prof. dr hab. inż. Aleksander A. Stachel
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
al. Piastów 19, 71-310 Szczecin

Szczecin, 28. stycznia 2023 r.

RECENZJA
dotycząca wniosku dr. inż. Andrzeja Jedlikowskiego
w sprawie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych,
w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka

Recenzję opracowano na podstawie pisma sygnowanego przez Pana dr. hab. inż. Roberta Króla, profesora uczelni, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej *Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka* w Politechnice Wrocławskiej (pismo znak: RDND08/154/2022 z 22.11.2022 r.), wystawionego zgodnie z uchwałą RDN IŚGiE z 16.11.2022 r., wynikającą z wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego złożonego przez dr. inż. Andrzeja Jedlikowskiego. Przedmiotem recenzji jest ocena dorobku Kandydata sporządzona w oparciu o dostarczone materiały. Podstawę prawną jej wykonania stanowi Ustawa z 20. lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2022 r., poz. 574 z późn. zm.).

1. PODSTAWOWE DANE O HABILITANCIE

Pan Andrzej Jedlikowski urodził się 03. grudnia 1981 roku we Wrocławiu. W 2007 roku ukończył studia magisterskie prowadzone na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej - kierunek *Inżynieria Środowiska*, zakres *Klimatyzacja, Ogrzewnictwo i Instalacje Sanitarne*. W 2012 roku, na podstawie dysertacji *Wymiana ciepła w wymiennikach krzyżowych w systemach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych z odzyskiem ciepła z powietrza wywiewanego* wykonanej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Sergeya Anisimova, uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych w zakresie *Inżynierii Środowiska*, nadany decyzją Rady Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska PWr. W tym samym roku został zatrudniony w Instytucie Klimatyzacji i Ogrzewnictwa WIŚ Politechniki Wrocławskiej na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego. Od 2015 r. pracuje w Katedrze Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza WIŚ, początkowo jako adiunkt naukowo-dydaktyczny, obecnie - adiunkt naukowo-badawczy.

2. CHARAKTERYSTYKA DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ HABILITANTA

Na etapie studiów doktoranckich, poza epizodem obejmującym zagadnienia emisji zanieczyszczeń i stanu powietrza, zainteresowania badawcze Kandydata zostały ukierunkowane na prace związane z modelowaniem działania krzyżowych wymienników ciepła, początkowo z kanałami płaskimi, a następnie o rozbudowanej powierzchni wypełnienia, z uwzględnieniem problematyki kondensacji pary wodnej i zabezpieczenia przed szronem, obejmując także doświadczalną weryfikację opracowanych modeli. Efektem tych działań, prowadzonych po części w ramach grantu promotorskiego KBN, była dysertacja obroniona przez Kandydata w 2012 r. oraz współautorskie publikacje (wyspecyfikowane w dokumentacji habilitacyjnej).

Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydat kontynuował dotychczasową tematykę badawczą, która została rozszerzona na szereg innych wymienników stosowanych do odzysku ciepła w systemach wentylacyjno-klimatyzacyjnych, i która w ogólnym zarysie objęła:

- modelowanie matematyczne wymienników rekuperacyjnych i regeneracyjnych,
- badania wybranych wymienników, służące walidacji opracowanych modeli,
- bezpieczeństwo i efektywność pracy wymienników, związane z zachodzącymi w nich zjawiskami kondensacji i szronienia, w tym ochronę przed szronieniem.

W obszarze zainteresowań Habilitanta znalazły się też zagadnienia dotyczące:
- modelowania natężenia przepływu wody i gazu (paliwa gazowego) w budynkach,
- przeciwdziałania powstawaniu hydratów w sieciach gazowych, i inne.

Efektem prowadzonych prac są publikacje pokazujące i charakteryzujące zarówno obszar badań, jak i osiągnięcia Habilitanta. W dorobku opisanym w dokumentacji habilitacyjnej (Załącznik nr 4, *Wykaz osiągnięć …*), w części obejmującej okres po uzyskaniu stopnia doktora, poza monografią habilitacyjną wyszczególniono łącznie 27 współautorskich i autorskich publikacji, w tym 10 artykułów w czasopismach z listy JCR (z *Impact Factor*) [II/B_1-3,5,8, 14,15,18,19,23]; 3 artykuły w czasopismach indeksowanych w bazie WoS [II/B_6,9,10], 12 artykułów w czasopismach innych (technicznych) [II/B_4,7,11-13,16,17,20-22,24,25] oraz 2 rozdziały w monografiach naukowych [II/A_1,2]. Uzupełnieniem jest 18 referatów konferencji krajowych i zagranicznych [II/C_1-18] (numeracja wg załącznika nr 4). Większość tych publikacji to prace współautorskie. Prace samodzielne, to monografia, 2 rozdziały w monografiach i 2 artykuły w czasopismach technicznych.

