Autoreferat

wraz z opisem dzieła

opublikowanego w całości oraz wykazem prac stanowiących cykl publikacji powiązanych tematycznie

Załącznik 3

do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego z obszaru dziedziny nauk technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria chemiczna

dr inż. Magdalena Cudak

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

al. Piastów 42

71-065 Szczecin

Tel.: 91 449 41 77

e-mail: cudak@zut.edu.pl

24.05.2016

SPIS TREŚCI

Str.

1. Dane osobowe..... 3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe..... 3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych..... 3
4. Praca zawodowa i działalność naukowo-badawcza 4
4.1. Praca zawodowa i działalność naukowo-badawcza przed uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych..... 5
4.2. Praca zawodowa i działalność naukowo-badawcza po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych..... 6
4.3. Podsumowanie całości dorobku publikacyjnego..... 9
5. Opis osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę wniosku o przeprowadzenie postępowania..... 10
5.1. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe będące podstawą wniosku... 10
5.2. Opis osiągnięcia naukowego będącego podstawą wniosku..... 12
6. Charakterystyka działalności dydaktycznej..... 19
7. Charakterystyka działalności organizacyjnej 20
8. Charakterystyka działalności popularyzatorskiej..... 21

1. Dane osobowe

Imię i Nazwisko: **Magdalena Barbara Cudak**
Data urodzenia: 25.02.1975 r. w Szczecinie
Obecnie zajmowane stanowisko: adiunkt
Miejsce pracy: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej,
Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska
al. Piastów 42, 71-065 Szczecin
tel.: 91 449 41 77; e-mail: cudak@zut.edu.pl

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- magister inżynier, 1.06.1999 r., Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej;
- doktor nauk technicznych, 18.10.2004 r., Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, 2004 r. Tytuł pracy doktorskiej: *Wymiana ciepła i pędu w mieszalniku z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem*;
- dyplom ukończenia dwusemestralnych studiów podyplomowych *Zarządzanie projektem badawczym i komercjalizacja wyników badań* na Uniwersytecie Szczecińskim (09.2011-06.2012);
- certyfikat *Certified Project Management Associate IPMA Level D*, numer 395/2012, ważny do 13.07.2017. Certyfikat wydawany przez Biuro Certyfikacji IPMA Polska;
- dyplom ukończenia trzysemestralnego studium pedagogicznego dla studentów (1.10.1997-31.03.1999)

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Etatową pracę zawodową rozpoczęłam w dniu 1 września 2004 roku w Zakładzie Inżynierii Chemicznej i Procesów Reaktorowych na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej. W okresie 01.09.2004 – 30.11.2004 byłam zatrudniona na stanowisku asystenta. Od 1 grudnia 2004 r. do chwili obecnej jestem zatrudniona w tej jednostce (po zmianie nazwy uczelni w 2009 r. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie) na stanowisku adiunkta.

4. Praca zawodowa i działalność naukowo-badawcza

Moje zainteresowania naukowe są związane z badaniami procesów wymiany pędu, ciepła i masy w mieszanych mechanicznie układach jedno- i wielofazowych. Obejmują one zwłaszcza:

a) doświadczalne badania intensywności i efektywności wymiany ciepła w mieszalnikach o różnej konstrukcji;

b) doświadczalne badania mocy mieszania dla mieszadeł o różnej konstrukcji (pojedynczych lub układów mieszadeł na wspólnym wale);

c) doświadczalne badania wpływu niecentrycznego usytuowania wału mieszadła na przebieg procesów przenoszenia pędu, ciepła i masy w mieszalniku;

d) doświadczalne badania intensywności wnikania masy w mieszanych mechanicznie układach dwufazowych gaz-ciecz oraz trójfazowych gaz-ciało stałe-ciecz;

e) matematyczne modelowanie procesów wymiany pędu, ciepła i masy w ciekłych układach jednofazowych (newtonowskich i nienewtonowskich) oraz układach dwu- i trójfazowych;

f) doświadczalne badania mieszanych mechanicznie układów wielofazowych z udziałem fazy biologicznej;

g) modelowanie numeryczne procesów przenoszenia pędu i masy w mieszanych mechanicznie układach wielofazowych.

