

AUTOREFERAT

Marian Kordas

Intensyfikacja procesów transportu masy, pędu i energii w mieszalniku cieczy z mieszadłem wykonującym jednoczesny ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy

Dokumentacja do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego

Spis treści

I. Dane osobowe, dyplomy, stopnie naukowe, informacje o zatrudnieniu	- 3 -
II. Działalność naukowo-badawcza, dydaktyczna i organizacyjna przed uzyskaniem stopnia doktora.....	- 5 -
III. Działalność naukowo-badawcza, dydaktyczna i organizacyjna po uzyskaniu stopnia doktora	- 6 -
IV. Wykazanie osiągnięcia stanowiącego podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna	- 11 -
V. Zestawienie ilościowe dorobku naukowego	- 25 -

I. Dane osobowe, dyplomy, stopnie naukowe, informacje o zatrudnieniu

1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: **Marian Kordas**
Data i miejsce urodzenia: 11.12.1975 r., Dębno
Stan rodzinny: żonaty
Obecnie zajmowane stanowisko: adiunkt
Telefon: 91 449 43 32
e-mail: mkordas@zut.edu.pl
Miejsce pracy:

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska
Zakład Ciepłownictwa i Gospodarki Odpadami
al. Piastów 42, 71-065 Szczecin

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej

2006 – doktor nauk technicznych

Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

Dziedzina: nauki techniczne

Dyscyplina: inżynieria chemiczna

Promotor: prof. dr hab. inż. Stanisław Masiuk

Tytuł pracy: Struktura schematu blokowego modelu matematycznego oraz charakterystyki dynamiczne mieszalnika z mieszadłem wahadłowym

2004 – uprawnienia pedagogiczne dla wszystkich typów szkół

Podyplomowe Studia Pedagogiczne, Politechnika Szczecińska, Instytut Ekonomii i Zarządzania

2001 – magister inżynier

Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

Promotor: prof. dr hab. inż. Stanisław Masiuk

Tytuł pracy: Wpływ kąta ustawienia łopatek na moc mieszania w mieszalniku wibracyjnym

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 01.07.2017 – (do 30.09.2018) - adiunkt
- 01.07.2014 – 30.06.2017 Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
01.07.2008 – 30.06.2014 Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska,
Zakład Ciepłownictwa i Gospodarki Odpadami
- 01.09.2006 – 30.06.2008 - asystent
- 01.11.2005 – 30.06.2006 Politechnika Szczecińska
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska,
Zakład Ciepłownictwa i Gospodarki Odpadami
- 01.10.2001 – 31.10.2005 - doktorant
Politechnika Szczecińska
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska,
Zakład Ciepłownictwa i Gospodarki Odpadami

II. Działalność naukowo-badawcza, dydaktyczna i organizacyjna przed uzyskaniem stopnia doktora

W 1990 roku ukończyłem Szkołę Podstawową w Góralicach i rozpocząłem naukę w Zespole Szkół Zawodowych im. ppor. Ryszarda Kuleszy w Chojnie, którą ukończyłem w 1993 roku w zawodzie stolarz. Następnie kontynuowałem naukę w Technikum Budowlanym w Gorzowie Wielkopolskim im. Mikołaja Kopernika. Kończąc tę szkołę uzyskałem tytuł technik budownictwa o specjalizacji budownictwo ogólne.

Po zdaniu egzaminu maturalnego w 1996 roku rozpocząłem studia na Politechnice Szczecińskiej, na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej, na kierunku ochrona środowiska, specjalizacja procesy i aparaty w ochronie środowiska, które ukończyłem w 2001 roku z wynikiem dobrym. Pracę magisterską pod tytułem „Wpływ kąta ustawienia łopatek na moc mieszania w mieszalniku wibracyjnym” napisałem pod kierunkiem Pana prof. dr hab. inż. Stanisława Masiuka, obroniłem w dniu 19 czerwca 2001 r.

Od 1 października 2001 roku rozpocząłem Dienne Studia Doktoranckie na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej. Badania w ramach pracy doktorskiej zrealizowałem w Zakładzie Ciepłownictwa i Gospodarki Odpadami pod kierunkiem Pana Prof. dr hab. inż. Stanisława Masiuka. W dniu 26 czerwca 2006 r. obroniłem rozprawę doktorską pod tytułem „Struktura schematu blokowego modelu matematycznego oraz charakterystyki dynamiczne mieszalnika z mieszadłem wahadłowym”. Recenzentami pracy byli Pan Prof. dr hab. inż. Andrzej Heim i Pan Prof. zw. dr hab. inż. Fryderyk Stręk, dr h.c. PS.

W ramach pracy doktorskiej prowadziłem badania doświadczalne związane z testowaniem prototypowej konstrukcji mieszalnika mechanicznego wyposażonego w mieszadło wahadłowe. Dla analizowanego aparatu, działającego w reżimie przepływowym, wykonałem badania znacznikowe polegające na pomiarze zmian temperatury w mieszanym płynie i na wylocie mieszalnika. Impuls temperaturowy w postaci porcji podgrzanej do określonej temperatury cieczy był wprowadzony do mieszalnika za pomocą opracowanego przeze mnie prototypowego generatora. Otrzymane wyniki opracowałem w formie niestacjonarnych pól temperatury dla mieszanego płynu, które posłużyły do sformułowania struktury schematu blokowego modelu matematycznego dla testowanego mieszalnika. Otrzymany model matematyczny zweryfikowałem w oparciu o zarejestrowane procesy przejściowe na wylocie z mieszalnika. Badania doświadczalne procesów przejściowych, opracowane w formie modelu matematycznego dla mieszalnika z mieszadłem wahadłowym, opublikowałem w czasopiśmie o zasięgu krajowym [II.E1].

Oprócz prac naukowych prowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej realizowałem również prace badawcze dla mieszalników wstęgowego [III.A1] i posuwisto-zwrotnego [III.A2, III.A3], które zaprezentowano na konferencjach zagranicznych i krajowych w formie posterów oraz materiałów konferencyjnych.

Będąc słuchaczem Stacjonarnych Studiów Doktoranckich uczestniczyłem w przygotowywaniu i prowadzeniu zajęć laboratoryjnych z przedmiotu dynamika procesowa i sterowanie na kierunku inżynieria chemiczna i procesowa. W ramach tych zajęć przygotowałem nowe instalacje badawcze, przystosowywałem istniejące stanowiska do realizacji pomiarów doświadczalnych oraz opracowałem konspekty ćwiczeń laboratoryjnych. Prowadziłem również laboratorium prac przejściowych na kierunkach inżynieria chemiczna i procesowa oraz ochrona środowiska. Byłem także zaangażowany w opiekę nad pracami magisterskimi o charakterze praktycznym, które realizowano w Zakładzie Ciepłownictwa i Gospodarki Odpadami.

W dniu 6 października 2004 roku ukończyłem Podyplomowe Studia Pedagogiczne prowadzone w Instytucie Ekonomii i Zarządzania Politechniki Szczecińskiej nabywając uprawnienia pedagogiczne.

III. Działalność naukowo-badawcza, dydaktyczna i organizacyjna po uzyskaniu stopnia doktora

W okresie od 1.11.2005 r. do 30.06.2008 r. byłem zatrudniony na stanowisku asystenta w Zakładzie Ciepłownictwa i Gospodarki Odpadami, na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej. Od dnia 1 lipca 2008 r. do 30 września 2018 r. jestem zatrudniony na stanowisku adiunkta w Zakładzie Ciepłownictwa i Gospodarki Odpadami w Instytucie Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska. W okresie zatrudnienia na stanowisku adiunkta, w dniu 1 stycznia 2009 r. nastąpiła zmiana nazwy mojego miejsca zatrudnienia z Politechniki Szczecińskiej na Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. Zmiana ta wynikała z połączenia Politechniki Szczecińskiej i Akademii Rolniczej.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych rozpocząłem dalsze badania doświadczalne głównie nad zastosowaniem niestandardowych mieszalników w inżynierii chemicznej i procesowej. Zakres moich zainteresowań badawczych po uzyskaniu doktora nauk technicznych dotyczy tematyki związanej z mieszalnikami mechanicznymi (wstęgowymi, mieszalnikami z mieszadłami posuwisto-zwrotnymi, mieszalnikami z mieszadłem wykonującym ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy), mieszalnikami statycznymi, mieszalnikami magnetycznymi oraz wykorzystaniem aparatów wspomaganych magnetycznie w inżynierii bioprocessowej.

Całościowy dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych można podzielić na następujące obszary, obejmujące badania w tematyce:

1. Intensyfikacji procesów transportu masy, pędu i energii w mieszalnikach standardowych i niestandardowych [H1, H2, H4, H5, H7, H9 - H16, II.A16, II.A17, II.A19, II.E2, II.E3, II.E4, II.E15, II.E16, II.E20, II.E21, II.E25, III.B6, III.B19, III.B21, III.B23, III.B24, III.B26, III.B31, III.B32, III.B35, III.B36, III.B37, III.B39, III.B41, III.B44, III.B46, III.B48, III.B49, III.B50].

