

RECENZJA
dorobku naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego
dr. inż. Michała Eugeniusza Klugmanna
opracowana
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego dr. habilitowanego

Recenzję opracowano na podstawie pisma sygnowanego przez Prof. dr. hab. inż. Michała Wasilczuka, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej *Inżynieria Mechaniczna* w Politechnice Gdańskiej (pismo znak: 46/WiMiO z 02.02.2021), wystawionego zgodnie z decyzją Rady Doskonałości Naukowej z dnia 22. grudnia 2020 r. wynikającą z wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego złożonego przez dr. inż. Michała E. Klugmanna. Przedmiotem recenzji jest ocena dorobku Kandydata sporządzona w oparciu o dostarczone materiały. Podstawę prawną jej wykonania stanowi Ustawa z dnia 20. lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2018 r., poz. 1668 ze zm.).

1. PODSTAWOWE DANE O HABILITANCIE

Pan Michał Klugmann urodził się 06.05.1976 roku w Gdańsku. W roku 2004 ukończył studia magisterskie na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej, broniąc pracę dyplomową *Badania wymiany ciepła i masy w adsorpcyjnych urządzeniach klimatyzacyjnych*. W tym samym roku został zatrudniony w Katedrze Techniki Ciepłej WM PG na stanowisku asystenta (doktorant). W 2010 roku, na podstawie dysertacji *Intensyfikacja wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie w kanałach o małej średnicy*, wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Dariusza Mikielewicza, uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Budowa i Eksploatacja Maszyn*, nadany decyzją Rady Wydziału Mechanicznego PG. Od 2010 roku pracuje w Katedrze Energetyki i Aparatury Przemysłowej, kolejno na stanowiskach: adiunkta (2010-2018), starszego wykładowcy (do 2019) i aktualnie - adiunkta dydaktycznego (obecnie - Instytut Energii, WiMiO, PG).

2. DOROBEK NAUKOWY HABILITANTA

Działalność naukowo-badawcza dr. inż. Michała Klugmanna dotyczy przede wszystkim zagadnień transportu ciepła i masy w tzw. mini-wymiennikach i mini-strukturach przepływowych, i jest rozwinięciem tematyki zapoczątkowanej przed dysertacją. Wyniki prowadzonych prac Habilitant zawarł we współautorskich publikacjach pokazujących zarówno obszar Jego badań, jak i osiągnięcia. W okresie po doktoracie opublikował łącznie 23 prace, w tym: 8 artykułów w czasopiśmie z listy JCR, 3 artykuły w czasopiśmie indeksowanym w bazie Web of Science oraz 12 referatów w materiałach konferencji międzynarodowych i krajowych.

Ważniejsze z tych prac zostały uznane przez Habilitanta za „osiągnięcie naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny” i tym samym zaliczone do dorobku będącego podstawą postępowania habilitacyjnego (Dz.U. 2018 r., poz. 1668, art. 219, ust. 1, pkt. 2b). Tworzą one monotematyczny cykl ujęty uogólnionym tytułem *Badania miniszczelinowych i minikanalowych wymienników ciepła do zastosowań solarnych*, w skład którego wchodzi publikacje:

- [1] Klugmann M., Dąbrowski P., Mikielwicz D.: *Flow distribution and heat transfer in minigap and minichannel heat exchangers during the flow boiling*. Applied Thermal Engineering, vol. 181, art. 116034, November 2020;
- [2] Klugmann M., Dąbrowski P., Mikielwicz D.: *Flow boiling in minigap in the reversed two-phase thermosiphon loop*. Energies, vol. 12, Nr 17, 2019;
- [3] Klugmann M., Dąbrowski P., Mikielwicz D.: *Selected thermal and flow issues in a reversed thermosiphon with a steam liquid lifter*. E3S Web of Conferences, vol. 70, UNSP 02009, 2018;
- [4] Klugmann M., Dąbrowski P., Mikielwicz D.: *Pressure drop related to flow maldistribution in a model minichannel plate heat exchanger*. Archives of Thermodynamics, vol. 39, Nr 2, str. 123-146, 2018;
- [5] Dąbrowski P., Klugmann M., Mikielwicz D.: *Selected studies of flow maldistribution in a minichannel plate heat exchanger*. Archives of Thermodynamics, vol. 38, Nr 3, str. 135-148, 2017;
- [6] Dąbrowski P., Klugmann M., Mikielwicz D.: *Flow maldistribution and its mitigation in mini heat exchangers*. Contemporary Issues of Heat and Mass Transfer, Publishing House of the Koszalin University of Technology, str. 83-109, 2019;
- [7] Dąbrowski P., Klugmann M., Mikielwicz D.: *Channel blockage and flow maldistribution during unsteady flow in a model microchannel plate heat exchanger*. Journal of Applied Fluid Mechanics, vol. 12, Nr 4, str. 1023-1035, 2019.