2.1. Główne osiągnięcie naukowe Habilitanta

Zgodnie z ustawą z dnia 14. marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym …*, (tekst jednolity: Dz.U. 2018 r., poz. 1668, art. 219, ust. 1, pkt. 2b), za osiągnięcie naukowe będące podstawą postępowania habilitacyjnego została uznana przez Habilitanta autorska monografia: *Modelowanie wymienników do odzyskiwania ciepła w systemach wentylacyjnych*, opublikowana w 2021 roku przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Wrocławskiej.

Monografia liczy łącznie 305 stron i składa się z części zasadniczej (s. 13-294), uzupełnionej: *spisem treści* (s. 3-5), *wykazem ważniejszych oznaczeń* (s. 7-12), *bibliografią* obejmującą 126 pozycji reprezentatywnych dla omawianej tematyki (s. 295-504) oraz *streszczeniem* w j. angielskim (s. 305). Część zasadnicza jest podzielona na dziewięć rozdziałów, syntetycznie omówionych poniżej.

Rozdział pierwszy (s. 13-34) zawiera wprowadzenie w tematykę monografii uzasadniające potrzebę racjonalnej gospodarki energią w urządzeniach wentylacyjnych oraz omawia i charakteryzuje podstawowe rozwiązania techniczne umożliwiające odzysk ciepła z powietrza wywiewanego w układach recyrkulacji, rekuperacji i regeneracji, z obszernym omówieniem i porównaniem ich zalet i wad. Ponadto sygnalizuje wpływ ciepła przejść fazowych wewnątrz wymienników na efektywność ich pracy, zwracając uwagę, że tematyka ta stanowi lukę badawczą, m.in. ze względu na skomplikowane mechanizmy wymiany ciepła i masy.

W rozdziale *drugim* (s. 35-54) Autor zamieścił uzasadnienie potrzeby tworzenia modeli matematycznych, scharakteryzował ich rodzaje oraz zawarł przegląd prac nawiązujących do tematyki monografii, omówionych w literaturze przedmiotu. Na tej podstawie wskazał tematy wymagające podjęcia lub kontynuowania, obejmujące m.in. zjawiska szronienia kanałów powietrznych i kondensacji pary wodnej, nierównomierność przepływu powietrza i rozkładu temperatury, i inne ważne ze względu na eksploatację wymienników.

W rozdziale *trzecim* (s. 55-58) został sformułowany przedmiot, cel i zakres podjętych przez Kandydata prac dotyczących wymienników rekuperacyjnych i regeneracyjnych do odzysku ciepła z powietrza wywiewanego w systemach wentylacji i klimatyzacji.

Kolejny rozdział, *czwarty* (s. 59-70), zawiera charakterystykę procesów aktywnej wymiany ciepła i masy z podziałem na zróżnicowane strefy na powierzchniach płyt wypełnień

wymienników wraz z opisem warunków ich powstawania, a także zasadami wyznaczenia współrzędnych (siatki) dla modeli wymienników.

W rozdziale *piątym* (s. 71-160) zawarte jest obszerne omówienie opracowanych przez Autora modeli matematycznych wymienników stosowanych w układach wentylacji. Przedstawiono w nim schematy ideowe odzysku ciepła (rekuperatory, regeneratory), podano założenia niezbędne do opracowania modeli tych urządzeń, omówiono wymianę ciepła i masy, przedstawiono poszczególne modele z podaniem i opisem równań (zależności) i zdefiniowanych warunków brzegowych, także z charakterystyką modeli sublimacji pary wodnej i warstwy szronu. Omówiono modele umożliwiające ustalenie krytycznych warunków eksploatacji wymienników ciepła.

Rozdział *szósty* (s. 161-198) został w całości poświęcony badaniom eksperymentalnym służącym walidacji opracowanych modeli i zawiera omówienie stanowisk pomiarowych wraz z komponentami, charakterystykę badanych wymienników (krzyżowy, obrotowy, nieobrotowy) oraz schematy badań (procedury), uzupełnione graficzną prezentacją wyników pomiarów i wyników prowadzonych symulacji, wraz z ich analizą i oceną.

