

RECENZJA

dorobku naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego
dr. inż. Artura Cebuli

w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego dr. habilitowanego

1. PODSTAWA FORMALNA OPRACOWANIA RECENZJI

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi zlecenie sygnowane przez Prodziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej, dr. hab. inż. Marka S. Kozenia, prof. PK (pismo nr M.00.520.7/2019 z dnia 09. stycznia 2019 r.), wystawione zgodnie z decyzją CK ds. Stopni i Tytułów (pismo nr BCK-VI-L-8903/18) wynikającą z wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego złożonego przez dr. inż. Artura Cebulę, zwanego dalej Habilitantem. Recenzję opracowano w oparciu o *Ustawę* z dnia 14. marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym ... (tekst jednolity, Dz.U. z 2016 r. poz. 882) i *Rozporządzenie* Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 01.09.2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Dz.U. Nr 196, poz. 1165).

2. PODSTAWOWE DANE O HABILITANCIE

Pan Artur Cebula urodził się 02. lipca 1975 r. w Jaworznie. W 1999 r. ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej - kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, specjalność Systemy i Urządzenia Energetyki Ciepłej, uzyskując tytuł magistra inżyniera. W 2004 r. na WM PK obronił dysertację nt. *Teoretyczne i doświadczalne badania lokalnej wymiany ciepła na powierzchniach rur omywanych poprzecznie*, której promotorem był dr hab. inż. Bogdan Węglowski, prof. PK, uzyskując stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Budowa i Eksploatacja Maszyn*. Od 2003 r. dr A. Cebula pracuje w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych PK, początkowo na stanowisku asystenta (2003-2004), a obecnie (od 2004) – adiunkta. W latach 2009-2015 odbył dwa staże w Instytucie Lotnictwa w Warszawie, gdzie był zatrudniony jako samodzielny inżynier projektant w dziale *Turbin Parowych* (2009-2011) i w dziale *Komory Spalania Turbin Gazowych* (2013-2015).

3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA CAŁOKSZTAŁTU DOROBKU NAUKOWEGO HABILITANTA

Działalność naukowo-badawcza dr. Artura Cebuli obejmuje szerokie spektrum zagadnień związanych z problematyką wymiany ciepła, w szczególności z zastosowaniem tzw. metody odwrotnej przewodzenia ciepła do identyfikacji procesów wymiany ciepła. Wyniki prac prowadzonych przez Habilitanta zamieszczone są w Jego współautorskich i autorskich publikacjach, pokazujących zarówno obszar działań, jak i osiągnięcia. Dorobek ten, przedstawiony i omówiony w *Autoreferacie* i w *Załączniku nr 4 do Wniosku*, tworzą: autorska monografia i autorskie / współautorskie artykuły w czasopismach naukowych, rozdziały w książkach oraz publikacje w materiałach konferencyjnych. Uzupełnieniem są niepublikowane sprawozdania z projektów naukowo-badawczych zrealizowanych pod kierownictwem lub przy udziale Habilitanta. Ze względu na czasokres powstania, dorobek można podzielić na dwie zasadnicze części.

Część pierwsza dotyczy lat 1999 – 2004, to jest okresu przed doktoratem, i obejmuje współautorstwo 4 artykułów w czasopiśmie z listy KBN [II/E_45,46,47,49], 2 artykułów w zeszytach naukowych [II/E_43,48] oraz 1 publikacji w materiałach konferencji międzynarodowej [II/E_44] - oznaczenia publikacji wg *Załącznika nr 4 do Wniosku*. Dorobek tego okresu jest związany z problematyką wymiany ciepła na powierzchniach ogrzewalnych konwekcyjnych części kotłów energetycznych oraz zjawiskami przepływowo-cieplnymi w wymiennikach w drugim ciągu spalin (podgrzewacze wody i powietrza), przy czym prace dotyczyły konstrukcji z rur ożebrowanych (poprzecznie, wzdłużnie) oraz o tzw. powierzchni membranowej, i obejmowały identyfikację lokalnych i średnich wartości współczynnika wnikania ciepła. Ich efektem, poza publikacjami, była obroniona w 2004 roku dysertacja *Teoretyczne i doświadczalne badania lokalnej wymiany ciepła na powierzchniach rur omywanych poprzecznie*, w której Autor zawarł wyniki swoich badań. Wykorzystując prace obliczeniowe, symulacje CFD i badania eksperymentalne, Habilitant opracował metodę wyznaczania lokalnych i średnich wartości współczynników wnikania ciepła na obwodzie rur wymiennika (dla analizowanych powierzchni rozwiniętych), bazującą na metodzie odwrotnej przewodzenia ciepła. Zastosowanie w analizie rekonstrukcji rzeczywistego dwuwymiarowego rozkładu temperatury w przekroju rury wymiennika, uwzględniającego obwodowy przepływ ciepła, pozwoliło wyznaczać je z dużą dokładnością. Jednym z efektów badań było opracowanie dla analizowanych przypadków korelacji $Nu = f(Re)$ i $Eu = f(Re)$.

