

RECENZJA

dorobku naukowego oraz działalności naukowej, dydaktycznej, badawczej, organizacyjnej w zakresie kształcenia kadry przez Pana dr inż. Rafała Andrzejczyka z Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej w związku z postępowaniem habilitacyjnym w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn.

1 PODSTAWA OPRACOWANIA RECENZJI

Recenzję opracowano na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Pana prof. dr hab. inż. Michała Wasilezuka z Politechniki Gdańskiej z dnia 08.01.2020 r. Do adresata dotarło 31.01.2020 r. Pismo to jest realizacją decyzji CK ds. SiT powołującej w dniu 06.12.2019 r. Komisję habilitacyjną w celu przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego dr inż. Rafała Andrzejczyka.

2 KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA HABILITANTA

Pan dr inż. Rafał Andrzejczyk urodził się 11 lipca 1986 r. w Żurominie. Studia wyższe odbył na Wydziale Mechanicznym na Kierunku Mechanika i Budowa Maszyn Politechniki Gdańskiej w latach 2005-2010 na specjalności Systemy i Urządzenia Chłodnicze i Klimatyzacyjne. Tytuł pracy dyplomowej „Ocena możliwości technicznych podwyższenia efektywności energetycznej (współczynnika COP) systemów chłodzenia o wydajności chłodniczej do 10 kW, na przykładzie wybranej instalacji chłodniczej”.

Pracę doktorską w dyscyplinie naukowej Budowa i Eksploatacja Maszyn, wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Dariusza Mikielewicz profesora zw. Politechniki Gdańskiej, uzyskał 12 lutego 2014 r. Tytuł rozprawy to: „Badanie wpływu nieadiabatywności na opory przepływu podczas kondensacji w mini kanałach”. Recenzentami rozprawy byli prof. dr hab. inż. Tadeusz Bohdal prof. zw. Politechniki Koszalińskiej i prof. dr hab. inż. Janusz Cieśliński prof. zw. Politechniki Gdańskiej.

Habilitant pracował lub pracuje w następujących jednostkach naukowych:

- Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny 03.2014 do nadal – adiunkt
- Specjalista w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN – 04.2013-01.2016
- Asystent na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej – 11.2013-02.2014.

Habilitant odbył staż w NTNU w Trondheim u profesora Carlosa Dorado.

3 OCENA OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH HABILITANTA W OBSZARZE NAUK TECHNICZNYCH

Poddane ocenie dzieła naukowe Habilitanta to cykl publikacji, które zostały zatytułowane:

„Wybrane zagadnienia poprawy efektywności konwekcyjnej wymiany ciepła w konstrukcjach aparatów cieplnych dla potrzeb HVAC”.

Wykaz publikacji, które wchodzi w skład osiągnięcia naukowego przedstawiono w p. 4b (strona z auoreferatu w języku polskim).

3.1 OCENA CYKLU PUBLIKACJI SKŁADAJĄCYCH SIĘ NA OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE HABILITANTA

Jak przedstawiono wyżej, cykl tych publikacji nosi tytuł „Wybrane zagadnienia poprawy efektywności konwekcyjnej wymiany ciepła w konstrukcjach aparatów cieplnych dla potrzeb HVAC”.

3.1.1 PUBLIKACJE WCHODZĄCE W SKŁAD OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO HABILITANTA

- A1. Andrzejczyk Rafał, Muszyński Tomasz: Performance analyses of helical coil heat exchangers. The effect of external coil surface modification on heat exchanger effectiveness// Archives of Thermodynamics. -Vol. 37., **MNISW: 13 punktów (2016)**

Udział Habilitanta w tej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji stanowiska pomiarowego, opracowaniu planu eksperymentu, wykonaniu układu akwizycji danych pomiarowych, testowaniu oraz kalibracji czujników pomiarowych, zaprojektowaniu modułów badawczych, przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych, redukcji i wizualizacji wyników badań oraz przeprowadzeniu niezbędnych obliczeń termodynamicznych za pomocą wykonanego przez Niego arkusza obliczeniowego w programie Excel posiadającym bazę danych właściwości czynników Refprop 9.0, udziale w przeprowadzeniu analizy danych pomiarowych, wykonaniu analizy niepewności pomiarowych, opracowaniu przeglądu literaturowego itp.

Procentowy udział kandydata w publikacji 85 %.

- A2. Andrzejczyk Rafał, Muszyński Tomasz: 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, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2017.04.053, **MNISW: 40 punktów (2017) F: 3.771 (2017)**,

Udział Habilitanta polegał na opracowaniu koncepcji modułu badawczego, opracowaniu planu eksperymentu, wykonaniu układu akwizycji danych pomiarowych, testowaniu oraz kalibracji czujników pomiarowych, opracowaniu koncepcji i wykonaniu przegród dla wymiennika, przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych, redukcji i wizualizacji wyników badań oraz przeprowadzeniu niezbędnych obliczeń termodynamicznych w przygotowanym przez Niego programie w środowisku Octave 4.0.1, udziale w analizie danych pomiarowych, opracowaniu korelacji półempirycznych do obliczania liczb Nusselta dla wszystkich badanych konfiguracji wymiennika oraz porównaniu zgodności obliczeń za pomocą opracowanych korelacji z wynikami eksperymentalnymi i wybranymi korelacjami z literatury, przeprowadzenie analizy niepewności pomiarowych, opracowaniu przeglądu literaturowego.

*Procentowy udział Habilitanta w publikacji **85 %**.*

- A3. Andrzejczyk Rafał, Muszyński Tomasz: 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), MNISW: **40 punktów (2018) F: 3.771 (2017)**

Udział Habilitanta w publikacji polegał na opracowaniu koncepcji modyfikacji modułu pomiarowego, opracowaniu koncepcji i wykonaniu przegród dla wymiennika, opracowaniu planu eksperymentu, wykonaniu układu akwizycji danych pomiarowych, testowaniu oraz kalibracji czujników pomiarowych, przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych, redukcji i wizualizacji wyników badań, przeprowadzeniu niezbędnych obliczeń termodynamicznych za pomocą programu przygotowanego w środowisku Octave 4.0.1, udziale w analizie danych pomiarowych, opracowaniu korelacji półempirycznych na obliczanie liczb Nusselta dla wszystkich badanych konfiguracji wymiennika za pomocą programu przygotowanego w środowisku Octave 4.0.1, porównaniu zgodności obliczeń za pomocą opracowanych korelacji z wynikami eksperymentalnymi oraz wybranymi korelacjami z literatury.