W rozdziale *siódmym* (s. 175-198) przedstawiono przykładowe, najbardziej skomplikowane warianty pracy wymienników oraz zamieszczono wyniki obliczeń symulacyjnych opisujące przebieg procesów wymiany ciepła i masy oraz wybrane zjawiska (kondensacja, narastanie szronu), uzupełnione wnikliwą analizą i wnioskami wskazującymi nieprawidłowości w pracy urządzeń (szronienie).

Z kolei rozdział *ósmy* (s. 199-282) przybliża metody ochrony wymienników pracujących w warunkach niskich temperatur przed szronieniem. Podano w nim i omówiono wyniki symulacji wymienników z układem wstępnego podgrzewania powietrza zewnętrznego, z zastosowaniem obejścia (*by-pasu*), a także z zastosowaniem regulacji czasu regeneracji wypełnienia. Obszerną część stanowią dane tabelaryczne zawierające progowe parametry powietrza, warunkujące bezpieczną eksploatację urządzeń.

Rozdział *dziewiąty* (s. 283-284) zawiera podsumowanie prowadzonych prac i wynikające z nich wnioski.

2.2. Uzasadnienie wyboru tematyki badawczej

Skutecznym sposobem obniżenia zużycia energii w uważanych za energochłonne systemach wentylacji i klimatyzacji, jest zastosowanie mechanizmu odzyskiwania ciepła z powietrza wywiewanego. Do tego celu stosowane są przede wszystkim wymienniki rekuperacyjne (przeciwprądowe, współprądowe, inne) oraz wymienniki regeneracyjne (obrotowe, stałe).

Ze względu na miejsce i warunki działania, specyficzną cechą pracy tych wymienników są występujące w nich procesy kondensacji pary wodnej (w kontakcie z zimną powierzchnią wymiennika) i szronienia wypełnień wymiennika (wywołanego zamarzaniem wydzielonego kondensatu). Zjawiska te występują w warunkach odpowiednio niskich temperatur (zima), skutkujących powstawaniem zróżnicowanych obszarów aktywnej wymiany ciepła i masy. Efektem kondensacji, poza wykropleniem wody, jest uwolnienie strumienia ciepła przejścia fazowego intensyfikującego wymianę ciepła i podwyższające sprawność urządzenia. Z kolei efektem osadzania szronu w kanalikach powietrznych wymienników (oblodzenie) jest obniżenie wydajności zmniejszające skuteczności odzysku ciepła, i w efekcie narastanie kolejnych warstw ograniczających przepływ powietrza, aż do całkowitego zablokowania. Wynika stąd, że są to zjawiska zależne od siebie i energetycznie przeciwstawne. W celu przeciwdziałania, przede wszystkim szronieniu, stosuje się różne techniki, takie jak wstępne nagrzewanie powietrza zewnętrznego, użycie *by-passu*, czy też dostosowanie czasu regeneracji wypełnienia. Elementem decydującym (sterującym) jest na ogół progowa wartość temperatury powietrza, poniżej której powinno być uruchomione zabezpieczenie wymiennika. Uważa się jednak, że

zasadne jest określenie nie tylko bezpiecznej granicy szronienia, lecz powiązanie jej z wykorzystaniem strumienia ciepła utajonego z procesu kondensacji.

Z kwerendy literatury tematu wynika, że prowadzone w różnych ośrodkach prace dotyczą zazwyczaj warunków suchej lub mokrej wymiany ciepła, z pominięciem efektu szronienia, że brak jest szczegółowej analizy powstawania zróżnicowanych stref aktywnej wymiany ciepła i masy, brak też analiz porównawczych pracy różnych urządzeń wentylacyjnych w jednakowych lub podobnych warunkach eksploatacji. Brakuje także zasad bezpiecznego funkcjonowania tych urządzeń w okresie ujemnych temperatur. Tym samym istnieje potrzeba szczegółowej analizy pracy różnych wymienników ciepła stosowanych w systemach wentylacji, z uwzględnieniem zachodzących w nich procesów kondensacji i szronienia, także innych, prowadzonych w warunkach rzeczywistych (lub do nich zbliżonych).

Podjęte przez Kandydata prace wychodzą naprzeciw tym oczekiwaniom, mając na celu poszerzenie i uzupełnienie wiedzy w zakresie pracy wymienników do odzyskiwania ciepła w instalacjach wentylacyjnych, ale także wskazanie warunków / opracowanie wytycznych prawidłowej ich eksploatacji.