Druga część dorobku dr. inż. A. Cebuli, ważna ze względu na procedurę habilitacyjną, dotyczy okresu po doktoracie, i stanowi rozwinięcie tematyki zastosowania metod odwrotnych do identyfikacji zjawisk cieplnych na podstawie pomiaru przebiegu temperatury w punktach dyskretnych analizowanego obiektu, obejmując:

- modelowanie zjawisk przepływowo-cieplnych i badania wymienników kompaktowych (rurowo-płytowych), a w szczególności: określanie oporu kontaktowego połączenia rura - żebro; przepływ powietrza w szczelinach wymiennika podczas opływu rur oraz identyfikację współczynnika wnikania ciepła i obliczanie spadku ciśnienia, z analizą wpływu parametrów geometrycznych na intensyfikację wymiany ciepła [II/A_13,15; II/L_15-16].

- opracowanie modeli umożliwiających obliczanie ilości ciepła przejmowanego przez parę w parowniku kotłów energetycznych oraz wyznaczanie jej parametrów końcowych, z uwzględnieniem zmiennego obciążenia cieplnego parownika (po wysokości), przemiany fazowej, a także przepływu w warunkach nadkrytycznych [II/E_29,33,37].

- opracowanie zależności do wyznaczania obciążenia cieplnego w elementach pomiarowych usytuowanych w komorze spalania, związane z układem monitorowania pracy bloków energetycznych [II/A_14; II/C_17; II/E_32,36,39,41]).

- opracowanie metody obliczania gęstości strumienia ciepła i/lub współczynnika wnikania ciepła na powierzchni pręta kontrolnego reaktora atomowego, uwzględniającej specyficzne warunki pracy / omywania płynem [I/B_7-8,11].

- opracowanie miernika gęstości strumienia ciepła i wykonanie elementu pomiarowego dla stanowiska badawczego, przeznaczonego do pomiarów z użyciem wody o wysokiej temperaturze i ciśnieniu przepływającej wokół modelu pręta służącego do walidacji modeli numerycznych CFD [I/B_1, A-ref_(12)].

- projektowanie stopni parowych turbin energetycznych, profili łopatek kierowniczych i obrotowych, uszczelnień wieńców łopatek i innych, a także elementów pierścieniowych komór spalania, układów chłodzenia obciążonych cieplnie płomienic, deflektorów płomienia, osłon cieplnych itp., prowadzane dla firmy GE, i objęte klauzulą poufności.

W pracach Habilitanta ważne miejsce zajmuje problematyka użycia metod odwrotnych do identyfikacji strumienia ciepła na powierzchni cylindrycznej [I/B_16], czego efektem są publikacje ujęte w osiągnięciu naukowym [I/B_1-3,6-8] oraz wyszczególnione w dorobku (II/E_25-27), a także temat odwrotnego wyznaczania poszukiwanych wartości na podstawie

zmierzonych przebiegów temperatury i związana z tym konstrukcja przepływomierza termicznego, dla którego Habilitant opracował analityczny model obliczeniowy (bazujący na wzorze Siegela i zasadzie superpozycji) oraz osiowo symetryczny model numeryczny, który posłużył do zaprojektowania elementu pomiarowego o potwierdzonej na stanowisku testowym [A-ref_(15)] przydatności do pomiaru małych wartości natężenia przepływu wody w zakresie przepływu laminarnego [I/B_4,5].

W dorobku Habilitanta obejmującym publikacje z okresu po uzyskaniu stopnia doktora (Załącznik nr 4), można wyszczególnić współautorstwo bądź autorstwo łącznie 42 publikacji, w tym: 1 monografii w j. angielskim [I/B_1]; 8 artykułów w czasopismach z listy „A” MNiSzW (ujętych w bazie JCR) [I/B_2-4, II/A_12-16]; 6 artykułów w czasopismach z listy „B” MNiSzW [I/B_5,6; II/E_29,30,33,42]; 1 artykułu w czasopiśmie niekwantyfikowanym [II/E_19]; 9 rozdziałów w monografiach (2 – w j. polskim [II/E_37,39]; 7 – w j. angielskim [I/B_10,11; II/E_22-24,31,38]) oraz 16 publikacji w recenzowanych materiałach konferencji zagranicznych i krajowych (4 – w materiałach indeksowanych w WoS [I/B_7,8,9; II/E_18], 9 – w innych w j. angielskim [II/E_21,25-28,32,34,35,40] i 3 – w j. polskim [II/E_20,36,41]). Uzupełnieniem jest współautorstwo 1 patentu [II/C_17], a także niepublikowany dorobek związany z udziałem w projektach badawczych [II/J_1-23].

Ważnym elementem prac Habilitanta jest ich ukierunkowanie na zastosowania praktyczne, czego przykładem może być udział w opracowaniu układu parametrów pracy dużych kotłów parowych (Elektrownia Skawina), czy też opracowanie metodyki i konstrukcji miernika pomiaru gęstości strumienia ciepła i/lub współczynnika wnikania ciepła na powierzchni pręta kontrolnego reaktora, uwzględniające specyficzne warunki pracy, wykonane na potrzeby ośrodka R&D EA Forsmark / Vatenfall AB.