W powyższym cyklu, pozycje [1,2,7] - to artykuły w czasopismach z listy Journal Citation Report; [3,4,5] - artykuły recenzowane w czasopismach nie posiadających współczynnika wpływu (*IF*), indeksowane w bazie Web of Science; zaś [6] – artykuł w monografii konferencyjnej. Ich sumaryczny *Impact Factor*, $IF_5 = 8,025$ (istnieje rozbieżność wartości *IF* podanych w *Wykazie osiągnięć i w Autoreferacie*). Wszystkie publikacje są pracami współautorскими, przy czym do *Wniosku* dołączono oświadczenia precyzujące udział Habilitanta i pozostałych autorów w ich powstaniu.

2.1. Charakterystyka osiągnięcia naukowego

Tematyka ocenianego osiągnięcia stanowi odzwierciedlenie głównych prac Habilitanta, dotyczących procesów cieplnych i przepływowych w modelowych miniszczelinowych i minikanalowych wymiennikach ciepła, zrealizowanych po części w kierowanym przez Niego projekcie NCN. Szczegółowa analiza tego materiału pozwala wyodrębnić w nim trzy obszary badawcze / tematyczne, których krótka charakterystyka jest podana poniżej:

- *Badania obiegu termosyfonowego*

Prace, prowadzone na specjalnie do tego celu skonstruowanym stanowisku, obejmowały eksperymentalne badania układu, w założeniach przewidzianego do aplikacji w technice solarnej, to jest modelowego obiegu z jednoczynnikowym termosyfonem odwróconym z parowym podnośnikiem cieczy, w którym zastosowano parownik o budowie miniszczelinowej. Zasadniczym ich celem była:

- identyfikacja procesów przejmowania ciepła i spadku ciśnienia w parowniku w funkcji zmiennego masowego natężenia przepływu czynnika i grubości miniszczeliny,

oraz:

- ocena wpływu na pracę termosyfonu: - temperatury ścianki i gęstości strumienia ciepła doprowadzonego do parownika, różnicy temperatury parownik / skraplacz, temperatury wrzenia czynnika (ciśnienia) i jego ilości w obiegu (napelnienia).

Dodatkowo, analiza objęła pulsacyjny charakter przepływu czynnika (rozkład pulsacji i ciśnień w czasie), a także struktury przepływu dwufazowego (zarodkowanie pęcherzyków, rozwój wrzenia i kryzysu wrzenia, mechanizm podnoszenia cieczy, inne).

Na podstawie uzyskanych wyników badań i ich szczegółowych analiz Habilitant opraco-

wał szereg ważnych wniosków, wykazując m.in., że:

- zmniejszenie grubości miniszczeliny parownika prowadzi do intensyfikacji procesu wrzenia, przy czym nie przekłada się to na liniowy wzrost wydajności układu;
- intensywność wymiany ciepła wykazuje lokalne maksima i zależy od stopnia suchości generowanej pary;
- w badanym układzie, w przeciwieństwie do układu pompowego, miniszczelina nie stanowi tradycyjnie rozumianego oporu przepływu, ponieważ sama generuje „pompowanie”, a tym samym opór nie ogranicza wprost zmniejszenia jej grubości i średnicy hydraulicznej;
- mimo pulsacyjnego charakteru pracy układu *parownik-skraplacz*, rozkłady temperatury są niezmiennie w czasie, a układ wykazuje zdolność dynamicznej samoregulacji do ilości przenoszonego ciepła;
- zanikanie filmu cieczowego na ścianie kanału, powoduje zatrzymanie obiegu i wypełnienie parownika zimną cieczą, w wyniku czego system ma zdolność samowygazowania;
- zwiększenie strumienia ciepła w parowniku zwiększa przepływ czynnika roboczego, przy czym jest on bardziej intensywny ze zmniejszeniem grubości miniszczeliny.