Stąd moja pozytywna ocena podjętej przez dr. inż. A. Jedlikowskiego tematyki badawczej, którą należy uznać za ważną i aktualną, wpisującą się w próby wyjaśnienia niewystarczająco rozpoznanych tematów, mieszczącą się w dyscyplinie *Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka*.

Należy jednak mieć na uwadze, że omówione powyżej procesy są trudne do obserwacji, badania i analizy w warunkach rzeczywistych. W związku z tym uważa się, że najbardziej dogodnym sposobem badania i oceny pracy wymienników ciepła, także identyfikacji i analizy występujących w nich zjawisk, jest użycie metod modelowania matematycznego / numerycznego.

2.3. Omówienie osiągnięcia naukowego

Mając na względzie ww. potrzeby, Kandydat podjął wielokierunkowe prace dotyczące rekuperacyjnych i regeneracyjnych wymienników ciepła do odzyskiwania ciepła z powietrza wywiewanego, stosowanych w instalacjach wentylacyjnych, których ogólnym celem było:

- opracowanie modeli matematycznych różnych wymienników z uwzględnieniem przemian fazowych przy przepływie powietrza wilgotnego;
- wyznaczenie lokalnych obszarów przemian fazowych: kondensacji pary wodnej, odparowania wody, sublimacji szronu, resublimacji pary wodnej - w funkcji parametrów eksploatacyjnych wymienników;
- wyznaczenie wielkości progowych określających przedziały parametrów eksploatacyjnych, przy których nie występuje ryzyko szronienia;

a także szereg innych celów szczegółowych omówionych w *Monografii* i w *Autoreferacie*.

Ważnym elementem prac Kandydata (i osiągnięciem) jest identyfikacja i szczegółowy opis procesów termodynamicznych mających miejsce w analizowanych wymiennikach, w tym odpowiedzialnych za powstawanie zróżnicowanych stref aktywnej wymiany ciepła i masy, warunkujących odtworzenie zróżnicowanych wariantów eksploatacji. Stanowią one podstawę opracowania oryginalnych modeli matematycznych opisujących przebieg procesów wymiany ciepła i masy, do rozwiązania których wykorzystano metody numeryczne bazujące na zmodyfikowanej metodzie Rungego-Kutty (czwartego rzędu), a także opracowania programów obliczeniowych (środowisko programowania Pascal), umożliwiających prowadzenie symulacji numerycznych pracy wymienników. Pozytywna walidacja tych programów, przeprowadzona z wykorzystaniem specjalizowanych stanowisk badawczych, umożliwiła prowadzenie różnych symulacji i analiz, których efektem było zobrazowanie obszarów / zjawisk wytworzonych wewnątrz wypełnień wymienników ciepła.

Pozwoliło to, w odniesieniu do najbardziej niekorzystnego wariantu pracy urządzeń jakim jest wytworzenie kilku stref aktywnej wymiany ciepła i masy, zaobserwować i wykazać efekty oddziaływania strumienia ciepła przemiany fazowej, co stanowi ważne osiągnięcie. Należy zaznaczyć, że w dostępnej literaturze tematu brak jest analiz pracy wymienników ciepła w warunkach ekstremalnie niskich temperatur okresu zimowego, jak też wyników obrazujących wpływ uwolnionego strumienia ciepła kondensacji.

Opracowane przez Kandydata oryginalne programy komputerowe umożliwiły nie tylko wyodrębnienie zmian wielu istotnych wielkości fizycznych (profil temperatury, prędkość wzrostu szronu, czas powstawania stref, strumień masy i ciepła jawnego, utajonego i całkowitego), lecz także zaobserwowanie wielu innych zjawisk. Wykazano m.in. znaczące podwyższenie efektywności działania urządzeń rekuperacyjnych; potwierdzono wzrost sprawności urządzeń regeneracyjnych wynikający z akumulacji wody (wcześniej nie uwzględnianej), w obu grupach urządzeń zaobserwowano obecność stref akumulacji szronu, powodujących zaburzenie procesów wymiany ciepła i masy; stwierdzono obecność stref przejściowych, i inne.

