

Prof. dr hab. Inż. Zbigniew Gnutek
Em. prof. Politechniki Wrocławskiej
Wydział Mechaniczno-Energetyczny
Katedra Termodynamiki i Odnawialnych
Źródeł Energii (K75W09D08)
Ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50 – 370 Wrocław

Recenzja

Dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Pana dr inż. Michała Eugeniusza Klugmanna w związku z postępowaniem habilitacyjnym, prowadzonym za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej Inżynieria Mechaniczna, działającej przy Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej.

1. Podstawa opracowania.

Recenzja jest opracowywana się w oparciu o pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna prof. dr hab. inż. Michała Wasiluka z dnia 02.02.2021 r., przesłane na Politechnikę Wrocławską w dniu 04.02.2021 r. Do pisma dołączono dokumentację kandydata.

2. Charakterystyka Habilitanta.

Pan Michał Eugeniusz Klugmann urodził się 6 maja 1976 r. w Gdańsku. Studia wyższe odbył na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej, zdobywając tytuł magistra inżyniera. Tytuł rozprawy brzmiał *„Badania wymiany ciepła i masy w adsorpcyjnych urządzeniach klimatyzacyjnych”*. Promotorem był dr inż. Marek Jaskólski, a recenzentem prof. dr hab. inż. Dariusz Mikieliewicz. Praca wykonana została w Katedrze Techniki Ciepłej Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej (dziś w Katedrze Energetyki i Aparatury Przemysłowej).

Nowym, następnym etapem w rozwoju naukowym Habilitanta było uzyskanie stopnia doktora nauk technicznych w zakresie (dyscyplinie) budowy i eksploatacji maszyn (specjalność: Termodynamika i Wymiana Ciepła) na Politechnice Gdańskiej.

Tytuł rozprawy doktorskiej brzmi: *„Intensyfikacja wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie w kanałach o małej średnicy”*. Promotorem w rozprawie był prof. dr hab. inż. Dariusz Mikieliewicz, a recenzentami byli:

- prof. dr hab. inż. Jan Stąsiek (Politechnika Gdańska);
- prof. nadzw. Dr hab. inż. Marian Czapp (Politechnika Koszalińska).

Stopień doktora został nadany Habilitantowi 24 lutego 2010 r., uchwałą Radą Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej. W procesie powiększenia swoich kwalifikacji, Habilitant był zatrudniony na macierzystej Uczelni w następujących okresach i na następujących stanowiskach:

2004 – 2010 – doktorant/asystent w KTC, Wydział Mechaniczny Politechnika Gdańska;

2010 – 2018 – adiunkt w Katedrze Energetyki i Aparatury Przemysłowej, Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej;

2018 – 2019 – Starszy Wykładowca w Katedrze Energetyki i Aparatury Przemysłowej, Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej;

2019 – nadal – adiunkt dydaktyczny w Katedrze Energetyki i Aparatury Przemysłowej, Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej.

Zainteresowanie Habilitanta tematyką będącą podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego zostawia to Habilitantowi swobodę na zajmowanie się badaniem, ratowaniem i ochroną zabytków techniki. Ten obszar aktywności naukowej pozwala na przypisanie Habilitantowi znacznie szerszej charakterystyki osobowości intelektualnej. Stwarza to też nadzieję na powstanie przy Politechnice Gdańskiej ośrodka wspierającego naukową ochronę istniejących zabytków techniki.

3. Omówienie dorobku naukowego.

3.1. Omówienie osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę do przebiegu procesu habilitowania, będące znacznym wkładem w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna w dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych.

Tytuł wspomnianego wyżej osiągnięcia naukowego to:

„Badanie miniszczelinowych i minikanalowych wymienników ciepła do zastosowań solarnych”.

Badania zostały wykonane, a praca napisana przez Habilitanta wraz ze współpracownikami z Katedry Energetyki i Aparatury Przemysłowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej, z zaznaczeniem udziału każdego z nich.

Wykaz cyklu 7 publikacji stanowiących podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego przedstawiono poniżej.

[1] Klugmann, Michał; Dąbrowski, Paweł; Mikilewicz, Dariusz; *„Flow distribution and heat transfer in minigap and minichannel heat exchangers during the flow boiling”*; Applied Thermal Engineering; 2020; 5-letni Impact Factor: 4,514;

[2] Klugmann, Michał; Dąbrowski, Paweł; Mikilewicz, Dariusz; *„Flow Boiling in Minigap in the Reversed Two-Phase Thermosiphon Loop”*; ENERGIES; Vol. 12; Nr 17; 5-letni Impact Flow: 2,822; Liczba cytowani : 1;

[3] Klugmann, Michał; Dąbrowski, Paweł; Mikilewicz, Dariusz; *„Selected thermal and flow issues in a reversed thermosiphon with a steam liquid lifter”*; E3S Web of Conferences; Vol. 70; Art. nr: UNSP 02009; 2018; Liczba cytowani: 4;

[4] Klugmann, Michał; Dąbrowski, Paweł; Mikilewicz, Dariusz; „*Pressure drop related to flow maldistribution in a model minichannel plate heat exchanger*”; ARCHIVES OF THERMODYNAMICS; Vol. 39; Nr 2; Str. 123-146; 2018; Liczba cytowań: 4;

[5] Dąbrowski, Paweł; Klugmann, Michał; Mikilewicz, Dariusz; „*Selected studies of flow maldistribution in a minichannel plate heat exchanger*”; ARCHIVES OF THERMODYNAMICS; Vol. 38; Nr 3; Str. 135-148; 2017; Liczba cytowań: 6

[6] Dąbrowski, Paweł; Klugmann, Michał; Mikilewicz, Dariusz; „*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, Paweł; Klugmann, Michał; Mikilewicz, Dariusz; „*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; Impact Factor: 0,689

W „Autoreferacie” Habilitant w punkcie czwartym omówił tę część osiągnięcia. Składa się ona z omówienia motywacji do podjęcia badań, przedstawienia stanu wiedzy w momencie podjęcia badań, opisu przeprowadzonych badań i wyciągnięcia z nich wniosków.

Habilitant podzielił zakres prac na trzy wzajemnie uzupełniające się wątki. Są to:

- badanie obiegu termosyfonowego,
- badanie wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie,
- badanie nierównomierności rozprzysięgu czynnika w minigeometriach.

