

Dr hab. inż. Magdalena Jaremkiewicz, prof. PK
Politechnika Krakowska
Katedra Procesów Ciepłych, Ochrony Powietrza i Utylizacji Odpadów
Ul. Warszawska 24
31-155 Kraków

Kraków, 17.06.2022r.



RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr. inż. Wojciecha Judta
pt. „Analiza procesu wymiany ciepła uzyskiwanego ze spalania paliw stałych
w warunkach nieruchomego złoża”

Recenzja została sporządzona na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej w związku z uchwałą z dnia 22 kwietnia 2022r. wyrażoną w piśmie Pana dr hab. inż. Olafa Ciszaka, prof. PP, Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej (pismo nr DIM.075.220.2022 z dn. 25.04.2022r.).

1. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Praca liczy 71 stron i składa się z 13 rozdziałów. Przygotowana została w formie autoreferatu zatytułowanego: „Analiza procesu wymiany ciepła uzyskiwanego ze spalania paliw stałych w warunkach nieruchomego złoża”. Ponadto w skład pracy wchodzi streszczenie w języku angielskim oraz 5 załączników dokumentujących osiągnięcia Kandydata.

W rozdziale 1 Autor zaprezentował dane dotyczące miejsca swojego zatrudnienia, stanowiska oraz obszaru zainteresowań naukowych. Zainteresowania naukowe Doktoranta obejmują analizę procesów przepływu ciepła i modelowanie tych zagadnień przy wykorzystaniu metod CFD oraz optymalizację efektywności energetycznej urządzeń ciepłych.

Rozdział 2 i 3 przedstawia kolejne etapy kariery naukowej i zawodowej Doktoranta. Mgr W. Judt uzyskał tytuł inżyniera w roku 2016, a w 2017r. tytuł magistra. Oba tytuły zdobył na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej, gdzie zarówno na I i II stopniu studiów ukończył kierunek Mechanika i Budowa Maszyn na specjalnościach: Technika Ciepła (I stopień) i Energetyka Ciepła (II stopień). Na uwagę zasługują wyróżnienia i nagrody uzyskane w trakcie studiów, są to: wyróżnienie pracy inżynierskiej w konkursie Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT w Poznaniu, stypendium naukowe III stopnia Marszałka Województwa Wielkopolskiego i medal „Wyróżniającemu się Absolwentowi” od Rektora Politechniki Poznańskiej. Mgr W. Judt w roku 2017 rozpoczął studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Lądowej i Transportu w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn. Otwarcie przewodu doktorskiego nastąpiło w tej samej dyscyplinie dn. 11.02.2019r. Promotorem pracy doktorskiej jest dr hab. inż. Rafał Urbaniak, a promotorem pomocniczym dr hab. inż. Magda Joachimiak. Podane zostały również informacje o odbytych licznych szkoleniach i o dotychczasowym zatrudnieniu. Mgr W. Judt pracuje od 2015r. w Katedrze Techniki Ciepłej (obecnie Instytucie Techniki Ciepłej) Politechniki Poznańskiej, najpierw objął stanowisko pracownika technicznego, później starszego referenta technicznego,

a od 2018r. jest asystentem naukowo-dydaktycznym. Dyplomy uzyskanych osiągnięć i certyfikaty szkoleń zestawiono w załączniku 5.

W rozdziale 4 Doktorant przedstawił pracę doktorską pt.: „Analiza procesu wymiany ciepła uzyskiwanego ze spalania paliw stałych w warunkach nieruchomego złoża” na którą składają się trzy publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się na liście Journal Citation Reports indeksowane w bazie Web of Science. W jednej z publikacji mgr W. Judt jest jedynym autorem, a w pozostałych udział własny wynosi 90% i 85%. Kopie artykułów wraz z oświadczeniami o wkładzie pracy poszczególnych autorów w powstanie publikacji przedstawione zostały w załączniku 2 do pracy doktorskiej. W rozdziale zamieszczono również streszczenie pracy w języku polskim i angielskim.

W kolejnym rozdziale przedstawione zostało uzasadnienie podjętej tematyki. Doktorant wskazał, że lepsze poznanie procesów cieplnych zachodzących w trakcie spalania paliw stałych w kotłach w warunkach nieruchomego złoża mogłoby pozwolić na efektywniejszą eksploatację tych urządzeń, zarówno w instalacjach przemysłowych, jak i indywidualnych.