Należy zaznaczyć, że podczas badań związanych z walidacją modeli, także w prowadzonych analizach symulacyjnych, Kandydat uzyskał szereg szczegółowych wyników, obserwacji i rezultatów, których z racji miejsca - nie omawiam, a które zostały obszernie przedstawione i scharakteryzowane w *monografii*, a także w *Autoreferacie.*

Modele obliczeniowe symulujące eksploatację urządzeń w warunkach niebezpiecznych, zostały wykorzystane do analizy skuteczności zabezpieczania wymienników przed szronieniem. W przypadku rekuperatorów analizy objęły zastosowanie nagrzewnicy wstępnej powietrza zewnętrznego i wykorzystanie obejścia (*by-passu*); w wymiennikach regeneracyjnych analizowano również podgrzewanie wstępne powietrza i regulację prędkości obrotowej lub czasu przełączania. W rezultacie tych prac wykazano, że najlepsze efekty ochrony urządzeń przed szronem uzyskano poprzez czynności obniżające efektywność ich działania. Określono również warunki bezpiecznej eksploatacji wymienników, obejmujące parametry związane z kondensacją pary wodnej oraz efektywnością pracy. Wyniki analiz zestawiono w formie tabelarycznej.

Należy podkreślić, że opracowane przez Kandydata programy warunkujące bezpieczną eksploatację urządzeń wentylacyjnych mają duże znaczenie praktyczne i mogą być wykorzystane jako narzędzie optymalizacji pracy wymienników ciepła.

2.5. Wpływ osiągnięcia naukowego na dyscyplinę naukową

Problematyka modelowania wymienników ciepła, także ich pracy, jest rozwijana w wielu ośrodkach. Uważam więc, że podjęta przez dr. A. Jedlikowskiego tematyka modelowania wymienników pracujących w systemach wentylacyjnych wpisuje się w te działania, przyczyniając się do wyjaśnienia szeregu nie do końca rozpoznanych zjawisk, także do lepszego ich ujęcia i opisania w opracowanych modelach różnych rodzajów wymienników, a tym samym jest ważna ze względu na poszerzenie wiedzy, jak i możliwość aplikacji.

2.4. *Podsumowanie osiągnięcia*

Kompleksowa analiza dokumentacji habilitacyjnej pozwala stwierdzić, że monografia stanowi syntezę i podsumowanie wieloletnich prac prowadzonych przez dr. A. Jedlikowskiego, a do najważniejszych osiągnięć należy zaliczyć:

- sformułowanie oryginalnych matematycznych modeli wymiany ciepła i masy dla wybranych urządzeń rekuperacyjnych i regeneracyjnych;
- opracowanie numerycznych metod obliczania parametrów wymiany ciepła i masy w wymiennikach: przeciwprądowym, współprądowym, krzyżowym, asymetrycznym, obrotowym, nieobrotowym;

- przeprowadzenie badań doświadczalnych wybranych urządzeń odzyskujących ciepło;
- zrealizowanie badań numerycznych umożliwiających ustalenie charakteru procesów wymiany ciepła i masy w kanałach urządzeń rekuperacyjnych i regeneracyjnych;
- ujawnienie występujących na powierzchni wypełnień stref aktywnej wymiany ciepła i masy;
- wykazanie wpływu strumienia ciepła przejścia fazowego na bezpieczeństwo i efektywność działania urządzeń;
- określenie warunków bezpiecznej eksploatacji rekuperacyjnych i regeneracyjnych wymienników ciepła w okresie zimowym.

Osiągnięcia te należy uznać za ważne i aktualne, skutkujące istotnym poszerzeniem wiedzy w obszarze nauki, dotyczącej modelowania i pracy wymienników ciepła.

Reasumując uważam, że monografia uznana za główne osiągnięcie naukowe Habilitanta jest swoistym podsumowaniem prowadzonych prac badawczych w zakresie objętym tytułem i zawiera szereg istotnych elementów, które można uznać za Jego oryginalny dorobek, stanowiący znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Omówiona w niej problematyka z pewnością może być przedmiotem postępowania habilitacyjnego, a przedstawione wyniki są w moim przekonaniu ważne zarówno ze względu na rozwój wiedzy, jak też możliwość praktycznych zastosowań.