*Procentowy udział Habilitanta w publikacji **85 %**.*

- A4. Andrzejczyk Rafał, Muszyński Tomasz, Gosz Marta: Experimental investigations on heat transfer enhancement in shell coil heat exchanger with VARIABLE Baffles GEOMETRY// CHEMICAL ENGINEERING AND PROCESSING. -, (2018), Vol. 132, MNISW: **30 punktów (2018) F: 2.826 (2017)**

Udział Habilitanta w tej publikacji polegał na opracowaniu modyfikacji koncepcji stanowiska pomiarowego, wykonaniu układu akwizycji danych pomiarowych, testowaniu oraz kalibracji czujników pomiarowych, dostosowaniu programu do akwizycji danych pomiarowych LabView do zmodyfikowanego układu pomiarowego, zaprojektowaniu zmodyfikowanego modułu badawczego, opracowaniu koncepcji i wykonaniu przegród dla wymiennika, opracowaniu planu eksperymentu, przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych, redukcji i wizualizacji wyników badań oraz przeprowadzeniu niezbędnych obliczeń termodynamicznych, analizie danych pomiarowych, opracowaniu korelacji półempirycznych na obliczanie liczb Nusselta dla wszystkich badanych konfiguracji wymiennika, porównaniu zgodności obliczeń za pomocą opracowanych korelacji z wynikami eksperymentalnymi oraz wybranymi korelacjami z literatury.

Procentowy udział Habilitanta w publikacji 70 %.

- A5. Andrzejczyk Rafał, Muszyński Tomasz, Dorao Carlos: 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, doi: **MNISW: 35 punktów (2017) IF: 3.204 (2017)**

Udział Habilitanta w tej publikacji polegał na udziale w przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych dla zmiennych parametrów cieplno-przepływowych czynnika R134a podczas przepływu dwufazowego adiabatycznego, udziale w opracowaniu koncepcji planu eksperymentu, udziale w opracowaniu przeglądu literaturowego, analizie danych eksperymentalnych oraz udziale w korekcie i edycji artykułu.

Procentowy udział Habilitanta w publikacji 70 %.

- A6. Muszyński Tomasz, Andrzejczyk Rafał, Dorao Carlos: Investigations on mixture preparation for two phase adiabatic pressure drop of R134a flowing in 5 mm diameter channel// Archives of Thermodynamics. -Vol. 38., iss. 3 (2017), s.101-118, doi:10.1515/aoter-2017-0018 **MNISW: 13 punktów (2017)**

Udział Habilitanta w tej publikacji polegał na udziale w przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych dla zmiennych parametrów cieplno-przepływowych czynnika R134a podczas przepływu dwufazowego adiabatycznego, udziale w analizie danych eksperymentalnych.

Procentowy udział Habilitanta w publikacji 30 %.

- A7. Muszyński Tomasz, Andrzejczyk Rafał, Dorao Carlos: Detailed experimental investigations on frictional pressure drop of R134a during flow boiling in 5 mm diameter channel: The influence of acceleration pressure drop component = Études expérimentales détaillées sur la chute de pression frictionnelle du R134a lors de l'ébullition en écoulement dans un canal de 5 mm de diamètre : influence de la composante d'accélération de la chute de pression// INTERNATIONAL JOURNAL OF REFRIGERATION-REVUE INTERNATIONALE DU FROID. -Vol. 82, (2017), **MNISW: 40 punktów (2017) F: 3.233 (2017)**,

Udział Habilitanta w tej publikacji polegał na przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych dla zmiennych parametrów cieplno-przepływowych czynnika R134a podczas przepływu dwufazowego adiabatycznego, oraz udziale w opracowaniu przeglądu literaturowego, udziale w analizie danych eksperymentalnych.

Procentowy udział Habilitanta w publikacji 30 %.

- A8. Andrzejczyk Rafał, Muszyński Tomasz, Kozak Przemysław: 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, **MNiSW:30 punktów (2017) IF 2.826 (2017)**

Udział Habilitanta w tej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji stanowiska pomiarowego, udziale w opracowaniu koncepcji wymienników ciepła oraz turbulizatora, opracowaniu planu eksperymentu, udziale w przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych, redukcji i wizualizacji wyników

badan, przeprowadzeniu niezbędnych obliczeń termodynamicznych w wykonanym przez Habilitanta arkusza obliczeniowym w programie Excel posiadającym bazę danych właściwości czynników Refprop 9.0, udziale w analizie danych pomiarowych, opracowaniu korelacji półempirycznych na obliczanie liczb Nusselta dla wszystkich badanych konfiguracji wymienników (z trubulizatorem i bez trubulizatora po stronie płaszcza) za pomocą algorytmu wykonanego w programie Excel, opracowaniu korelacji półempirycznych na obliczanie współczynników oporu dla wszystkich badanych konfiguracji wymienników ciepła za pomocą algorytmu wykonanego w programie Excel, porównanie zgodności obliczeń za pomocą opracowanych korelacji z wynikami eksperymentalnymi oraz wybranymi korelacjami z literatury, wykonaniu analizy niepewności pomiarowych, wykonaniu analizy statystycznej danych pomiarowych, opracowaniu przeglądu literaturowego, udziale pracach edytorskich, wykonaniu korekt zgodnie z zaleceniami recenzentów.

Procentowy udział Habilitanta w publikacji 60 %.

- A9. Andrzejczyk Rafał, Muszyński Tomasz, Kozak Przemysław : Experimental investigation on straight and u-bend double tube heat exchanger with active and passive enhancement methods// XI International Conference on Computational Heat, Mass and Momentum Transfer (ICCHMT2018)/ ed. Zima W. : , 2018, **MNISW: 15 punktów (2018)**

Udział Habilitanta w tej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji stanowiska pomiarowego, udziale w opracowaniu koncepcji wymienników ciepła oraz koncepcji trubulizatora, opracowaniu planu eksperymentu, udziale w przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych, redukcji i wizualizacji wyników badań, przeprowadzeniu niezbędnych obliczeń termodynamicznych za pomocą algorytmu wykonanego w programie Excel, analizie danych pomiarowych, porównaniu zgodności wyników badań eksperymentalnych z wynikami obliczeń dla wybranych korelacji literaturowych za pomocą algorytmu wykonanego w programie Excel, wykonaniu analizy niepewności pomiarowych, zrealizowaniu analizy statystycznej danych pomiarowych, opracowaniu przeglądu literaturowego.

Procentowy udział Habilitanta w publikacji 70 %.