W rozdziale 6 określony został główny cel prowadzonych badań, którym jest „ocena możliwości poprawy efektywności energetycznej instalacji wyposażonych w kotły na paliwa stałe, realizujących spalanie w nieruchomym złożu dla zróżnicowanych warunków eksploatacyjnych”. Przedstawione zostały również szczegółowe cele badawcze, tj. 1. Określenie, jaki wpływ na procesy przepływu ciepła ma charakter przepływu gazów spalinowych przez wymienniki ciepła; 2. Stwierdzenie, jaki wpływ na zachodzące procesy przepływu ciepła ma zmieniające się obciążenie cieplne instalacji ciepłowniczych; 3. Wyznaczenie wpływu zastępowania spalania stałych paliw pierwotnych przez stałe paliwa odnawialne na zachodzące w instalacjach ciepłowniczych procesy przepływu ciepła.

Rozdział 7 opisuje metodologię badań wykorzystanych do realizacji wymienionych wcześniej celów. Przeprowadzone badania podzielone zostały na trzy etapy przedstawione w kolejnych podrozdziałach. Pierwszy etap, opisany w podrozdziale 7.1, dotyczył analizy przepływu spalin przez zaprojektowany ekonomizer będący częścią przemysłowej instalacji ciepłowniczej. W podrozdziale zaprezentowano podstawowe równania wykorzystane do obliczenia pola powierzchni wymiany ciepła, wybrane rozwiązanie konstrukcyjne oraz przyjęte parametry pracy wymiennika ciepła. Ekonomizer został zaprojektowany w taki sposób, aby możliwa była zmiana wielkości powierzchni wymiany ciepła. Zestawiono również własności fizyczne czynników roboczych przepływających przez aparat. Po zaprojektowaniu wymiennika wyznaczono analitycznie jego moc cieplną. Doktorant omówił następnie wykonane modele numeryczne wymiennika pozwalające na wykonanie obliczeń CFD w celu przeanalizowania charakteru przepływu czynników roboczych przez wymiennik w stanie ustalonym i nieustalonym. Opisane zostały przyjęte modele geometryczne, warunki brzegowe oraz modele turbulencji. W podrozdziale 7.2 opisano kolejny etap badań polegający na analizie procesu wymiany ciepła w kotle małej mocy na paliwo stałe wyposażonym w komorę dopalającą, w którym spalanie zachodzi w nieruchomym złożu. W podrozdziale omówiono budowę kotła oraz sposób przepływu spalin. Określono płaszczyzny dla których wykonane zostały obliczenia numeryczne przeprowadzone dla obciążenia wynoszącego 30% i 100% mocy nominalnej kotła. Analiza została wykonana również dla dwóch sposobów przepływu spalin między komorą spalania a komorą dopalającą. Opisano wykonanie siatki do obliczeń numerycznych oraz przedstawiono wybrany model turbulencji. W podrozdziale określono również skład paliwa

oraz założone parametry pracy kotła potrzebne do wyznaczenia warunków brzegowych niezbędnych do przeprowadzenia obliczeń numerycznych. W podrozdziale 7.3 przedstawiono ostatni etap badań polegający na analizie procesu wymiany ciepła w różnych warunkach eksploatacyjnych urządzenia grzewczego na paliwo stałe, w którym obliczenia numeryczne zostały porównane z wynikami badań eksperymentalnych. W podrozdziale opisano zbudowane w tym celu stanowisko laboratoryjne, określono rozmieszczenie czujników temperatury w cylindrycznej komorze spalania w 84 punktach pomiarowych, jak i sposób opomiarowania reszty stanowiska badawczego, określono warunki pracy komory spalania (badania przeprowadzono dla dwóch poziomów mocy – 50% i 100% mocy nominalnej oraz dla dwóch różnych rodzajów paliw – węgla kamiennego i pelletu drzewnego) oraz sposób kontroli jakości procesu spalania paliwa. Następnie opisano wykonanie modelu numerycznego spalania paliw stałych wewnątrz nieruchomego złoża, przy czym analiza dotyczyła tylko stanu ustalonego. Opisano sposób doboru modelu geometrycznego komory spalania, przedstawiono rodzaj i podstawowe parametry siatki, dobór modelu turbulencji dla spalin oraz wykonanie modelu złoża paliwa z uwzględnieniem spadku ciśnienia powietrza, które przez nie przepływa. Opisano wykonanie numerycznego modelu procesu spalania opartego o mechanizmy chemiczne o wysokiej kinetyce reakcji. W opracowanym modelu uwzględniono również wpływ promieniowania cieplnego na proces wymiany ciepła. Na koniec określono warunki brzegowe wykorzystane w obliczeniach numerycznych, które bazowały na wykonanych pomiarach na stanowisku eksperymentalnym.