2.6 Charakterystyka pozostałego dorobku naukowego

Pozostałe, nie wchodzące w skład głównego osiągnięcia naukowego publikacje z okresu po obronie pracy doktorskiej, to artykuły w czasopismach z listy JCR, w czasopismach indeksowanych w bazie WoS i w innych, a także rozdziały w monografiach oraz referaty konferencyjne. Ich tematyka jest w dużym stopniu zbieżna z tematyką monografii i obejmuje, m.in.:

- złożone zagadnienia wpływu dynamiki narastania warstw szronu na eksploatację wymienników ciepła; a efektem jest model matematyczny opisujący zmienność grubości szronu w czasie, uwzględniający dodatkowe założenia i procesy;

- badania urządzeń regeneracyjnych w warunkach quasi-ustalonych, w wyniku których opracowano oryginalny, rozbudowany model matematyczny przeznaczony do analiz pracy wymiennika obrotowego przy wolnych obrotach rotora, umożliwiający śledzenie zmienności parametrów termodynamicznych strumieni powietrza i wypełnienia w czasie;

- opracowanie modelu wymiennika nieobrotowego z uwzględnieniem wpływu nierównomierności przepływu powietrza, powodującej wytworzenie ciągu wstecznego w komorze odzysku ciepła, prowadzącego do zaburzeń bilansu.

W dorobku Habilitanta są też prace dotyczące modelowania systemów doprowadzenia wody i gazu w budynkach, prowadzone w oparciu o wykonane pomiary, mające na celu śledzenie specyfiki funkcjonowania tych obiektów oraz określenie zależności umożliwiających wyznaczanie zużycia mediów z uwzględnieniem potrzeb bytowo-komunalnych.

Efektem tych prac są współautorskie publikacje, a także wystąpienia / prezentacje na konferencjach krajowych i międzynarodowych.

W odniesieniu do powyższego, podsumowując całość prac i osiągnięć Habilitanta, uważam, że legitymuje się On znacznym dorobkiem badawczym, który należy uznać za ważny, zarówno ze względów poznawczych, jak i utylitarnych.

2.7. Ocena naukometryczna publikacji

Na podstawie powyższego należy stwierdzić, że dr inż. A. Jedlikowski legitymuje się dorobkiem naukowym, którego wyniki upowszechniał w czasopismach i na konferencjach. Zasadnicza część tego dorobku przypada na okres po uzyskaniu stopnia naukowego doktora.

Wg dokumentacji habilitacyjnej, sumaryczny *współczynnik wpływu* wszystkich tych publikacji *IF* = 42,969, zaś w części przypadającej na Habilitanta *IF* = 12,228; całkowita liczba punktów MNiSW wynosi 1109, w części przypadającej na Habilitanta – 324,75 (brak oświadczeń precyzujących udział Habilitanta w powstaniu tych publikacji).

Wg bazy *Web of Science* prace były cytowane 178 razy (z uwzględnieniem autocytowań), 156 razy (z wyłączeniem Habilitanta) i 132 – z wyłączeniem Habilitanta oraz współautorów; i odpowiednio: wg bazy Scopus: 197/168/142 oraz wg Google Scholar –311/244/217.

Indeks Hirscha dla okresu po uzyskaniu stopnia doktora, wg: WoS, h = 7, Scopus, h = 8, Google Scholar → h = 9.

3. WSPÓŁPRACA Z INNYMI OŚRODKAMI AKADEMICKIMI

Dr inż. A. Jedlikowski wykazuje współpracę z uczelniami rosyjskimi, która została zapoczątkowana jeszcze na etapie studiów doktoranckich. Początkowo była to współpraca z:

- dr inż. Darią Denisikhiną z Wydziału Inżynierii Środowiska i Gospodarki Komunalnej Sankt-Petersburskiego Uniwersytetu Architektury i Budownictwa Lądowego FR - dotycząca problematyki modelowania matematycznego krzyżowych wymienników ciepła o rozbudowanej powierzchni wypełnienia;
- dr Aldyn Dadar z Państwowego Uniwersytetu Tuwińskiego Republiki Tuwy – dotycząca kondensacji pary wodnej oraz zabezpieczenia krzyżowych wymienników ciepła przed szronem.

Po obronie dysertacji Kandydat współpracował / współpracuje z:

- prof. Vladimirem Vasiljevem z Państwowego Uniwersytetu Badawczego w Skt-Petersburgu oraz prof. Borysem Vagerem z Skt-Petersburskiego Uniwersytetu Architektury i Budownictwa Lądowego FR - problematyka modelowania matematycznego rekuperacyjnych i regeneracyjnych wymienników ciepła;
- prof. Vitaliyem Polushkinem z Skt-Petersburskiego Uniwersytetu Architektury i Budownictwa Lądowego FR, - problematyka chłodzenia wyparnego w wymiennikach rekuperacyjnych.