4. GŁÓWNE OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE HABILITANTA

Ważniejsze z publikacji Habilitanta zostały uznane przez Niego za „osiągnięcie naukowe, uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej”, a tym samym zaliczone do dorobku będącego podstawą procesu habilitacyjnego (Autoreferat). Stanowią one jednotematyczny cykl publikacji, także prac badawczych, ujęty uogólnionym tytułem *Rozwiązania wybranych odwrotnych zagadnień wymiany ciepła i ich eksperymentalna weryfikacja*, w pełni oddającym poruszaną w nich tematykę, na który składają się:

- a) Monografia:
 - (1) **Cebula A.**: *Solutions of selected inverse heat transfer problems and their experimental verification*, Wydawnictwo PK, Seria Mechanika, Kraków, 2018.
- b) Artykuły w czasopismach z listy „A” MNiSzW, indeksowanych w bazie JCR:
 - (2) **Cebula A.**, Taler J., Ocołń P.: *Heat flux and temperature determination in a cylindrical element with the use of finite volume finite element method*. Int. J. of Thermal Sciences, 2018, 127, s. 142-157.
 - (3) **Cebula A.**, Taler J.: *Determination of transient temperature and heat flux on the surface of a reactor control rod based on temperature measurements at the interior points*. Applied Thermal Engineering, 2014, 63, Issue 1, 168-169.
 - (4) **Cebula A.**: *Experimental studies of the thermal flowmeter and its analytical and numerical analysis*. Progress in Computational Fluid Dynamics, An Int. Journal, 2018, (6), s. 392-397.
- c) Referaty opublikowane w czasopismach z listy „B” MNiSzW,
 - (5) **Cebula A.**: *Experimental and numerical investigation of thermal flow meter*. Archives of Thermodynamics, 2015, 36, No. 3, s. 149-160.

- (6) Taler J., **Cebula A.**: *Verification of heat flux and temperature calculation on the control rod outer surface*. Archives of Thermodynamics, 2011, 32, No 3, s. 157-173.
- d) Referaty opublikowane w materiałach konferencji indeksowane w Web of Science:
- (7) Taler J., **Cebula A.**, Marcinkiewicz J., Tinoco H.: *Heat flux and temperature determination on the control rod outer surface*. 14th Int. Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermalhydraulics, NURETH-14, 2011, vol. 2, 7.
- (8) Marcinkiewicz J., Taler J., **Cebula A.**: *Experimental investigation of non-stationary heat transfer between fluid and solid body*. Proceeding of Int. Conference on Nuclear Engineering, 2013, vol. 2: Plant Systems, Construction, Structures and Components; Next Generation Reactors and ..., ICONE21-16253, pp. V002T03A044; 1-7.
- (9) Jaremkiwicz M., **Cebula A.**: *Determination of transient temperature fields in thick-walled elements using the inverse method*. E3S Web of Conferences, 2017, vol. 13, 6 s.
- e) Rozdziały w książkach zagranicznych:
- (10) Taler J., Taler D., Sobota T., **Cebula A.**: *Theoretical and experimental study of flow and heat transfer in a tube bank*. Ed. Victoria M. Petrova, Advances in Engineering Research, vol. 1. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2012, s. 1-56.
- (11) **Cebula A.**, Taler D.: *Finite volume method in heat conduction*. Ed. R.B. Hetnarski Encyclopedia of thermal stresses. Vol. 4, Springer, 2014, s. 1645-1658.

Z ww. cyklu publikacji większość prac to prace współautorskie, przy czym do *Wniosku* dołączono oświadczenia precyzujące udział Habilitanta i pozostałych autorów w ich powstaniu (*Załącznik nr 7*).

- f) Do dorobku Habilitant zaliczył także pięć projektów badawczych, w tym cztery - którymi kierował (12-15) i jeden - w którym był głównym wykonawcą (16), to jest:
- (12) Projekt 3T10B04929 / umowa nr 1484/T10/2005/29: *Teoretyczne i doświadczalne badania lokalnej wymiany ciepła na powierzchniach rur omywanych poprzecznie*. Praca finansowana przez KBN, realizacja: 31.10.2005 - 30.10.2008.
- (13) Projekt badawczy / umowa nr M-9/459/2010: *Heat flux measurement on the control rod Surface*. Praca wykonana na zlecenie Forsmark Nuclear Power Plant, Vattenfall AB, Sweden: Realizacja: 01.08.2009 - 01.08.2010.
- (14) Projekt badawczy / umowa nr M-9/58/2011/P: *Design and manufacturing of measuring inserts and software for determination of heat flux and temperature measurement on the insert outer surface*, Praca wykonana na zlecenie Forsmark Nuclear Power Plant, Vattenfall AB, Sweden, Realizacja: 01.09.2010-01.07.2011.
- (15) Projekt badawczy / umowa nr M-9/470/DS-M/2011: *Odwrotne zagadnienia w konwekcyjnej wymianie ciepła*. Realizacja: 01.09.2011-9.12.2011.
- (16) Projekt Opus-8 / umowa nr UMO-2014/15/B/ST8/03170: *Metoda identyfikacji gęstości strumienia ciepła na powierzchni ciała stałego w warunkach szybkozmiennego pola temperatury przepływającego płynu*. NCN. Realizacja: 10.07.2015 - 09.05.2018.

Sumaryczny *Impact Factor* ww. artykułów [2-4]: $IF = 6,572$; $IF_5 = 7,693$.

4.1. Omówienie prac wchodzących w skład głównego osiągnięcia naukowego

Zbiór publikacji stanowiących główne osiągnięcie naukowe (GON) Habilitanta, ujęty uogólnionym tytułem jak wyżej, i będący przedmiotem procedury habilitacyjnej, jest efektem realizacji kilku projektów badawczych (12-16) związanych z rozwijaniem metod wyznaczania współczynnika wnikania ciepła i/lub gęstości strumienia ciepła na powierzchniach omywanych z zewnątrz strumieniem płynu (odnośniki w nawiasach zgodne z numeracją publikacji podaną powyżej – w p. 4). Wnikliwa analiza przedstawionego do oceny materiału pozwala stwierdzić, że w pracach tych można wyodrębnić pięć głównych obszarów tematycznych obejmujących:

a) Opracowanie metody wyznaczania gęstości strumienia ciepła i/lub współczynnika wnikania ciepła na powierzchni cylindrycznej omywanej strumieniem płynu o szybko-zmiennym polu temperatury.