Realizacja tych badań była możliwa dzięki pracy w bardzo dobrze wyposażonym w aparaturę laboratorium procesów mieszania, kierowanym przez prof. dr hab. inż. Fryderyka Stręka, a następnie przez prof. dr hab. inż. Joannę Karcz. W badaniach stosowałam różne zaawansowane metody pomiarowe, umożliwiające pomiary wielkości globalnych dla całego aparatu, jak i wielkości lokalnych, pozwalających na określenie rozkładów tych wielkości w objętości płynu w mieszalniku (lub bioreaktorze), lub na powierzchni wymiany (ściany aparatu). Przykładowo, są to takie metody jak: metoda tensometryczna pomiaru momentu obrotowego, wspomagana komputerowo metoda elektrochemiczna, metoda termiczna pomiaru współczynnika wnikania ciepła, metoda spektrofotometryczna do pomiaru wartości absorbancji. Do statystycznego opracowania doświadczalnych wyników stosowałam, między innymi program Statistica. Symulacje numeryczne wykonywałam przy użyciu komercyjnego oprogramowania ANSYS-CFX.

Mój dotychczasowy dorobek obejmuje **51** publikacji, w tym: rozprawę doktorską, **1** monografię, **1** rozdział w monografii, **17** publikacji uwzględnionych w bazie Journal Citation Reports, **14** publikacji w innych recenzowanych czasopismach naukowych znajdujących się na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz **17** publikacji

w krajowych i międzynarodowych pełnotekstowych materiałach konferencyjnych. Wyniki badań były prezentowane przeze mnie na **17** konferencjach naukowych, w tym **5** międzynarodowych oraz **12** krajowych.

4.1. Praca zawodowa i działalność naukowo-badawcza przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

W czerwcu 1999 r. ukończyłam z oceną bardzo dobrą, rozpoczęte w październiku 1994 roku, studia magisterskie na kierunku *Inżynieria chemiczna i procesowa* na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej. Pracę dyplomową pt. *Wnikanie ciepła w ogrzewanym płaszczowo mieszalniku cieczy* realizowałam w Zakładzie Inżynierii i Aparatury Chemicznej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Joanny Karcz. Recenzentem mojej pracy magisterskiej był prof. dr hab. inż. Fryderyk Stręk. Badania przedstawione w pracy magisterskiej miały na celu analizę intensywności i efektywności wnikania ciepła w ogrzewanym płaszczowo mieszalniku, wyposażonym w jedno lub dwa mieszadła nowego typu (A 315, HE 3, INTERMIG). Wyniki badań wykonanych w ramach pracy magisterskiej zostały opublikowane w artykule w recenzowanym czasopiśmie krajowym [D1].

Po ukończeniu studiów magisterskich, z dniem 1. października 1999 r., rozpoczęłam studia doktoranckie na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej. Promotorem mojej pracy doktorskiej pt. *Wymiana ciepła i pędu w mieszalniku z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem*; była prof. dr hab. inż. Joanna Karcz. Dotychczas w literaturze przedmiotu dostępne były szczegółowe badania wpływu różnych parametrów na intensywność i efektywność wnikania ciepła oraz moc mieszania w zbiorniku z przegrodami i centralnie umieszczonym mieszadłem. W niektórych przypadkach obecność przegród jest jednak niewskazana. Na przykład, w układach o większej lepkości zachowanie odpowiedniej sterylności układu w obrębie przegród jest utrudnione i wiąże się ze zwiększonymi kosztami. Brak przegród w tym przypadku wpłynąłby na zmniejszenie kosztów pracy w takim układzie, ale jednocześnie pojawiłby się lej pogarszający warunki pracy mieszalnika. Rozwiązaniem tego problemu jest usunięcie przegród przy jednoczesnym przesunięciu wału mieszadła na pozycję niecentryczną. W literaturze brak było szczegółowych informacji dotyczących takiej niecentrycznej pozycji wału, w której można uzyskać porównywalne (lub lepsze) warunki pracy takiego mieszalnika w stosunku do zbiornika z przegrodami i centralnie usytuowanym mieszadłem.