Efektem tej współpracy są wspólne publikacje wymienione w *Wykazie osiągnięć ….*, stanowiącym załącznik do dokumentacji habilitacyjnej.

4. OCENA DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNEJ I ORGANIZACYJNEJ

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

- ***Działalność dydaktyczna***

Po doktoracie Habilitant prowadził / prowadzi zajęcia dydaktyczne ujęte w programach studiów realizowanych na:

- Wydziale Inżynierii Środowiska PWr, m.in.: *Instalacje przeciwpożarowe, ciepłej wody użytkowej i przemysłowe* (2012 - 2015); *Gazownictwo; Instalacje i urządzenia gazowe; Instalacje sanitarne i gazowe – wybrane zagadnienia; Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne; Instalacje sanitarne* (2012 - obecnie), *Instalacje przeciwpożarowe i gazowe* (2022 - obecnie).
- Wydziale Architektury PWr: *Instalacje budowlane* (2016 - 2021).
- Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego PWr: *Instalacje sanitarne* (2020 - obecnie).
- Wydziale Inżynierii Środowiska PWr - ZOD w Wałbrzychu, m.in.: *Gazownictwo* (2013 - 16) oraz ZOD w Jeleniej Górze, m.in.: *Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne* (2014 -2017).

W swym dorobku ma promotorstwo prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich prowadzonych na WIŚ PWr. Wykazuje też inne działania obejmujące m.in. budowę stanowisk laboratoryjnych, autorstwo i współautorstwo materiałów wspomagających dydaktykę, uczestnictwo w komisjach egzaminacyjnych studium podyplomowego CKU; współpracę przy tworzeniu kart przedmiotów, i inne.

- ***Działalność organizacyjna***

W tym obszarze aktywność Habilitanta sprowadza się przede wszystkim do koordynowania zakupu licencji oprogramowania ArCADia BIM (od 2019), opieki nad studentami podczas wyjazdów oraz obozów naukowych i dydaktycznych, i innych.

- ***Popularyzacja nauki***

Habilitant uczestniczył w działaniach popularyzujących naukę, prowadzonych w ramach: *Dni Otwartych PWr (2010/11/14/18), Dolnośląskiego Festiwalu Nauki (2010-2019),* i innych.

- ***Aktywność naukowa***
  - W okresie przed obroną dysertacji był wykonawcą projektu promotorskiego KBN: *Wymiana ciepła w wymiennikach krzyżowych w systemach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych z odzyskiem ciepła z powietrza wywiewanego* (2010–2012).
  - Brał udział w realizacji wewnętrznych projektów badawczych: trzech przed uzyskaniem stopnia doktora i jednego po doktoracie (Raporty IKiO PWr: SPR nr 11/2010, SPR nr 8 /2011, SPR nr 5/2012 oraz Raporty WIŚ PWr: SPR nr 23/2017).
  - Wykazuje międzynarodową współpracę z uczelniami zagranicznymi, to jest z:
    - Wydziałem Inżynierii Środowiska i Gospodarki Komunalnej Sankt Petersburskiego Uniwersytetu Architektury i Budownictwa Lądowego (2014, 2022),
    - Państwowym Uniwersytetem Badawczym w Sankt-Petersburgu (2021),
  - Jest opiekunem pomocniczym realizowanej obecnie pracy doktorskiej: P. Kanaś, *Wymiana ciepła i masy w obrotowych niehigroskopijnych wymiennikach do odzysku ciepła wywiewanego* (promotor: prof. S. Anisimov).
  - W swoim dorobku ma dwie recenzje artykułów przeznaczonych do publikacji w czasopismach naukowych: *SN Applied Sciences Data* (2019) i *MDPI Energies Data* (2021).
  - Jest współautorem 31 referatów przedstawionych na konferencjach międzynarodowych i krajowych, z czego 18 po obronie doktoratu; uczestniczył w 13 konferencjach prezentując na nich swój dorobek badawczy, w tym w 6 po dysertacji.