2. Technicznych aspektów procesu polimeryzacji [II.A5, III.B34].
3. Inżynierii materiałów ziarnistych [II.A6, II.A7, II.E18, II.E19, III.B5, III.B17, III.B22, III.B27, III.B38, III.B40].
4. Badań wpływu wirującego pola magnetycznego na komórki rakowe [II.A3, II.A4].
5. Badań wpływu wirującego pola magnetycznego na mikroorganizmy [II.A8, II.A9, II.A10, II.A18, II.E5, III.B45].
6. Badań wpływu wirującego pola magnetycznego na celulozę bakteryjną [II.A11, II.A12, II.A13, II.A15, II.A20].
7. Badań mikrobiologicznych [II.A14, II.E22].
8. Inżynierii ochrony środowiska [II.A2, II.E8, II.E11, II.E13, II.E14, II.E17, II.E23, II.E24, III.B7, III.B10, III.B28].
9. Zastosowania elementów matematyki statystycznej i teorii informacji w opisie matematycznym procesów i operacji inżynierii chemicznej [H3, H8, II.A1, II.E6, III.B11, III.B12, III.B13, III.B14, III.B18, III.B25, III.B30, III.B42, III.B43,].
10. Zastosowania sztucznych sieci neuronowych do matematycznego opisu procesów i operacji inżynierii chemicznej [II.E9, III.B29].
11. Modelowania matematycznego i opracowania modeli matematycznych [H6, II.E7, II.E10, II.E12, III.B4, III.B8, III.B9, III.B15, III.B16, III.B20, III.B33, III.B47].

Oprócz badań naukowych przygotowywałem i opracowywałem nowe konstrukcje aparatów, które mogą być zastosowane do intensyfikacji procesów transportu masy, pędu i energii. Prace dotyczące nowych konstrukcji mieszadeł i mieszalników oraz przygotowania zgłoszeń patentowych w większości przypadków realizowałem w kooperacji z pracownikami Zakładu Ciepłownictwa i Gospodarki Odpadami ZUT w Szczecinie, którego obecnie kierownikiem jest Pan dr hab. inż. Rafał Rakoczy, prof. nadzw.

Tematyka współautorskich zgłoszeń patentowych oraz przyznanych patentów dotyczy:

1. Mieszalników i mieszadeł obrotowych [II.C2, II.C8, II.C12, II.C13, II.C14, II.C16, II.C17, II.C19, II.C20, II.C21, II.C40, II.C41].
2. Mieszadeł i mieszalników z mieszadłem wykonującym jednoczesny ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy [H18, H19, H20].
3. Mieszalników i mieszadeł statycznych [II.C1, II.C4, II.C6, II.C15, II.C25 - II.C30, II.C32, II.C33, II.C37].
4. Mieszalników wspomaganych polem magnetycznym [II.C5, II.C10, II.C18, II.C31, II.C34, II.C35, II.C38, II.C39, II.C42].
5. Przegród w zbiorniku mieszalnika [II.C22, II.C23, II.C24].
6. Rozdrabniania i ekstrakcji [II.C3, II.C7, II.C9].
7. Sposobów realizacji procesów biotechnologicznych [II.C11, II.C36].

Przeprowadzone studia literatury źródłowej dotyczącej nowych rozwiązań konstrukcyjnych mieszadeł i mieszalników mechanicznych w inżynierii chemicznej i procesowej wykazały, że wielu autorów wciąż dokonuje klasycznej klasyfikacji mieszalników, polegającej na podziale mieszalników ze względu na to jaki ruch wykonuje mieszadło (np. mieszalniki wyposażone w mieszadła wykonujące ruch obrotowy i posuwisto-zwrotny). Doszedłem do wniosku, że brakuje opracowania w formie monografii, pozwalającego na wykazanie przydatności do realizacji procesów i operacji inżynierii chemicznej aparatów mieszających wyposażonych w mieszadło wykonujące jednoczesny ruch obrotowy i posuwisto-zwrotny. Z tego powodu w 2011 r. rozpocząłem pod opieką Pana dr hab. inż. Rafała Rakoczego, prof. nadzw. prace teoretyczno-eksperymentalne związane z przygotowaniem monografii habilitacyjnej pod tytułem „Intensyfikacja procesów transportu masy, pędu i energii w mieszalniku cieczy z mieszadłem wykonującym jednoczesny ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy”. Monografię uważam za moje główne osiągnięcie i wraz z cyklem publikacji oraz udzielonymi patentami przedstawiłem jako podstawę wniosku o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Moja działalność została uhonorowana pięciokrotnie nagrodami za działalność naukową przez JM Rektora Politechniki Szczecińskiej oraz JM Rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (nagroda za osiągnięcia w pracy naukowej 2007 r., nagroda zespołowa I stopnia za osiągnięcia naukowe w 2009 r., nagroda indywidualna II stopnia za osiągnięcia naukowe w 2012 r. oraz dwukrotnie nagroda indywidualna III stopnia za osiągnięcia naukowe w 2014 r. i 2016 r.).

Obecnie aktywnie współpracuję z firmą ESC Global Sp. z o.o. będącą liderem w produkcji środków chemicznych do kondycjonowania wody przemysłowej w Polsce i jednym z czołowych producentów w Europie. Współpraca z firmą ESC Global Sp. z o.o. dotyczyła pobytu stażowego w okresie od 01 czerwca do 30 września 2016 r., wykonania ekspertyz (od 01.10.2016 r. do 5.11.2017 r.), projektu prototypowego mieszalnika wdrożonego do linii produkcyjnej oraz dwóch zgłoszeń patentowych prototypowego mieszadła i mieszalnika [II.C40, II.C41].

Poza działalnością naukowo-badawczą aktywnie uczestniczyłem w działalności dydaktycznej oraz kształceniu studentów. W latach 2006-2018 realizowałem zajęcia dydaktyczne na kierunku inżynieria chemiczna i procesowa, inżynieria środowiska oraz ochrona środowiska.

Na jednolitych studiach magisterskich oraz studiach stacjonarnych i niestacjonarnych I i II stopnia prowadziłem zajęcia w formie wykładów, ćwiczeń audytoryjnych i projektowych oraz ćwiczeń laboratoryjnych i seminariów. Prowadziłem i prowadzę ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotów związanych z inżynierią chemiczną i procesową (grafika inżynierska, dynamika procesowa i sterowanie, gospodarka energią, podstawy automatyki, dynamika procesowa). W ramach tych zajęć opracowałem koncepcje oraz wykonałem stanowiska dydaktyczno-badawcze, a także przygotowałem instrukcje zawierające podstawy teoretyczne i metodykę pomiarów. Prowadziłem

również zajęcia laboratoryjne z przedmiotów: laboratorium prac przejściowych, laboratorium dyplomowe, pracownia przeddyplomowa, w ramach których sprawowałem opiekę nad dyplomantami. Oprócz ćwiczeń laboratoryjnych prowadziłem również ćwiczenia projektowe oraz audytoryjne i rachunkowe (mechanika techniczna i wytrzymałość materiałów, elementy funkcjonowania i więzi w systemach technologicznych, podstawy inżynierii ekoenergetycznej i recyklingu, inżynieria systemów produkcyjnych, inżynieria reaktorów chemicznych II). Opracowałem materiały dydaktyczne do ćwiczeń, zawierające podstawy teoretyczne niezbędne do zrozumienia problemów i rozwiązania zadań rachunkowych. Ponadto opracowałem i prowadziłem wykłady z przedmiotów: zarządzanie jakością, grafika inżynierska, maszyny i aparaty, normy prawne eksploatacji systemów produkcyjnych, zarządzanie jakością, urządzenia mechaniczne w procesach oczyszczania ścieków, prawo normalizacyjne i patentowe, urządzenia mechaniczne w procesach oczyszczania ścieków, mechanika techniczna i wytrzymałość materiałów, prawo wynalazcze i patentowe, elementy funkcjonowania i więzi w systemach technologicznych, podstawy inżynierii ekoenergetycznej i recyklingu, inżynieria systemów produkcyjnych, procesy cieplne i aparaty, inżynieria środowiska.

Jestem również współopiekunem działającego na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej ZUT w Szczecinie Studenckiego Koła Naukowego „INŻYNIER”.

Studenci w ramach działania SKN realizowali pod moim kierunkiem prace badawcze, które zostały opracowane w formie publikacji [H16, II.E18, II.E19], zgłoszeń patentowych [II.C29, II.C30], oraz udziału w konferencjach, seminariach i sesjach [III.J1.3.1 - III.J1.3.32].

Pełniłem funkcję promotora pomocniczego w zakończonym przewodzie doktorskim Pana dr inż. Grzegorza Story (data obrony 27.09.2017 r.). Obecnie pełnię funkcję promotora pomocniczego we wszczętym przewodzie doktorskim Pani mgr inż. Joanny Lechowskiej (decyzja Rady Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie nr 8/2017/2018 z dnia 19.12.2017 r.).

Byłem promotorem 16 prac magisterskich 8 prac inżynierskich, recenzentem 27 prac dyplomowych oraz przewodniczyłem w 36 egzaminach dyplomowych.