Obszerne omówienie prowadzonych prac, jak i wynikających z nich wniosków, które są ważne ze względów poznawczych, eksploatacyjnych i konstrukcyjnych, Habilitant zawarł w publikacjach [2,3], wchodzących w skład ocenianego osiągnięcia naukowego.

- *Badania wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie,*

Stwierdzona w trakcie badań pulsacyjna praca obiegu termosyfonowego, przekładająca się na nierównomierność przepływu, jak również tendencja do samoregulacji układu, skierowały uwagę Habilitanta na podjęcie badań w warunkach ustabilizowanego przepływu czynnika wymuszonego pompą, co wymagało budowy kolejnego specjalizowanego stanowiska badawczego. Prowadzone na nim prace objęły kompleksowe badania wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie ustalonym i dotyczyły dwóch rodzajów mini-wymienników, to jest:

- wymiennika miniszczelinowego, identycznego z użytym w układzie z termosyfonem,
- pakietów równoległych minikanalów, o przekroju czynnym zgodnym z przekrojem wymiennika szczelinowego.

Zasadniczym ich celem były pomiary i analiza procesów przejmowania ciepła oraz analiza spadku ciśnienia (oporów przepływu), co w zamierzeniu powinno umożliwić porównanie wyników badań obu wymienników między sobą, a także weryfikację z istniejącymi korelacjami literaturowymi dla wrzenia w przepływie, w tym opracowanymi w jednostce Kandydata (zależność Mikielewicza). W prowadzonych pracach Habilitant zidentyfikował m.in. struktury wrzenia i powiązał je z procesem wymiany ciepła, a także określił lokalne współczynniki przejmowania ciepła na powierzchni wymiany ciepła dla różnych parametrów przepływu i geometrii wymiennika. W efekcie wykazał, między innymi, że:

- zarówno w przypadku jednofazowej wymiany ciepła, jak i wrzenia w przepływie, uzyskane wartości współczynnika przejmowania ciepła są zgodne, co do rzędu wielkości, z korelacjami literaturowymi, przy czym w przypadku wrzenia, największa rozbieżność dotyczy niskich stopni suchości pary;
- użyte w badaniach rodzaje kolektorów i konfiguracje wlotu i wylotu wywołują nierównomierny rozkład zjawisk na powierzchni wymiany ciepła, objawiający się znacznymi różnicami między stronami sekcji pomiarowej;
- wartość lokalnego współczynnika przejmowania ciepła rośnie ze spadkiem grubości miniszczeliny i jest wyższa w przypadku porównywanych minikanalów o takim samym przekroju czynnym (jak miniszczeliny);

- spadek ciśnienia jest niewielki i zmienia się nieznacznie z natężeniem przepływu, przy czym w przypadku pakietu minikanalów nieznacznie zwiększa się przy wyższych wartościach przepływu masowego.

Nie przyniosły natomiast spodziewanego efektu podjęte przez Habilitanta próby zintensyfikowania wymiany ciepła za pomocą prostych sposobów pasywnych. Stwierdzono natomiast korzystny wpływ jednego z rozwiązań na równomierność rozptyłu czynnika. Bliższe omówienie tych badań oraz wynikających z nich wniosków jest zawarte w publikacji [1].

- *Badania nierównomierności rozptyłu czynnika w mini-geometriach*

Wyniki badań wymiennika z mini-geometrią szczelinową były przyczynkiem do zwrócenia uwagi na problem nierównomierności rozptyłu czynnika, charakteryzujący się brakiem symetrii zjawisk na dwóch stronach sekcji pomiarowej, a także silnymi zaburzeniami strumienia w pobliżu dopływu i odpływu. Ponieważ zagadnienia te są rozpoznane w stopniu niewystarczającym i stanowią nowy obszar zainteresowań badawczych, Habilitant poddał je pogłębionej analizie, wykorzystując do tego celu, m.in. bogaty materiał wizualizacyjny.