- ***Inne***
  - Na zlecenie Biura Uznawalności Wykształcenia i Wymiany Międzynarodowej / NAWA pełnił funkcję opiekuna naukowego stypendysty Programu im. S. Banacha (2016 -17).
  - Wykazuje współpracę z sektorem gospodarczym:
    - Przygotowywanie i opracowywanie dokumentacji projektowych oraz realizacja projektów budowlanych i wykonawczych branży wentylacyjno-klimatyzacyjnej na stanowisku *Inżynieria Budowy* w firmie *SAVI Inwestycje* / *SAVI Group* zajmującej się generalnym wykonawstwem obiektów budowlanych.
    - Współpraca z *Clima-Produkt sp. z o.o.* w zakresie badań układu odzyskiwania ciepła, prowadzenia wspólnych badań oraz przekazywanie uzyskiwanych wyników pomiarów skuteczności działania urządzeń.
    - Współpraca z *Klingenburg International sp. z o.o.* w zakresie udostępnienia wymienników rekuperacyjnych i regeneracyjnego; rozbudowy stanowiska do badań układów odzyskiwania ciepła, i inne.

- ***Nagrody i wyróżnienia:***
  - programu *Primus* - za wyróżniającą się aktywność publikacyjną oraz projekty badawcze w swojej dyscyplinie naukowej (2020, 2021),
  - JM Rektora PWr - za wkład w działalność uczelni (2016),
  - dyplom za opiekę naukową nad pracą magisterską nagrodzoną przez Dolnośląską Okręgową Izbę Inżynierów Budownictwa (2017).

5. PODSUMOWANIE CAŁOKSZTAŁTU OSIĄGNIĘĆ HABILITANTA

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

- *jest autorem monografii naukowej, która w mojej ocenie spełnia kryterium znaczącego osiągnięcia zdefiniowane w stosownej Ustawie* (Dz.U. 2018, poz. 1668, art. 219, ust. 1, pkt. *2b), stanowiącej istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej,*
- *jest współautorem artykułów opublikowanych po doktoracie w czasopismach z bazy JCR, jest też współautorem innych publikacji;*
- *sumaryczny Impact Factor Jego publikacji:*
  - *odniesiony do całości dorobku po doktoracie:* *IF = 42,969*
  - *przypadający na Habilitanta: :* *IF = 12,228*
- *indeks Hirscha wg baz: WoS / Scopus / Google Scholar :* *h = 7 / 8 / 9*
- *cytowania / bez autocytowań - wg bazy WoS:* *178 / 132*
- *punktacja MNiSW (przypadająca na autora):* *324,7 pkt.*

Ponadto Habilitant:

- *wykazuje współpracę z zagranicznymi ośrodkami akademickimi,*
- *pełni funkcje promotora pomocniczego realizowanej pracy doktorskiej,*
- *brał czynny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych, na których prezentował swój dorobek i osiągnięcia;*
- *współpracuje z instytucjami zewnętrznymi, w tym z przemysłem,*
- *recenzował publikacje w czasopismach naukowych;*
- *ma osiągnięcia dydaktyczne,*
- *sprawował opiekę nad studentami w toku specjalizacji (dyplomy);*
- *jest współautorem dokumentacji / sprawozdań z realizacji projektów badawczych;*
- *za działalność był wyróżniony nagrodami;*

Reasumując:

- *dr inż. Andrzej Jedlikowski zgromadził dorobek naukowy, który został ukierunkowany na zagadnienia związane z problematyką modelowania cieplno-przepływowego pracy wymienników instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych; ponadto ma dorobek w innych obszarach niż ww.;*
- *dorobek ten jest efektem działalności naukowo-badawczej Habilitanta, został uzyskany po obronie pracy doktorskiej i stanowi oryginalny przyczynek do rozwoju nauki w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka;*
- *prace Habilitanta wiążą się zarówno z podstawowymi zagadnieniami naukowymi, jak i potencjalnymi zastosowaniami;*
- *uczestniczy w działalności dydaktycznej Wydziału / Uczelni;*
- *ma także dorobek w innych obszarach działalności zawodowej.*

5. KONKLUZJA

Uwzględniając przeprowadzoną powyżej analizę i ocenę dorobku naukowo-badawczego, organizacyjnego i dydaktycznego, odnosząc się do Ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2018, poz. 1668, art. 219, ust. 1, pkt. 2b), stwierdzam, że dr inż. Andrzej Jedlikowski spełnia wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego. Przedstawiona przez Niego monografia habilitacyjna zatytułowana *Modelowanie wymienników do odzyskiwania ciepła w systemach wentylacyjnych*

wypełnia, w mojej ocenie, kryterium „*osiągnięcia naukowego stanowiącego znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny*”.

Biorąc powyższe pod uwagę, popieram wniosek dr. inż. Andrzeja Jedlikowskiego o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka i wnoszę do Rady tej Dyscypliny na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej o dalsze jego procedowanie.