W rozdziale 8 zaprezentowane zostały wyniki przeprowadzonych badań. Podobnie, jak w poprzednim rozdziale, wyniki poszczególnych etapów prac badawczych zamieszczono w kolejnych podrozdziałach. W podrozdziale 8.1 dokonano analizy pracy ekonomizera. Wyniki obliczeń numerycznych zaprezentowano w formie graficznej. Dla przepływu ustalonego przedstawiono rozkład prędkości spalin przepływających przez pierwszy moduł wymiennika. Dla przepływu nieustalonego z kolei zaprezentowane wyniki dotyczą rozkładów prędkości i temperatury dla wybranych sekcji wymiennika dla trzech różnych kroków czasowy. Na podstawie symulacji numerycznych wyznaczono moc cieplną wymiennika ciepła i porównano z mocą obliczoną analitycznie. Wyniki porównania uznano za zadowalające. Analiza pracy ekonomizera pozwoliła zidentyfikować obszary stagnacji w wymienniku, w którym spaliny mają niższą temperaturę i w których istnieje niebezpieczeństwo wykraplania się pary wodnej lub kwasów zawartych w spalinach, jak również będą narażone na osiadanie popiołu. Dzięki przeprowadzonej analizie Doktorant mógł określić rozwiązania w celu zapewnienia bezpiecznej pracy wymiennika, tj. kontrolę temperatury spalin w określonych obszarach oraz zastosowanie kierownic dla przepływu spalin. W podrozdziale 8.2 przeprowadzono analizę pracy kotła wyposażonego w komorę dopalającą. Wyniki obliczeń numerycznych zostały przedstawione w sposób graficzny i tabelaryczny. Przeanalizowano cztery przypadki omówione w podrozdziale 7.2 pod kątem rozkładów temperatury i prędkości spalin, oporów przepływu, mocy cieplnej kotła i rozkładu strumienia masy spalin przez kanały pierwszego i trzeciego ciągu. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że kotły grzewcze pracując w szerokim zakresie obciążenia cieplnego osiągają zróżnicowane warunki przepływu spalin przez komory spalania. Przeprowadzone badania są cenne z punktu widzenia projektowania instalacji ciepłowniczych. Uwzględnienie warunków pracy instalacji w pełnym zakresie obciążeń pozwoli na uzyskiwanie optymalnych warunków eksploatacyjnych instalacji

spalających paliwa stałe. W podrozdziale 8.3 przedstawiono z kolei wyniki analizy komory cylindrycznej dla warunków pracy i rodzajów spalanego paliwa przedstawionych w podrozdziale 7.3. Uzyskane wyniki zaprezentowano w postaci rysunków i tabel. Dokonano porównania pomiarów eksperymentalnych z wynikami obliczeń numerycznych. Uzyskano duże rozbieżności pomiędzy pomiarami temperatury w komorze spalania a wynikami uzyskanymi z modelowania CFD. Natomiast porównanie wielkości takich jak: strumień ciepła przekazywany do wody chłodzącej, temperatura spalin wylotowych, temperatura wody chłodzącej na wylocie z kotła, wzrost temperatury wody chłodzącej, udział masowy tlenu i dwutlenku węgla w spalinach wylotowych wyznaczone na podstawie pomiarów i obliczeń numerycznych oraz porównanie strumienia masy spalin wylotowych obliczonych analitycznie i numerycznie dało zbieżne wyniki. Pozwoliło to Autorowi badań stwierdzić poprawność wykonanego modelu CFD. Na podstawie modelu numerycznego dokonano analizy rozkładu temperatury spalin w warstwie przyściennej i średniej temperatury spalin w funkcji wysokości komory spalania oraz rozkładu prędkości przepływu spalin. Dokonano analizy przekazywania ciepła na drodze konwekcji i promieniowania do wody chłodzącej w płaszczu komory względem jej wysokości. Przedstawiono również rozkład liczby Reynoldsa dla przepływających spalin w komorze spalania. Na podstawie przeprowadzonych badań Doktorant wykazał, że modelowanie procesów wymiany ciepła z wykorzystaniem modeli o wysokiej kinetyce reakcji pozwala na wiarygodne odtworzenie rzeczywistych warunków przepływowych panujących w komorze spalania. Badania wykazały związek pomiędzy udziałem promieniowania i konwekcji a obciążeniem cieplnym urządzenia energetycznego. Zastąpienie węgla kamiennego pelletem drzewnym obniżyło średnią temperaturę wewnątrz komory spalania.