W efekcie badania pozwoliły zidentyfikować podstawowe mechanizmy blokowania kanałów i określić czynniki wpływające na to zjawisko, a w szczególności:

- rozpoznać mechanizm nierównomierności rozptyłu w pakiecie równoległych minikanalów i w miniszczelinie oraz jego zależność od natężenia przepływu i wymiaru charakterystycznego;
- zarejestrować dwa charakterystyczne i w pełni powtarzalne mechanizmy blokowania kanałów;
- powiązać zjawisko nierównomierności rozptyłu czynnika z chwilowym rozkładem ciśnienia.

Szczegółowe omówienie tych prac i wynikających z nich wniosków zostało zawarte w publikacjach [4,5].

Należy nadmienić, że w tym obszarze działalności naukowej dr M. Klugmann współpracuje z prof. Rituneshem Kumarem z Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Indore, w Indiach. Ponadto wybrane zagadnienia nierównomierności rozptyłu czynnika są przedmiotem projektu *Preludium* realizowanego przez doktoranta (mgr inż. P. Dąbrowski), a zarazem tematem jego przyszłej rozprawy doktorskiej, w której Habilitant jest wyznaczony na promotora pomocniczego.

2.2. Podsumowanie osiągnięcia naukowego

Przedstawione do oceny osiągnięcie można określić jako cykl prac eksperymentalnych i analitycznych, obejmujących zjawiska cieplne i przepływowe w wymiennikach o mini-geometrii. Przyczynkiem do ich podjęcia była koncepcja wprowadzenia w modelowy układ solarnej instalacji grzejnej obiegu termosyfonowego, zastępującego instalację pompową i umożliwiającego naturalną cyrkulację (transport) nośnika ciepła.

Proste, jednofazowe obiegi termosyfonowe były (są) stosowane w różnych instalacjach grzejnych (c.o., c.w.u.), przy korzystnej konfiguracji nie wymagając użycia pomp obiegowych. Istotną cechą ich działania jest naturalny (pasywny) transport ciepła w układzie „dół - góra”, co oznacza, że źródło ciepła jest z reguły usytuowane poniżej odbiorników (ewentualnie na tym samym poziomie). W systemach solarnych transport ciepła (czynnika) odbywa się najczęściej w układzie przeciwnym, to jest „góra - dół”, wymagając zastosowania w tego typu instalacjach, tzw. termosyfonu odwróconego, do którego pracy jest niezbędnym wytworzenie pary wymuszającej ruch czynnika.

Mając powyższe na względzie, Habilitant podjął próbę zaimplementowania do termosyfonowego obiegu solarne wymiennika ciepła (parownik) o tzw. mini-geometrii, z zadaniem

generowania pary na potrzeby „napędu”, skupiając się na eksperymentalnych badaniach wymiany i intensyfikacji wymiany ciepła w miniszczelinach, w szczególności podczas wrzenia. W badaniach tych istotnym było m.in. połączenie procesów i zjawisk analizowanych dotychczas osobno, czyli mających miejsca w wymienniku miniszczelinowym i w układzie solar- nym, zaś celem - określenie zależności między nimi, to jest przede wszystkim wpływu roz- miarów i struktury powierzchni miniszczeliny na wymianę ciepła i spadek ciśnienia, a także wpływu zjawisk związanych z wrzeniem (w przepływie) na pracę obiegu termosyfonowego.

Tematyka jest ważna i ma duże znaczenie poznawcze, albowiem większość prac dotyczy wymiany ciepła w mini- i mikro-kanalach. Wymiana ciepła podczas wrzenia w mini- szczelinach była, jak dotąd, rzadziej badana, a publikacji poświęconych tym zagadnieniom jest niewiele i są niepełne. Wynika stąd, że podjęcie przez Habilitanta kompleksowego pro- gramu badań podstawowych w tym zakresie było pożądane i wychodzi naprzeciw istniejącym potrzebom, a tematyka prac wpisuje się w próbę wyjaśnienia szeregu niewystarczająco roz- poznanych tematów i jest zgodna z aktualnymi kierunkami badań.