Do najważniejszych osiągnięć organizacyjnych zaliczam:

1. Organizację i opiekę merytoryczną nad Studenckim Kołem Naukowym „Inżynier” działającym przy Instytucie Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska ZUT w Szczecinie.
2. Organizację i opiekę naukową praktyk zawodowych studentów kierunku inżynieria chemiczna i procesowa.
3. Przeprowadzenie cyklu wykładów dla pracowników firmy Synthos:
 - „Inżynieria chemiczna i procesowa – trendy i wyzwania” 24.05.2013 r.,

- „Inżynieria systemów procesowych – od laboratorium do instalacji przemysłowej”
21.06.2013 r.,
 - „Inżynieria reaktorów chemicznych” 27.09.2013 r.,
 - „Nowoczesne techniki obliczeniowe w inżynierii chemicznej i procesowej”
25.10.2013 r.
4. Członkostwo w zespole odpowiedzialnym za przygotowanie Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej do akredytacji instytucjonalnej 25.02.2013 r.
 5. Członkostwo w Komitecie organizacyjnym XII Ogólnopolskiego Seminarium Mieszanie, 06-09 czerwca 2011 r., Międzyzdroje, Polska.
 6. Członkostwo w Komitecie organizacyjnym XXI Ogólnopolskiej Konferencji Inżynierii Chemicznej i Procesowej, 2-6 września 2013r., Szczecin-Kołobrzeg, Polska.
 7. Przeprowadzenie spotkań z młodzieżą licealną promujących i motywujących do podjęcia dalszej nauki na kierunkach technicznych ZUT w Szczecinie.
 8. Organizację warsztatów „Badania doświadczalne i numeryczne procesu mieszania w mieszalniku z mieszadłem obrotowym” dla studentów kierunków zamawianych „Innowacyjny inżynier – chemia dla gospodarki i środowiska regionu zachodniopomorskiego” w dniach 6.12.2014 r.; 13.12.2014 r.; 10.01.2015 r.; 17.01.2015 r.
 9. Udział w dniach otwartych Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej (przygotowanie oraz przeprowadzenie zajęć laboratoryjnych).
 10. Opiekę I roku kierunku inżynieria chemiczna i procesowa rok akademicki 2015/2016.
 11. Od dnia 01.09.2016 r. zostałem powołany do pełnienia funkcji zastępcy Dyrektora Instytutu Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska ZUT w Szczecinie.

IV. Wykazanie osiągnięcia stanowiącego podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna

4. Wykazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule z zakresu sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego

Intensyfikacja procesów transportu masy, pędu i energii w mieszalniku cieczy z mieszadłem wykonującym jednoczesny ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy

b) wykaz prac naukowych dokumentujących osiągnięcie (osiągnięcia) naukowe, stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Podstawą ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna jest:

Monografia, cykl publikacji oraz przyznane patenty ściśle związane z monografią i częścią cyklu publikacji

H1 **Kordas M.**, Intensyfikacja procesów transportu masy, pędu i energii w mieszalniku cieczy z mieszadłem wykonującym jednoczesny ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy, Szczecin 2018, ISBN 978-83-950456-0-8.

Recenzenci wydawniczy:

prof. dr hab. inż. Andrzej Gierczycki z Politechniki Śląskiej

dr hab. inż. Arkadiusz Moskal, prof. nadzw. PW z Politechniki Warszawskiej

Publikacje naukowe uwzględnione w bazie Journal Citation Reports (JCR)

H2 Masiuk S., Rakoczy R., **Kordas M.**, Comparison density of maximal energy for mixing process using the same agitator in rotational and reciprocating movements, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 2008, 47, 1258-1266.

Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.

Mój udział procentowy szacuję na 65%

IF dla okresu pięcioletniego(2016): 2,579

IF z roku publikacji: 1,518

MNiSW (2008): 30

H3 Masiuk S., Rakoczy R., **Kordas M.**, Zastosowanie entropii informacji do oceny pól temperatury wytwarzanych w mieszalniku wibracyjnym, Przemysł Chemiczny, 2009, 88, 10, 1109-1112.

Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.

Mój udział procentowy szacuję na 65%

IF dla okresu pięcioletniego (2016): 0,329

IF z roku publikacji: 0,332

MNiSW (2009): 15

H4 Masiuk S., Rakoczy R., **Kordas M.**, Badania podstawowe nowej konstrukcji mieszalnika statycznego, Przemysł Chemiczny, 2009, 88, 1019-1024.

Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.

Mój udział procentowy szacuję na 60%

IF dla okresu pięcioletniego (2016): 0,329

IF z roku publikacji: 0,332

MNiSW (2009): 15

- H5 Rakoczy R., Masiuk S., **Kordas M.**, Grądzik P., The effects of power characteristics on the heat transfer process in various types of motionless mixing devices, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 2011, 50, 959-969.
Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.
Mój udział procentowy szacuję na 50%
IF dla okresu pięcioletniego (2016): 2,579
IF z roku publikacji: 1,924
MNiSW (2011): 30
- H6 Rakoczy R., **Kordas M.**, Grądzik P., Konopacki M., Story G., Experimental study and mathematical modeling of the residence time distribution in magnetic mixer, *Polish Journal of Chemical Technology*, 2013, 15, 53-61.
Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.
Mój udział procentowy szacuję na 35%
IF dla okresu pięcioletniego (2016): 0,774
IF z roku publikacji: 0,474
MNiSW (2013): 15
- H7 **Kordas M.**, Story G., Konopacki M., Rakoczy R., Study of Mixing Time in a Liquid Vessel with Rotating and Reciprocating Agitator, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2013, 52, 13818-13828.
Autor metodyki badań, udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.
Mój udział procentowy szacuję na 65%
IF dla okresu pięcioletniego (2016): 3,027
IF z roku publikacji: 2,235
MNiSW (2013): 35
- H8 Rakoczy R., **Kordas M.**, Story G., Konopacki M., The characterization of the residence time distribution in a magnetic mixer by means of the information entropy, *Chemical Engineering Science*, 2014, 105, 191-197.
Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.
Mój udział procentowy szacuję na 30%
IF dla okresu pięcioletniego (2016): 3,077
IF z roku publikacji: 2,337
MNiSW (2014): 35
- H9 Konopacki M., **Kordas M.**, Fijałkowski K., Rakoczy R. Computational Fluid Dynamics and experimental studies of a new mixing element in a static mixer as a heat exchanger. *Chemical and Process Engineering*, 2015, 36, 59-72.
Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.
Mój udział procentowy szacuję na 40%
IF dla okresu pięcioletniego (2016): 0,925
IF z roku publikacji: 0,500
MNiSW (2015): 15
- H10 Story G., **Kordas M.**, Rakoczy R., Correlations for mixing energy in processes using Rushton turbine mixer, *Chemical Papers*, 2016, 70, 747-756.
Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.
Mój udział procentowy szacuję na 33%
IF dla okresu pięcioletniego (2016): 1,194
IF z roku publikacji: 1,258
MNiSW (2016): 20

H11 Rakoczy R., Przybył A., **Kordas M.**, Konopacki M., Drozd R., Fijałkowski K., The study of influence of a rotating magnetic field on mixing efficiency, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 2017, 112, 1-8.
Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.
Mój udział procentowy szacuję na 20%
IF dla okresu pięcioletniego (2016): 2,579
IF z roku (2016): 2,234
MNiSW (2016): 30

Artykuły opublikowane w innych recenzowanych czasopismach naukowych nieuwzględnionych w JCR (lista Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego)

H12 Masiuk S., Rakoczy R. **Kordas M.**, Effects of reciprocating mixing on power characteristics for different concentration of disperse system and various mixed volume, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 2006, 6, 140-142.
Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.
Mój udział procentowy szacuję na 75%
MNiSW (2006): 4

H13 **Kordas M.**, Konstrukcja i charakterystyka mieszalnika z mieszadłem wibracyjno-obrotowym, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 2010, 3, 55-56.
Mój udział wynosi 100%
MNiSW (2010): 6

H14 **Kordas M.**, Rakoczy R., Grądzik P., Story G., Rozpuszczanie ciała stałego w mieszalniku z mieszadłem wykonującym ruch obrotowy i posuwisto-zwrotny, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 2012, 6, 346-347.
Autor metodyki badań, udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.
Mój udział procentowy szacuję na 65%
MNiSW (2012): 5

H15 Grądzik P., **Kordas M.**, Masiuk S., Rakoczy R., Analiza krzywych stężeniowych procesów przejściowych w mieszalniku strumieniowym nowej konstrukcji, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 2013, 52, 4, 312-314.
Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.
Mój udział procentowy szacuję na 50%
MNiSW (2013): 5

H16 Lechowska J., **Kordas M.**, Rakoczy R., Heat transfer investigation in a liquid that is mixed by means of a reciprocating agitator, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 2016, 55, 186-188.
Udział w prowadzeniu badań, analiza i dyskusja wyników, współautor tekstu publikacji.
Mój udział procentowy szacuję na 40%
MNiSW (2016): 7

Przyznane patenty ściśle związane z monografią i częścią cyklu publikacji:

H17 **Kordas M.**, Rakoczy R., Masiuk S., Murdzia E., Mieszadło do płynów, PL 215201, 2013r.
Autor koncepcji, autor rysunków, współautor tekstu i zastrzeżeń patentowych.
Mój udział procentowy szacuję na 25%

H18 **Kordas M.**, Masiuk S., Rakoczy R., Murdzia E., Mieszalnik do mieszania płynów, PL 215784, 2014r.
Autor koncepcji, autor rysunków, współautor tekstu i zastrzeżeń patentowych.
Mój udział procentowy szacuję na 25%

H19 **Kordas M.**, Rakoczy R., Masiuk S., Murdzia E., Mieszalnik do mieszania płynów, PL 217244, 2014r.
Autor koncepcji, autor rysunków, współautor tekstu i zastrzeżeń patentowych.
Mój udział procentowy szacuję na 25%

- c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest: monografia, cykl publikacji oraz przyznane patenty ściśle związane z monografią i częściowo z cyklem publikacji.