W rozdziale 9 dokonano podsumowania przeprowadzonych badań. Doktorant wykazał, że możliwa jest poprawa sprawności energetycznej spalania paliw stałych w warunkach nieruchomego złoża. Przeprowadzone analizy pozwoliły określić, jaki wpływ na procesy wymiany ciepła ma charakter przepływu gazów spalinowych przez badane instalacje ciepłownicze. Wykazano również jak zmieniający się poziom obciążenia urządzenia cieplnego i zamiana węgla na biomasę wpływa na zjawiska promieniowania i konwekcyjnej wymiany ciepła w urządzeniach energetycznych. Tym samym cel główny i cele szczegółowe zostały osiągnięte.

W rozdziale 10 Doktorant przedstawił wykaz zastosowanych w autoreferacie symboli.

Rozdział 11 stanowi syntetyczne ujęcie wkładu w rozwój dyscypliny naukowej: budowa i eksploatacja maszyn (inżynieria mechaniczna). Dokonania Doktoranta związane z realizacją pracy doktorskiej obejmują: 1. Zaprojektowanie koncepcyjnego wymiennika modułowego podnoszącego efektywność energetyczną przemysłowego kotła rusztowego; 2. Przeprowadzenie analiz dotyczących eksploatacji wymiennika modułowego z wykorzystaniem narzędzi CFD pozwalających na wyznaczenie obszarów stagnacji przepływu zagrożonych przechłodzeniem spalin poniżej wodnego i kwasowego punktu rosy oraz miejsc narażonych na osadzanie się popiołu; 3. Określenie wpływu dławienia przepływu spalin pomiędzy komorą spalania a komorą dopalającą na sprawność cieplną kotła w oparciu o model CFD dla zmieniających się warunków eksploatacyjnych instalacji; 4. Zlokalizowanie miejsc występowania przepływu zwrotnego podczas eksploatacji kotła wyposażonego w komorę dopalającą pracującego z minimalną mocą cieplną oraz określenie przyczyn tego zjawiska;

5. Przygotowanie modelu spalania paliw stałych w warunkach nieruchomego złoża w oparciu o narzędzia CFD dla zróżnicowanego obciążenia cieplnego; 6. Walidacja przygotowanego modelu spalania paliw stałych w nieruchomym złożu na drodze eksperymentalnej; 7. Wyznaczenie rozkładu konwekcyjnego oraz radiacyjnego współczynnika wnikania ciepła w funkcji wysokości komory spalania dla zmieniających się warunków eksploatacyjnych; 8. Zdefiniowanie udziałów radiacji oraz konwekcji w procesie wymiany ciepła w zależności od obciążenia cieplnego urządzenia grzewczego oraz rodzaju spalanego paliwa.

Kolejny rozdział omawia pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze Doktoranta. W podrozdziale 12.1 Doktorant wykazał udział jako wykonawca w dwóch projektach badawczych finansowanych przez NCBiR w ramach programu operacyjnego Inteligentny Rozwój. Mgr W. Judt brał także udział w realizacji kilkunastu zleceń dla przemysłu. Ponadto Doktorant jest współautorem kilku opinii o innowacyjności oraz raportów z badań dotyczących urządzeń i instalacji grzewczych. W podrozdziale 12.2 Doktorant przedstawił wykaz dwóch zgłoszeń patentowych do UPRP, których jest współautorem. Kopie potwierdzeń zgłoszeń zostały przedstawione w załączniku 5. Z kolei w podrozdziale 12.3 omówione zostały osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne. Mgr W. Judt prowadzi bądź prowadził zajęcia z przedmiotów: Numeryczna termomechanika, Modelowanie procesów cieplnych, Kotły przemysłowe, Sterowanie i automatyzacja procesów ciepłno-przepływowych oraz Termodynamika techniczna uzyskując jako prowadzący wysokie oceny w ankietach studenckich. W ramach działalności organizacyjnej od 2018r. Doktorant pełni rolę koordynatora współpracy Politechniki Poznańskiej z firmą Mesco będącą dystrybutorem oprogramowania Ansys, a także od 2021r. zarządza pakietem Campus programu Ansys zakupionym przez osiem instytutów Politechniki Poznańskiej. W podrozdziale 12.4. znajduje się wykaz przyznanych nagród. Mgr W. Judt otrzymał w 2021 Nagrodę Rektora za osiągnięcia naukowe i dydaktyczne oraz, również w tym samym roku, List Gratulacyjny dla wyróżniającego się nauczyciela akademickiego z rąk Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Poznańskiej. Kopie przyznanych nagród znajdują się w załączniku 5 autoreferatu.