.....

W związku z powyższym uważam, że badania Habilitanta mają duże znaczenie, a do najważniejszych osiągnięć w zakresie omawianej tematyki należy zaliczyć pogłębienie wiedzy na temat pracy obiegu termosyfonowego odwrotnego i powiązanie tej wiedzy z anali- zą zjawisk występujących w parowaczu. Ważne jest także wykazanie możliwości uzyskania efektywnej pracy modelowego układu termosyfonu (pracującego w oparciu o przyjęte założe- nia), co powinno być przyczynkiem do dalszych badań o charakterze stosowanym. Jest to uwaga dość istotna, albowiem należy zaznaczyć, że w wielu obszarach techniki można obec- nie obserwować powrót do prostych rozwiązań pasywnych, charakteryzujących się oszczęd- nością energii i zmniejszoną awaryjnością pracy. Tym samym należy podkreślić, że prowa- dzone prace i uzyskane wyniki rozwiązują niektóre z istotnych problemów, zaś kompleksowe podejście do wymiany ciepła podczas wrzenia w mini-geometriach (szczelinowych i kanało- wych), a także do nierównomierności rozptywu czynnika, pozwoliło na lepsze poznanie zja- wisk i poszerzenie stanu wiedzy w zakresie badań podstawowych. Prace te stanowią istotny wkład Habilitanta w rozwój nauki, wypełniając lukę w tematyce wymienników ciepła o geo- metrii miniszczelinowej.

.....

Godne uwagi jest to, że Habilitant zbudował dwa, w pełni oprzyrządowane, oryginalne, specjalizowane stanowiska pomiarowe, które umożliwiły prowadzenie kompleksowych ba- dań eksperymentalnych w szerokim zakresie analizowanych zjawisk i parametrów. W mojej ocenie jest On sprawnym eksperymentatorem, a koncepcja i budowa stanowisk badawczych, także koncepcja pomiarów i ich realizacja, są Jego oryginalnym pomysłem, wykonaniem i osiągnięciem.

Należy też uwypuklić, że Habilitant dużą uwagę poświęcił rejestracji obrazowej bada- nych zjawisk cieplno-przepływowych, w wyniku czego został zgromadzony bogaty materiał przydatny m.in. do ich analizy wizualnej. W rezultacie powstała obszerna baza danych do dalszych prac, analiz i weryfikacji modeli przepływów dwufazowych, w tym rozwijanych w jednostce Habilitanta.

Reasumując uważam, że przedstawiony do oceny monotematyczny cykl publikacji ujęty uogólnionym tytułem *Badania miniszczelinowych i minikanalowych wymienników ciepła do zastosowań solarnych*, jest swoistym podsumowaniem badań prowadzonych przez dr. Micha- ła Klugmanna w zakresie objętym tytułem i zawiera szereg istotnych elementów, które można uznać za Jego oryginalny dorobek. Składają się na niego prace ważne ze względu na mecha-

nizm działania oraz rozwój konstrukcji mikro- i mini-wymienników, a także ich implementację nie tylko do technik solarnych, i są to prace o znaczeniu poznawczym i docelowo - uważam - utylitarnym. Dorobek ten może być uznany za „osiągnięcie naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny”, to jest osiągnięcie będące podstawą postępowania habilitacyjnego.

2.3. Wpływ osiągnięcia naukowego na dyscyplinę naukową

Badania wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie przez struktury o tzw. mini-geometrii stanowią przedmiot zainteresowania różnych ośrodków badawczych, zarówno krajowych, jak i zagranicznych, przede wszystkim ze względu na nowe obszary zastosowań. Jednak większość prowadzonych prac dotyczy głównie tzw. minikanalów. Można więc stwierdzić, że Habilitant podejmując badania i poddając analizie zjawisko wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie przez miniszczeliny przyczynił się do znaczącego poszerzenia wiedzy w tym obszarze nauki. Przyczynił się też do lepszego poznania i opisania konstrukcyjnie prostego rozwiązania jednoczynnikowego termosyfonu odwróconego z parowym podnośnikiem cieczy, interesującego m.in. ze względu na rozwój techniki solarnej (pasywny transport nośnika ciepła „góra-dół”) i związaną z tym możliwość aplikacji. Stąd moja pozytywna ocena tych prac.