Habilitant po każdym z omówionych wątków podsumował uzyskane rezultaty. W podpunkcie obejmującym motywację do podjęcia badań, Habilitant zwrócił uwagę na burzliwie rozwijający się w ostatnim dziesięcioleciu rozproszony system kogeneracyjny OZE, cechujący się niedużymi rozmiarami z nowymi kierunkami w projektowaniu, budowie i użytkowaniu układów bezobsługowych ciepłno-elektrycznych. Jednym z istotnych osłowności powstających w nowych systemach energetycznych jest realizacja kierunku transportu ciepła, w przypadku kogeneracji opartej o ciepło uzyskiwane ze spalania paliw i ciepło pochodzące z systemów kolektorów słonecznych. W tym ostatnim przypadku bazuje się na odwróconych termosyfonach pozwalających na przepływ ciepła z góry do dołu (dach → wymiennikowania w przyziemiu).

Po wstępnej analizie, Habilitant przyjął do dalszych rozważań odwrócony termosyfon z parowym podnośnikiem cieczy i z pojedynczym czynnikiem roboczym. Jest więc to rozwiązanie konstrukcyjne stosunkowo proste. Wcześniejsze badania Habilitanta pozwoliły na połączenie jego doświadczenia z „... obszaru techniki cieplnej (badanie wymiany ciepła podczas wrzenia w minigeometriach) oraz energetyki solarnej i podjęcia próby zaimplementowania minigeometrii do wytwarzania pary na potrzeby napędu obiegu termosyfonowego...”. W pierwszej kolejności Habilitant skupił się na miniszczelinie, ponieważ była ona stosunkowo mało zbadana i opisywana w literaturze. Ponadto była łatwiejsza technologicznie i o potencjalnie lepszym rozprzysięgu czynnika, a wykonanie jednej ścianki jako przezroczystej pozwoliło Habilitantowi na dodatkowe badania związane z fotografią i technikami rejestracji audiowizualnej.

Habilitant w podpunkcie 4.2.2 ustosunkował się do nielicznych badań wymiany ciepła i spódku ciśnienia w wymiennikach miniszczelinowych i minikanalowych. Czynnikiem roboczym była woda o

temperaturze wlotowej 85°C i o zmiennym masowym natężeniu przepływu $400 - 1000 \text{ kg/m}^2\cdot\text{s}$ (gęstość strumienia ciepła $0 - 85 \text{ W/cm}^2$). Odniesiono się do wyników różnych badaczy (Alam 2012, 2013). Piasecka i inni, w pracach 2004 – 2014 i 2014 oraz w jej monografii, dokonała szerokiego porównania własnych wyników z danymi literaturowymi. Dane eksperymentalne dotyczyły kanałów o rozwiniętej powierzchni, podczas gdy dostępne korelacje dotyczą kanałów o gładkiej powierzchni.

W dalszej części Habilitant omówił badanie: Bai i innych; Morskeda, Suna, Wanga i Petersona. Ci ostatni wykorzystali drobne siatki metalowe, porowate, stanowiące jedną ze ścian, czterech równoległych mikrokanalów o głębokości $510 \mu\text{m}$ i długości $57,1 \text{ mm}$ oraz czynnik HFE7000. W badaniach zaobserwowano niższe przegrzanie powierzchni grzejnej dla przypadku intensyfikacji w porównaniu z kanałami gładkimi, przy znacząco niższej temperaturze powierzchni grzejnej. Autorzy sugerowali, że zastosowanie siatki porowatej wpływa na powiększenie pęcherzyków parowych i wzrost ich liczby.

Habilitant stwierdził, że „... z powyższego wynika iż badanie nad miniszczelinami cięgle stanowią niewystarczająco opisaną niszę, a podjęcie kompleksowego programu w zakresie badań podstawowych było bardzo pożądane ...”. Zauważył również, że „... istotnym założeniem jego prac było połączenie zagadnień i zjawisk analizowanych dotychczas osobno w jednym programie badawczym i poszukiwanie wzajemnych relacji i powiązań pomiędzy nimi. Dotyczyło to wpływu rozmiarów i struktury powierzchni miniszczeliny na wymianę ciepła i spadek ciśnienia, a także wpływu zjawisk związanych z wrzeniem w przepływie na pracę obiegów termosyfonowych ...”. Habilitant pisze, że ważną wartością dodaną miała być zaawansowana wizualizacja pozwalająca na pogłębioną analizę jakościową. Na zakończenie tego podpunktu odniósł się do dorobku Pana profesora Jurija Dobriańskiego w zakresie bazy do opisu obiegów termosyfonowych. W swojej pracy J. Dobriański dokonał przeglądu teoretycznej i technicznej wiedzy na temat szerokiego spektrum samoczynnych obiegów takich jak termosyfony czy rurki ciepła. Dotyczyło to zarówno obiegów transportujących ciepło z dołu do góry, jak również odwróconych, transportujących ciepło z wyższych poziomów do niższych.

Jak zauważa Habilitant „... praca J. Dobriańskiego (jego artykuł) klasyfikuje zjawiska związane z transportem ciepła i masy w tych obiegach i analizuje nomenklaturę stosowaną w literaturze. Zaprezentowana została zasada działania 16 rozwiązań konstrukcyjnych obiegów odwróconych. 4 spośród nich napędzane są przez zewnętrzne źródła energii, pozostałe działają samoczynnie. W tej drugiej grupie 7 obiektów wykorzystuje parę do transportu ciepła, w pozostałych służy do tego ciecz. Zaprezentowane zostały zalety i wady obu typów obiegów w oparciu o dostępne wyniki badań ...”.

W podpunkcie 4.2.3 Habilitant omówił przeprowadzone przez niego badanie i przedstawił wnioski z tych badań. Przedmiotem badań były miniszczeliny i pakiety minikanalów, stanowiące struktury pojedynczej modelowej płyty wymiennika ciepła. Jak pisze Habilitant „... zostały one uformowane na powierzchni $0,1 \times 0,2 \text{ m}$ i ta powierzchnia była stałą dla całego programu badań. Zmieniała się grubość miniszczeliny w zakresie od $0,5 - 3,0 \text{ mm}$, a głębokość minikanalów w zakresie $0,5 - 1,0 \text{ m}$. [...] Badania prowadzone były dla etanolu i dla wody destylowanej przy ciśnieniu poniżej atmosferycznego – aby operować w zakresie parametrów interesujących z punktu widzenia techniki solarnej. [...] Duża uwaga została poświęcona na rejestrację wizualną zjawisk w ścisłym powiązaniu z rejestracją danych pomiarowych. Współczynniki przejmowania ciepła wyznaczone były lokalnie na podstawie lokalnych pomiarów temperatury ...”.