Celem badań realizowanych w pracy doktorskiej była doświadczalna analiza procesów przenoszenia ciepła i pędu w obszarze przyściennym ogrzewanego płaszczowo mieszalnika z niecentrycznie usytuowanym mieszadłem śmigłowym lub HE 3. Została ona przeprowadzona na podstawie wyników doświadczalnych badań wnikania ciepła i mocy mieszania w mieszalniku o objętości roboczej ok. (0,036 $m^3 \div 0,107$ m^3), uzyskanych dla wielkości globalnych (średnich dla całego aparatu). Na podstawie tych wyników przeprowadziłam ilościową ocenę wpływu niecentrycznego położenia wału mieszadła na intensywność wnikania ciepła oraz moc mieszania. Na podstawie kryterium energetycznego oszacowałam wpływ niecentrycznego położenia wału mieszadła na efektywność procesu wnikania ciepła i wyznaczyłam najbardziej korzystne warunki wymiany ciepła pod względem energochłonności układu. Stosując elektrochemiczną metodę pomiarów lokalnych określiłam także osiowe i kątowe rozkłady współczynników oporu oraz wnikania ciepła na cylindrycznej ściance zbiornika z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem. Uzyskane wyniki badań umożliwiły lokalizację stref o różnej intensywności wymiany ciepła i pędu w obszarze przyściennym mieszalnika z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem HE 3 lub śmigłowym. Wyniki prac stanowiące przedmiot badań w rozprawie doktorskiej zostały opublikowane w trzech artykułach z listy filadelfijskiej [C1-C3], w jednym artykule w recenzowanym czasopiśmie krajowym [D2] oraz w sześciu materiałach z konferencji międzynarodowych [E1-E6].

Badania wykonywane w ramach pracy doktorskiej uzyskały częściowe dofinansowanie Komitetu Badań Naukowych w postaci dwóch grantów w kategorii projektów badawczych dla młodego badacza (1.08.2001 do 31.07.2002) oraz grantu promotorskiego (21.10.2003 do 20.10.2004).

Jeszcze w czasie wykonywania pracy doktorskiej, od 1. września 2004, zostałam zatrudniona w Zakładzie Inżynierii Chemicznej i Procesów Reaktorowych na stanowisku asystenta. 18 października 2004 roku obroniłam przed Radą Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej rozprawę doktorską pt. *Wymiana ciepła i pędu w mieszalniku z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem*. Za pracę doktorską otrzymałam nagrodę indywidualną II stopnia JM Rektora Politechniki Szczecińskiej.

4.2. Praca zawodowa i działalność naukowo-badawcza po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Po obronie pracy doktorskiej od 1. grudnia 2004 r. zostałam zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Inżynierii Chemicznej i Procesów Reaktorowych na Wydziale

Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej (obecnie Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie). W początkowym okresie pracy na tym stanowisku kontynuowałam badania wpływu różnych parametrów na wymianę ciepła i pędu w mieszalniku z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem. W wyniku tych badań oraz badań uzyskanych w ramach pracy doktorskiej powstały kolejne publikacje: rozdział w monografii [B1], osiem publikacji w czasopismach uwzględnionych w bazie Journal Citation Reports, takich jak: *Chemical Engineering Science* (IF_{2005} = 1,735) [C13], *Chemical Papers* (IF_{2006} = 0,36; IF_{2008} = 0,758; IF_{2011} = 1,096) [C12; C10; C8], *Inżynieria Chemiczna i Procesowa* (IF_{2006} = 0,098; IF_{2008} = 0,199) [C11; C9], *Industrial and Engineering Chemistry Reaearch* (IF_{2011} = 2,237) [C7], *Experimental Thermal and Fluid Science* (IF_{2013} = 2,08) [C5], cztery artykuły w recenzowanych czasopismach krajowych (*Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, *Polish Journal of Chemical Technology*) [D3-D6] oraz dziewięć pełnotekstowych materiałów z konferencji zagranicznych [E7-E11; E14] oraz krajowych [E15-E17]. Wyniki badań wpływu niecentrycznego położenia wału mieszadła, średnicy mieszadła, wysokości słupa cieczy oraz położenia punktu pomiarowego na cylindrycznej ścianie zbiornika na średnie i lokalne wartości współczynnika wnikania pędu i ciepła w mieszalniku z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem opracowałam w postaci następujących zależności:

- dla mieszalnika z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem (turbinowym Rushtona, A 315, HE 3, śmigłowym) [C9; C10; C13]

$$Nu = C \cdot Re^{0,67} \cdot Pr^{0,33} \cdot f\left(\frac{e}{R}\right) \cdot f\left(\frac{z}{H}\right) \cdot \left(\frac{\varphi}{2\pi}\right)$$

- dla mieszalnika z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem (HE3) [C11]

$$Nu = C_1 \cdot Re_{P,V}^{0,22} \cdot Pr^{0,33} \cdot Vi^{0,14} \cdot f\left(\frac{e}{R}\right) \cdot f\left(\frac{H}{D}\right) \cdot f\left(\frac{d}{D}\right)$$