2.4. Charakterystyka pozostałego dorobku naukowego

Pozostały dorobek Habilitanta, obejmuje:

- Badania transportu ciepła i masy w mikro- i nanoskali, szczególnie bazującego na procesach przemian fazowych, podjęte jeszcze na etapie dysertacji, a następnie kontynuowane w projektach badawczych, których był wykonawcą / głównym wykonawcą. Ich przedmiotem były: jednofazowa wymiana ciepła, wrzenie w przepływie, kryzys wrzenia i wymiana pokrywowa oraz kondensacja w przepływie, odniesione do pojedynczych pionowych minikanalów. Badania te objęły także perspektywiczne organiczne czynniki robocze, analizowane pod kątem przydatności do zastosowania w obiegach siłowni ORC.

- Osobny temat stanowią badania uszkodzeń uderzeniowych kompozytów polimerowych wzmocnionych włóknem węglowym, w których do wizualizacji pęknięć Kandydat zastosował termografię ciekłokrystaliczną, którą proponuje uznać za alternatywne narzędzie diagnostyki tego typu uszkodzeń.

Efektom tych prac jest szereg wniosków omówionych w *Autoreferacie*, i przede wszystkim - współautorskie publikacje, w tym z listy JCR [II.4/1-5], a także wystąpienia na konferencjach międzynarodowych i krajowych [*numeracja zgodna z Wykazem osiągnięć ...*].

2.5. Ocena naukometryczna publikacji

Na podstawie powyższego mogę stwierdzić, że dr inż. M. Klugmann legitymuje się dorobkiem naukowym, którego wyniki upowszechniał w czasopismach i na konferencjach międzynarodowych i krajowych. Dorobek ten przypada na okres po uzyskaniu stopnia naukowego doktora i obejmuje lata 2010-19.

Wg dokumentacji habilitacyjnej, sumaryczny współczynnik wpływu wszystkich Jego publikacji, $IF_5 = 25,828$; łączna liczba punktów MNiSW wynosi 1315, przy czym brak danych precyzujących udział autorski Habilitanta (punktacja MNiSW). Wg bazy *Web of Science* prace te były cytowane 49 razy (37 - bez autocytowań), natomiast wg bazy Scopus – 59 razy. Indeks Hirscha, wg baz: *WoS* i *Scopus*, $h = 5$.

W odniesieniu do osiągnięcia habilitacyjnego, na które składa się 7 wybranych publikacji, sumaryczny współczynnik wpływu $IF_5 = 8,025$ (istnieje rozbieżność wartości IF podanych w *Wykazie osiągnięć ... i w Autoreferacie*).

3. OCENA DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNEJ I ORGANIZACYJNEJ

Poniżej, w sposób syntetyczny omówione są osiągnięcia dr. M. Klugmanna w pozostałych obszarach Jego działalności zawodowej, a mianowicie:

- *Dydaktyka*

Habilitant prowadzi zajęcia ujęte w podstawowym programie studiów realizowanych na Wydziale Mechanicznym / Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa PG, to jest:

- *Wymiana i wymienniki ciepła* – wykład (w j. polskim), laboratorium (w j. polskim i angielskim),
- *Termodynamika* – ćwiczenia (w j. polskim) i laboratorium (w j. polskim i angielskim),
- *Komunikacja profesjonalna* - seminarium w j. angielskim (tematyka szeroko pojętej energetyki i historii techniki),
- *Inżynieria ochrony środowiska* - wykład i laboratorium (w j. polskim),

a ponadto autorskie kursy:

- *Losy Cywilizacji* – wykład w ramach ogólnouczelnianego bloku przedmiotów humanistycznych i społecznych, popularyzujący naukę i technikę;
- *Termografia* - wykład i laboratorium na międzyuczelnianym kierunku Inżynieria Mechaniczno-Medyczna, studia II^o.