Przechodząc do badania obiegu termosyfonowego (p.p. 4.2.3.1) Habilitant zauważa, że w odróżnieniu od termosyfonów prostych transportujących ciepło z dolnego do górnego źródła, termosyfony odwrotne są zawsze bardziej złożone konstrukcyjnie. Mając do wyboru wiele rozwiązań

Habilitant wybrał jako model obiegowy na potrzeby badań termosyfon odwrócony z parowym podnośnikiem cieczy, pracujący z jednym czynnikiem roboczym. Stwierdził, że badania obiegu termosyfonowego doprowadziły do następujących konkluzji:

1. Zmniejszenie grubości miniszczeliny prowadzi do intensyfikacji procesu wrzenia w parowniku, ale nie oznacza to równoległego, liniowego wzrostu wydajności systemu. Intensywność wymiany ciepła w funkcji stopnia suchości wykazuje lokalne maksima.
2. W przeciwieństwie do układów pracujących pompowo, miniszczelina w prezentowanym układzie nie stanowi tradycyjnie rozumianego oporu przepływu, ponieważ sama generuje moc pompowania. Opór przepływu nie ogranicza więc wzrostu możliwości zmniejszenia grubości i średnicy hydraulicznej miniszczeliny.
3. Układ parownik-skrapłacz pokazuje pulsacyjny / cykliczny charakter pracy. Mimo to rozkłady temperatur w parowniku i skraplaczu pozostają stałe w czasie.
4. System wykazuje zdolność dynamicznej samoregulacji do ilości transportowanego ciepła, podczas gdy parametry brzegowe, tj. temperatura na wlocie i wylocie w parowniku i skraplaczu pozostają stałe.
5. Zwiększenie strumienia ciepła w parowniku zwiększa przepływ czynnika roboczego w instalacji. Wzrost ten staje się bardziej intensywny wraz ze spadkiem grubości miniszczeliny.
6. Wystąpienie dryoutu, czyli wysychania filmu cieczowego na ścianie kanału, powoduje natychmiastowe zatrzymanie obiegu i wypełnienie parownika zimną cieczą pochodzącą ze skraplacza, dzięki czemu system ma zdolność samo wygaszania.
7. Doprowadzenie powietrza z zewnętrznego źródła do kanału wlotowego parownika powoduje obieg czynnika. Jednak struktury mieszaniny powietrze-czynnik nie są takie same, jak struktury przepływu wrzącego.
8. Wykazałem, że poziom napełnienia czynnikiem wpływa na wydajność pracy obiegu, nie jest to jednak parametr krytyczny wymagający starannej regulacji.

W podpunkcie 4.2.3.2 Habilitant zwrócił uwagę, że pełne badanie wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie, w połączeniu z tendencją do samoregulacji spowodowały, że efektywne przebadanie wszystkich aspektów pracy parownika z zapewnieniem porównywalności z wcześniejszymi badaniami okazało się niewykonalne na jednym stanowisku. Dlatego postanowił on rozszerzyć program badań budując drugie stanowisko pomiarowe, dedykowane badaniom wymiany ciepła podczas przemian fazowych (możliwe jest także badanie kondensacji w przepływie) w przepływie ustalonym wymuszonym pompą. Powstałe stanowisko zrealizowało przyjętą metodologię w zakresie tego typu badań, co pozwalało uzyskać porównywalne z nimi wyniki.

Habilitant stwierdził, że w tej części pracy przeprowadził:

- kompleksowe badania wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie dla takiej samej konstrukcji wymiennika w układzie pompowym, z uwzględnieniem wyznaczenia lokalnych współczynników przejmowania ciepła, analizy spadku ciśnienia i porównania wyników z korelacją pół empiryczną wrzenia w przepływie, rozwijaną od szeregu lat w Katedrze,
- analogiczne badania dla pakietów równoległych minikanałów przy założeniu takiego samego przekroju czynnego i porównanie z miniszczelinami,

- próby intensyfikacji wymiany ciepła (4 warianty), które nie przyniosły rezultatu w postaci zwiększenia współczynnika przejmowania ciepła, jednak uwidocznił się ich wpływ na nierównomierność rozptywu czynnika,
- badania poboczne nierównomierności rozdziału czynnika w strukturze przepływowej wymiennika ciepła, jednak uwidocznił się ich wpływ na nierównomierność rozptywu czynnika,
- badania poboczne nierównomierności rozdziału czynnika w strukturze przepływowej wymiennika (ang. flow maldistribution),
- próbne badania kondensacji w przepływie – pod kątem przyszłego rozszerzenia programu prac po zakończeniu realizacji projektu.

W ramach prac teoretycznych, udało się Habilitantowi zidentyfikować struktury wrzenia i powiązać je z procesem wymiany ciepła, wyznaczyć stopnie suchości w zależności od parametrów pracy obiegu, oraz lokalne współczynniki przejmowania ciepła na powierzchni wymiany ciepła dla różnych parametrów przepływu i geometrii wymiennika. Konkludując wyniki badań miniszczelin i pakietów minikanatów Habilitant stwierdził, że:

1. Zarówno w przypadku jednofazowej wymiany ciepła jak i wrzenia w przepływie, uzyskane wartości współczynnika przejmowania ciepła były zgodne, co do rzędu wielkości z korelacjami literaturowymi. W przypadku wrzenia, największa rozbieżność dotyczy niskich stopni suchości. Może to być spowodowane efektami wlotowymi i nierównomiernością rozptywu czynnika.
2. Zastosowany typ kolektorów oraz konfiguracja wlotu i wylotu skutkują nierównomiernym rozkładem zjawisk na powierzchni wymiany ciepła. Różnica między lewą i prawą stroną sekcji pomiarowej jest znacząca, podobnie jak zakłócenia w pobliżu wlotu i wylotu.
3. Wartość lokalnego współczynnika przejmowania ciepła rośnie wraz ze spadkiem grubości miniszczeliny. Jest on również wyższy w przypadku pakietu minikanatów niż w przypadku miniszczeliny o tym samym przekroju czynnym.
4. Spadek ciśnienia jest stosunkowo niewielki i zmienia się dość nieznacznie wraz z natężeniem przepływu. Przy dwukrotnym zmniejszeniu grubości miniszczeliny spadek ciśnienia zwiększa się o 25%. W przypadku pakietu minikanatów, w porównaniu do miniszczeliny, spadek ciśnienia nieznacznie wzrasta przy wyższych przepływach masowych.
5. Próba intensyfikacji wymiany ciepła przez prostą mechaniczną modyfikację powierzchni miniszczeliny nie spowodowała znaczącego wzrostu współczynnika przejmowania ciepła. Jednak jeden z wariantów intensyfikacji, w postaci poprzecznie i skośnie naciętych kanałów, wywarł wpływ na charakter dystrybucji płynu roboczego, powodując zmianę trendu krzywej współczynnika przejmowania ciepła i spadek oporów przepływu o około 25%.