Monografia, cykl publikacji oraz przyznane patenty dotyczą badań związanych z intensyfikacją procesów wymiany masy, pędu i energii z zastosowaniem niestandardowych mieszalników, szczególnie aparatów wyposażonych w mieszadło wykonujące jednoczesny ruch obrotowy i posuwisto-zwrotny.

Wstęp i uzasadnienie celu badawczego.

Najpopularniejszą metodą intensyfikacji procesów transportu masy, pędu i energii w inżynierii chemicznej jest zastosowanie procesu mieszania [25], który realizowany jest zazwyczaj w mieszalnikach z mieszadłami wykonującymi ruch obrotowy [5, 27]. Oprócz rozwoju mieszalników wyposażonych w mieszadła wykonujące ruch obrotowy, w literaturze przedmiotu można zauważyć trend związany z projektowaniem oraz stosowaniem mieszalników z mieszadłami wykonującymi ruch posuwisto-zwrotny. Mieszalniki tego typu są zazwyczaj wyposażone w mieszadła w postaci pełnych lub perforowanych tarcz [7, 11, 17, 18, 19, 20]. Pomimo wielu zalet dla tego typu urządzeń (np. brak wytwarzania wiru centralnego lub ograniczone pienienie mieszanej cieczy), mieszalniki z mieszadłem wykonującym ruch posuwisto-zwrotny nie są tak intensywnie badane jak mieszalniki obrotowe [16].

W ostatnich dwóch dekadach nastąpił gwałtowny wzrost liczby zgłoszeń patentowych i patentów związanych z mieszalnikami obrotowymi i posuwisto-zwrotnymi. Świadczy to o rozwoju techniki, wzroście znaczenia innowacyjności w przemyśle i dążeniu do poszukiwania nowych rozwiązań konstrukcyjnych mieszadeł i mieszalników [6, 21].

Interesującą alternatywą wobec standardowych mieszadeł jest zastosowanie mieszadeł, które podczas pracy wykonują jednocześnie ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy [H13, H17, H18, H19, US2011229963] oraz zmieniają konfigurację geometryczną [PL75516, PL201101, SU1766478].

Omówienie najważniejszych osiągnięć w dorobku naukowym wniosku habilitacyjnego.

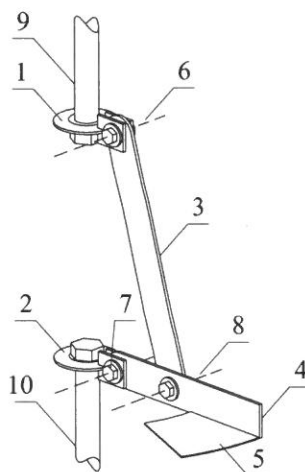
Dorobek naukowy będący podstawą wniosku habilitacyjnego podejmuje takie zagadnienia, jak:

1. Analizę procesu transportu masy, pędu i energii w nieklasycznych mieszalnikach [H1, H2, H4, H5, H7, H9 - H16].
2. Zastosowanie elementów teorii informacji w opisie matematycznym procesów i operacji inżynierii chemicznej [H3, H8].
3. Modelowanie matematyczne mieszalników mechanicznych [H6].
4. Opracowanie i opatentowanie mieszadła i mieszalników z mieszadłem wykonującym jednoczesny ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy [H17, H18, H19].

Stwierdziłem, że w literaturze przedmiotu brak jest jednolitego opracowania poświęconego analizie zagadnień związanych z zastosowaniem mieszalników mechanicznych wyposażonych

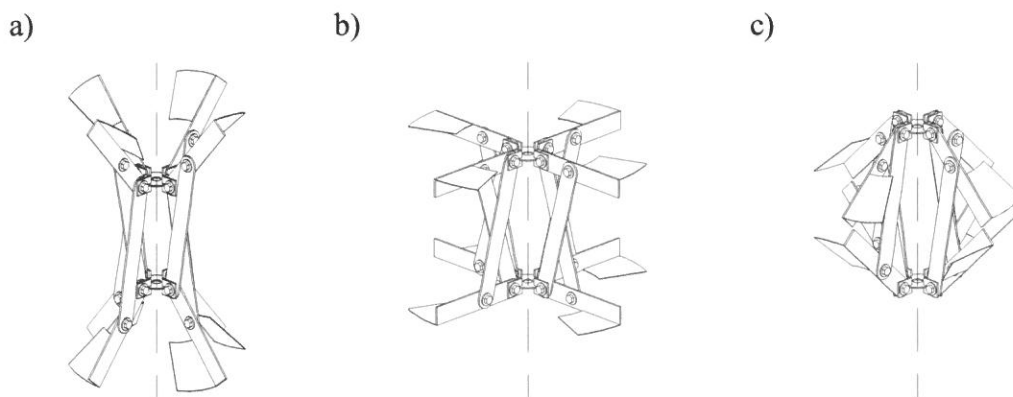
w mieszadło wykonujące jednoczesny ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy. Dlatego zdecydowałem, że badania dotyczące zastosowania mieszadła pracującego w połączonym ruchu obrotowym i posuwisto-zwrotnym zostaną szerzej omówione w formie monografii [H1].

W monografii [H1] zdecydowałem się na zaprezentowanie wyników prac poświęconych zastosowaniu opracowanych konstrukcji [H18, H19] do intensyfikacji procesów transportu masy, pędu i energii. Zrealizowane prace związane są z testowaniem dwóch prototypowych instalacji badawczych, w których głównym elementem jest mieszadło opisane w patencie [H17]. Badane instalacje różnią się zastosowanym rozwiązaniem napędu mieszadła oraz skalą (tzn. objętością roboczą zbiornika, średnicą mieszadła i szerokością przegród). Zarówno instalacja badawcza nr 1 [H19], jak i 2 [H18] wyposażona została w mieszadło mechaniczne, które pracując w ruchu posuwisto-zwrotnym, zmienia swoją konfigurację geometryczną. Konstrukcja mieszadła bazuje na module mieszającym, którego budowę przedstawiono na rys. 1.



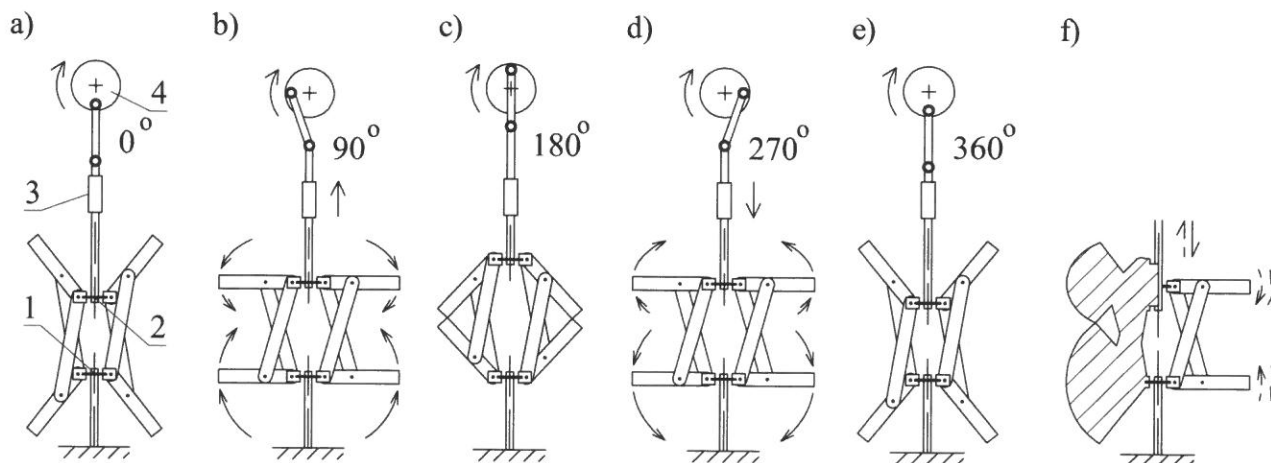
Rys. 1. Schemat modułu mieszającego: 1 – piasta górna, 2 – piasta dolna, 3 – łącznik, 4 – ramię łopatki, 5 – łopatka, 6–8 – zawias, 9 – wał górny, 10 – wał dolny

Konstrukcja mieszadła wymaga zastosowania co najmniej jednego modułu mieszającego. Przykładowe geometrie przyjmowane przez ośmiomodułowe mieszadło w zależności od odległości w jakich znajdują się piasty mieszadła pokazano na rys. 2.