- dla mieszalnika z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem (HE 3, śmigłowym) [C7]

$$\frac{\gamma}{n} = C \cdot Re^{A} \cdot f_1\left(\frac{e}{R}\right) \cdot f_2\left(\frac{z}{H}\right) f_3 \cdot \left(\frac{\varphi}{2\pi}\right)$$

$$f = C \cdot Re^{A} \cdot f_1\left(\frac{e}{R}\right) \cdot f_2\left(\frac{z}{H}\right) f_3 \cdot \left(\frac{\varphi}{2\pi}\right)$$

- dla mieszalnika z niecentrycznie zabudowanym mieszadłem (turbinowym Rushtona, turbinowym Smitha, A 315, HE 3, śmigłowym) [C5; C8]

$$\frac{\gamma}{n} = C \cdot Re_{P,M}^{A} \cdot f_1\left(\frac{e}{R}\right)$$

$$f = C \cdot Re_{P,M}^{A} \cdot f_1\left(\frac{e}{R}\right)$$

Brałam również udział w doświadczalnych badaniach wpływu różnych parametrów na przebiegające w bioreaktorze procesy wymiany masy ([C6], [E12]) i ciepła [C4] w układach dwufazowym oraz trójfazowym. Wykaz publikacji z zakresu poza powiązanymi tematycznie publikacjami stanowiącymi podstawę wniosku został zamieszczony w Załączniku 5.

Bazując na moich dotychczasowych doświadczeniach jako eksperymentatora postanowiłam zająć się bardziej szczegółowymi badaniami wpływu obecności fazy biologicznej na przebieg procesów wymiany pędu i masy w mieszanym mechanicznie układzie dwufazowym ciecz-gaz. Jednym z ważniejszych czynników w przypadku procesów biologicznych przebiegających w bioreaktorze jest dobór odpowiednich warunków pracy. W literaturze przedmiotu jest wiele informacji dotyczących ogólnych warunków (temperatury, pH, stężenia tlenu lub azotu), jakie powinny panować w bioreaktorze. Brak jest jednak szczegółowych informacji, czy zmiana tych parametrów istotnie wpływa na rozkłady liczby i wielkości komórek mikroorganizmów (np. drożdży) w czasie prowadzenia procesu. W przypadku bioreaktora z mieszaniem mechanicznym ważny jest również dobór odpowiednich parametrów operacyjnych (częstości obrotów mieszadła, natężenia przepływu gazu, typu mieszadła) na przyrost mikroorganizmów w czasie trwania bioprocesu.

Eksperymentalne i numeryczne badania przeprowadzone w tym okresie pracy miały na celu analizę wpływu wybranych parametrów (typu mieszadła, częstości obrotów mieszadła n, natężenia przepływu gazu V_g, stężenia x wodnego roztworu sacharozy oraz stężenia c zawiesiny drożdży) na przebiegające w bioreaktorze procesy w układzie dwufazowym powietrze-wodny roztwór sacharozy oraz w układzie trójfazowym zawiesina drożdży-powietrze-wodny roztwór sacharozy. Badania doświadczalne wykonałam w zbiorniku wielkolaboratoryjnym (średnica wewnętrzna bioreaktora D = 0,288 m lub 0,634 m) z czterema standardowymi przegrodami. Objętość robocza bioreaktora o średnicy D = 0,634 m wynosiła 0,2 m^3, natomiast bioreaktora o średnicy D = 0,288 m była równa 0,02 lub 0,04 m^3. Testowane w badaniach układy wielofazowe mieszałam za pomocą jednego lub dwóch montowanych na wspólnym wale mieszadeł szybkoobrotowych: turbinowego Rushtona, turbinowego Smitha lub mieszadła A 315. Na podstawie obszernych eksperymentalnych i numerycznych badań procesów przenoszenia w bioreaktorze z mieszadłem otrzymałam wielkości globalne (średnie) dla całego układu w bioreaktorze oraz wielkości lokalne umożliwiające określenie ich rozkładów w objętości układu. Wyniki tych badań zostały opublikowane w monografii [H1], w czterech artykułach w czasopismach uwzględnionych

w bazie Journal Citation Reports [H2-H5] oraz ośmiu artykułach w recenzowanych czasopismach krajowych [H6-H13]. Zestawienie prac stanowiących podstawę wniosku zamieściłam w punkcie 5.1, natomiast szczegółowy opis wyników przedstawionych w tych publikacjach zamieściłam w punkcie 5.2 niniejszego wniosku

4.3. Podsumowanie całości dorobku naukowego

Mój dotychczasowy dorobek, uwzględniający prace przed uzyskaniem stopnia doktora obejmuje **51** publikacji, w tym: rozprawę doktorską, 1 monografię, **1** rozdział w monografii, **17** publikacji uwzględnionych w bazie Journal Citation Reports, **14** publikacji w innych recenzowanych czasopismach naukowych znajdujących się na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz **17** publikacji w krajowych i międzynarodowych pełnotekstowych materiałach konferencyjnych. Wyniki badań były prezentowane przeze mnie na **17** konferencjach naukowych, w tym **5** międzynarodowych oraz **12** krajowych.