W rozdziale 13 wykonane zostało zbiorcze zestawienie osiągnięć naukowo-badawczych obejmujące główne osiągnięcie naukowe oraz pozostałe publikacje Doktoranta. Oprócz 3 publikacji należących do głównego osiągnięcia naukowego, mgr W. Judt jest autorem lub współautorem 3 artykułów znajdujących się na liście JCR, 5 artykułów w zindeksowanych materiałach konferencyjnych oraz 14 artykułów spoza listy JCR. Sumaryczny Impact Factor uzyskany przez Doktoranta w okresie realizacji pracy doktorskiej to 16.189. Index Hirscha Doktoranta według bazy Web of Science wynosi 2, Scopus - 3, a Google Scholar - 4. Sumaryczna liczba punktów MNiSW uzyskana przez Doktoranta wynosi 827, a z uwzględnieniem udziału własnego Doktoranta - 484 pkt.

Kolejną część Autoreferatu stanowi syntetyczna wersja pracy doktorskiej w języku angielskim. Następnie w pracy zamieszczono załączniki. Załącznik 1 stanowi kopię dyplomu uzyskania tytułu zawodowego magistra inżyniera. W Załączniku 2 znajdują się kopie artykułów wchodzących do głównego osiągnięcia naukowego Doktoranta. Załącznik 3 przedstawia spis głównej literatury wykorzystanej podczas przygotowania pracy doktorskiej. Załącznik 4 stanowi spis publikacji naukowych Doktoranta niewchodzących w skład pracy doktorskiej. W Załączniku 5 przedstawiono kopie otrzymanych nagród i wyróżnień, certyfikaty

ukończonych szkoleń oraz potwierdzenie przejęcia zgłoszeń patentowych przez Urząd Patentowy RP.

2. Ocena dorobku naukowego Doktoranta

Doktorant brał udział jako wykonawca w dwóch projektach badawczych finansowanych przez NCBiR w ramach programu operacyjnego Inteligentny Rozwój. Tematy realizowanych projektów to: „Niskoemisyjny kocioł grzewczy na paliwo stałe z możliwością wykorzystania energii odpadowej” (projekt realizowany we współpracy z firmami Elektrorecykling Polska Sp. z o.o. oraz Ecoprotech Sp. z o.o.) oraz „Opracowanie zintegrowanego, uniwersalnego układu do inteligentnego, sterowanego odzysku ciepła z przemysłowych systemów sprężonego powietrza” (we współpracy z firmą ASFI Sp. z o.o.). Doktorant brał również aktywny udział w realizacji zleceń z przemysłu. Do najważniejszych zalicza się zlecenie firmy Termotechnika Sp. z o.o. dotyczące zaprojektowania, przygotowania dokumentacji technicznej oraz przeprowadzenia badań dla typoszeregu kotłów kondensacyjnych na pellet w zakresie mocy od 13 do 53 kW. Mgr W. Judt wykonywał również opinie o innowacyjności oraz raporty z badań dotyczących kotłów na paliwa stałe, pomp ciepła czy głowic termostatycznych stosowanych w ogrzewnictwie.

Mgr W. Judt jest autorem lub współautorem 25 artykułów naukowych, z których 6 znajduje się na liście JCR (m.in. Energy, Energies, Heat Transfer Engineering, Heat Transfer Research Przemysł Chemiczny). Większość prac dotyczy badań nad urządzeniami grzewczymi i procesami ciepłno-przepływowymi.

Doktorant jest również współautorem dwóch zgłoszeń patentowych. Tytuły zgłoszeń to: „Układ chłodząco-stabilizujący pracę palnika retortowego przeznaczonego do spalania paliw stałych w kotłach małej mocy” (udział własny wynosi 60%) oraz „Układ pozycjonowania kanałów napowietrzających komorę paleniskową palnika retortowego zasilanego paliwami stałymi” (udział własny – 30%).