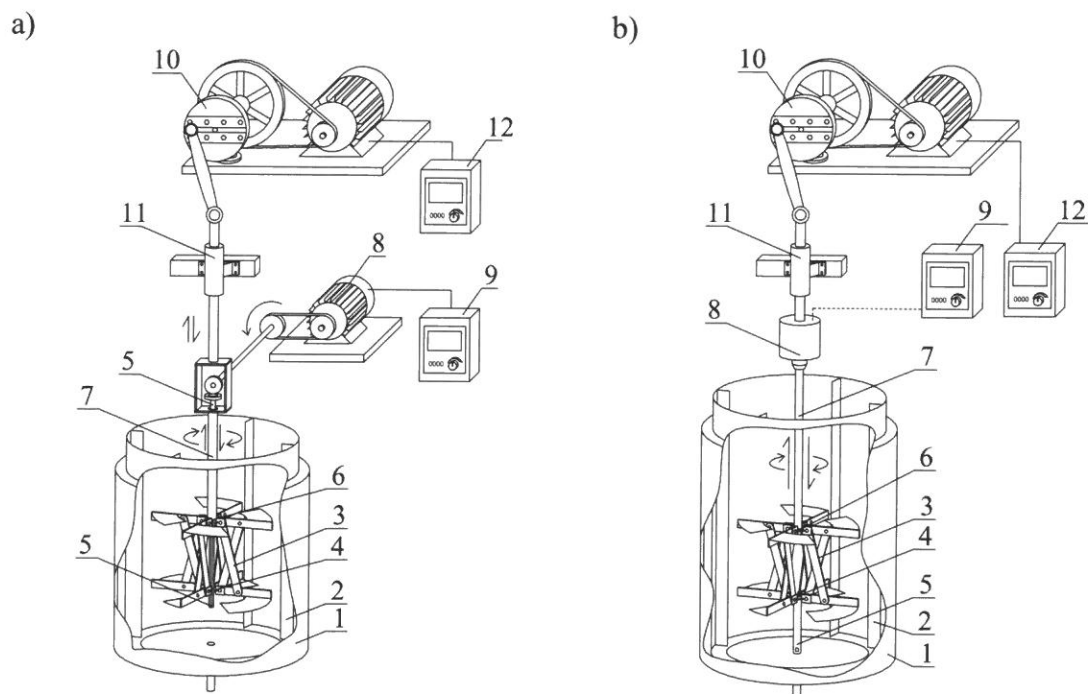
Rys. 2. Geometria mieszadła wywołana zmianą odległości pomiędzy piastami: a) geometria „X”, b) geometria „=”; c) geometria „O”

Szczegółowy opis konstrukcji i działania mieszadła opublikowałem również w pracy [H13]. Konstrukcja mieszadła umożliwia zmianę odległości pomiędzy piastami mieszadła w ruchu posuwisto-zwrotnym, powodując zmianę geometrii mieszadła podczas pracy, co pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Zamiana geometrii mieszadła pracującego w ruchu posuwisto-zwrotnym: a) geometria „X”, b) geometria „=”, c) geometria „O”, d) geometria „=”, e) geometria „X”, f) wypadkowy obszar penetracji wsadu mieszalnika przez mieszadło w jednym cyklu ruchu posuwisto-zwrotnego; gdzie: 1 – piasta dolna (wyłącznie obrotowa), 2 – piasta górna (obrotowa i posuwisto-zwrotna), 3 – tuleja prowadząca, 4 – mimośród

W konstrukcji mieszadła, górna piasta przemieszcza się w ruchu posuwisto-zwrotnym, a dolna pozostaje na stałym poziomie (dotyczy obu badanych instalacji). Na rys. 4 pokazano montaż mieszadła w instalacji badawczej nr 1 i 2, wynikający z zastosowania różnego rozwiązania konstrukcyjnego napędu i mocowania mieszadła.



Rys. 4. Widok instalacji badawczych analizowanych w monografii (a) nr 1 i (b) nr 2: 1 – zbiornik, 2 – przegroda, 3 – mieszadło, 4 – obrotowa piasta mieszadła, 5 – wał obrotowy, 6 – obrotowa i posuwisto-zwrotna piasta mieszadła, 7 – wał posuwisto-zwrotny, 8 – napęd obrotowy, 9 – sterownik ruchu obrotowego, 10 – mimośród, 11 – tuleja prowadząca, 12 – kontrola ruchu posuwisto-zwrotnego

W tabeli 1 przedstawiłem zakres prac badawczych poruszanych w monografii [H1].

Tab. 1. Charakter prac teoretycznych i badawczych zrealizowanych w monografii

Rozdział	Charakter prac	Tematyka prac
4	prototypowanie	Projekt i budowa dwóch pilotażowych instalacji badawczych mieszalników z mieszadłami wykonującymi ruch obrotowy, posuwisto-zwrotny oraz jednoczesny ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy.
5	analiza teoretyczno-doświadczalna	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zdefiniowanie liczby Reynoldsa w oparciu o „powierzchnie aktywnie mieszające” dla mieszadła pracującego w ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym. 2. Analiza wpływu rodzaju ruchu mieszadła na homogenizację stężeniową płynu (czas mieszania). 3. Wyznaczenie charakterystyki mocy procesu mieszania. 4. Określenie energii homogenizacji mieszadła w ruchu posuwisto-zwrotnym i/lub obrotowym.
6	doświadczalna	Określenie wpływu zastosowanego ruchu mieszadła na wymianę masy w układzie gaz–ciecz oraz ciało stałe–ciecz.
7	doświadczalna	Badanie wpływu rodzaju ruchu mieszadła na proces wymiany ciepła.
8	modelowanie matematyczne	Opracowanie modelu matematycznego mieszalnika (w programie Matlab/Simulink), którego strukturę blokową zaproponowano na podstawie symulacji numerycznej CFD.
9	teoretyczno-doświadczalna	Ocena stopnia mieszania w testowanych mieszalnikach zdefiniowana w oparciu o elementy teorii informacji.

W monografii [H1] liczbę Reynoldsa zdefiniowałem osobno dla ruchu obrotowego i posuwisto-zwrotnego z uwzględnieniem pola powierzchni przyjmowanej przez mieszadło, przekształconej na zastępczą średnicę mieszadła.

Badania nad czasem mieszania dla mieszadła [H17] zostały opublikowane również we współautorskiej pracy [H7], w której uzyskane wyniki porównaliśmy z wynikami dostępnymi w literaturze dla różnych typów mieszadeł. W monografii [H1] analizę wpływu ruchu mieszadła obrotowego i posuwisto-zwrotnego na homogenizację stężeniową płynu przeprowadziłem dla mieszalnika pracującego w reżimie okresowym. Czas mieszania zdefiniowałem jako czas potrzebny do osiągnięcia końcowej wartości równowagi pomiędzy 95 i 105% znormalizowanej wartości pomiarowej. Ponieważ precyzyjne ustalenie czasu t_{95} może być utrudnione, do określenia czasu mieszania zastosowałem procedurę, jaką zastosowałem w pracy [H11], w której badałem mieszalnik z generatorem wirującego pola magnetycznego. W monografii [H1] pomiary opracowałem w formie bezwymiarowego czasu mieszania Θ i uzależniłem od zaproponowanych definicji liczb Reynoldsa. Uzyskane wyniki dla instalacji badawczych nr 1 i 2 porównałem i stwierdziłem, że zdecydowanie niższe bezwymiarowe czasy mieszania Θ uzyskałem dla mieszalnika zastosowanego w instalacji nr 2, niż w instalacji nr 1. W przypadku mieszadła pracującego jednocześnie w ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym zarówno w instalacji badawczej nr 1, jak i 2 bezwymiarowy czas mieszania Θ maleje wraz ze wzrostem burzliwości. Analiza uzyskanych wyników bezwymiarowego czasu mieszania

wykazała że pozytywny efekt jednoczesnego zastosowania ruchu mieszadła posuwisto-zwrotnego i obrotowego szczególnie widoczny jest przy niskich wartościach przebadanego zakresu liczb Reynoldsa.