Sumaryczny współczynnik IF wszystkich publikacji (przed i po doktoracie) z roku publikacji wynosi **15,511**, IF przypadający na autora **7,882**. Całkowita liczba punktów, obliczona na podstawie wykazu czasopism podanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego z roku wydania publikacji, wynosi **385,** liczba punktów po uwzględnieniu procentowego udziału habilitanta: **224,93**.

Według danych bibliograficznych zawartych w bazie *Web of Science* (z dnia 18.05.2016r.) moje prace były cytowane 105 razy (67 razy bez autocytowań) a indeks Hirscha wynosi h = 5.

Mój dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora obejmuje:

- **1** monografię,
- **1** rozdział w monografii,
- **14** publikacji w czasopismach naukowych uwzględnionych w bazie Journal Citation Reports,
- **12** publikacji opublikowanych w innych recenzowanych czasopismach naukowych znajdujących się na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego,
- **11** publikacji w materiałach konferencyjnych,
- **1** zgłoszenie patentowe

Sumaryczny współczynnik IF z roku wydania publikacji wynosi **14,365,** IF przypadający na autora: **7,309.** Liczba punktów według listy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

z roku wydania publikacji wynosi **353**, a liczba punktów po uwzględnieniu procentowego udziału habilitanta: **209,21**.

5. Opis osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę wniosku o przeprowadzenie postępowania

Za osiągnięcie naukowe, które stanowi podstawę wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego z obszaru dziedziny nauk technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria chemiczna, w rozumieniu art. 16 ust. 2 z 14 marca 2003 r. o zmianie ustawy "Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz niektórych innych ustaw" (Dz. U. nr 65 poz. 595 ze zm.) uważam dzieło opublikowane w całości pt.

Eksperymentalna i numeryczna analiza procesów przenoszenia w układach biofaza-gaz-ciecz w bioreaktorze z mieszadłem

(Wydawnictwo BEL Studio, Wydanie I, Warszawa, 2016, ISBN 978-83-7798-601-1)

oraz cykl publikacji powiązanych tematycznie, na który składają się:

- 4 artykuły w czasopismach naukowych uwzględnionych w bazie Journal Citation Reports (JCR)
- 8 artykułów opublikowanych w innych recenzowanych czasopismach naukowych nieuwzględnionych w JCR.

Szczegółowy wykaz prac został przedstawiony w punkcie 5.1. W tym punkcie została podana informacja o współczynniku *impact factor* z roku opublikowania artykułu, liczba punktów ministerialnych z roku opublikowania artykułu oraz informacja o moim udziale w danej publikacji. W Załączniku 4 zostały zamieszczone oświadczenia współautorów o ich udziale w poszczególnych publikacjach, natomiast w Załączniku 7 przedłożone zostały kopie powiązanych tematycznie publikacji.

5.1. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art. 16 ust. 2 ustawy

Autorstwo w monografii

[H1] **Cudak M.**, *Eksperymentalna i numeryczna analiza procesów przenoszenia w układach biofaza-gaz-ciecz w bioreaktorze z mieszadłem.* Wydawnictwo BEL Studio, Warszawa 2016, ISBN 978-83-7798-601-1
Mój udział: 100%; (autor koncepcji badań, wykonanie badań, opracowanie wyników badań, analiza i interpretacja wyników, przygotowanie publikacji)

Publikacje w czasopismach naukowych uwzględnionych w bazie Journal Citation Reports (JCR)

[H2] **Cudak M.,** Hydrodynamic characteristics of mechanically agitated air – aqueous sucrose solutions. *Chemical and Process Engineering*, 2014, 35, 1, 97-107
IF(2014) = 0,653; MNiSW(2014) = 15.
Mój udział: 100%; (autor koncepcji badań, wykonanie badań, opracowanie wyników badań, analiza i interpretacja wyników, przygotowanie publikacji)