W swym dorobku ma także promotorstwo prac dyplomowych inżynierskich (52) i magisterskich (12). Jest promotorem pomocniczym realizowanej pracy doktorskiej.

- *Działalność organizacyjna*

W tym obszarze aktywność Habilitanta sprowadza się do przygotowywania wniosków o dofinansowanie działalności n-b, w szczególności aplikowanie o fundusze zewnętrzne w konkursach krajowych (NCN) i międzynarodowych, czego efektem było m.in. uzyskanie grantu programu *Sonata* (2016-2020). Współpracuje z różnymi wydziałami uczelni jako ekspert do spraw zabytków techniki. Na wydziale macierzystym, także na innych wydziałach PG, uczestniczy w egzaminach dyplomowych (członek komisji, recenzent). Należy także wymienić Jego udział w pracach komitetu organizacyjnego 53rd *European Two-Phase Flow Group Meeting*.

- *Popularyzacja nauki*

W macierzystej jednostce (Katedrze EiAP) od wielu lat jest odpowiedzialnym za organizację imprez popularnonaukowych prowadzonych w ramach: *Dni Otwartych PG*, *Bałtyckiego Festiwalu Nauki*, *Europejskiej Nocy Muzeów*, i innych. Działania te obejmują wykłady, pokazy i spacer historyczne ilustrowane licznymi zbiorami rekwizytów i dokumentów historycznych, a także materiałami multimedialnymi Jego autorstwa.

- *Aktywność naukowa*

W okresie po obronie dysertacji uczestniczył w 11 krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych, prezentując na nich swój dorobek badawczy.

Brał też czynny udział w realizacji 5 projektów finansowanych ze źródeł zewnętrznych, w tym trzech po doktoracie, to jest:

- *Theoretical and experimental investigations on condensation in flow in small diameter horizontal and vertical channels* (MNiSW, 2009-2012, główny wykonawca);
- *Intensification of heat exchange in two-phase thermosyphon equipped with minigap evaporator* (NCN, 2016-2020, kierownik projektu);
- *Experimental investigations and modeling of the working fluid distribution in minichannel and minigap plate heat exchangers* (NCN, 2018-2020, wykonawca).

Efektom tych prac (grantów) są oryginalne osiągnięcia badawcze i publikacyjne, w tym będące przedmiotem niniejszego postępowania habilitacyjnego.

W swoim dorobku ma także recenzje artykułów przeznaczonych do publikacji w czasopiśmie PAN, *Archives of Thermodynamics*.

- *Inne*

Ważnym elementem działalności dr. M. Klugmanna jest oryginalna (i nietypowa) współpraca z instytucjami miasta i regionu, dotycząca badania, ratowania i ochrony zabytków techniki, zarówno tzw. *ruchomych*, w dużej części związanych z PG, jak i *nieruchomych*, usytuowanych na terenie Trójmiasta, w szczególności związanych z techniką wodociągowo-kanalizacyjną i obronnością, przy czym należy zaznaczyć, że działalność ta jest rozpoznawana i pozytywnie dostrzegana w środowisku konserwatorskim. W tym zakresie współpracuje od wielu lat z instytucjami:

- Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna – działania mające na celu ocalenie i rewitalizację zabytków infrastruktury - zbiorniki wody *Stara Orunia* (1869), *Stary Sobieski* (1911) i inne (kierownik projektu *Gdański Szlak Wodociągowy* - faza koncepcyjna i projektowa, 2010-2015; konsultant merytoryczny i nadzór autorski - faza realizacja, 2015-2017).
- *Stowarzyszenie „Gertruda”* - uporządkowanie stanu prawnego i poprawa stanu technicznego wybranych obiektów zabytkowych na terenie Gdańska (*Bastion św. Gertrudy*, *Szaniec Jezuicki*, inne), w wyniku czego powstała dokumentacja obiektów dla służb konserwatorskich (wiceprezes zarządu, społeczny opiekun zabytków, 2009-14).
- *Gdyński Klub Eksploracji Podziemnej* - działalność edukacyjna z zakresu historii i obronności, a także ochrona obiektów na terenie Gdyni (od 2010 r., członek zarządu).
- *Sekcja Historyczna Biblioteki Głównej PG* - współpraca mająca na celu zabezpieczenie i ewidencję zabytków ruchomych związanych z PG, archiwizacja starych fotografii (od 2016 r.).
- *Miejski Konserwator Zabytków*, Sopot (od 2018 r.) i *Pomorski Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków* (od 2019 r) - współpraca w zakresie ochrony zabytków techniki na terenie Gdańska i Sopotu, czego efektem są wpisy do Ewidencji i do Rejestru Zabytków Województwa Pomorskiego.
- *Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska* w Gdańsku oraz *Polskie Towarzystwo Ochrony Przyrody „Salamandra”* - działania związane z ochroną nietoperzy w obiektach historycznych.