Metoda bazuje na rozwiązaniu odwrotnego problemu przewodzenia ciepła stanowiąc rozwinięcie prac realizowanych w projekcie (12) i omówionych w publikacji (10) i umożliwia identyfikację szukanych wielkości na podstawie pomiaru temperatury w dyskretnych punktach wewnątrz badanego elementu (1,3,6-8,13), gdy pomiar od strony powierzchni omywanej płynem nie jest możliwy. Zagadnienie jest ważne ze względu na możliwość zastosowania w różnych obszarach techniki, np. do wyznaczania gęstości strumienia ciepła na powierzchni elementu cylindrycznego, czego przykładem może być pręt kontrolny reaktora atomowego, wokół którego występuje krzyżowo-prądowy przepływ płynu o szybkozmiennej temperaturze (1,13). Metodyka wyznaczania pola temperatury oraz strumienia ciepła na powierzchni zewnętrznej tego elementu jest omówiona w (1,3,6-11). Weryfikacja metody przeprowadzona przez porównanie uzyskanych za jej pomocą wyników z wynikami obliczeń CFD dla pręta kontrolnego w EA Forsmark, omywanego strumieniem wody o silno-zmiennej temperaturze potwierdziła jej przydatność i zdolność do odtwarzania zmiennych w czasie warunków na powierzchni elementu (1,3,6,7), to jest szybkich zmian gęstości strumienia ciepła i temperatury. Metoda jest prosta w zapisie i implementacji, a do jej zalet należy zaliczyć dokładność i krótki czas uzyskiwania poszukiwanych wartości. Może być użyta do elementów o kształtach prostych i skomplikowanych. Obszerna jej analiza jest podana w (1).

b) Opracowanie miernika do wyznaczania gęstości strumienia na powierzchni cylindrycznej i jego testy na stanowisku badawczym.

Następstwem opracowania ww. metody wyznaczania strumienia ciepła na powierzchni cylindrycznej był projekt i wykonanie elementu pomiarowego umożliwiającego weryfikację eksperymentalną poprawności działania i przydatności zarówno przyrządu, jak i algorytmu obliczeniowego (program komputerowy), składających się na gotowe i kompletne urządzenie pomiarowe. Opracowane zostały dwie konstrukcje miernika różniące się sposobem instalacji termopar (14). Szczegółowy ich opis oraz opis weryfikacji położenia termopar zamieszczono w monografii (1). Natomiast opis stanowiska do weryfikacji i pomiarów gęstości strumienia ciepła z użyciem opracowanego przyrządu podano w (1,3,5-9). Przyrząd pozwala wyznaczyć gęstość strumienia ciepła zgodnie z opracowaną procedurą (1,3,6-8), przy czym ważną cechą w jego konstrukcji jest wymagane precyzyjne usytuowanie czujników temperatury (termopar) w miejscach ściśle odpowiadających węzłom siatki obliczeniowej związanej z metodą objętości skończonych. Rozbieżności położenia termopar względem węzłów siatki skutkują znaczącymi błędami wyznaczania gęstości strumienia ciepła (1,3). Prace eksperymentalne potwierdziły przydatność przyrządu do prowadzenia pomiarów w przypadku nagłego ochładzania i ogrzewania elementu w warunkach opływu krzyżowo-prądowego, przy czym przyrząd uwzględnia przepływ ciepła zarówno w kierunku promieniowym, jak i obwodowym, i umożliwia wyznaczenie średniej oraz lokalnej wartości współczynnika wnikania ciepła.

c) Zastosowanie bilansowej metody elementów skończonych w metodzie odwrotnej do wyznaczania gęstości strumienia ciepła w celu podniesienia dokładności opracowanego miernika.

Istotnym elementem wyznaczania gęstości strumienia ciepła poprzez pomiar temperatury (za pomocą opracowanego przyrządu) jest usytuowanie termopar w miejscach ściśle odpowiadających położeniu węzłów siatki obliczeniowej. W przypadku stwierdzenia rozbieżności, zastosowana w obliczeniach metoda objętości skończonych (MOS) nie pozwala na korektę położenia węzła siatki. Wychodząc naprzeciw tym problemom, w pracach (1,2)