- A10. Andrzejczyk Rafał, Muszyński Tomasz, Kozak Przemysław: Experimental and CFD Studies on Straight and U-Bend Double Tube Heat Exchangers with Active and Passive Enhancement Methods, zgłoszony do Heat Transfer Engineering , **MNISW: 25 punktów (2017) IF : 1,216 (2016)**, w ramach special issue po konferencji 11-th International Conference on Computational Heat, Mass and Momentum Transfer - ICCHMT2018 po pierwszej recenzji

Udział Habilitanta w tej publikacji polegał na opracowaniu przeglądu literaturowego, brał on aktywny udział w przeprowadzeniu systematycznych badaniach eksperymentalnych, były one realizowane według przygotowanego przez Habilitanta planu eksperymentu, wykonano też obliczenia numeryczne realizowane były pod bezpośrednim nadzorem merytorycznym Habilitanta. Jest on autorem modyfikacji zastosowanej metodologii obliczeniowej polegającej na opracowaniu funkcji opisujących właściwości płynu jednofazowego oraz mieszaniny dwufazowej. Funkcje te habilitant opracował w specjalnie przygotowanym w tym celu skrypcie obliczeniowym, zgodnie z założeniami modelu homogenicznego.

Ponadto wykonał redukcję i wizualizację wyników badań za pomocą skryptu napisanego w programie Excel. Brał również udział w analizie wyników obliczeń numerycznych jak również w zredagowaniu wniosków z porównania wyników badań eksperymentalnych z wynikami modelowania CFD.

*Procentowy udział Habilitanta w publikacji **70 %***

- A11. Andrzejczyk Rafał, Muszyński Tomasz: The performance of H2O, R134a, SES36, ethanol, and HFE7100 two-phase closed thermosyphons for varying operating parameters and geometry// Archives of Thermodynamics. -Vol. 38., iss. 3 (2017), **MNISW: 13 punktów (2017)**

Udział Habilitanta w tej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji modyfikacji stanowiska pomiarowego, doborze czynników roboczych, wykonaniu układu akwizycji danych pomiarowych, testowaniu oraz kalibracji czujników pomiarowych, zaprojektowaniu układu dostarczania i odbierania ciepła dla modułów badawczych, opracowaniu planu eksperymentu, udziale w przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych w stanach ustalonych w czasie dla różnych czynników roboczych, redukcji i wizualizacji wyników badań i przeprowadzeniu niezbędnych obliczeń termodynamicznych w wykonanym arkuszu obliczeniowym w programie Excel posiadającym bazę danych właściwości czynników Refprop 9.0, udziale w analizie danych pomiarowych, zrealizowaniu analizy niepewności pomiarowych.

*Procentowy udział Habilitanta w publikacji **85 %**.*

- A12. Andrzejczyk Rafał: 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, nr. 1 (2018), **MNISW: 25 punktów (2018) IF 2.676 (2018)**

Udział Habilitanta w tej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji modyfikacji stanowiska pomiarowego, doborze czynników roboczych, wykonaniu układu akwizycji danych pomiarowych, testowaniu oraz kalibracji czujników pomiarowych, wykonaniu programu do akwizycji danych pomiarowych w środowisku LabView, zaprojektowaniu układu dostarczania i odbierania ciepła z modułu badawczego, opracowaniu planu eksperymentu, przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych w stanach ustalonych i nieustalonych w czasie dla różnych czynników roboczych, redukcji i wizualizacji wyników badań za pomocą programu Octave 4.0.1, przeprowadzeniu niezbędnych obliczeń termodynamicznych w przygotowanym programie, analizie danych pomiarowych, wykonaniu analizy niepewności pomiarowych, opracowaniu przeglądu literaturowego, pracach edytorskich, wykonaniu korekt zgodnie z zaleceniami recenzentów.

*Procentowy udział Habilitanta w publikacji **100%**.*

Uwzględniając powyższy cykl publikacji należy podkreślić, że posiadają one łącznie 294 punkty w ocenie MNiSZW, oraz sumaryczny Impact Factor IF=22,307.

3.1.2 OCENA WARTOŚCI NAUKOWEJ CYKLU PUBLIKACJI ORAZ ICH PRZYDATNOŚĆ PRAKTYCZNA

Habilitant po przedstawieniu wydawniczym cyklu publikacji omówił ich cel i zakres naukowy i aplikacyjny. Omówienie to stanowi punkt „c” wskazania osiągnięcia. W pierwszej części – „Wprowadzeniu” Habilitant zwrócił uwagę na wyjątkową rolę jaką w

technice HVAC spełniają wymienniki ciepła a zwłaszcza na ich efektywność. Zwrócił uwagę, że dominujące znaczenie w produkcji urządzeń grzewczo-wentylacyjno-klimatyzacyjnych na świecie posiadają kraje rozwijające się, skłonne często do oszczędności w badaniach nad efektywnością wymienników w zamian za obniżenie kosztów inwestycji. Habilitant postanowił omawianie swojego osiągnięcia naukowego podzielić na cztery podpunkty. Niżej zostaną one przybliżone czytelnikowi recenzji w formie i zakresie przygotowanym przez Habilitanta.

- A) Intensyfikacja wymiany ciepła po stronie płaszcza węzownicowych wymienników ciepła za pomocą autorskiej koncepcji przegród oraz modyfikacji zewnętrznej powierzchni zarysu węzownicy.

Punktem wyjścia dla prac własnych Habilitanta było podejście zgodne z ogólnym trendem widocznym w literaturze światowej. Prace, które należą do tej grupy tematyki to: [A1], [A2], [A3] i [A4]. Początkowo Habilitant skupiał się na możliwości modyfikacji zarysu węzownicy. Habilitant poddał także analizie możliwości intensyfikacji wymiany ciepła poprzez modyfikację rozplywu czynnika w płaszczu. Jest też autorem oryginalnej koncepcji wymiennika węzowniczego posiadającego nowatorski układ dostarczania/odbioru czynnika omywającego zarys węzownicy. Habilitant zaproponował także modyfikację powierzchni węzownicy poprzez wykorzystanie mikrożebrowania (gdzie średnia wysokość żeber to 0,5 mm).

Kolejnym podjętym przez habilitanta krokiem było opracowanie koncepcji i projektu wykonawczego modułu badawczego pozwalającego na modyfikację rozplywu czynnika wewnątrz płaszcza wymiennika węzowniczego [A2]. Opracowana konstrukcja umożliwiła przeprowadzenie pomiarów wymiennika węzowniczego o zmiennej geometrii samej węzownicy, geometrii płaszcza i układu zasilania/odbioru czynnika omywającego węzownicę.

Habilitant w omawianej pracy wykorzystał własną koncepcję przegród wzorowanych na rozwiązaniach stosowanych w wymiennikach płaszczowo-rurowych. Co istotne, nie są znane inne doniesienia publikacyjne ani konferencyjne dotyczące możliwości wykorzystania przegrody/przegród w płaszczu wymiennika węzowniczego. To podejście należy uznać więc za nowatorskie, co potwierdziły badania własne Habilitanta.