Co prawda, działania te nie mają bezpośredniego związku z pierwszoplanową działalnością naukową Habilitanta i Jego osiągnięciem habilitacyjnym, ale w dużej mierze wykazują także charakter naukowy i mają związek z dydaktyką i popularyzacją nauki i techniki. Ponadto przyczyniają się do zwiększenia kompetencji w zakresie zarządzania projektami. Efektem są też liczne publikacje z dziedziny historii techniki.

4. PODSUMOWANIE CAŁOKSZTAŁTU OSIĄGNIĘĆ HABILITANTA

Biorąc powyższe pod uwagę, na podstawie przedstawionych do oceny materiałów stwierdzam, że Habilitant:

- *jest współautorem cyklu powiązanych tematycznie artykułów opublikowanych po doktoracie, w tym w czasopiśmie z bazy JCR, które można uznać za osiągnięcie naukowe zdefiniowane w stosownej Ustawie (Dz.U. 2018, poz. 1668, art. 219, ust. 1, pkt. 2b); jest też współautorem innych publikacji;*
- *sumaryczny Impact Factor Jego publikacji:*
 - *odniesiony do całości dorobku po doktoracie:* $IF = 25,828$
 - *odniesiony do osiągnięcia habilitacyjnego:* $IF_5 = 8,025$
- *indeks Hirscha (wg baz WoS i Scopus):* $h = 5,$
- *cytowania (wg WoS):* 49 (37 - bez autocytowań)
- *punktacja MNiSW (bez udziału autorskiego):* 1315 pkt.

Ponadto Habilitant:

- uczestniczył w realizacji projektów badawczych (MNiSW, NCN),
- brał czynny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych,
- ma osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i w zakresie popularyzacji nauki,
- wykazuje współpracę z zagranicznym ośrodkiem akademickim,
- współpracuje z instytucjami zewnętrznymi, także w obszarze pozanaukowym,
- jest współautorem prac / ekspertyz dla instytucji spoza Uczelni.

Reasumując:

- dr inż. Michał Klugmann zgromadził dorobek naukowy, który został ukierunkowany na zagadnienia związane z wymianą ciepła i masy w mini i mikro-wymiennikach o strukturze szczelin i kanałów; ponadto ma dorobek w innych obszarach niż ww.;
- 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 zarówno z podstawowymi zagadnieniami naukowymi, jak i potencjalnymi zastosowaniami;
- ma także dorobek w innych obszarach działalności zawodowej.

5. KONKLUZJA

Uwzględniając przeprowadzoną powyżej analizę i ocenę dorobku naukowo-badawczego, organizacyjnego i dydaktycznego, odnosząc się do Ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2018, poz. 1668, art. 219, ust. 1, pkt. 2b), stwierdzam, że dr inż. Michał Klugmann spełnia w stopniu wystarczającym wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego. Przedstawiony przez Niego dorobek naukowy / habilitacyjny w postaci cyklu powiązanych tematycznie publikacji, ujętych uogólnionym tytułem *Badania miniszczelinowych i minikanalowych wymienników ciepła do zastosowań solarnych* wypełnia, w mojej ocenie, w stopniu zadowalającym kryterium „osiągnięcia naukowego stanowiącego znaczny wkład we rozwój określonej dyscypliny”.

Biorąc powyższe pod uwagę, popieram wniosek dr. inż. Michała Klugmanna o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna, i wnoszę do Rady tej dyscypliny w Politechnice Gdańskiej o dalsze jego procedowanie.