Habilitant zaproponował zastąpienie MOS – bilansową metodą elementów skończonych (BMES), bardziej skomplikowaną, ale umożliwiającą modyfikację położenia węzłów siatki, w przypadku wystąpienia różnic w położeniu termopar względem projektowanej lokalizacji. Tym samym rozwiązanie problemu odwrotnego z wykorzystaniem BMES pozwala wyznaczyć poszukiwany przebieg temperatur oraz gęstość strumienia ciepła na powierzchni zewnętrznej, z ewentualną korektą położenia węzła. Przeprowadzone obliczenia testowe wykazały, że wyniki uzyskane obu metodami (MOS, BMES) są porównywalne dla siatki regularnej i siatki zaburzonej, przy czym tę ostatnią zaburzano przesunięciem węzłów w kierunku obwodowym i/lub promieniowym - w miejsca potencjalnej rzeczywistej lokalizacji termopar. Poprawność metody zweryfikowano za pomocą testów z użyciem danych eksperymentalnych uzyskanych na stanowisku badawczym z cylindrycznym elementem pomiarowym okresowo podgrzewanym i chłodzonym, uzyskując porównywalne wyniki. Wykorzystanie metody BMES do rozwiązania odwrotnego problemu przewodzenia ciepła zapewnia zadowalającą zgodność wyznaczonego rozkładu temperatury i gęstości strumienia ciepła ze zweryfikowaną eksperymentalnie metodą opartą na MOS, a ponadto sprawdza się zarówno dla siatki regularnej jak i siatki zaburzonej-

d) Opracowanie modelu analitycznego i numerycznego przepływomierza termicznego.

Zastosowanie metody odwrotnej do określenia strumienia masy cieczy płynącej w kanale cylindrycznym jest omówione w pracach (1,4,5) będących wynikiem realizacji projektu (15). Pomiar bazuje na identyfikacji procesu wymiany ciepła pomiędzy ścianą kanału, a przepływającą w nim cieczą i opiera się na pomiarze temperatury na jego powierzchni zewnętrznej, przy zadanym z zewnątrz strumieniu ciepła. Opracowany przez Habilitanta model analityczny przepływomierza, umożliwia wyznaczenie rozkładu temperatury wzdłuż nieogrzewanej i ogrzewanej części kanału (z wykorzystaniem wzoru Siegela i zasady superpozycji). Z kolei model numeryczny umożliwia obliczenie temperatury ściany przewodu cylindrycznego obciążonego zadanym strumieniem ciepła na części swojej długości. Porównanie wyników uzyskanych za pomocą rozwiązania analitycznego z wynikami symulacji numerycznych, wykazało bardzo dobrą ich zgodność (obu metod) i przydatność do opracowania modelu przepływomierza.

e) opracowanie przepływomierza termicznego oraz przeprowadzenie pomiarów z jego wykorzystaniem

Analityczne potwierdzenie możliwości zastosowania przepływomierza termicznego do pomiaru strumienia cieczy w zakresie przepływu laminarnego przyczyniło się do opracowania projektu i budowy modelu funkcjonalnego, którego konstrukcja, układ pomiarowy i układ akwizycji danych oraz sposób kalibracji omówione są w pracy (1). Wyniki uzyskane w trakcie pomiarów eksperymentalnych oraz obliczeń numerycznych są zbliżone do siebie, przy czym niewielkie różnice między nimi wynikają prawdopodobnie z dyssypacji energii (ciepła) przez izolację (4,5). Z prowadzonych analiz wynika, że masowe natężenie przepływu wody przy przepływie laminarnym może być wyznaczone w funkcji mierzonej różnicy temperatur na powierzchni kanału.

4.2. Charakterystyka monografii

Wchodząca w skład głównego osiągnięcia naukowego monografia habilitacyjna (1) stanowi rozszerzenie i podsumowanie najważniejszych prac Habilitanta w zakresie ujętym tytułem. Omówiono w niej wyznaczenie nieznanymi wielkościami (cieplnymi, przepływowymi) na podstawie rozwiązania problemu odwrotnego, odniesione do dwóch przypadków, z czego pierwszy dotyczy problemu identyfikacji strumienia ciepła na powierzchni elementu

cylindrycznego przy jego opływie krzyżowo-prądowym, zaś drugi jest próbą określenia masowego natężenia przepływu płynu w przewodzie o przekroju kołowym poprzez pomiar spadku temperatury na zewnętrznej jego powierzchni. W tym kontekście, w monografii przedstawiono dwa przyrządy pomiarowe; pierwszy z nich umożliwia wyznaczenie zmiennej w czasie gęstości strumienia ciepła na powierzchni cylindrycznej, drugi służy do pomiaru małych strumieni masowych cieczy (tzw. przepływomierz termiczny). Rozwiązania te są szczególnie przydatne w przypadku braku dostępu do powierzchni, na której należy określić warunki cieplne lub przepływowe, co ma miejsce przy niesprzyjających warunkach fizycznych (temperatura, ciśnienie), przepływie cieczy agresywnych lub z przyczyn czysto konstrukcyjnych.

Monografia liczy łącznie 166 stron tekstu i składa się z części zasadniczej (s. 13-138), uzupełnionej *spisem treści*, (s. 5-6), *spisem symboli, oznaczeń i skrótów* (s. 7-9), *przedmową* (s. 11-12), załącznikami (s. 139-149 i *wykazem bibliografii* (s. 151-157) obejmującym łącznie 93 pozycje literatury reprezentatywne dla omawianej tematyki, a także streszczenia w języku angielskim (s. 159-160), niemieckim (s. 161-163) i polskim (s. 164-166). Jej część zasadniczą tworzy osiem rozdziałów, z czego *rozdział 1* stanowi wprowadzenie w omawianą tematykę, *rozdział 2* zawiera przegląd urządzeń pomiarowych stosowanych do wyznaczania strumienia ciepła i współczynnika przenikania ciepła, w *rozdziale 3* przybliżono cel i zakres prac omówionych w monografii, *rozdział 4* zawiera opis proponowanej metody obliczeniowej, zaś *rozdział 5* – omówienie testów i weryfikacji opracowanych metod obliczeniowych. W kolejnych rozdziałach monografii omówiono przyrząd pomiarowy do wyznaczania gęstości strumienia ciepła (*rozdział 6*), stanowisko testowe do badań prototypu (*rozdział 7*), zastosowanie w modelu obliczeniowym metod objętości skończonych / elementów skończonych (*rozdział 8*) oraz budowę i konstrukcję przepływomierza do pomiaru małych wartości natężenia przepływu cieczy (*rozdział 9*). Prace kończą wnioski (*rozdział 10*) oraz zbiór załączników (*rozdział 11*).