Informacja związana z zużyciem energii przez mieszalnik jest jedną z podstawowych charakterystyk eksploatacyjnych. Pierwsza współautorska praca [H12], która zapoczątkowała moje zainteresowanie badaniem zużycia energii dotyczyła nowej konstrukcji mieszadła pracującego w ruchu posuwisto-zwrotnym. Z kolei we współautorskiej pracy [H2] przedstawiliśmy wyniki badań wpływu nowej konstrukcji mieszadła na maksymalne zużycie energii i czas mieszania. Praca [H2] dotyczy badania mieszadła dyskowego (podzielonego promieniowo na sektory z regulacją kąta nachylenia sektorów) poruszającego się w ruchu obrotowym lub posuwisto-zwrotnym. Wykazaliśmy, że mieszadło z kątem nachylenia łopatek 45° może być z powodzeniem stosowane zarówno w ruchu posuwisto-zwrotnym, jak i obrotowym. Wykazaliśmy również, że to samo mieszadło pracujące w ruchu posuwisto-zwrotnym ma znacznie niższe zużycie energii niż w ruchu obrotowym. Badania przeprowadzone w monografii [H1] dotyczące zapotrzebowania na moc mieszania przeprowadzono dla instalacji pracujących w reżimie okresowym. Zapotrzebowanie na moc mieszania dla mieszadeł pracujących w ruchu obrotowym w instalacjach badawczych nr 1 i 2 określono na podstawie pomiaru momentu obrotowego i częstości obrotów na wałach obrotowych mieszadła [1, 4, 14, 26]. Natomiast dla mieszadła pracującego w ruchu posuwisto-zwrotnym w instalacji badawczej nr 1 i 2, zapotrzebowanie na moc mieszania wyznaczono na podstawie pomiaru siły działającej na oś wału doprowadzającego energię mechaniczną do mieszadła [8, 9, 12]. Uzyskane dane przedstawiono w zależności liczby mocy Ne od liczb Reynoldsa Re_{obr} i Re_{p-z} dla mieszadeł pracujących w ruchu obrotowym i posuwisto-zwrotnym. Stwierdzono, że dla obu instalacji mieszadło pracujące w ruchu obrotowym ma większe zapotrzebowanie na moc mieszania niż mieszadło poruszające się ruchem posuwisto-zwrotnym. Zarówno w instalacji badawczej nr 1, jak i 2 największe wartości liczby mocy Ne dla mieszadła pracującego w ruchu obrotowym uzyskano dla geometrii „X”. Zastosowanie ruchu posuwisto-zwrotnego mieszadła pozwoliło na znaczne zredukowanie zapotrzebowania na moc mieszania. W mieszadle poruszającym się jednocześnie ruchem posuwisto-zwrotnym i obrotowym zastosowano odrębne napędy, dlatego liczby mocy dla ruchu obrotowego Ne_{obr} oraz posuwisto-zwrotnego Ne_{p-z} ujęto sumarycznie. W monografii [H1] sumaryczne ujęcie liczby mocy Ne_{obr} i Ne_{p-z} przeprowadzono analogicznie jak w pracy [H10], w której przeprowadziliśmy badania mające na celu przeanalizowanie wpływu mieszania mechanicznego i wirującego pola magnetycznego. W pracy [H10] wykazano pozytywny efekt jednoczesnego zastosowania turbiny obrotowej Rushtona i wirującego pola magnetycznego oraz że w przypadku dwóch źródeł doprowadzenia energii do układu liczbę mocy należy traktować sumarycznie. W przypadku mieszadła pracującego jednocześnie w ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym liczba mocy $Ne_{obr+p-z}$ jest zależna od liczb Reynoldsa Re_{obr} i Re_{p-z} . Analizując uzyskane wyniki można stwierdzić, że w instalacjach badawczych nr 1 i 2 wartość

liczby mocy $Ne_{obr+p-z}$ maleje wraz ze wzrostem wartości liczby Reynoldsa Re_{obr} oraz rośnie wraz ze wzrostem liczby Re_{p-z} . Istniejące połączenia mogą powodować dodatkowy opór podczas pracy mieszadła w jednoczesnym ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym, co może wpływać na uzyskanie większych wartości liczby mocy $Ne_{obr+p-z}$.

Ocenę skuteczności procesu mieszania [H1] określiłem na podstawie wielkości definiujących energię homogenizacji odniesioną do jednostki masy [3, 10]. Stwierdziłem, że zastosowanie mieszadła pracującego w jednoczesnym ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym jest bardziej korzystne z punktu widzenia homogenizacji płynu. Efekt ten jest widoczny przy zastosowaniu bardziej intensywnego ruchu posuwisto-zwrotnego. Zwiększenie obrotów i częstotliwości pracy mieszadła w jednoczesnym ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym powoduje zwiększenie energii homogenizacji właściwej (odniesionej do jednostki masy).

Badania procesu wymiany masy dla układu gaz-ciecz [H1] prowadziłem w reżimie okresowym. Jako fazę ciągłą zastosowałem wodę wodociągową, natomiast fazą rozproszoną było powietrze dostarczane do instalacji nr 1 i 2 przez pierścieniową bełkotkę. Zastosowałem dynamiczną metodę wyznaczania objętościowego współczynnika wnikania masy k_{LA} . W przypadku prowadzenia procesu napowietrzania cieczy pod ciśnieniem atmosferycznym i dla małych wartości objętościowego współczynnika wnikania masy k_{LA} (np. poniżej $0,03 \text{ s}^{-1}$) proces napowietrzania można traktować tak samo jak dla pojedynczego składnika [24]. W oparciu o wartości objętościowego współczynnika wnikania tlenu k_{LA} , obliczyłem bezwymiarową liczbę Stanton. Liczbę tą uzależniłem zarówno od wartości Re_{obr} jak i od konfiguracji mieszadła. Dla ruchu obrotowego mieszadła w instalacji nr 2 największe wartości liczby St_{obr} uzyskano dla konfiguracji „=””. W przypadku mieszadła w ruchu posuwisto-zwrotnym wartości liczby St_{p-z} dla instalacji nr 1 przyjmują większe wartości niż dla nr 2 przy zbliżonych liczbach Re_{p-z} . Dla połączonego ruchu obrotowego i posuwisto-zwrotnego uzyskano większe wartości liczby $St_{obr+p-z}$ w instalacji badawczej nr 1 niż dla instalacji badawczej nr 2 przy zastosowaniu mniejszych częstości obrotów mieszadła. Uzyskane wartości objętościowego współczynnika wnikania masy k_{LA} uzależniono od średniej globalnej szybkości dyssypacji energii $\overline{\langle \varepsilon \rangle}$. Uzyskane wartości współczynnika k_{LA} są zdecydowanie większe dla instalacji badawczej nr 1 niż 2. Można również uznać, że przy takiej samej wartości $\overline{\langle \varepsilon \rangle}$ dla instalacji badawczej nr 2 uzyskuje się niższe wartości k_{LA} niż ma to miejsce w przypadku instalacji nr 1. Dla mieszadeł pracujących w jednoczesnym ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym uzyskano zdecydowanie większe wartości współczynnika k_{LA} przy zbliżonych wartościach $\overline{\langle \varepsilon \rangle}$ niż w ruchu obrotowym i posuwisto-zwrotnym. Stwierdzono, że synergiczny ruch mieszadła wpływa korzystnie na uzyskiwane wartości współczynnika charakteryzującego zjawiska transportu masy w układzie gaz-ciecz.

W pracy [H14] badaliśmy proces rozpuszczania ciała stałego w cieczy realizowany w mieszalniku [H18], wyposażonym w mieszadło wykonujące ruch obrotowy i posuwisto-zwrotny.

Rozpuszczaliśmy cylindryczne próbki ciała stałego (NaCl) okresowo wprowadzane do zbiornika wypełnionego wodą. Użycie cylindrycznych próbek do badań związanych z wymianą masy w układzie ciało stałe–ciecz można, odnaleźć w literaturze źródłowej [13, 19, 22, 23]. Uzyskane wyniki opracowano w formie zależności stosowanej przy analizie procesów wymiany masy wiążąc liczby Sherwooda, Reynoldsa i Schmidta. Liczby Reynoldsa zdefiniowano osobno dla ruchu obrotowego i posuwisto-zwrotnego. Wykonane prace badawcze oraz analiza uzyskanych rezultatów pozwalają stwierdzić, że badana konstrukcja mieszalnika z powodzeniem realizuje proces wymiany masy.

W monografii [H1] proces rozpuszczania ciała stałego w cieczy przeprowadziłem dla cylindrycznych próbek podobnie jak w pracy [H14]. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że dla mieszadła pracującego jednocześnie w ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym uzyskano zdecydowanie większe wartości średniego powierzchniowego współczynnika wnikania masy niż dla mieszadła pracującego w ruchu obrotowym. Stwierdzono że intensywność wymiany masy w układzie ciało stałe–ciecz jest większa dla mieszadła pracującego w ruchu posuwisto-zwrotnym niż w przypadku ruchu obrotowego.

Badania nad intensyfikacją procesu wymiany ciepła w mieszalnikach rozpocząłem od prac nad zastosowaniem prototypowej wkładki mieszającej, zastosowanej w mieszalniku statycznym, który pracował jako wymiennik ciepła. W pracach [H5, H9] przeprowadziliśmy badania dotyczące wpływu warunków hydrodynamicznych na wymianę ciepła dla różnych mieszalników statycznych. W artykule [H5] zdefiniowano nowe kryterium ϵ , które można wykorzystać do porównania wpływu różnych typów mieszadeł statycznych na wymianę ciepła w odniesieniu do warunków hydrodynamicznych. Z kolei celem pracy [H9] było zbadanie sprawności cieplnej nowego typu mieszalnika statycznego i przeanalizowanie (w oparciu o badania eksperymentalne i symulacje numeryczne CFD) lokalnych i globalnych współczynników wnikania ciepła oraz liczby Nusselta. Zbadano również związek między procesem wymiany ciepła a hydrodynamiką w mieszalniku statycznym. Głównym celem przeprowadzonych badań wymiany ciepła było opracowanie i ocena nowych niestandardowych konstrukcji mieszadeł i mieszalników. Kolejnym etapem prac badawczych było opracowanie mieszadła przeanalizowanego w monografii habilitacyjnej [H1].

Badania procesu wnikania ciepła przepływowego mieszalnika wyposażonego w mieszadło wykonujące ruchy posuwisto-zwrotne przedstawiliśmy w pracy [H16]. Tarcza testowanego mieszadła posuwisto-zwrotnego miała wycięte otwory, wewnątrz których zamontowano wirniki, które częściowo obudowano kierownicami. Obrót wirników spowodowany był wymuszeniem przepływu cieczy wskutek ruchu posuwisto-zwrotnego mieszadła. Najlepsze rezultaty wnikania ciepła uzyskaliśmy dla konfiguracji mieszadła, gdzie kierownice wyrzucały strumień cieczy na ogrzewaną ściankę zbiornika. Zaobserwowaliśmy, że współczynnik wnikania ciepła dla tej konfiguracji mieszadła był kilkukrotnie wyższy w porównaniu z konfiguracją kierującą strumień do osi zbiornika.