Wspomniane przegrody zostały wykorzystane w celu wydłużenia efektywnej drogi kontaktu czynnika omywającego węzownicę oraz zwiększenia poziomu turbulencji w płynie poprzez wprowadzenie go w dodatkowy ruch wtórny. Elementy te wykonano ze szkła organicznego w celu eliminacji "efektu żebra". Sporządzony przez Habilitanta przegląd literaturowy potwierdził, iż o ile znane są liczne prace dotyczące fizyki mechanizmu konwekcji naturalnej po stronie płaszcza węzownicy, o tyle mechanizm wymiany ciepła podczas konwekcji mieszanej i wymuszonej nie jest do końca rozpoznany

W celu uzyskania lepszego poziomu dopasowania Habilitant zaproponował własną, oryginalną korelację eksperymentalną na liczbę Nusselta. Liczbę tę uzależnił zarówno od podstawowych liczb kryterialnych warunkujących wymianę ciepła podczas konwekcji naturalnej (Gr , Pr) jak i liczby Deana. Liczbę Deana wykorzystał natomiast w celu uwzględnienia ruchu wtórnego (mieszania), jaki wprowadziła obecność przegród „po

stronie” czynnika opływającego węzownicę. Badania wykonano dla 1, 2 i 4 przegród w płaszczu. Z tego też względu wzbogaciłem własną korelację o współczynnik korekcyjny będący funkcją geometrii przegród oraz ich konfiguracji wewnątrz płaszczu wymiennika. Opracowany model obliczeniowy, pozwala w zadowalający sposób oszacować spodziewane wartości liczb Nusselta dla wszystkich konfiguracji wymiennika (łącznie z konfiguracją referencyjną, pozbawioną przegród). Rezultaty prac Habilitanta były prezentowane m.in. na międzynarodowej konferencji „5th Micro and Nano Flows Conference” [M9], tematyka ta wzbudziła duże zainteresowanie. Szczegółowe wyniki znajdują się jednak w publikacji *“Thermodynamic and geometrical characteristics of mixed convection heat transfer in the shell and coil tube heat exchanger with baffles”* [A2].

Prowadzone badania pokazały, iż istotne znaczenie na kształtowanie się pola temperatury czynnika opływającego węzownicę mają warunki wlotowe. Zjawisko to było obserwowane również w innych pracach dostępnych w literaturze. Zauważono ponadto, iż profil temperaturowy czynnika opływającego węzownicę, dla geometrii referencyjnej, nie jest jednorodny. Co więcej jego kształt jest uzależniony od prędkości przepływającego płynu (liczby Reynoldsa).

Ze względu na problematyczność bezpośredniej analizy otrzymanych rozkładów temperaturowych oraz występowanie warunków konwekcji mieszanej, do analizy wprowadzono też dodatkową liczbę kryterialną w postaci liczby Richardsona ($Ri=Gr/Re^2$). Na podstawie uzyskanych wartości liczb Ri , wykazano, iż mechanizm konwekcji naturalnej znacząco oddziałuje na proces wymiany ciepła we wszystkich rozpatrywanych konfiguracjach wymiennika węzownicowego. Uzyskane rezultaty porównano następnie z wynikami dostępnymi w wybranych publikacjach literaturowych dotyczących intensyfikacji wymiany ciepła „po stronie” płaszczu wymiennika węzownicowego. Zaproponowana metoda, oparta o wykorzystanie „przegród ciągłych” w płaszczu wymiennika węzownicowego, okazała się być najbardziej skuteczna dla niewielkich wartości liczb Reynoldsa ($Re < 300$). Warto zaznaczyć, że rozwiązanie dobrze sprawdza się więc w warunkach konwekcji naturalnej i mieszanej. Przy dominacji konwekcji wymuszonej lepiej jest natomiast rozważyć inne możliwe metody intensyfikacji np. polegające na optymalizacji kształtu samego zarysu węzownicy. Warty odnotowania jest także fakt, iż prawidłowa konfiguracja przegród pozwala uniknąć tworzenia się tzw. „stref martwych” co umożliwia np. zabezpieczenie konstrukcji wymiennika przed ewentualnymi skutkami przekroczenia dopuszczalnych temperatur dla materiału elementu grzejnego. Wybrane wyniki scharakteryzowanych powyżej prac były przedmiotem prezentacji Habilitanta na XXIII Zjazd Termodynamików [M10]. Szczegółowe rezultaty zawarto zaś w artykule *“An experimental investigation on the effect of new continuous core-baffle geometry on the mixed convection heat transfer in shell and coil heat exchanger”* [A3].

Kolejna praca stanowi rozszerzenie rozważań podjętych przez Habilitanta w poprzednich artykułach. Znacznie pogłębił tu jednak analizę wpływu zarówno geometrii samej przegrody jak i jej orientacji względem „wlotu” czynnika roboczego w płaszczu [A4]. Publikacja zwraca uwagę, iż problem związany z dysproporcją wielkości współczynników przejmowania ciepła jest szczególnie widoczny w kontekście wymienników ciepła pracujących w warunkach przepływu dwufazowego (np. parownik czy skraplacz).

Tymczasem, o efektywności procesu wymiany ciepła decyduje całkowity współczynnik przenikania ciepła, który jest generalnie mniejszy od wartości niższego współczynnika przejmowania ciepła. W celu intensyfikacji wymiany ciepła w wymiennikach wężownicowych należy więc dążyć do zwiększenia poziomu cyrkulacji czynnika opływającego wężownicę. Z tego też względu postanowiono wykorzystać, w omawianej pracy, kolejną modyfikację geometrii przegrody dla zwiększenia intensywności mieszania płynu po stronie płaszczu. Należy podkreślić, że Habilitant jest nie tylko autorem koncepcji modyfikacji geometrii, ale i koncepcji opisu fizyki przepływu wtórnego płynu wewnątrz płaszczu wyposażonego w ten typ przegród. Jak podaje Habilitant, nie spotkał się on dotychczas z innymi doniesieniami/pracami literaturowymi rozpatrującymi to zagadnienia [A4].

W celu właściwej oceny zaproponowanych koncepcji intensyfikacji Habilitant zdecydował się również na analizę porównawczą własnego rozwiązania z wybranymi rozwiązaniami proponowanymi w literaturze. Do tej analizy wytypował on dwie dobrze znane konstrukcje wymienników ciepła z turbulizacją pasywną wywołującą ruch wtórny w płaszczu wymiennika: typu rura w rurze z turbulatorem po stronie płaszczu, typu płaszczowo-rurowego z przegrodami segmentowymi po stronie płaszczu. Udało się wykazać, że zaproponowana konstrukcja przegród odznacza się porównywalną lub lepszą efektywnością w zakresie niskich wartości liczb Reynoldsa ($Re < 150$).

Szczegółowe wyniki zostały zaprezentowane w pracy *“Experimental investigations on heat transfer enhancement in shell coil heat exchanger with VARIABLE Baffles GEOMETRY”* [A4].

Reasumując ten etap prac konstrukcyjno-badawczych należy zaznaczyć, że udało się Habilitantowi opracować i szczegółowo przebadać własną koncepcję intensyfikacji wymiany ciepła dedykowaną wymiennikom wężownicowym pracującym w reżimie przepływu laminarnego.