Analiza merytoryczna monografii pozwala stwierdzić, że stanowi ona cenne kompendium wiedzy na temat rozwiązywania wybranych zagadnień odwrotnych wymiany ciepła i ich eksperymentalnej weryfikacji. Zawarta w niej tematyka jest ważna, a prowadzone przez Habilitanta prace i uzyskane rezultaty mają duże znaczenie poznawcze i użyteczne.

4.3. Ocena cyklu publikacji uznanych za osiągnięcie naukowe

Wyniki i rezultaty prac zawarte w publikacjach zaliczonych do głównego osiągnięcia naukowego, uogólnione tytułem *Rozwiązanie wybranych zagadnień odwrotnych wymiany ciepła i ich eksperymentalna weryfikacja*, są efektem realizacji przez Habilitanta projektów badawczych, i zostały uzyskane na drodze analiz teoretycznych popartych kwerendą literatury tematu oraz na drodze modelowania matematycznego z wykorzystaniem programów komercyjnych rozbudowanych o kody własne, umożliwiającą prowadzenie badań numerycznych i prac obliczeniowych, a także z wykorzystaniem danych doświadczalnych, m.in. z badań opracowanych przyrządów i technik pomiarowych.

Na podstawie analizy merytorycznej i oceny ww. cyklu publikacji uznanego za główne osiągnięcie naukowe Habilitanta, uważam, że jest on swoistym podsumowaniem Jego osiągnięć w zakresie objętym tytułem i zawiera szereg ważnych elementów zarówno naukowych, jak i użytecznych, które można uznać za oryginalny dorobek, stanowiący istotny wkład w dyscyplinę Budowa i Eksploatacja Maszyn. Zawarta w nich problematyka z pewnością może być przedmiotem postępowania habilitacyjnego, a przedstawione wyniki prac – w moim przekonaniu – są ważne z punktu widzenia nauki, a także zastosowań praktycznych i mogą stanowić podstawę do ubiegania się przez dr. inż. Artura Cebulę o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego.

5. OMÓWIENIE DOROBKU NIE UWZGLĘDNIONEGO W GŁÓWNYM OSIĄGNIĘCIU NAUKOWYM

Pozostałe nie włączone do głównego osiągnięcia naukowego publikacje z okresu po obronie pracy doktorskiej, to: 5 artykułów w czasopismach z bazy JCR / listy „A” MNiSzW [II/A_12-16]; 4 artykuły z listy „B” MNiSzW [II/E_29,30,33,42], 1 artykuł w czasopiśmie niekwantyfikowanym [II/E_19]); 5 rozdziałów w monografiach anglojęzycznych [II/E_22-24,31,38] i 2 w monografiach w języku polskim [II/E_37,39] oraz 1 referat opublikowany w materiałach konferencji międzynarodowej indeksowanej w WoS [II/E_18] i 13 referatów w materiałach innych konferencji międzynarodowych [II/E_21,25-28,32,34,35,40] i krajowych [II/E_20,36,41]. Uzupełnieniem jest współautorstwo patentu [II/C_17]. Dorobek ten jest wynikiem uczestnictwa Habilitanta w realizacji projektów i prac badawczych [II/J_1-23], i poza publikacjami związanymi tematycznie z głównym osiągnięciem naukowym (a w nim nie ujętymi), można w nim wyróżnić prace dotyczące: modelowania procesów nieustalonych w powierzchniach ogrzewalnych kotłów, monitorowania kotłów energetycznych, symulacji dynamiki kotłów na parametry nadkrytyczne, modelowania przepływu i wymiany ciepła w wymiennikach kontaktowych, problematyki oporu kontaktowego (przewodzenia) i innych. Prace te są w dużej części zorientowane na zastosowania praktyczne związane z poprawą właściwości eksploatacyjnych układów energetycznych, optymalizacją parametrów ich pracy, poprawą sprawności, itp.

6. OCENA CAŁOKSZTAŁTU DOROBKU NAUKOWEGO HABILITANTA

Podsumowując pragnę stwierdzić, że Habilitant legitymuje się znacznym dorobkiem naukowym ukierunkowanym przede wszystkim na problematykę zastosowania tzw. metod odwrotnych przewodzenia ciepła do identyfikacji procesów wymiany ciepła. Wyniki swoich prac upowszechniał w czasopismach międzynarodowych (lista JCR / lista „A” MNiSzW) oraz krajowych (lista „B”), a także w recenzowanych materiałach konferencji zagranicznych i krajowych, w tym indeksowanych w WoS. Jest autorem monografii i autorem / współautorem rozdziałów w monografiach w języku angielskim i polskim. Dorobek ten przypada na okres po uzyskaniu stopnia naukowego doktora i obejmuje lata 2004 - 2018. Sumaryczny *Impact Factor* wszystkich publikacji dr. A. Cebuli wynosi $IF = 8,135$, zaś Jego prace były cytowane wg bazy Web of Science - 33 razy; indeks Hirscha $h = 4$ [II/G-I]. Łączna liczba punktów kwantyfikacyjnych dorobku Habilitanta uzyskanych po obronie doktoratu (wg MNiSzW) – wynosi 363 pkt.