W monografii [H1] badania intensyfikacji procesu wymiany ciepła zrealizowałem dla instalacji badawczej nr 1 pracującej w reżimie przepływowym (ciecz robocza – woda wodociągowa). Zbiornik mieszalnika zaopatrzonego w cylindryczny płaszcz grzejny zasilany parą wodną. Zestaw czujników do pomiaru temperatury składa się z czujników mierzących temperaturę ścianki wewnątrz zbiornika, czujników służących do pomiaru temperatury wsadu oraz czujników na wlocie i wylocie strumienia cieczy. W oparciu o uzyskane wyniki wyprowadzono bilans cieplny testowanego mieszalnika, umożliwiając wyznaczenie średniej wartości współczynnika wnikania ciepła. Porównując pracę mieszadła pracującego w ruchu obrotowym, posuwisto-zwrotnym oraz w jednoczesnym ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym, można zauważyć, że najlepszy efekt osiągnięto dla mieszadła pracującego w ruchu posuwisto-zwrotnym. Dla mieszadła pracującego w ruchu obrotowym oraz w jednoczesnym ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym otrzymano zbliżone wartości.

Z tematyką modelowania matematycznego mieszalników zetknąłem się po raz pierwszy podczas prac nad rozprawą doktorską dotyczącą mieszalnika z mieszadłem wahadłowym. W pracy [H4] przedstawiliśmy analizę eksperymentalną nowej konstrukcji wkładki mieszającej mieszalnika statycznego. Analiza sygnałów wejściowych i wyjściowych pozwoliła sformułować schemat blokowy modelu matematycznego oraz wyznaczyć funkcję przejścia ze stałymi uzależnionymi od parametrów procesowych. W pracy [H6] oceniliśmy działanie mieszalnika magnetycznego w oparciu o porównanie badań eksperymentalnych rozkładu czasu przebywania (RTD) z opracowanym modelem matematycznym.

W monografii [H1] przedstawiłem modelowanie matematyczne mieszalnika z mieszadłem wykonującym ruch obrotowy, posuwisto-zwrotny oraz jednoczesny ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy. Badania eksperymentalne weryfikujące model przeprowadzono dla instalacji badawczej nr 1 pracującej w reżimie przepływowym. Wlot do mieszalnika znajdował się w osi zbiornika pod powierzchnią swobodną. Wlot wyposażono w system rozpraszający ciecz wokół wału mieszadła. Krzywe rozkładu czasu przebywania RTD wyznaczono metodą chemiczną. Bardzo ważnym problemem w podjętym modelowaniu matematycznym mieszalnika jest dobór struktury blokowej, która możliwie wiernie powiązana jest z hydrodynamiką. Zdecydowałem się wykonać symulacje numeryczne i na podstawie profili prędkości przepływu cieczy w mieszalniku zaproponować strukturę blokową modelu matematycznego [2, 15]. Poszczególne elementy schematu blokowego modelu potraktowano jako obszary idealnego mieszania, które opisano układem równań różniczkowych zwyczajnych liniowych. Na podstawie układu równań opracowano schemat analogowy modelu matematycznego, który zaimplementowano do programu Matlab/Simulink. Poprawność otrzymanych odpowiedzi modelu (tzw. charakterystyk impulsowych) zweryfikowano poprzez porównanie ich z eksperymentalnie otrzymanymi krzywymi RTD. Otrzymane profile prędkości przepływu cieczy w mieszalniku (symulacje CFD), mogą być z powodzeniem użyte do formułowania struktury blokowej modelu matematycznego. Opracowany model pozwolił stwierdzić, że w ruchu obrotowym

może występować cyrkulacja okrężna w mieszanej cieczy pomimo zastosowania przegród w zbiorniku. Dla mieszalnika z mieszadłem pracującym w ruchu posuwisto-zwrotnym stwierdzono, że mieszadło wytwarza cyrkulację osiową w mieszanej cieczy. Natomiast mieszadło pracujące w jednoczesnym ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym powoduje ograniczenia w wytwarzaniu cyrkulacji osiowej oraz okrężnej, jakie występują dla mieszadła pracującego w ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym.

Obszar moich zainteresowań nad zastosowaniem niestandardowych mieszalników dotyczył również mieszalnika strumieniowego nowej konstrukcji, którego jestem współautorem PL219385. W pracy [H15] przeanalizowaliśmy strukturę przepływu przez mieszalnik strumieniowy nowej konstrukcji w oparciu o zarejestrowane krzywe procesów przejściowych. Określiliśmy współczynnik CoV oraz uzależniliśmy go od panujących w mieszalniku warunków hydrodynamicznych. Przeprowadzona analiza urządzenia mieszającego wykazała, że wartości współczynnika CoV silnie zależą od wytwarzanych warunków hydrodynamicznych.

W badaniach mieszalników wykorzystanie entropii informacji do matematycznego opisu rozkładu zmiennych stanu takich jak: stężenie, temperatura, ciśnienie jest w niewielkim stopniu prezentowane w publikacjach naukowych. Dlatego w pracy [H3] zdecydowaliśmy się opracować dane doświadczalne ustalonego procesu wnikania ciepła od ścianki grzejnej do mieszanej cieczy w przepływowym mieszalniku posuwisto-zwrotnym, z wykorzystaniem entropii informacji. Stwierdziliśmy, że burzliwość wytwarzana przez mieszadło i przepływającą przez mieszalnik ciecz nie zawsze wpływa korzystnie na wytwarzanie jednorodnych pól temperatury. Wykazaliśmy, że proces wnikania ciepła w przepływowym mieszalniku z mieszadłem w ruchu posuwisto-zwrotnym korzystnie jest realizować przy dużych przepływach masowych cieczy i niskiej intensywności mieszania lub przy małym przepływie cieczy z jednoczesnym intensywnym mieszaniem. W pracy [H8] badaliśmy mieszanie w mieszalniku magnetycznym za pomocą eksperymentalnego podejścia. Przeprowadziliśmy badanie rozkładu czasu przebywania RTD w mieszalniku magnetycznym, które wykorzystano do określenia entropii informacyjnej. W pracy omówiono metodę obliczania entropii informacyjnej jako miary stopnia zmieszania dla układu przepływowego. Zaobserwowaliśmy, że zdolność mieszania wzrasta wraz ze wzrostem natężenia pola magnetycznego i jest silnie uzależniona od natężenia przepływu ciągłej fazy ciekłej i natężenia pola magnetycznego.

W monografii [H1] przeprowadziłem również badanie stopnia zmieszania z zastosowaniem entropii mieszania dla instalacji badawczych nr 1 i 2 pracujących w reżimie przepływowym. Pomiarów eksperymentalnych wykonano techniką bodziec-odpowiedź, która jest bezpośrednim sposobem otrzymania krzywych RTD. Dla instalacji nr 1 impuls jednostkowy wprowadzono na wlocie w osi zbiornika, w instalacji nr 2 na trzech wysokościach wsadu zbiornika. Rejestrację sygnału prowadziłem na wylocie z mieszalnika. Największe wartości stopnia zmieszania M uzyskałem dla mieszalnika wyposażonego w mieszadło pracujące w ruchu obrotowym (instalacja badawcza nr 1). Mieszadło

wprawione w ruch posuwisto-zwrotny osiąga zbliżone wartości stopnia mieszania M do wyników uzyskanych dla mieszadła pracującego w ruchu obrotowym. Stosunkowo duże wartości stopnia zmieszania M osiągane są również dla mieszadła pracującego w jednoczesnym ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym. Są one jednak nieznacznie niższe w porównaniu z rezultatami uzyskanymi dla mieszadła pracującego w ruchu obrotowym i posuwisto-zwrotnym. Dla instalacji badawczej nr 2 można zauważyć, że wartości M zmieniają się w zależności od objętościowego natężenia przepływu płynu przez mieszalnik oraz od ruchu wykonywanego przez mieszadło. Można również zauważyć, że istnieją różnice w wartościach M wynikające z lokalizacji punktu dozowania znacznika. Uzyskane wyniki prowadzą do wniosku, że zdolność mieszania w testowanych aparatach zależy głównie od typu wykonywanego ruchu przez mieszadło, konfiguracji geometrycznej mieszadła, punktu dozowania znacznika oraz od objętościowego natężenia przepływu cieczy.