Opracowane korelacje empiryczne dla proponowanych modyfikacji konstrukcji wymiennika wężowniczego, pozwalają na stosunkowo prostą aplikację tych modyfikacji w praktyce przemysłowej. W ocenie Habilitanta wychodzi to naprzeciw oczekiwaniom inżynierów zajmujących się projektowaniem urządzeń dedykowanych do zastosowania w systemach HVAC.

- B) Badanie wrzenia w kanale konwencjonalnym podczas przepływu czynnika R134a. Analiza wpływu zjawiska parowania/osadzania kropeł, wpływu tarcia międzyfazowego na całkowity spadek ciśnienia w przepływie dwufazowym.

Drugi obszar badawczy Habilitanta dotyczył głównie prowadzenia prac z zakresu wrzenia w przepływie w kanale konwencjonalnym czynnika R134a. Prace te prowadzone były w NTNU w Trondheim w Norwegii w zespole profesora Carlosa Dorado.

Regularna współpraca, w tym również udział w realizowanym przez profesora C. Dorado projekcie badawczym zaowocowały kilkoma publikacjami, włączonymi do zbioru „osiągnięcia naukowego”. Są to [A5], [A6], [A7].

Pierwsza z cyklu publikacji obejmowała wyniki badań dotyczących adiabatycznego przepływu dwufazowego czynnika R134a w kanale o średnicy 5 mm, o orientacji poziomej [A5]. Badania przeprowadzono dla stałego ciśnienia nasycenia (5.5 bar) korespondującego ze stałą temperaturą nasycenia (19.4° C), w zakresie zmiany prędkości masowej 100 do 500 kg/m²s i stopnia suchości od 0 do 1. Dzięki specjalnej konstrukcji stanowiska pomiarowego pozwalającego na utrzymywanie długofalowej stabilności termicznej, możliwe było uzyskanie wyników pomiarów również dla reżimów przejściowych i dryout (obszarze deficytu cieczy). Możliwa była także identyfikacja struktur przepływu dwufazowego dzięki wykorzystaniu kamery do szybkich zdjęć. Zaobserwowano, że tarciovowe opory przepływu dwufazowego rosną eksponentalnie ze wzrostem masowego natężenia przepływu czynnika roboczego i osiągają wartości maksymalne dla stopni suchości w zakresie $x=0.7$ do $x=0.9$.

Rezultaty omawianych prac były przedmiotem publikacji *“Experimental investigations on adiabatic frictional pressure drops of R134a during flow in 5mm diameter channel”* [A5].

Działania ukierunkowane na lepsze rozpoznanie fizyki przepływu dwufazowego czynnika R134a Habilitant kontynuował w kontekście wpływu parametrów „przygotowawczych” na przebieg procesu zmiany fazy. W artykule *“Investigations on mixture preparation for two phase adiabatic pressure drop of R134a flowing in 5 mm diameter channel”* [A6], znajdują się dokładne rezultaty tych działań. Są tu wyniki badań tarciovego oporu przepływu czynnika R134a w warunkach adiabatycznych dla trzech zakresów prędkości masowej (200, 300, 400 kg/m²s), przy stałej temperaturze nasycenia 19.4 °C i zmiennej temperaturze na wlocie do sekcji pomiarowej (zmiennej wartości przechłodzenia). Zmienna wartość wlotowej temperatury czynnika do sekcji adiabatycznej (przygotowawczej mieszaninę dwufazową) oznaczała konieczność dostarczenia różnych wartości gęstości strumienia ciepła w celu uzyskania tej samej wartości stopnia suchości. Sekcję dostarczania ciepła wykonano z kanału o średnicy 5 mm i długości 2 metrów. Stopień suchości na wlocie do sekcji adiabatycznej był liczony na podstawie bilansu energetycznego. Takie podejście nie uwzględnia zjawiska osadzania/porywania kropeł, które zaobserwowano podczas analizy obrazów z wykorzystaniem kamery do szybkich zdjęć. Uzyskane wyniki tarciovego oporu przepływu ponownie porównano z korelacjami literaturowymi i ponownie okazało się, iż najlepszą zgodność danych w zakresie rozbieżności +/-30% uzyskuje korelacja Zhanga i Webb, natomiast najlepiej opory w

zakresie wyższych wartości stopni suchości ($x=0.7$ do $x=1$) przewiduje korelacja Thome'ego i innych.

Należy w tym miejscu podkreślić, iż wnioski z przeprowadzonych badań i analizy matematycznej uwypuklają również problematykę wpływu parametrów wlotowych czynnika roboczego na proces zmiany fazy w parowniku. Prawidłowe dobranie parametrów wlotowych czynnika roboczego do parownika jest, bez wątpienia, jednym z kluczowych elementów w procesie projektowania oraz eksploatacji np. sprężarkowych układów chłodniczych, a także pomp ciepła.

Artykuł "*Detailed experimental investigations on frictional pressure drop of R134a during flow boiling in 5 mm diameter channel: The influence of acceleration pressure drop component*" [A7] przedstawia kontynuację działań Habilitanta, które dotyczą oporów w przepływie dwufazowym czynnika R134a, w kanale o orientacji poziomej i przy średnicy 5 mm. Tym razem skupiono się tu na lepszym rozpoznaniu zjawisk towarzyszących, m.in. poprzez uwzględnienie wpływu spadku ciśnienia wywołanego przyspieszeniem czynnika

Warto jest odnotować, iż spadek ciśnienia wywołany przyspieszeniem, a dla przypadku kondensacji opóźnieniem, czynnika jest istotnym składnikiem całkowitego oporu przepływu, szczególnie w zakresie większych wartości prędkości masowej. Zastosowanie niewłaściwej metodologii obliczeniowej może prowadzić do dodatkowych rozbieżności przy szacowaniu całkowitego spadku ciśnienia podczas przepływu dwufazowego diabatycznego.

Podsumowując ten etap prac Habilitanta należy podkreślić, iż były one ukierunkowane na pogłębienie wiedzy w zakresie przepływu dwufazowego jednego z podstawowych czynników roboczych (R134a) spotykanych w urządzeniach dedykowanych instalacjom HVAC.

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

Kolejnym bardzo ważnym krokiem w realizowanych przez Habilitanta pracach konstrukcyjno-badawczych, jest etap dotyczący wykorzystania pasywnych metod intensyfikacji wymiany ciepła w wymiennikach typu rura w rurze i U-rura. Aparaty te, podobnie jak wymiennik węzownicowy, są nadal często stosowane w praktyce przemysłowej. Przygotowany przegląd bibliograficzny pokazał zdecydowanie, iż większość doniesień literaturowych skupia się na intensyfikacji wymiany ciepła po stronie "rury" a nie po stronie płaszcza wymiennika rura w rurze i typu U- rurowego. Habilitant wykazał także, iż o ile wiele jest publikacji dotyczących intensyfikacji wymiany ciepła w wymienniku rura w rurze o tyle niewiele jest takich prac w odniesieniu do wymiennika U-rurowego.