Uważam, że dorobek ten spełnia wymogi ustawowe, a jego całokształt upoważnia dr. Artura Cebulę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego nauk technicznych. Dorobek ten niewątpliwie mieści się w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn-

7. OCENA DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNEJ, ORGANIZACYJNEJ I INNEJ

Poniżej, w sposób syntetyczny, przedstawiono osiągnięcia Habilitanta w obszarze działalności dydaktycznej i organizacyjnej, a także w innych obszarach działalności naukowej i zawodowej.

Działalność dydaktyczna

Dotychczasowa działalność dydaktyczna dr. A. Cebuli jest ściśle związana z Wydziałem Mechanicznym PK, gdzie w kolejnych latach prowadził różne formy zajęć z przedmiotów: *termodynamika, wymienniki ciepła, kotły parowe, elektrownie i elektrociepłownie, urządzenia pomocnicze elektrowni, modelowanie CFD* [III/I]. Był też organizatorem tzw. laboratoriów wyjazdowych prowadzonych we współpracy z EC Kraków, z wykorzystaniem rzeczywistych danych z monitoringu instalacji. Sprawował / sprawuje opiekę nad studentami realizującymi

prace dyplomowe [III/J]. W latach 2004 - 11 był opiekunem Koła Naukowego Energetyki i Ochrony Środowiska.

Współpraca zagraniczna

Habilitant jest współinicjatorem współpracy jednostki macierzystej (IMiUE) z ośrodkami naukowymi zagranicznymi: TU Braunschweig i TU Bergakademie Freiberg (Niemcy), University of Calgary (Kanada) oraz Velammal College of Engineering and Technology (Indie), a także organizatorem współpracy z Munich University of Applied Sciences (Niemcy), czego efektem jest m.in. wspólny wniosek w konkursie STAIR II [II/J_2]. Przykładem międzynarodowej współpracy Habilitanta jest także kierowanie projektami zrealizowanymi na potrzeby ośrodka R&D Forsmark / Vattenfall AB w Szwecji [II/J_13,14]. Ponadto uczestniczył w pracach komitetów naukowych konferencji międzynarodowych [III/C_1,2] i prezentował wyniki prac na konferencjach międzynarodowych [II/L].

Współpraca z przemysłem

W swej działalności zawodowej dr A. Cebula był wykonawcą w licznych projektach / pracach badawczych, realizowanych na zlecenie instytucji i zakładów i we współpracy z nimi. Habilitant współpracował / współpracuje, m.in. z firmami branży energetycznej (EDF Polska, Forsmark Nuclear Power Plant, Szwecja [A-ref_5.4]). Po obronie dysertacji brał udział w realizacji 23 projektów badawczych finansowanych ze środków MNiSzW, NCBiR, NCN i innych, w tym jako kierownik pięciu z nich [II/J]. Uczestniczył w projektach realizowanych na potrzeby przemysłu (ComexAS, Norwegia, kierownik; Schedel Quatro, Ople, kierownik; Rafako S.A., wykonawca) [A-ref_5.3].

Inne osiągnięcia

Habilitant uczestniczył w realizacji programów: POKL (2009-2015) i RPO (2007-2013; 2011-2014) [III/A]. Po uzyskaniu stopnia doktora brał aktywny udział w konferencjach międzynarodowych [III/B]. Uczestniczył również w pracach komitetów organizacyjnych i naukowych konferencji [III/C]. W kadencji 2015 - 2018 był powołany w skład Sekcji Termodynamiki KTiS PAN (członek stowarzyszony). Jest członkiem Stowarzyszenia na Rzecz Kształcenia Specjalistów Budowy Maszyn i Urządzeń Energetycznych [III/H].

Pełni funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim prowadzonym na Wydziale Mechanicznym PK (*M. Rerak: Nowy algorytm wspomagający projektowanie podziemnych linii kablowych z uwagi na ich cieplne warunki pracy*) [III/K]. Za osiągnięcia naukowe był wyróżniony przez Rektora Politechniki Krakowskiej nagrodą indywidualną I stopnia (2012 r.) i nagrodą zespołową (2015 r.) [II/K].

Jest wykonawcą ekspertyz i prac na zamówienie o zróżnicowanej tematyce [III/M], a także uczestniczył w pracach zespołów eksperckich i konkursowych (NCBiR, RPO, ...) [III/N]. Recenzował publikacje w czasopismach z listy „A” MNiSzW i w materiałach konferencyjnych [III/P]. Był recenzentem projektów badawczych [III/O].

W podsumowaniu tej części recenzji należy stwierdzić, że Habilitant wykazuje wystarczające zaangażowanie w działalności dydaktycznej i organizacyjnej, a jego osiągnięcia w tym zakresie uważam za dobre. Natomiast bardzo ważnym elementem Jego działań - w mojej ocenie - jest kontakt i współpraca z uczelniami zagranicznymi i innymi jednostkami badawczymi, także krajowymi, czego dowodem są prowadzone prace, uczestnictwo w realizacji projektów badawczych, a także odbyte staże. Ważnym elementem działalności jest także kontakt z przemysłem, a prowadzone przez Habilitanta prace należy uznać za ważne, przede wszystkim ze względu na to, że służą rozwiązywaniu określonych problemów naukowych, technicznych i eksploatacyjnych.