Podsumowanie – elementy nowości naukowej osiągnięcia głównego

Za główne oryginalne osiągnięcia przeprowadzonych badań uznają:

1. Opracowanie rozwiązania konstrukcyjnego mieszalnika, które może być z powodzeniem zastosowane do realizacji procesu mieszania cieczy mieszadłem pracującym w jednoczesnym ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym.
2. Wykazanie, że badane mieszadło jest skuteczne również podczas pracy wyłącznie w ruchu posuwisto-zwrotnym lub obrotowym.
3. Udowodnienie, że zastosowanie mieszadła pracującego w jednoczesnym ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym jest korzystne z punktu widzenia homogenizacji płynu.
4. Wykazanie, że synergiczny ruch mieszadła (jednoczesny ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy) wpływa korzystnie na uzyskiwane wartości współczynnika charakteryzującego transport masy w układzie gaz–ciecz.
5. Stwierdzenie, że mieszadło pracujące jednocześnie w ruchu posuwisto-zwrotnym i obrotowym powoduje uzyskanie większych wartości powierzchniowego współczynnika wnikania masy dla układu ciało stałe–ciecz w porównaniu z wynikami uzyskanymi w przypadku realizacji procesu wymiany masy w mieszalniku wyposażonym w mieszadło wykonujące ruch obrotowy lub posuwisto-zwrotny.
6. Wykazanie, że największe wartości uśrednionego współczynnika wnikania ciepła uzyskano dla badanej konstrukcji mieszadła poruszającego się w ruchu posuwisto-zwrotnym.
7. Opracowanie modelu matematycznego, którego struktura blokowa powstała w oparciu o symulacje numeryczne CFD jest ściśle powiązana z hydrodynamiką mieszalnika.
8. Przeprowadzenie analizy procesu mieszania w testowanych konstrukcjach w oparciu o informacyjny stopień zmieszania. Kryterium to opracowane zostało w oparciu o definicję

entropii informacji zaproponowanej przez Shannona. Kryterium to może być z powodzeniem zastosowane do oceny procesu mieszania w układach przepływowych.

9. Opracowanie zależności korelacyjnych, które mogą być pomocne w projektowaniu rozwiązań konstrukcyjnych tego typu mieszadeł.

Cytowana literatura

- [1] Ascanio G., Castro B., Galindo E., Measurement of Power Consumption in Stirred Vessels – A Review, *Chem. Eng. Res. Des.*, 2004, 82, 9, 1282–1290.
- [2] Bermingham S.K., Kramer H.J.M. Rosmalen G.M., Towards on-scale crystalliser design using compartmental models, *Computers & Chemical Engineering*, 1998, 22, 355–362.
- [3] Bouaifi M., Roustan M., Power consumption, mixing time and homogenisation energy in dual-impeller agitated gas–liquid reactors, 2001, *Chem. Eng. Process.*, 2001, 40, 87–95.
- [4] Chapple D., Kresta S.M., Wall A., Afacan A., The Effect of Impeller and Tank Geometry on Power Number for a Pitched Blade Turbine, *Chem. Eng. Res. Des.*, 2002, 80, 4, 364–372.
- [5] Dietrich T.R., *Microchemical Engineering in Practice*, Hoboken, Wiley 2009, ISBN 978-0-470-23956-8.
- [6] Gajos M., *Opis patentowy jako źródło informacji*, Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego 2000, ISBN 83-226-0989-2.
- [7] Gierczycki A., Dzido G., Kocurek J., Badania mieszalnika wibracyjnego, *Inż. Ap. Chem.*, 2002, 4, 47–48.
- [8] Hirata Y., Dote T., Inoue Y., Contribution of suspended particles to fluid mixing in recipro-mixing with a disk impeller, *Chem. Eng. Res. Des.*, 2009, 87, 4, 430–436.
- [9] Hirata Y., Dote T., Yoshioka T., Komoda Y., Inoue Y., Performance of chaotic mixing caused by reciprocating a disk in a cylindrical vessel, *Chem. Eng. Res. Des.*, 2007, 85, 576–582.
- [10] Jaworski Z., Bujalski W., Otomo N., Nienow A. W., CFD study of homogenization with dual Rushton turbines-comparison with experimental results part I: initial studies, *Trans IChemE*, 2000, 78, 327–333.
- [11] Kamiński J., Wojtowicz R., Szykowski S., Charakterystyki mocy pełnych i perforowanych mieszadeł tarczowych, *Inż. Ap. Chem.*, 2005, 44, 5, 28–31.
- [12] Kamiński J., Wójtowicz R., Dispersion of liquid–liquid systems in a mixer with a reciprocating agitator, *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, 2003, 42, 12, 1007–1017.
- [13] Kannan A., Khan Pathan S., Enhancement of solid dissolution process, *Chem. Eng. J.*, 2004, 102, 45–49.
- [14] Karcz J., Major M., An Effect of a Baffle Length on the Power Consumption in an Agitated Vessel, *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, 1998, 37, 3, 249–256.
- [15] Kougoulos E., Jones A.G., Wood-Kaczmar M., CFD modelling of mixing and heat transfer in batch cooling crystallizers Aiding the Development of a Hybrid Predictive Compartmental Model, *Chem. Eng. Res. Des.*, 2005, 83, 30–39.
- [16] Masiuk S., Mudrak R., Damra T., Saadeh J., Mieszalniki wibracyjne, *Inż. Ap. Chem.*, 1996, 2, 21–24.
- [17] Masiuk S., Power consumption measurements in a liquid vessel that is mixed using a vibratory agitator, *Chem. Eng. J.*, 1999, 75, 161–165.
- [18] Masiuk S., Rakoczy R., Heat transfer in a mixing vessel with various types of vibratory agitator, *Inż. Ap. Chem.*, 206, 27,2, 485–494.
- [19] Masiuk S., Rakoczy R., Power consumption, mixing time, heat and mass transfer measurements for liquid vessels that are mixed using reciprocating multiplates agitators, *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, 2007, 46, 2, 89–98.
- [20] Ni X., Mackley M.R., Harvey A.P., Stonestreet P., Baird M.H.I., Rama Rao N.V., Mixing Through Oscillations and Pulsations – A Guide to Achieving Process Enhancements in the Chemical and Process Industries, *Chem. Eng. Res. Des.*, 2003, 81, 3, 373–383.
- [21] Pyrża A., *Poradnik wynalazcy*, Warszawa, UPRP 2009, ISBN 978-83-913279-5-1.
- [22] Rakoczy R., *Analiza teoretyczno-doświadczalna wpływu wirującego pola magnetycznego na wybrane operacje i procesy inżynierii chemicznej*, Szczecin, Wydawnictwo Uczelniane ZUT w Szczecinie 2011, ISBN 978-83-7663-074-8.
- [23] Rakoczy R., Enhancement of solid dissolution process under the influence of rotating magnetic field, *Chem. Eng. Process.*, 2010, 49, 42–50.
- [24] Scargiali F., Busciglio A., Grisafi F., Brucato A., Simplified dynamic pressure method for $k_{L,a}$ measurement in aerated bioreactors, *Biochem. Eng. J.*, 2010, 49, 165–172.
- [25] Stręk F., *Mieszanie i mieszalniki*, Warszawa, WNT 1981, ISBN 83-204-0289-1.
- [26] Woźniowski S., Słowiński J., Power Requirements for Yield Stress Fluids in a Vessel with Forward-Reverse Rotating Impeller, *Procedia Eng.*, 2012, 42, 1437–1444.
- [27] Zlokarnik M., *Stirring Theory and Practice*, Wiley-VCH 2001, ISBN 9783527299966.

V. Zestawienie ilościowe dorobku naukowego

W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora byłem współautorem 1 pełnotekstowej pracy w recenzowanym krajowym czasopiśmie naukowym i 3 prac opublikowanych w materiałach z konferencji zagranicznych i krajowych.

Mój całkowity dorobek naukowy (przed i po doktoracie) obejmuje 60 publikacje (w tym 30 w czasopiśmie z listy Journal Citation Reports, JCR), z czego 30 przypada na okres po uzyskaniu stopnia naukowego doktora.

Tab. 2 Zestawienie ilościowe dorobku naukowego przed i po uzyskaniu stopnia doktora

Lp.	Dorobek naukowy	Przed doktoratem	Po doktoracie
1.	Liczba prac z bazy JCR	–	30
2.	Liczba prac spoza bazy JCR	1	29
3.	Sumaryczny IF z roku publikacji	–	43,366
4.	Sumaryczny IF dla okresu pięcioletniego (2016)	–	52,798
5.	Sumaryczny MNiSW z roku publikacji	4	773
6.	MNiSW z roku publikacji /autora	2	181,310
7.	Pełnotekstowe materiały z konferencji zagranicznych	2	30
8.	Pełnotekstowe materiały z konferencji krajowych	1	17
9.	Rozdziały w książkach	–	5
10.	Udzielone patenty	–	14
11.	Zgłoszenia patentowe krajowe	–	30
12.	Zgłoszenia patentowe europejskie	–	1
13.	Recenzje publikacji w czasopiśmie krajowym (Inżynieria i Aparatura Chemiczna)	–	2
14.	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science		82
15.	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science bez autocytowań		46
16.	Indeks Hierscha według bazy ICI Web of Science		6

Byłem promotorem pomocniczym 1 obronionej pracy doktorskiej i jestem promotorem pomocniczym w 1 otwartym przewodzie doktorskim. Zostałem pięciokrotnie nagradzany nagrodami za działalność naukową przez JM Rektora.

Moja współpraca z firmą ESC Global Sp. z o.o. będącej liderem w produkcji środków chemicznych do kondycjonowania wody przemysłowej w Polsce i jednym z czołowych w Europie umożliwiła odbycie pobytu stażowego (w okresie od 01 czerwca do 30 września 2016 r.), wykonanie ekspertyz (w okresie od 01.10.2016 r. do 5.11.2017 r.) oraz wdrożenia do linii produkcyjnej ESC Global Sp. z o.o. prototypowego mieszalnika oraz dwóch zgłoszeń patentowych prototypowego mieszadła i mieszalnika [II.C40, II.C41].

Andrzej Kordas