Omawiając badanie zawarte w punkcie 4.2.3.3 (tj. badanie nierównomierności rozptywu czynnika w minigeometriach) Habilitant zauważa, że:

„... ten wątek badań wynikał z analizy materiałów wizualnych, a także w toku interpretacji danych pomiarowych. Zaobserwowałem brak symetrii zjawisk między lewą a prawą stroną sekcji pomiarowej oraz silne zaburzenia w pobliżu wlotu i wylotu. Jako, że zagadnienia tzw. flow maldistribution są aktualnie przedmiotem szerszego zainteresowania badaczy, a ciągle są w niewystarczającym stopniu rozpoznane, postanowiłem poddać je pogłębionej analizie. Jako materiał posłużyły zarówno materiały wizualizacyjne (dla przepływu wrzącego oraz przepływu mieszaniny woda-powietrze), jak i dodatkowe badania, polegające na obserwacji rozptywu czynnika w momencie napełniania sekcji (dla przypadku

przepływu adiabatycznego). Wyodrębniony wątek nierównomierności rozptywu czynnika w minigeometriach stał się tematem projektu PRELUDIUM, realizowanego przez doktoranta mgr inż. Pawła Dąbrowskiego i jest też tematem jego przyszłej rozprawy doktorskiej. Jestem wyznaczony na promotora pomocniczego w tej rozprawie.

W badaniach nierównomierności rozptywu czynnika współpracuję z profesorem Rituneshem Kumarem z Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Indore, w Indiach.

W ramach prac związanych z nierównomiernością rozptywu czynnika uzyskałem następujące wyniki:

1. Kompleksowe badania eksperymentalne umożliwiły rozpoznanie mechanizmu nierównomierności rozptywu w pakiecie równoległych minikanalów i w miniszczelinie oraz jego zależność od głównych parametrów: natężenia przepływu i wymiaru charakterystycznego.
2. Wizualizacja przepływu pomogła zarejestrować dwa typy charakterystycznych i w pełni powtarzalnych mechanizmów blokowania kanałów.
3. Udało się powiązać zjawisko nierównomierności rozptywu czynnika z chwilowym rozkładem ciśnienia. Jego pomiar może być metodą diagnostyki wymiennika ...".

W punkcie 4.2.4 Habilitant przedstawił własne podsumowanie dzieła jakim jest osiągnięcie habilitacyjne. Píše więc, że: „... można je zakwalifikować, jako wielowątkowy i kompleksowo zrealizowany cykl prac na temat zjawisk cieplnych i przepływowych w minigeometriach, nawiązujący do jego wcześniejszych dokonań naukowych (doktorat i zrealizowane granty badawcze) i korespondujący z całokształtem badań prowadzonych w Katedrze Energetyki i Aparatury Przemysłowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej. Tematyka badań była zgodna z aktualnymi kierunkami rozwoju dyscypliny i wpisała się w kilka ciągle niewystarczająco przebadanych tematów ...". Recenzent w pełni podziela ten fragment autopodsumowania osiągnięcia habilitacyjnego.

W dalszej części podsumowania Habilitant píše:

„... w ramach prac eksperymentalnych zbudowałem dwa w pełni oprzyrządowane stanowiska pomiarowe:

- Stanowisko do badania odwróconego obiegu termosyfonowego ze szczególnym uwzględnieniem parownika. Wybrałem układ z parowym podnośnikiem cieczy, pracujący z pojedynczym czynnikiem roboczym z uwagi na stosunkowo prostą, przejrzystą konstrukcję i wysoką tolerancję w zakresie wymiarów i wzajemnych proporcji elementów. Taki wybór wydaje się logiczny z punktu widzenia docelowej aplikacji w technice solarnej.
- Stanowisko do badania wrzenia i kondensacji w przepływie. Jest to układ pompowy, oparty na podobnych założeniach, co układy na których wcześniej pracowałem. Celem było tu uzyskanie komplementarności wyników w zakresie całego programu badawczego, realizowanego w Katedrze. Sekcja pomiarowa jest taka sama, jak parownik obiegu termosyfonowego – jest to moduł wymienny pomiędzy stanowiskami.

Budowę wyżej wymienionych stanowisk poprzedzała budowa przedprototypu termosyfonu. Przeprowadziłem kompleksowe badania eksperymentalne w szerokim zakresie zjawisk i parametrów. W szczególności, celem było rozpoznanie sposobu pracy obiegu termosyfonowego i powiązanie tej wiedzy z analizą zjawisk występujących w parowniku. Wykazałem możliwość uzyskania efektywnej pracy układu w oparciu o przyjęte założenia - będzie to przyczynkiem do dalszych badań o charakterze stosowanym i ewentualnych wdrożeń. Następnie, program badań rozszerzyłem o poboczne wątki - kompleksowe podejście do wymiany ciepła podczas wrzenia w minigeometriach (także minikanalowych) i nierównomierność rozptyłu czynnika w minigeometriach. Pozwoliło to na lepsze poznanie tych zjawisk i poszerzenie stanu wiedzy w zakresie badań podstawowych. Jest to istotny wkład, ponieważ geometria miniszczelinowa ciągle stanowi pewną lukę w literaturze przedmiotu. Na podstawie uzyskanych wyników opublikowałem 7 artykułów w recenzowanych, punktowanych czasopismach.

Trwałym efektem opisanych prac jest znaczna rozbudowa infrastruktury badawczej Katedry - powstały dwa w pełni opomiarowane i funkcjonalne stanowiska pomiarowe oraz funkcjonalny prototyp, który może posłużyć do celów dydaktycznych.

W ramach realizacji badań powstał zespół, którego działalność będzie kontynuowana. Zebrana baza danych eksperymentalnych jest wystarczająca do kontynuowania prac teoretycznych i stworzenia na tej podstawie map przepływu oraz dalszej weryfikacji modelu teoretycznego przepływów dwufazowych, rozwijanego w Jednostce. Stanowisko pomiarowe pozwala na badania kondensacji w przepływie, innych geometrii wymiennika i innych czynników roboczych. Obieg termosyfonowy może być obiektem kolejnych modyfikacji, włączając w to np. doprowadzanie ciepła do parownika na sposób radiacyjny ...".

Również autoocena prac eksperymentalnych przez Habilitanta zasługuje na uznanie recenzenta, zwłaszcza w odniesieniu do stworzenia bazy laboratoryjnej badania termosyfonów, wymiany ciepła podczas wrzenia w minigeometriach i nierównomierności rozptyłu czynnika w minigeometriach. Trwałym efektem opisanych działań jest znaczna rozbudowa infrastruktury badawczej Katedry oraz wzmocnienie liczebne i kompetencyjne jej zespołu badawczego.

Habilitant zwrócił też uwagę na wpływ osiągnięcia naukowego na dyscyplinę naukową. Poinformował czytelników autoreferatu, że jego zainteresowanie geometrią miniszczelinową zaowocowały dalszym uporządkowaniem wyników badań przepływu przez miniszczeliny pod kątem określenia współczynników przejmowania ciepła i spadków ciśnienia. Ten kierunek badań okazał się mniej atrakcyjny. Habilitant na każdym etapie badań przywiązywał dużą uwagę do rejestracji wizualnej zjawisk przepływowych, które obecnie stanowią bogaty zbiór materiałów dydaktycznych i ilustrację badań w minigeometriach.

3.2. Dorobek naukowy (publikacje) przedstawiony do oceny oprócz publikacji stanowiących osiągnięcia naukowe (cykl powiązanych tematycznie artykułów).

Do tych publikacji Habilitant zaliczył:

- Publikacje z listy Journal Citation Reports (po uzyskaniu stopnia doktora);
- Publikacje z listy Journal Citation Reports (JRC) bazujących na pracy doktorskiej;
- Aktywności konferencyjne w ramach osiągnięcia habilitacyjnego;
- Aktywności konferencyjne związane z pracą doktorską;
- Aktywności konferencyjne po uzyskaniu stopnia doktora;

- Informacja o udziale w Komitecie organizacyjnym i naukowym z podaniem pełnionych funkcji;
- Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów;
- Informacje o recenzowanych pracach naukowych, szczególnie w czasopismach międzynarodowych.

A. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych

- * Publikacje z listy Journal Citation Reports (JCR), poza wymienionymi w pkt. I, bazujące na pracach realizowanych po uzyskaniu stopnia doktora:

[1] Jakubowska, Blanka; Mikielwicz, Dariusz, Klugmann, Michał; „*Experimental study and comparison with predictive methods for flow boiling heat transfer coefficient of HFE7000*”; INTERNATIONAL JOURNAL OF HEAT AND MASS TRANSFER; Vol. 142; Art Nr: 118307; 2019; 5-letni Impact Factor: 4,662; Liczba cytowań: 2;

[2] Strugała, Gabriel; Klugmann, Michał; Landowski, Michał; Szkodo, Marek; Mikielwicz, Dariusz; „*A universal NDT method for examination of low energy impact damage in CFRP with the use of TLC film; Nondestructive Testing and Evaluation*”; Vol. 33; Nr 3; Str. 315-328; 2018;

[3] Mikielwicz, Dariusz; Wajs, Jan; Andrzejczyk, Rafał; Klugmann, Michał; „*Pressure drop of HFE7000 and HFE7100 during flow condensation in minichannels*”; INTERNATIONAL JOURNAL OF REFRIGERATION-REVUE INTERNATIONALE DU FROID; Vol. 68; Str. 226-241; 2016; 5-letni Impact V Factor: 3,655; Liczba cytowań: 12

- * Publikacje z listy Journal Citation Reports (JCR), poza wymienionymi w pkt. I, bazujące na pracy doktorskiej:

[4] Mikielwicz, Dariusz, Klugmann, Michał; Wajs, Jan; „*Flow boiling intensification in minichannels by means of mechanical flow turbulising inserts*”; INTERNATIONAL JOURNAL OF THERMAL SCIENCES; Vol.65; Str. 79-91; 2013; 5-letni Impact Factor: 3,893; Liczba cytowań: 7;

[5] Mikielwicz, Dariusz, Klugmann, Michał; Wajs, Jan; „*Experimental Investigation of M-Shape Heat Transfer Coefficient Distribution of R123 Flow Boiling in SmallDiameter Tubes*”; HEAT TRANSFER ENGINEERING; Vol. 33; Nr 7; Str. 584-595; 2012; 5-letni Impact Factor: 1,707; Liczba cytowań: 9;

B. Informacja o wystąpieniach na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych.

*** Aktywności konferencyjne w ramach osiągnięcia habilitacyjnego:**

- [1] Klugmann, Michał; Dąbrowski, Paweł; Mikielwicz, Dariusz, „*Flow boiling visualization in a minigap plate heat exchanger*”, SOHANT-2019; 16-19 września 2019; Kołobrzeg;
- [2] Klugmann, Michał; Dąbrowski, Paweł, Mikielwicz, Dariusz, „*Problems of heat and mass transport in reversed thermosiphon circuit with a minigap evaporator used as steam liquid lifter*”, ECOS-2019; 23-28 czerwca 2019, Wrocław;
- [3] Klugmann, Michał; Dąbrowski, Paweł, Mikielwicz, Dariusz, „*Heat transfer and flow specifics in minigap during the flow boiling*”; ECOS-2019; 23-28 czerwca 2019; Wrocław;
- [4] Klugmann, Michał; Dąbrowski, Paweł; Mikielwicz, Dariusz; „*The concept of application of the minigap evaporator in the reversed two-phase thermosiphon circuit*”; LTHU-2018; 25-26 października; Brema;
- [5] Klugmann, Michał; Dąbrowski, Paweł; Mikielwicz, Dariusz, „*Selected thermal and flow issues in a reversed thermosiphon with a steam liquid lifter*”, HTRSE-2018; 2-5 września 2018; Międzyzdroje;
- [6] Klugmann, Michał; Dąbrowski, Paweł, Mikielwicz, Dariusz; „*Flow Maldistribution in Microchannel Heat Exchangers*”; The 53 rd European Two - Phase Flow Group Meeting; 22-24 maja 2017; Gdańsk;
- [7] Klugmann, Michał; Dąbrowski, Paweł, Mikielwicz, Dariusz; „*Flow Maldistribution in Microchannel Heat Exchangers*”; XXIII Zjazd Termodynamików; 19-22 września 2017; Beskid Śląski;

*** Aktywności konferencyjne po uzyskaniu stopnia doktora:**

- [1] Klugmann, Michał; Mikielwicz, Dariusz; „*Selected aspects of two-phase flow studies using different visualization techniques in minichannels*”; HTRSE-2016; 10-13 września 2016; Międzyzdroje;
- [2] Mikielwicz, Dariusz; Klugmann, Michał; Andrzejczyk, Rafał; Wajs, Jan; „*Experimental investigations on pressure drop during the condensation in flow of HFE7000 in vertical minichannel*”; HTRSE-2014; 10-13 września 2014; Międzyzdroje;
- [3] Mikielwicz, Dariusz, Klugmann, Michał, Andrzejczyk, Rafał; Wajs, Jan; „*Experimental investigations on condensation in flow of HFE-7100 in small diameter channels*”; HTRSE-2012; wrzesień 2012; Międzyzdroje;
- [4] Mikielwicz, Dariusz; Klugmann, Michał; Wajs, Jan; „*Experimental investigations on condensation in flow in small diameter channels*”, 1-st International Congress on Thermodynamics; 4-7 września 2011; Poznań;

* Aktywności konferencyjne z pracą doktorską:

[5] Mikielawicz, Dariusz, Klugmann, Michał; „Wymiana ciepła podczas wrzenia w przepływie przy zastosowaniu wkładek blokujących”; SWCIM-2010; 6-9 września 2010; Międzyzdroje;

[6] Mikielawicz, Dariusz, Klugmann, Michał; Tesmar, Joanna; „Wrzenie w przepływie w kanałach o małych średnicach; XIII Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy”; 3-6 września 2007; Koszalin-Darłówek;

[7] Mikielawicz, Dariusz, Mikielawicz, Jarosław, Białas-Tesmar, Jonanna; Klugmann, Michał; „A semi-empirical method for calculation of flow boiling heat transfer coefficients for conventional channels and small diameter tubes”; HTRSE-2006; 13-16 września 2006; Międzyzdroje;

C. Informacja o udziale w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych z podaniem pełnionej funkcji.

The 53rd European Two – Phase Flow Group Meeting; 22-24 maja 2017; Gdańsk – członek komitetu organizacyjnego.

D. Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.

[1] „Heat transfer intensification during the flow boiling in small diameter channels” (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego); 2005-2007; główny wykonawca;

[2] „Investigations of critical heat flux in small diameter channels” (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego); 2006-2009; główny wykonawca;

[3] „Theoretical and experimental investigations on condensation in flow in small diameter horizontal and vertical channels” (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego); 2009-2012; główny wykonawca;

[4] „Intensification of heat exchange in two-phase thermosyphon equipped with minigap evaporator” (Narodowe Centrum Nauki); 2016-2020; kierownik projektu;

[5] „Experimental investigations and modelling of the working fluid distribution in minichannel and minigap plate heat exchangers” (Narodowe Centrum Nauki); 2018-2020; wykonawca;

E. Informacja o recenzowanych pracach naukowych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych.

- recenzent publikacji w Archives of Thermodynamics – 5 recenzji,
- promotor 52 prac inżynierskich i 12 magisterskich,
- recenzent 21 prac inżynierskich,
- członek komisji podczas 12 egzaminów dyplomowych stopnia magisterskiego,
- promotor pomocniczy jednej pracy doktorskiej (w toku).

INFORMACJE BIBLIOMETRYCZNE

1. Informacja o punktacji Impact Factor: **25,828**
2. Informacja o liczbie cytowani publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań: **49 (37 bez autocytowań) wg Web of Science i Scopus**
3. Informacja o liczbie posiadanych punktów MNiSW: **1315**

3.3. Omówienie wybranych osiągnięć, nie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego ale istotnie wzbogacających dorobek wnioskodawcy w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

Habilitant zwrócił uwagę na wykonane przez niego prace naukowe, które choć interesujące i wnoszące ciekawe wyniki, to pozostające na poboczu tematyki będącej osiągnięciem habilitacyjnym. Zaliczyć do nich można:

- a) Badania wymiany ciepła, spadku ciśnienia i intensyfikacji wymiany ciepła podczas wrzenia w przepływie przez minikanaly. Habilitant jako student studiów doktoranckich zainteresował się pracami prowadzonymi w Katedrze Energetyki i Aparatury Przemysłowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej, obejmujące wymianę ciepła podczas przemian fazowych w urządzeniach wielkoskalowych. Podjął więc cykl prac (doktorat i 3 projekty badawcze) dotyczące jednofazowej wymiany ciepła, wrzenia w przepływie, kryzys wrzenia wraz z wymianą pokryzysową oraz kondensacją w przepływie. Wg Habilitanta konkluzje z badań wrzenia i kondensacji w przepływie, w których uczestniczył po uzyskaniu stopnia doktora można zebrać w następujące uwagi:

a1) Badania z użyciem kamery termowizyjnej umożliwiły dokładną rejestrację rozkładu temperatury ścianki. W zakresie przepływu dwufazowego, potwierdzone zostały zaobserwowane uprzednio rozkłady współczynnika przejmowania ciepła w kształcie litery M. Ponadto możliwe było precyzyjne określanie miejsca wystąpienia kryzysu wrzenia, a, co za tym idzie, długości krytycznej i krytycznego stopnia suchości.

a2) W ramach badania kryzysów wrzenia, wykazano wpływ dostarczanego strumienia ciepła na długość krytyczną i krytyczny stopień suchości. Wraz ze wzrostem gęstości strumienia ciepła następowało zmniejszenie długości krytycznej ale także wartości krytycznego stopnia suchości przy stałym masowym natężeniu przepływu.

a3) Wraz ze wzrostem masowego natężenia przepływu zaobserwowano wyraźny spadek krytycznego stopnia suchości. Spadek ten staje się bardziej intensywny wraz ze zwiększaniem średnicy kanału.

a4) Na podstawie eksperymentalnej bazy danych dla obszaru kryzysu wrzenia zaproponowano korelację empiryczną, która wykazuje zgodność w zakresie błędu + 30% dla wszystkich danych doświadczalnych.

a5) W ramach badań kondensacji w przepływie zebrano bazę danych eksperymentalnych dotyczących spadków ciśnienia oraz współczynnika przejmowania ciepła podczas kondensacji w przepływie w kanałach o małej średnicy dla kilku czynników. Baza danych wynosi razem ponad 1000 punktów eksperymentalnych. Bazę danych porównano z opracowanym własnym modelem dotyczącym spadków ciśnienia oraz wymiany ciepła. Model własny okazał się najlepszym spośród przetestowanych korelacji literaturowych (zalecanych do obliczeń inżynierskich).

a6) W badaniach eksperymentalnych kondensacji w przepływie uzyskałem rozkłady temperatur ścianki na długości badanej sekcji pomiarowej oraz spadki ciśnień współczynniki przejmowania ciepła. Przeprowadziłem wizualizację przepływu w warunkach adiabatycznych w kanale okrągłym wykonanym w szkłe kwarcowym za pomocą zdjęć w świetle stroboskopowym.

b) Badania w zakresie materiałoznawstwa.