8. OCENA CAŁOKSZTAŁTU OSIĄGNIĘĆ HABILITANTA

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

- *zgodnie z Art. 16.1 Ustawy (Dz.U. 2016, poz. 882):*
 - jest autorem monografii habilitacyjnej i autorem / współautorem publikacji i innych prac ujętych uogólnionym tytułem *Rozwiązania wybranych odwrotnych zagadnień wymiany ciepła i ich eksperymentalna weryfikacja*, uznanych za osiągnięcie naukowe, stanowiące istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej,

oraz spełnia przeważającą większość wymagań stawianych w ww. rozporządzeniu Ministra NiSzW, a mianowicie:

- *zgodnie z §3 ust. 4, punkt „a” rozporządzenia:*
 - jest współautorem / autorem publikacji naukowych w czasopismach ujętych w bazie Journal Citation Reports [I/B_2-4; II/A_12-16];
 - jest współautorem zrealizowanego oryginalnego osiągnięcia w postaci miernika gęstości strumienia ciepła opracowanego dla ośrodka R&D EA Forsmark / Vatenfall AB;
 - jest współautorem przyznanego patentu krajowego [II/C_17].
- *zgodnie z §4 rozporządzenia:*
 - wyniki prac publikował jako współautor / autor w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż mowa w ww. §3 [I/B_5,6; II/E_19,29,30,33,42];
 - jest współautorem rozdziałów w monografiach i książkach w j. polskim i angielskim [I/B_10,11; II/E_22-24,31,37-39];
 - jest współautorem dokumentacji z prac badawczych - sprawozdań z realizacji projektów (MNSzW, NCN, inne) [II/J];
 - sumaryczny *Impact Factor* Jego publikacji naukowych wg listy JCR, zgodnie z rokiem opublikowania: IF = 8,135, IF₅ = 9,71 [wg A-ref];
 - liczba cytowań publikacji wg bazy [wg A-ref]:
 - Web of Science (WoS) – 33, Scopus – 44, Google Scholar – 94;
 - Indeks Hirscha wg bazy [wg A-ref.]:
 - Web of Science (WoS) – 4, Scopus – 5, Google Scholar – 6;
 - kierował realizacją międzynarodowych i krajowych projektów badawczych, bądź uczestniczył jako wykonawca [II/J];
 - brał aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych na których prezentował wyniki badań / wygłaszał referaty [II/L];
- *zgodnie z §5 rozporządzenia:*
 - uczestniczył w realizacji programów europejskich i krajowych [III/A];
 - uczestniczył w pracach komitetów organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych [III/C];
 - za działalność naukową i organizacyjną był wyróżniony nagrodami [II/K];
 - kierował projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków oraz we współpracy z przemysłem [II/J];
 - jest członkiem krajowych towarzystw naukowych [III/H];
 - ma osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki [III/I];
 - sprawował opiekę nad studentami w toku specjalizacji [III/J];

- sprawuje opiekę naukową nad doktorantami (promotor pomocniczy), [III/K];
- odbył staże w krajowych ośrodkach naukowych [III/L], ma kontakty naukowe z zagranicznymi ośrodkami akademickimi [A-ref_6];
- wykonywał ekspertyzy na potrzeby przemysłu i jednostek samorządu [III/M];
- brał udział w zespołach eksperckich i konkursowych [III/N];
- recenzował projekty krajowe [III/O] oraz publikacje w czasopiśmie międzynarodowych i materiałach konferencyjnych [III/P];
- uczestniczył w pracach na rzecz przemysłu [A-ref_5.3, 5.4].

Reasumując:

- dr inż. Artur Cebula zgromadził wystarczający dorobek naukowy, ukierunkowany na zagadnienia związane z szeroko rozumianą problematyką rozwiązywania wybranych odwrotnych zagadnień wymiany ciepła i ich eksperymentalną weryfikacją;
- dorobek ten jest efektem działalności naukowo-badawczej Habilitanta, w całości został uzyskany przez Niego po obronie pracy doktorskiej i stanowi oryginalny przyczynek do rozwoju nauki w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn;
- prace naukowe Habilitanta wiążą się zarówno z podstawowymi zagadnieniami naukowymi jak i ich potencjalnymi praktycznymi zastosowaniami;
- Habilitant czynnie i efektywnie uczestniczy w organizacji badań naukowych, a także w działalności dydaktycznej.
- Habilitant czynnie i efektywnie uczestniczy w organizacji współpracy z zagranicznymi jednostkami naukowymi i uniwersyteckimi;
- jest pracownikiem o dobrym potencjale i dużej aktywności naukowej.

9. KONKLUZJA

Uwzględniając przeprowadzoną powyżej ocenę całokształtu dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego i organizacyjnego, odnosząc się do Ustawy z dnia 14.03.2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym ...* (tekst jednolity, Dz.U. z 2016 roku, poz. 882), stwierdzam, że dr inż. Artur Cebula spełnia w stopniu wystarczającym / z nawiązką wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego, ujęte w rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1. września 2011 roku *w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego* (Dz.U. Nr 196, poz. 1165).

Biorąc powyższe pod uwagę, wnioskuję do Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej o nadanie dr. inż. Arturowi Cebula stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn



