

Recenzja
całokształtu dorobku dra inż. Marcina Trojana
w postępowaniu habilitacyjnym w dziedzinie nauk technicznych
w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn

1. Uwagi ogólne

Podstawą do opracowania recenzji całokształtu dorobku dra inż. Marcina Trojana jest pismo Prof. PK dra hab. inż. Marka Kozenia prodziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej, sygn. M.00.520.258/2017. Do pisma został dołączony komplet dokumentów habilitacyjnych w wersji papierowej i elektronicznej jak również pismo z Centralnej Komisji o powołaniu komisji do przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego.

Dokumenty habilitacyjne spełniają w całości warunki nałożone przez Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 01 września 2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego [Dz.U. 2011, nr 196, poz. 1165] oraz w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora [Dz.U. 2011, nr 204, poz. 1200].

Zgodnie z art. 16 ust. 1 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, stwierdzam, że dr inż. Marcin Trojan spełnia formalne wymogi przystąpienia do postępowania habilitacyjnego.

Dr inż. Marcin Trojan urodzony 3.09.1981 r. w Bochni ukończył studia w 2005 r. na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej w dyscyplinie Mechanika i Budowa Maszyn uzyskując tytuł mgra inżyniera na podstawie pracy: *Pomiary prędkości i strumienia masy płynu*. Pracę doktorską pt.: *Identyfikacja stopnia zanieczyszczenia powierzchni ogrzewalnych kotła parowego* w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn obronił w 2010 r. Promotorem obydwu prac był prof. dr hab. inż. Jan Taler. Od 2016 r. dr inż. M. Trojan zatrudniony jest na stanowisku adiunkta w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Krakowskiej.

2. Analiza osiągnięć naukowych Habilitanta

Osiągnięcia naukowe będące przedmiotem postępowania habilitacyjnego dra Marcina Trojana zawarte są w :

- monografii habilitacyjnej,
- 5 artykułach z listy A MNiSW (indeksacja w Journal Citation Reports – lista filadelfijska),
- 4 artykułach z listy B MNiSW,
- 2 referatach z konferencji ASME ujętej w Web of Science (najwyższa światowa renoma w branży energetycznej),
- 2 książkach zagranicznych,

- 1 rozdziale w książce zagranicznej,
- 3 projektach naukowo – badawczych zrealizowanych na zlecenie Electricite de France Polska S.A.

Zagadnienia sterowania procesami wymiany ciepła w kotłach energetycznych z uwzględnieniem niekorzystnych zjawisk jakimi jest osadzanie się popiołu na rurach przegrzewacza, osadzanie się kamienia na ściankach wewnętrznych przegrzewaczy czy zażużenie ścian kotła, jest niezwykle trudnym zagadnieniem nie tylko ze względu na odwzorowanie procesów termodynamiczno-przepływowych lecz również na nieliniową charakterystykę pracy kotła. ***Kompleksowe ujęcie tych problemów zawarte jest w przedłożonych publikacjach autorskich jak i współautorskich o dużym udziale merytorycznym Habilitanta.***

Na osiągnięcia naukowe Habilitanta składają się prace obejmujące następujące grupy tematyczne

A. Modelowanie numeryczne przegrzewaczy pary kotłów w stanach ustalonych i nieustalonych

Opracowanie metody numerycznej pracy wymienników ciepła o złożonych układach przepływowych: przegrzewacze o współprądowo-krzyżowym, przeciwprądowo-krzyżowym jak również mieszanym przepływie, pozwala na ich symulację co pozwala na wyznaczenie temperatury ścianek przegrzewaczy. Ze względu na wysoką temperaturę spalin i występowanie gazów wieloatomowych uwzględniono wymianę ciepła przez promieniowanie po stronie spalin. Opracowana metoda uwzględniała również powstawanie osadów na wewnętrznych ściankach rur jak również popiołów po stronie zewnętrznej. Zalety opracowanej metody wynikają z elastyczności modelu pozwalającego na zmianę powierzchni ogrzewalnej lub zmianie układu przegrzewaczy jak również z ujęcia nierównomiernej temperatury spalin w przekroju kanału spalinowego. Ponadto opracowana metoda pozwala na badanie mechanizmu osadzania się warstw popiołowych co związane jest z częstotliwością ich zdmuchiwania. Zagadnienie modelowania numerycznego przegrzewaczy pary zostały opublikowane w 9 publikacjach.

B. Symulacja kotła parowego w różnych warunkach pracy

Habilitant opracował model matematyczny komory paleniskowej łącznie z modelami matematycznymi kolejnych stopni przegrzewaczy pary i podgrzewacza wody. W komorze paleniskowej Autor przyjął stałą temperaturę oraz modelował radiacyjną wymianę ciepła do ścian kotła. Ustawienie przegrzewaczy pary i podgrzewacza powietrza w przepływie spalin (przeciwnie do przepływu pary) prowadzi do iteracyjnego obliczania temperatury powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych rur oraz do zewnętrznego zanieczyszczenia popiołem. Taki model matematyczny pozwala na symulację pracy kotła w różnych warunkach obciążenia i spalania różnego rodzaju paliw (węgiel, współspalanie węgla z biomasą). Istotną zaletą opracowanego nieliniowego modelu pracy kotła jest możliwość wykorzystania go do obliczeń eksploatacyjnych (zabezpieczenie przed nadmiernym obciążeniem termicznym przy małych wydajnościach, sterowanie sprawnością) jak i projektowych (dobór gatunku stali do realizowanego obciążenia cieplnego poszczególnych partii przegrzewaczy). Optymalne obciążenie cieplne prowadzi do wydłużenia czasu eksploatacji kotła i przegrzewaczy. ***Ujęcie całościowe w obliczeniach pracy kotła z przegrzewaczami stanowi istotne osiągnięcie Habilitanta.***

C. Ocena stopnia średniego zanieczyszczenia komory paleniskowej i kolejnych stopni przegrzewacza

Ciągły nadzór nad stopniem zanieczyszczenia powierzchni ogrzewalnych zamiast uruchamiania zdmuchiwaczy zanieczyszczeń w regularnych odcinkach czasu pozwala na włączanie zdmuchiwaczy zanieczyszczeń w chwilach naruszenia poprawnej wymiany ciepła.

Taki sposób gwarantuje zachowanie wysokiej sprawności kotła. Istota opracowanej przez Habilitanta metody eksperymentalno-numerycznej polega na porównaniu zmierzonego i obliczonego strumienia pary wypływającej z parownika; różnica tych strumienie wskazuje na stopień zanieczyszczenia powierzchni ogrzewalnych. Ponieważ zanieczyszczenia powodują zmienne obciążenie powierzchni ogrzewalnej, przeto niedopuszczanie do powstawania zbyt grubych warstw wpływa na zachowanie ich żywotności. Na tym tle uwidacznia się zaleta opracowanej przez Habilitanta metody. *Zatem opracowana metoda pozwala na zachowanie wysokiej sprawności wytwarzania pary i zachowania dużej żywotności elementów kotła.*

D. Zastosowanie opracowanej metody eksperymentalno-numerycznej do analizy stopnia zanieczyszczenia elementów kotła i wpływu na jego parametry pracy

Opracowana przez Habilitanta metoda pozwala ocenić wpływ rosnącego zanieczyszczenia (zażużlowania) komory paleniskowej kotła jak również zanieczyszczenia popiołem przegrzewacza na jego sprawność. Ponadto rozkłady temperatury w przegrzewaczu dostarczają informacji o obciążeniu termicznym i temperaturze spalin za przegrzewaczem. Wyniki pomiarów na obiekcie rzeczywistym Habilitant porównał z wynikami wyznaczonymi na podstawie własnej metody. *Duża zgodność potwierdza założenia opracowanej metody.*

E. Wpływ osadów wewnętrznych na wymianę ciepła

Procesowi przepływu ciepła ze spalin do pary towarzyszy odkładanie się kamienia kotłowego jak również korozja powierzchni rury. Procesy te są intensywniejsze w obiegach nadkrytycznych. Te wewnętrzne zanieczyszczenia zmniejszają ilość przejmowanego ciepła co pogarsza sprawność kotła oraz powodują zwiększenie temperatury metalu co z kolei wpływa na żywotność w wyniku przegrzania materiału rury. Ciągły monitoring pozwala na optymalne prowadzenie procesu wytwarzania pary w kontekście wpływu zanieczyszczeń wewnętrznych i zainicjowanie procesu ich usuwania.

F. Praca przegrzewacza w obszarze nierównomierności temperatury spalin

W wielu przypadkach zachodzi nierównomierny przepływ spalin przez przegrzewacz co powoduje nierównomierne odkładanie się osadów popiołowych w jego centralnej części i zmniejszenie temperatury pary. Ponadto nadmierne nagrzewanie rur zmniejsza strumień masy przez nie płynący i powodować może przegrzanie materiału rury. Analiza Habilitanta pracy przegrzewacza ze stałą i zmienną temperaturą spalin pozwala na zbadanie różnicy strumienia masy pary płynącej przez przegrzewacz i ocenę sprawności bloku.

G. Wykorzystanie numerycznej mechaniki płynów modelowania pracy komory paleniskowej kotła i przegrzewaczy pary

Habilitant w obliczeniach cieplno-przepływowych kotła z przegrzewaczami wykorzystał nowoczesne narzędzie numeryczne jakim jest pakiet programów numerycznej mechaniki płynów. Pakiet programów (ANSYS-CFX) umożliwił obliczenia przegrzewaczy z zadaną warstwą zanieczyszczeń popiołowych o określonym współczynniku przewodzenia ciepła i rzeczywistym składzie spalin jak również zbadanie wpływu gęstości siatki obliczeniowej uwzględniającej warstwę

przyścienną. Za pomocą tego pakietu Habilitant wyznaczył rozkłady temperatury w komorze paleniskowej w całej objętości. Pakiety te pozwalają również na analizę położenia palników w komorze paleniskowej co jest ważne w pracach projektowych. Habilitant dokonał porównania opracowanej przez siebie metody z wynikami uzyskanymi z modelowania za pomocą pakietu ANSYS-CFX. Wynik zgodności w sensie średniej temperatury wylotowej spalin był bardzo dobry. Modelowanie metodą Habilitanta było istotnie szybsze niż modelowanie za pomocą metod CFX. *Stanowi to o wielkiej użyteczności metody Habilitanta.*

H. Elastyczność kotłów parowych

Rozwój różnych źródeł wytwarzania energii takich jak energia z farm wiatrowych, energia z ogniw fotowoltaicznych i innych charakteryzuje się nierównomiernością wytwarzania co powoduje konieczność wyrównania powstających niedoborów przez klasyczne elektrownie ciepłne. Problemem zatem staje się możliwie szybkie wyrównanie niedoborów. Jednym ze sposobów zaproponowanych przez zespół, którego członkiem jest Habilitant polega na gromadzeniu energii w dolinie energetycznej w zasobnikach wody, która następnie jest wykorzystywana do szybkiego podniesienia mocy w okresach szczytowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Ponadto niezwykle ważnym elementem pracy kotła jest jego rozruch ze stanu zimnego, który można bezpiecznie skrócić wykorzystując gorącą wodę z zasobników ciśnieniowych. Metoda ta jest oryginalnym osiągnięciem całego zespołu Prof. J. Talera.

Zatem zastosowanie ciśnieniowych zasobników wody w okresie szczytowego zapotrzebowania na energię pozwala zwiększyć moc bloku zaś w okresie doliny nocnej pozwala na obniżenie mocy kotła poniżej wartości dla przypadku klasycznego a ponadto w okresie rozruchu uzyskuje się skrócenie czasu rozruchu o 25%. Każdemu z tych trzech przypadków towarzyszy zmniejszenie kosztów eksploatacji. *Habilitant zwraca uwagę na rentowność inwestycji związanej z ciśnieniowymi zasobnikami wody gorącej, co dopełnia opanowanie rozległej wiedzy w zakresie optymalizacji procesów związanych z pracą kotła i przegrzewaczy.*

Uzyskanie przez Habilitanta omawianych wyników wynikało również ze zdobytego doświadczenia jako wykonawca w realizacji prac badawczych i wdrożeniowych na zlecenie z przemysłu (Electricite de France).

Omówione powyżej osiągnięcia Habilitanta stanowią istotny wkład do wiedzy sterowania pracą kotła i przegrzewaczami pary w celu zachowania wysokiej sprawności bloku i zachowania żywotności elementów najbardziej narażonych na działanie zmiennych obciążeń cieplnych co zostało zastosowane w praktyce (na kotle nr 8 w Elektrowni Skawina) w oparciu o opracowanie systemu monitorowania pracy kotła w systemie on-line.

Osiągnięcia naukowe Habilitanta zostały przedstawione w publikacjach z listy A i B, na prestiżowej konferencji ASME, w książkach zagranicznych i realizacji wielu grantów. Domknięciem osiągnięć Habilitanta jest Jego praca habilitacyjna

Dorobek publikacyjny zawiera tabela 1.

Liczbowy całościowy dorobek Habilitanta przedstawiony jest w tabeli 1

Tabela 1.	Przed doktoratem	Po doktoracie	Łącznie
Sumaryczna liczba punktów MNiSW	25	469	494
Sumaryczny IF	0	9,118	9,118
Sumaryczny IF-5	0	10,316	10,316
Publikacje ogółem:	2	18	20
Publikacje z listy A MNiSW	0	6	6
Publikacje z listy B MNiSW	2	12	14
Monografie	0	3	3
Rozdziały w monografiach:	3	13	16
Rozdziały monografiach w języku polskim	2	5	7
Rozdziały monografiach w języku angielskim	1	8	9
Publikacje w materiałach konferencyjnych:	5	18	23
Publikacje w materiałach konferencyjnych w języku angielskim	3	16	19
Publikacje w materiałach konferencyjnych w języku polskim	2	2	4
Rozprawa doktorska	1	0	1
Udział w konferencjach:	6	20	26
Konferencje krajowe	5	16	21
Konferencje zagraniczne	1	4	5
Projekty badawcze ogółem (kierowane)	3(0)	21(0)	24(0)
Zgłoszenia patentowe	0	0	0

Praca dydaktyczna dra M. Trojana obejmowała prowadzenie wykładów, ćwiczeń, laboratoriów i szkoleń, są to:

- Wymiana ciepła i masy (wykłady, ćwiczenia),
- Metody numeryczne (wykłady, laboratoria komputerowe),
- Analiza i projektowanie systemów energetycznych (wykłady, projekt),
- Modelowanie za pomocą systemu ANSYS (laboratoria komputerowe),
- Elektrownie i elektrociepłownie (wykłady, ćwiczenia),
- Maszyny i urządzenia energetyczne (laboratorium),
- Modelowanie CFD (laboratorium komputerowe),
- Szkolenia z MES (w ramach programu Kapitał Ludzki),
- Szkolenia z AutoCad (w ramach programu Kapitał Ludzki).

Osiągnięcia organizacyjne dra Marcina Trojana związane są przede wszystkim ze współorganizowaniem współpracy zagranicznej macierzystego Instytutu z następującymi jednostkami naukowymi z zagranicy, są to:

- Technische Universitaet Braunschweig (Niemcy),
- Technische Universitaet Bergakademie Freiberg (Niemcy),
- Uniwersytet w Calgary (Kanada),
- Velammal College of Engineering and Technology (Indie),
- Sardar – Rządowy Instytut Technologiczny w Surat (Indie),
- Uniwersytet w Shizuoka (Japonia).

Ocena osiągnięcia naukowego oraz ocena istotnej aktywności naukowej

Jedną z miar oceny osiągnięć Habilitanta są cytowania według różnych baz bibliograficznych.

Baza Publish or Perish (Google Scholar)

Publikacje indeksowane: 43

<u>Indeksy cytowań</u>	Wszystkie	Od 2012
Cytowania	94	83
h-indeks	6	5
i10-indeks	2	2

Baza Scopus:

Publikacje indeksowane: 17

<u>Indeksy cytowań</u>	Wszystkie	Od 2010
Cytowania	44	44
h-indeks	5	5

Baza Web of Science:

Publikacje indeksowane: 12

<u>Indeksy cytowań</u>	Wszystkie	Od 2010
Cytowania	16	16
h-indeks	3	3

Przejawem aktywności naukowej Habilitanta jest udział w konferencjach krajowych (21) i zagranicznych (5). Aktywność ta jest wynikiem udziału Habilitanta w realizacji grantów zleczanych przez kontrahentów zagranicznych i krajowych (w sumie 20 projektów) jak również udział w pracach badawczych na zlecenie przemysłu. *Ta aktywność naukowa Habilitanta zasługuje na szczególne podkreślenie wynikające z zastosowania opracowanych metod do praktyki inżynierskiej.*

Wniosek końcowy

Całościowe osiągnięcia Habilitanta : naukowe, stosowane, dydaktyczne i organizacyjne oceniam jako wyróżniające się, gdyż poczynił od opracowania teoretycznego przez napisanie własnych programów komputerowych i wykorzystania systemów komputerowych, po wdrożenia, stanowią kompleksowe ujęcie tematyki wpływu obciążeń cieplnych na pracę kotła i przegrzewaczy. **Jego**

osiągnięcia czynią w pełni zadość wymaganiom stawianym przez Ustawę z dnia 18 marca 2011 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Wnoszę zatem do Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej o kontynuację postępowania habilitacyjnego dra inż. Marcina Trojana.

A handwritten signature in green ink, appearing to read "dr inż. Marcin Trojan".