W badaniach uszkodzeń uderzeniowych kompozytów - polimerów wzmocnionych włóknem węglowym (CFRP) Habilitant zaproponował wykorzystanie termografii ciekłokrystalicznej do wizualizacji pęknięć. Było to nowe, alternatywne podejście do badań nieniszczących. Metoda TLC została następnie porównana z innymi metodami: konwencjonalną radiografią komputerową (CR) i termowizją. Rozrzut wyników dotyczących średniej długości pęknięcia, pomiędzy metodami termograficznymi a metodą CR, wynosił $\pm 5\%$. Obszar uszkodzenia wykazywał podobny kształt dla obu technik termograficznych, natomiast pod względem ilościowym różnica w stosunku do metody CR wynosiła $\pm 2\%$. Badania porównawcze dowiodły, że metoda TLC jest pełnoprawnym i dokładnym narzędziem do diagnostyki uszkodzeń uderzeniowych CFRP. Główne zalety nowej metody to:

- niski koszt, głównie folii TLC,
- możliwość zastosowania konwencjonalnego cyfrowego sprzętu rejestrującego,
- niskie reżimy dotyczące warunków badań (metoda nadaje się do zastosowania „w terenie”).

3.4. Omówienie osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę.

a) Informacje o osiągnięciach dydaktycznych Habilitanta.

a1) Habilitant pisze w autoreferacie: „... prowadzone przeze mnie zajęcia w ramach podstawowego programu studiów III stopnia na Wydziale Mechanicznym są z reguły dobrze i bardzo dobrze oceniane przez studentów. Średnia ocen ze wszystkich ankiet studenckich z lat 2011-2019 wynosi 4.31, przy czym, w okresie ostatnich 4 lat widoczna jest tendencja wzrostowa. Ponadto, prowadzę dwa przedmioty o charakterze autorskim, z samodzielnie sformułowanym programem. Są one poświęcone technikom termograficznym oraz historii

techniki, czyli zagadnieniom które, obok wymiany ciepła, są przedmiotem mojego naukowego zainteresowania.

a2) Przedmioty prowadzone w ramach podstawowego programu studiów

- Wymiana i wymienniki ciepła: wykład (w j. polskim), laboratorium (w j. polskim i angielskim)
- Termodynamika: ćwiczenia (w j. polskim) , laboratorium (w j. polskim i angielskim)
- Komunikacja profesjonalna w języku angielskim: seminarium – tematy skupiają się na szeroko pojętej energetyce oraz na historii techniki
- Inżynieria ochrony środowiska: wykład i laboratorium (w j. polskim)

a3) Przedmioty autorskie.

a3.1) Wykład „Losy Cywilizacji”, dawniej „Historia i Zabytki Techniki”

Przedmiot prowadzę od 2016 r. w ramach ogólnouczelnianego bloku przedmiotów humanistycznych i społecznych. Prowadzony jest w wymiarze 30 godzin, dla grupy wykładowej liczącej około 150 osób. Ilustrowany jest bardzo dużą kolekcją rekwizytów i materiałów multimedialnych (z czego wiele jest mojego autorstwa i pochodzi z własnych badań), zawiera bogaty wątek popularyzujący naukę. Celem, jaki sobie postawiłem, można powiedzieć - swoistą misją - ma być przywrócenie świadomości znaczenia podbudowy humanistycznej w pracy inżyniera, a także wrażliwienie na wartość dziedzictwa, jego rolę kulturotwórczą i konieczność ochrony.

a3.2) Wykład „Termografia w IM-M” wraz z laboratorium

Przedmiot prowadzę dla studiów II stopnia na kierunku Inżynieria Mechaniczno-Medyczna, w wymiarze 15 godzin wykładu i 15 godzin laboratorium. Celem przedmiotu jest zapoznanie słuchaczy z technikami rejestracji rozkładów temperatury - termografią ciekłokrystaliczną i termowizją. Przy czym, temat ten omawiam szeroko i przekrojowo, nie odnosząc się tylko do metod diagnostyki medycznej, lecz także starając się dostarczyć wiedzę przydatną we wszelkich badaniach, w których wymagana jest rejestracja rozkładu temperatury i jego zmian w czasie metodami bezstykowymi. Przedmiot ilustrowany jest ciekawymi materiałami wizualnymi, m.in. filmami pokazującymi wykorzystanie termografii w monitorowaniu przepływów krwi podczas zabiegów operacyjnych.

Zwięźli skrót w. wym. wiedzy przekazuję też ogółowi studentów w ramach ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotów Wymiana Ciepła, Wymiana i Wymienniki Ciepła oraz Heat Transfer (zajęcia w j. angielskim).

b) Omówienie osiągnięć organizacyjnych i działań popularyzujących naukę.

Odnosząc się do spraw organizacyjnych i popularyzujących naukę Habilitant pisze:

„... Z działań organizacyjnych, które można zaliczyć do obszaru osiągnięcia naukowego, wymienić mogę aktywny udział w Komitecie organizacyjnym 53rd European Two-Phase Flow Group Meeting.

Wykazuję stałą, wyróżniającą się aktywność w aplikowaniu o fundusze zewnętrzne na prowadzenie badań - systematyczne zgłoszenia w konkursach krajowych (np. organizowanych przez Narodowe Centrum Nauki) oraz międzynarodowych, zakończone sukcesem (m.in. ukończony 16 kwietnia 2020 r. grant w ramach konkursu SONATA) lub osiągające wysokie notowania w recenzjach.

Uczestniczę w egzaminach dyplomowych w charakterze członka komisji, także na innych wydziałach - Elektrotechniki i Automatyki oraz Oceanotechniki i okrętownictwa. Współpracuję z innymi wydziałami jako ekspert do spraw zabytków techniki, a także jako recenzent prac dyplomowych nawiązujących do zagadnień związanych z zabytkami techniki. Można tu wymienić Wydział Architektury, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska i ponownie Wydział Elektrotechniki i Automatyki.

Z otoczenia gospodarczego i naukowego, mogę wymienić następujące podmioty z którymi prowadzę aktywną współpracę: Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna Sp. z o.o., Saur Neptun Gdańsk S.A., Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Archiwum Państwowe w Gdańsku, Biblioteka Gdańska PAN, miejskie i wojewódzkie służby konserwatorskie, Narodowy Instytut Dziedzictwa (więcej w pkt. 7).

Od wielu lat jestem główną osobą w KEIAP odpowiedzialną za organizację imprez popularnonaukowych na terenie Jednostki. Działania te prowadzę, między innymi, w ramach:

- Dni otwartych PG (we współpracy z Politechniką Otwartą),
- Bałtyckiego Festiwalu Nauki (także z dofinansowaniem WFOŚ),
- Europejskiej Nocy Muzeów (we współpracy z Politechniką Otwartą i Sekcją Historyczną Biblioteki Głównej PG),
- Okazjonalnych pokazów i wycieczek dla gości Uczelni.