Habilitant brał wiodący udział w opracowaniu koncepcji stanowiska pomiarowego oraz brał wiodący udział w opracowaniu koncepcji wymienników ciepła i turbulizatora spiralnego. Brał również czynny udział w przeprowadzeniu systematycznych badań, a także opracował plan badawczy. Przeprowadzał też redukcję wyników pomiarowych oraz

niezbędne obliczenia termodynamiczne w wykonanym przez siebie arkuszu obliczeniowym. W swoich badaniach wykorzystałem turbulizator przepływu w postaci "drutu spiralnego" [A8].

Dokładne wyniki scharakteryzowanych działań zostały opisane w publikacji "*Experimental investigation of heat transfer enhancement in straight and U-bend double-pipe heat exchanger with wire insert*" [A8].

Tematyka możliwość intensyfikacji wymiany ciepła w klasycznym wymienniku typu rura w rurze i U- rura był przez Habilitanta dalej kontynuowany. Jest on pomysłodawcą połączenia możliwości wykorzystania "wdmuchu" dodatkowej fazy (w postaci powietrza) oraz turbulizacji pasywnej po stronie płaszcza wymiennika typu rura w rurze i U-rura [A9]. Pierwsze wyniki dotyczące tego zagadnienia były przedmiotem prezentacji na konferencji XI International Conference on Computational Heat, Mass and Momentum Transfe [M11]. Szczegółowy ich opis znajduje się jednak w artykule "*Experimental investigation on straight and u-bend double tube heat exchanger with active and passive enhancement methods*" [A9]. W artykule tym skupiono się na możliwościach jakie daje zarówno wykorzystanie pasywnej intensyfikacji (w postaci turbulizatora spiralnego) oraz metody aktywnej w postaci "wdmuchu dodatkowej fazy".

W przypadku przepływu dwufazowego wyniki eksperymentalne porównywano zaś z korelacjami Kim i inni (1999) oraz Kim i inni (2002). Obie metodologie obliczeniowe pozwalają na stosunkowo dobre oszacowanie wartości współczynników przejmowania ciepła, obliczenia w tym przypadku jednak nie doszacowując uzyskanych wartości dla wymiennika typu rura w rurze oraz nieco przeszacowując wartości uzyskane dla wymiennika U-rurowego.

Należy zauważyć, iż w zakresie zaprezentowanych prac Habilitant brał aktywny udział w przeprowadzeniu systematycznych badań eksperymentalnych, były one realizowane według przygotowanego przez Habilitanta planu eksperymentu. Również wykonane obliczenia numeryczne realizowane były pod jego bezpośrednim nadzorem merytorycznym. Był autorem modyfikacji zastosowanej metodologii obliczeniowej polegającej na opracowaniu funkcji opisujących właściwości płynu jednofazowego oraz mieszaniny dwufazowej. Funkcje te opracował on w specjalnie przygotowanym w tym celu skrypcie obliczeniowym, zgodnie z założeniami modelu homogenicznego. Ponadto Habilitant wykonał redukcję i wizualizację wyników badań za pomocą skryptu napisanego w programie Excel. Brał również udział w analizie wyników obliczeń numerycznych jak również w zredagowaniu wniosków z porównania wyników badań eksperymentalnych z wynikami modelowania CFD. Dokładne rezultaty tych prac prezentuje artykuł "*Experimental and CFD Studies on Straight and U-Bend Double Tube Heat Exchangers with Active and Passive Enhancement Methods*" [A10].

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

Jak podkreślał Habilitant w jego pracach składających się na osiągnięcie naukowo-badawcze istotne znaczenie mają badania eksperymentalne i prace rozwojowe dotyczące

termosyfonu dwufazowego. Są one wykorzystywane w szczególności w obszarze instalacji klimatyczno-wentylacyjnych oraz systemów odszraniania i w systemach regulacji oraz kontroli temperatury.

Termosyfon dwufazowy, czyli rurki ciepła wykorzystywane są w systemach osuszania powietrza a także w układach wspomagających pracę pomp ciepła [A11].

Habilitant ukierunkował własne prace na badaniu wpływu parametrów działania oraz parametrów geometrycznych na funkcjonowanie termosyfonów dwufazowych wypełnionych np. wodą, R134a, etanolem oraz nowymi czynnikami z perspektywą wykorzystania ich w układach ORC (SES36, HFE7100 itp.). Jest autorem koncepcji modyfikacji stanowiska pomiarowego, modułów badawczych oraz układu akwizycji danych pomiarowych. Zaprojektował on również układ dostarczania/odbioru ciepła do modułów oraz jest autorem planu eksperymentu. Osobiście brał także czynny udział w przeprowadzeniu systematycznych pomiarów. Wykonał również niezbędne obliczenia termodynamiczne i analizę danych pomiarowych za pomocą autorskiego skryptu w programie Excel. W badaniach eksperymentalnych zdecydował się na zastosowanie dwóch geometrii termosyfonu dwufazowego. Zaproponował wykonanie obu termosyfonów z rurki miedzianej o średnicy wewnętrznej 10 mm i zewnętrznej 12 mm. W obu też wykorzystał ten sam system odbioru/dostarczania ciepła w postaci wymiennika rura w rurze a sekcja dostarczania/odbioru ciepła miała jednakową długość 500 mm. Wykorzystane moduły badawcze różniły się jednak długością całkowitą, było to odpowiednio 2000 mm i 1200 mm. Czynnikiem odbierającym/dostarczającym ciepło do termosyfonów była woda. Wykorzystano wodę zimną o stałej temperaturze (10°C) i stałej prędkości masowej. W sekcji dostarczania ustalano poziom temperaturowy wykorzystując w tym celu łaźnię termostatyczną. Badania wykonano dla różnych temperatur źródła ciepła w zakresie 20 do 95° C.

Dalsze szczegóły omawianych badań Habilitant zamieścił w artykule [A11].

Habilitant zajmował się również badaniami wpływu niestabilności procesu przemian fazowych na parametry pracy i wydajność termosyfonu dwufazowego pracującego z wodą, etanolem i SES36 jako czynnikami roboczymi [A12]. Habilitant jest autorem zarówno koncepcji modyfikacji stanowiska pomiarowego, wykonania układu akwizycji danych pomiarowych z wykorzystaniem skryptu opracowanego w programie LabView. Przeprowadził systematyczne badania eksperymentalne w stanach ustalonych i nieustalonych w czasie dla różnych czynników roboczych, dokonał redukcji i wizualizacji wyników badań za pomocą własnego skryptu opracowanego w programie Octave 4.0.1. Publikacja powyższa została poprzedzona przeglądem najnowszych prac dotyczących kwestii analizy efektywności energetycznej termosyfonów dwufazowych (grawitacyjnych rurek ciepła) oraz fizyki zjawisk transportu ciepła. Sporządzone, przez niego studium literaturowe wykazało, iż nieliczne są prace uwzględniające wpływ tzw. wrzenia gejzerowego na efektywność energetyczną termosyfonu dwufazowego. Niewiele prac dotyczyło też fluktuacji parametrów pracy tego układu w funkcji czasu oraz dla różnych parametrów wypełnienia parownika.

