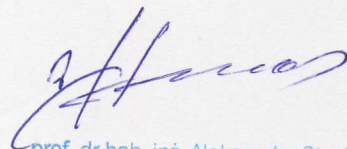
- dr inż. Rafał Andrzejczyk zgromadził znaczny dorobek naukowy, który został ukierunkowany przede wszystkim na zagadnienia związane z problematyką poprawy efektywności konwekcyjnej wymiany ciepła w konstrukcjach aparatów cieplnych, a także z badaniami i modelowaniem procesów cieplno-przepływowych w urządzeniach i różnych obszarach chłodnictwa i klimatyzacji;
- dorobek ten uległ znacznemu powiększeniu w stosunku do okresu przed dysertacją;
- dorobek ten jest efektem działalności naukowo-badawczej Habilitanta, został uzyskany po obronie pracy doktorskiej i stanowi oryginalny przyczynek do rozwoju nauki w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna;
- prace Habilitanta wiążą się z podstawowymi zagadnieniami naukowymi, jak też praktycznymi zastosowaniami;
- Habilitant czynnie uczestniczy w organizacji i realizacji badań naukowych oraz działalności dydaktycznej;
- jest pracownikiem o dobrym potencjale i aktywności.

8. KONKLUZJA

Uwzględniając przeprowadzoną powyżej ocenę monotematycznego cyklu publikacji, a także całego dorobku naukowo - badawczego, organizacyjnego i dydaktycznego z okresu po doktoracie, odnosząc się do Ustawy z 14. marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym ...* (tekst jednolity, Dz.U. z 2017, poz. 1789), stwierdzam, że dr inż. Rafał Andrzejczyk spełnia wymagania stawiane osobie ubiegającej się o stopień naukowy doktora

habilitowanego, ujęte w rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 01. września 2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć ... (Dz.U. Nr 196, poz. 1165).

Wobec powyższego w pełni popieram wniosek dr. inż. Rafała Łukasza Andrzejczyka o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn / Inżynieria Mechaniczna, i jednocześnie wnoszę do Rady tej dyscypliny w Politechnice Gdańskiej o jego dalsze procedowanie.



prof. dr hab. inż. Aleksander Stachel