W ramach tych imprez łączę oba wątki moich zainteresowań naukowych, czyli technikę ciepłą i historię techniki. Wątek techniki ciepłej w szczególności poświęcony jest miernictwu cieplnemu (z uwzględnieniem technik termograficznych), wątek historii techniki dotyczy w dużej mierze powstania politechniki w Gdańsku, oraz całego technicznego kontekstu, w którym ona powstawała (rewolucja przemysłowa, rozwój infrastruktury energetycznej, wodociągowo-kanalizacyjnej, itp.). Poruszam także inne zagadnienia, związane z powszechną historią techniki, a także aspekty ekologiczne, dotyczące eksploatacji i ochrony zasobów wody pitnej (pokazy z dofinansowaniem WFOŚ).

Formy wyżej wymienionych działań to: wykłady, pokazy i spacer historyczne. Ilustruję je pokaznym zbiorem rekwizytów, historycznych dokumentów i materiałów multimedialnych mojego autorstwa ...".

c) Omówienie współpracy Habilitanta z instytucjami ochrony zabytków techniki.

Odnosząc się do wyżej wymienionych zagadnień, Habilitant pisze:

„... Jako drugi wątek naukowego zainteresowania, prowadzę szeroką działalność związaną z badaniem, ratowaniem i ochroną zabytków techniki. Są to zarówno zabytki ruchome - w dużej części związane z Politechniką Gdańską, jak również zabytki nieruchome techniki na terenie Trójmiasta (w szczególności związane z techniką wodociągowo-kanalizacyjną i obronnością). Działalność ta jest rozpoznawalna i pozytywnie postrzegana w środowisku konserwatorskim.

Instytucje i organizacje, z którymi współpracowałem lub współpracuję obecnie na rzecz ochrony zabytków techniki:

- Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna - jako kierownik projektu Gdańskiego Szlaku Wodociągowego (faza koncepcyjna i projektowa) w latach 2010-2015,
- Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna - jako konsultant merytoryczny/nadzór autorski projektu Gdańskiego Szlaku Wodociągowego (faza realizacji) w latach 2015-2017,
- Stowarzyszenie "Gertruda" - jako wiceprezes zarządu i społeczny opiekun zabytków w latach 2009-2014,
- Gdyński Klub Eksploracji Podziemnej - od 2010 roku, także jako członek zarządu,
- Sekcja Historyczna Biblioteki Głównej PG - od 2016 roku,

- Miejski Konserwator Zabytków, Sopot - od 2018 roku,
- Pomorski Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków - od 2019 roku ...".

Namacalnym dowodem wyżej wymienionej współpracy Habilitanta są jego publikacje, w których opracowaniu brał udział.

Wykaz publikacji z dziedziny historii techniki.

- [1] Klugmann, Michał; „Instalacja oświetleniowa w zbiorniku wody "Stary Sobieski" - rozważania o spektakularnym zabytku techniki"; Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej; Nr 45; Str. 41-48; 2015;
- [2] Klugmann, Michał; „Z pamięci wody. Wyjątki o pionierach gdańskich wodociągów i pogmatwanych losach ich dzieł"; Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna; Nr 9; Str. 350-358; 2016;
- [3] Klugmann, Michał; „Co zrobić z nieużywaną wieżą ciśnień? Studium historyczno-koncepcyjne"; Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna; Nr 4, str. 129-141; Nr 5, str. 192-196; 2017;
- [4] Klugmann, Michał; „Po drugiej stronie kranu, po drugiej stronie płotu. Tajemnicze sąsiedztwo Politechniki Gdańskiej"; Pismo PG; Nr 1, str. 61-63; Nr 2, str. 43-47; Nr 3, str. 61-64; 2018;
- [5] Klugmann, Michał; „Dziedzictwo 150 lat rozwoju techniki wodociągowej na terenie Gdańska i Sopotu"; IX Forum Dziedzictwa Sztuki Inżynierskiej; 13-14 czerwca 2019 - przyszły rozdział monografii, obecnie dostępny on-line: <http://smsi.com.pl/category/baza-wiedzy/>;
- [6] Hryszkiewicz-Kahlau, Dorota; Klugmann, Michał; „Historia terenu dawnego Szpitala Miejskiego w Gdańsku"; Ochrona Zabytków; Wydawnictwo Narodowego Instytutu Dziedzictwa - artykuł złożony do publikacji w 2021 r., po pozytywnej recenzji;

4. Podsumowanie i konkluzje.

W podsumowaniu analizowanej rozprawy, będącej wnioskiem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego dr inż. Michałowi Eugeniuszowi Klugmannowi, można stwierdzić, że osiągnięciem naukowym proponowanym jako podstawa do nadania wspomnianego wyżej stopnia naukowego, doktora habilitowanego, jest cykl 7 publikacji w recenzowanych i punktowanych czasopismach. Opracowane zostały na bazie kompleksowych, wielowątkowych badań nad zjawiskami cieplnymi i przepływowymi w modelowanych miniszczelinach w mikrokanalach wymienników ciepła, opracowanych dla małych aparatów przeznaczonych dla układów ORC.

Habilitant w autoreferacie i omówieniu tematyki badań wykazał, że przedstawione publikacje są powiązane tematycznie, czego dowodem są uwidocznione wątki badawcze. Również ważne są miejsca opublikowania tych prac. Jednocześnie Habilitant przedstawił wykaz innych publikacji o bardzo zbliżonej tematyce, a będących publikacjami referatów konferencyjnych, w tym międzynarodowych. Habilitant wskazał też na listę projektów uzyskanych w drodze konkursów (MNiSW, NCN). Był w nich głównym wykonawcą lub kierownikiem. Habilitant podkreślił też, że do zrealizowania badań

obejmujących przepływy w miniszczelinach i minikanalach niezbędne jest zastosowanie termosyfonów przedstawionych w pracach prof. Brodiańskiego.

Oprócz prac o charakterze badawczym, Habilitant dał się poznać jako nauczyciel akademicki popularyzujący uprawianą dyscyplinę naukową oraz miłośnik problemów historii techniki, zwłaszcza Trójmiasta.

Uwzględniając wyniki opisu bibliometrycznego dorobku oraz każdy z wątków charakteryzujący Pana dr inż. Michała Eugeniusza Klugmanna uważam, że dał on się poznać jako sumienny, pracowity i rzetelny uczony, o dużej kreatywności poznawczej w zakresie techniki cieplnej. Wnoszę więc o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna w dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych.

prof. dr hab. inż. Zbigniew Gnutek