3.1.3 PODSUMOWANIE DWUNASTU PUBLIKACJI MONOTEMATYCZNYCH

Przedstawiony w autoreferacie cykl publikacji z dużym (uznanym przez współautorów) udziałem Habilitanta pozwala na przedstawienie podsumowującego zestawu jego najważniejszych osiągnięć (str. 34-35 autoreferatu):

- opracowanie i wykonanie oryginalnej koncepcji pasywnej intensyfikacji wymiany ciepła poprzez wykorzystanie przegród wywołujących ruch wtórny w płaszczu wymiennika węzownicowego, która podlegała stopniowym modyfikacjom i pracom badawczym dzięki czemu potwierdzono jej przydatność do podniesienia efektywności energetycznej wspomnianej konstrukcji wymiennika, szczególnie w zakresie przepływu laminarnego po stronie płaszcza;
- opracowanie korelacji empirycznych na obliczanie współczynników przejmowania ciepła dla proponowanych modyfikacji konstrukcji wymiennika węzownicowego pozwalających na stosunkowo prostą implementację tych modyfikacji w praktyce przemysłowej;
- współautorstwo zmodyfikowanej metodologii obliczeniowej zarówno tarcowego spadku ciśnienia jak i spadku ciśnienia wywołanego przyspieszeniem/opóźnieniem mieszaniny dwufazowej;
- opracowanie korelacji empirycznych pozwalających na projektowanie typowych konstrukcji wymienników ciepła (rura w rurze, U-rura) z lub bez turbulizatora spiralnego i pracujących w zakresie przepływu jednofazowego lub dwufazowego;
- opracowanie bazy danych eksperymentalnych dla nieizotermicznego przepływu płynu w przekroju pierścieniowym;
- opracowanie baz danych w zakresie pracy termosyfonu dwufazowego z różnymi czynnikami roboczymi oraz dostarczenie czasowych charakterystyki pracy tego układu - opracowany materiał może przyczynić się do lepszego projektowanie systemów wykorzystujących grawitacyjne rurki ciepła w układach HVAC.

3.2 OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

Jak podaje Habilitant w autoreferacie jego zainteresowania naukowo-badawcze są szersze niż zreferowany wyżej zbiór 12 publikacji stanowiących ocenione osiągnięcie naukowe. Można to wymienić:

- a. wykorzystaniem układów kogeneracyjnych i trigeneracyjnych dedykowanych dla systemów energetyki rozproszonej;
- b. systemami magazynowania energii cieplnej dedykowanych współpracy z układami realizującymi obiegi lewobieżne;
- c. wykorzystaniem przyjaznych środowisku nośników energetycznych w układach chłodniczych, grzewczych i klimatyzacyjnych;
- d. systemami zagospodarowania energii odpadowej.

Tematyka tych badań związana była często ze źródłami finansowania (np. NCBiR, firma Mar-Spaw sp. z o.o.), współudziałem w powstających publikacjach rozwiązujących problematykę nowych czynników roboczych czy prace dotyczące optymalizacji wykorzystania energii odpadowej.

Podsumowanie dorobku zostało sporządzone w oparciu o Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 01.09.2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby

ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego przed uzyskaniem i po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.

	Kryterium	Liczba	
		Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora
§3.4a	Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR), posiadających IF oraz innych publikacji indeksowanych w bazie WoS	-	12
		1	10
§3.4c	Zgłoszenia patentowe	-	4
§4.1	Autorstwo lub współautorstwo monografii, publikacji naukowych w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie JCR oraz indeksowanych w bazie WoS.	15	46
§4.2	Autorstwo lub współautorstwo opracowań zbiorowych, katalogów zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz	-	-
§4.3	Sumaryczny Impact Factor (IF) według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania	-	36,98
§4.4	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS)	1	120
§4.5	Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	-	7
§4.6	Kierowanie projektami badawczymi międzynarodowymi lub krajowymi	-	5
	Udział w projektach badawczych międzynarodowych i krajowych	3	4
§4.7	Międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność naukową	1	7
§4.8	Wygłoszenie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych	1	12
§5.1	Uczestnictwo w programach europejskich i innych programach międzynarodowych lub krajowych	-	4

§5.2	Udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych, lub udział w komitetach organizacyjnych tych konferencji	1	15
§5.3	Otrzymane nagrody i wyróżnienia za działalność dydaktyczną	-	1
§5.4	Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	-	2
§5.5	Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z: naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych, a w przypadku badań stosowanych z przedsiębiorcami	-	-
§5.6	Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	-	1
§5.7	Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	-	2
§5.8	Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	-	6
§5.9	Opieka naukowa nad studentami	-	23
§5.10	Opieka naukowa nad doktorantami	-	1
§5.11	Staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich	-	7
§5.12	Wykonanie ekspertyz lub innych opracowań na zamówienie podmiotów realizujących zadania publiczne lub przedsiębiorców	-	1
§5.13	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	-	1
§5.14	Recenzowanie projektów międzynarodowych lub krajowych oraz publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych	-	21

Szczegółowy wykaz osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych oraz popularyzatorskich i dotyczących współpracy międzynarodowej wykonany na podstawie kryteriów oceny zdefiniowanych w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 01.09.2011, art. 3, pkt 4 w obszarze nauk technicznych, art. 4 określający kryteria oceny w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych dla wszystkich obszarów wiedzy oraz art. 5 w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej we wszystkich obszarach wiedzy (Dz. U. nr 19, poz. 1165) został umieszczony w załączniku 3 do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego. Jego główne punkty skomentowane zostaną niżej.

3.3 OMÓWIENIE INNYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH, DYDAKTYCZNYCH ORAZ POPULARYZATORSKICH I DOTYCZĄCYCH WSPÓŁPRACY MIĘDZYNARODOWEJ

3.3.1 PUBLIKACJE

Habilitant w załączniku 3C przedstawił 4 zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne lub technologiczne a w załączniku 3D zaprezentował 4 zgłoszenia patentowe.