Podsumowując, dorobek naukowych Doktoranta oceniam bardzo wysoko jak na obecny etap kariery naukowej.

3. Uwagi do rozprawy

1. W pracy doktorskiej brakuje tezy badawczej. Nie jest ona obligatoryjna, natomiast przyjęło się zwyczajowo, że jest ona formułowana w rozprawie doktorskiej i następnie udowodniana na podstawie przeprowadzonego empirycznego studium danego zagadnienia.
2. W korelacjach na liczbę Nusselta (6) i (7) występują poprawki $(Pr_f/Pr_w)^{0,25}$ i $(\mu_f/\mu_w)^{0,14}$. W jaki sposób określono ich wartości w obliczeniach analitycznych przeprowadzonych dla wymiennika ciepła?
3. W opisie stanowiska badawczego w podrozdziale 7.3 brakuje dokładniejszych informacji dotyczących wykorzystanych czujników pomiarowych i ich klasy dokładności.
4. Na str. 36 pracy stwierdzono: „Ze względu na dokładność zastosowanych równań kryterialnych pozwalających wyznaczyć liczbę Nusselta na poziomie około 20% (...)”. Proszę wyjaśnić, skąd wynika dokładność obliczania liczby Nusselta na takim poziomie.
4. W podrozdziale 8.1 brakuje analizy otrzymanych wyników obliczeń wykonanych dla wymiennika ciepła w stanie nieustalonym dla różnych kroków czasowych.

6. Czy Autor pracy wziął pod uwagę podczas dokonywania pomiarów temperatury, których wyniki zaprezentowano na rys. 16, wpływ promieniowania pomiędzy czujnikami a płaszczem wodnym komory spalania?

Należy podkreślić, że powyższe uwagi mają w większości charakter dyskusyjny i nie obniżają wysokiej wartości pracy.

4. Ocena rozprawy doktorskiej

Praca napisana jest zwięźle, a jednocześnie jest zrozumiała i przejrzysta. Układ pracy jest przemyślany, jest w niej wyraźny podział część dotyczącą metodologii przeprowadzanych badań oraz otrzymanych wyników i ich analizy, jednocześnie cechuje się spójnością wyводу. Styl, język pracy i dobór materiału ilustracyjnego nie budzą zastrzeżeń. Zgromadzona literatura i jej analiza świadczą o bardzo dobrej znajomości problematyki przez Autora.

Za najważniejsze osiągnięcia Autora należy uznać:

- zaprojektowanie koncepcyjnego modułowego wymiennika ciepła podnoszącego sprawność energetyczną przemysłowego kotła rusztowego oraz określenie obszarów stagnacji przepływu zagrożonych przechłodzeniem spalin poniżej wodnego i kwasowego punktu rosy oraz miejsc narażonych na osadzanie się popiołu;
- analizę pracy kotłów wyposażonych w komorę dopalającą, która pozwoliła na określenie wpływu dławienia przepływu spalin pomiędzy komorą spalania a komorą dopalającą na sprawność cieplną kotła w warunkach zmiennych obciążeń oraz zlokalizowanie miejsc występowania przepływu zwrotnego w trakcie pracy kotła z minimalną mocą cieplną i określenie przyczyn tego zjawiska;
- wykonanie modelu numerycznego spalania paliw stałych w warunkach nieruchomego złoża w oparciu o narzędzia CFD dla zmiennego obciążenia cieplnego oraz jego walidacja na drodze eksperymentalnej;
- wyznaczenie rozkładu konwekcyjnego oraz radiacyjnego współczynnika wnikania ciepła w funkcji wysokości komory spalania dla zmiennych obciążeń;
- określenie udziałów wymiany ciepła przez promieniowanie i konwekcję w zależności od obciążenia cieplnego urządzenia grzewczego oraz rodzaju spalanej paliwa.

Doktorant osiągnął wszystkie cele stawiane w swojej pracy. Wykonał obszernie badania. Wyniki prac badawczych zostały opublikowane w renomowanych czasopismach posiadających Impact Factor. Ponadto praca ma bardzo duże znaczenie praktyczne.

5. Wniosek końcowy

Podsumowując, uważam że rozprawa doktorska mgr. inż. Wojciecha Judta spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595). Praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wskazuje na ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn (inżynieria mechaniczna) oraz na umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Tym samym stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie rozprawy mgr. inż. Wojciecha Judta do publicznej obrony.

Magdalena Jarczukiewicz