W kolejnym punkcie zamieścił wykaz monografii i publikacji naukowych w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujących się w bazach lub na liście, o której mowa w pkt. IIB. Są to prace o numerach F1 do F46. Łącznie sumaryczny Impact Factor publikacji naukowych wg JCR:

Dorobek po doktoracie – 36,98

Dorobek w obszarze osiągnięcia badawczego – 22,307

Liczba cytowani publikacji wg WoS

- po uzyskaniu stopnia doktora – 120
- w obszarze osiągnięcia naukowego – 61

Indeks Hirscha (wg WoS) – 7.

3.3.2 KIEROWANIE MIĘDZYNARODOWYMI LUB KRAJOWYMI PROJEKTAMI BADAWCZYMI ORAZ ICH PREZENTACJA

- Działalność statutowa, kierowanie projektem, wykaz K1-K5
- Udział w projektach badawczych K6-K12
- Dotacja różnych funduszy K13-K16.

Habilitant jest też laureatem 5 nagród J.M. Rektora Politechniki Gdańskiej i 2 innych fundatorów.

Wygłaszał referaty na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych (M1-M12).

3.3.3 DOROBEK DYDAKTYCZNY I POPULARYZATORSKI ORAZ INFORMACJE O WSPÓŁPRACY MIĘDZYNARODOWEJ HABILITANTA

- Uczestnictwo w 2 programach europejskich oraz 2 krajowych (N1-N4)
- Aktywny udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych (O1-O15)
- Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych lub krajowych konferencji naukowych (P1-P4)
- Udział w konsorcjach i sieciach badawczych (R1-R2)
- Udział w komitetach organizacyjnych i radach naukowych czasopism – T1.

3.3.4 OSIĄGNIĘCIA DYDAKTYCZNE I W ZAKRESIE POPULARYZACJI NAUKI

Od 2014 roku Habilitant prowadzi bądź prowadził następujące zajęcia dydaktyczne dla studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych:

- V1. W języku polskim: I stopień: Wymiana i Wymienniki Ciepła – wykład + laboratorium, Termodynamika – laboratorium, Termodynamika Techniczna – ćwiczenia, Podstawy Systemów Chłodniczych i Klimatyzacyjnych – laboratorium, Termodynamika II – laboratorium, Metody Komputerowe w Technice Ciepłej – laboratorium, Chłodnictwo i Klimatyzacja – laboratorium; II stopień: Przepływy dwufazowe w instalacjach przemysłowych – Wykład + ćwiczenia, Termodynamika procesów nierównowagowych – ćwiczenia, Podstawy techniki chłodniczej i klimatyzacyjnej – laboratorium, Odzysk ciepła w instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych – wykład + laboratorium, Automatyka Chłodnicza i Klimatyzacyjna – laboratorium,
- V2. W języku angielskim: I stopień: Heat transfer and heat exchangers – wykład + projekt, Selected aspects of numerical methods – laboratorium, Heat and mass transfer devices – laboratorium
- V3. Opracowanie projektu oraz nadzór merytoryczny nad wykonaniem stanowiska naukowo-dydaktycznego do badania procesów cieplno-przepływowych w urządzeniach chłodniczych i pompach ciepła
- V4. Opracowanie projektu oraz nadzór merytoryczny nad wykonaniem stanowiska naukowo-dydaktycznego do badania przepływu dwufazowego adiabatycznego
- V5. Opracowanie projektu oraz nadzór merytoryczny nad wykonaniem stanowiska naukowo-dydaktycznego do badania wrzenia w objętości
- V6. Współautorstwo dwóch artykułów popularno - naukowych o zasięgu krajowym:
- Lubacki Adam, Maliszewski M., Andrzejczyk Rafał, Procedura przezbrajania instalacji chłodniczej na statku dalekomorskim „Green Engersund”, Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna. Nr 607(244-245) (2017) s.233-238
 - Andrzejczyk Rafał, Sławińska Sara: Projekt węzownicowego wymiennika ciepła// Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna. Nr 5(255) (2017), s.166-169

Habilitant był promotorem 17 prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich. Jest też promotorem pomocniczym pracy doktorskiej Pani mgr. Inż. Marty Gosz. Habilitant sześciokrotnie brał udział w kilkutygodniowych stażach szkoleniowych w Norwegian University of Science and Technology w Trondheim oraz w Politechnice Śląskiej.

4 PODSUMOWANIE

Osiągnięcie naukowe Habilitanta noszące tytuł „Wybrane zagadnienia poprawy efektywności konwekcyjnej wymiany ciepła w konstrukcjach aparatów cieplnych dla potrzeb HVAC” skonstruowane zostało z 12 publikacji, w większości wydrukowanych w renomowanych czasopismach z wysokim łącznym Impact Factorem i 294 punktami. Całość tematyki została pogrupowana w 4 bloki zagadnień. Każdy zaś blok to osobno

przedstawiona problematyka badawcza i osobny plan na rozwiązanie zarówno analizy teoretycznej jak i konstruowanie, budowa i opracowanie wyników doświadczeń.

Pierwszy temat dotyczył intensyfikacji wymiany ciepła po stronie „płaszcza” wężownicowych wymienników ciepła z pomocą autorskiej koncepcji przegród oraz modyfikacji zewnętrznej powierzchni zarysu wężownicy.

Drugi temat to badanie wrzenia w kanale konwencjonalnym podczas przepływu czynnika R134a. Analiza wpływu zjawiska porywania/osadzania kropeł, wpływu tarcia międzyfazowego na całkowity spadek ciśnienia w przepływie dwufazowym.

Temat trzeci poświęcony jest pasywnym i aktywnym metodom intensyfikacji wymiany ciepła w zakresie wymienników typu rura w rurze i U-rura.

Ostatni temat cyklu to analiza efektywności energetycznej termosyfonu dwufazowego oraz wpływu podstawowych parametrów geometrycznych, rodzaju czynnika roboczego oraz niestabilności przemian fazowych.

Jakkolwiek tematyka wydaje się różnorodna to jej analiza pozwala na znalezienie jej linii przewodniej w problemie intensyfikacji wymiany ciepła w wymiennikach typu HVAC. Rozpatrując każdy z tematów z osobna można stwierdzić, że są to tematy wymagające biegłości w takich narzędziach jak metody analityczne, numeryczne, doświadczalne i interpretacji wyników pomiarów.

Habilitant udowodnił, że opanował te narzędzia, jak również zdobył wiedzę teoretyczną z zakresu wymiany ciepła i wymienników, przepływów, znajomości czynników roboczych itp.

Habilitant wykazał się też znajomością problematyki organizacji badań, dydaktyki i współpracy z różnymi segmentami środowiska naukowego. Odbył staże zagraniczne i brał aktywny udział w konferencjach naukowych.

5 KONKLUZJE

Mając na uwadze powyższe fakty oraz przedstawiony w autoreferacie dorobek wnoszę do Władz Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej i Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna by w procedurze postępowania habilitacyjnego Pana dr inż. Rafała Andrzejczyka nadać mu stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn.

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Gnutek