[H3] **Cudak M.,** Charakterystyki procesowe dla mieszanego mechanicznie układu ciecz-gaz w zakresie przepływu burzliwego. *Przemysł Chemiczny*, 2011, 90, 9, 1000-1004
IF(2011) = 0,414; MNiSW(2011) = 20.
Mój udział: 100%; (autor koncepcji badań, wykonanie badań, analiza i interpretacja wyników badań, analiza i interpretacja wyników, przygotowanie publikacji)

[H4] Musiał M., Karcz J., **Cudak M.,** Zastosowanie metody CFD do analizy hydrodynamiki w mieszalniku z przegrodami i mieszadłem CD 6. *Przemysł Chemiczny*, 2014, 93, 9, 1599-1603
IF(2014) = 0,399; MNiSW(2014) = 15.
Mój udział: 45%; (udział w interpretacji wyników i opracowaniu publikacji)

[H5] **Cudak M.,** Kiełbus-Rąpała A., Major-Godlewska M., Karcz J., Influence of different factors on momentum transfer process in mechanically agitated multiphase systems. *Chemical and Process Engineering*, 2016, 37, 1, 41-53
IF(2014) = 0,653; MNiSW = 15.
Mój udział: 25%; (współautor koncepcji badań, udział w wykonaniu badań doświadczalnych, udział w przygotowaniu publikacji)

Artykuły opublikowane w innych recenzowanych czasopismach naukowych nieuwzględnionych w JCR (znajdujących się na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego)

[H6] **Cudak M.,** Rozdeba M.: Analiza wpływu wybranych parametrów na udział gazu zatrzymanego w cieczy dla układu biofaza-gaz-ciecz w mieszalniku z dwoma mieszadłami. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2016, 55, 2, 50-51
MNiSW(2014) = 7.
Mój udział: 80%; (autor koncepcji badań, wykonanie obliczeń, analiza i interpretacja wyników badań, udział w przygotowaniu publikacji)

[H7] Musiał M., **Cudak M.,** Karcz J., Udział gazu zatrzymanego w cieczy dla układu ciecz-gaz-biofaza w bioreaktorze z mieszadłem CD 6. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2015, 54, 4, 182-183
MNiSW(2015) = 7.
Mój udział: 50%; (udział w analizie i interpretacji wyników badań, udział w przygotowaniu publikacji)

[H8] **Cudak M.,** Cieślik J.: Experimental analysis of the chosen parameters effects on a gas hold up for mechanically agitated two- or three-phase systems. *Technical Transations, Chemistry (Czasopismo Techniczne)*, 2014, 2-Ch, 11-18
MNiSW(2014) = 6.

Mój udział: 80%; (autor koncepcji badań, wykonanie obliczeń, analiza i interpretacja wyników badań, przygotowanie publikacji)

[H9] **Cudak M.:** Analiza wpływu wybranych parametrów na udział gazu zatrzymanego w cieczy dla układu ciecz-gaz-biofaza. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2014, 53, 1, 13-14
MNiSW(2014) = 5.
Mój udział: 100%; (autor koncepcji badań, wykonanie badań, analiza i interpretacja wyników badań, analiza i interpretacja wyników, przygotowanie publikacji)

[H10] **Cudak M.,** Analiza wpływu wybranych parametrów na moc mieszania dla układu ciecz-gaz-biofaza w mieszalniku. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2012, 51(43), 6, 305-306
MNiSW(2012) = 5.
Mój udział: 100%; (autor koncepcji badań, wykonanie badań, analiza i interpretacja wyników badań, analiza i interpretacja wyników, przygotowanie publikacji)

[H11] **Cudak M.,** Możliwości zastosowania bilansu populacji do wybranych bioprocesów. *Inżynieria i Aparatura Che*miczna, 2009, 48(40), 3, 34-35
MNiSW(2009) = 6.
Mój udział: 100%; (opracowanie koncepcji pracy, wykonanie przeglądu literatury, przygotowanie publikacji)

[H12] **Cudak M.,** Bitenc M., Analiza modeli matematycznych bilansu populacji komórek. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2009, 48(40), 3, 36-37
MNiSW(2009) = 6.
Mój udział: 90%; (opracowanie koncepcji pracy, wykonanie przeglądu literatury, udział w przygotowaniu publikacji)

[H13] **Cudak M.,** Bitenc M., Charakterystyka metod numerycznych stosowanych do rozwiązywania bilansu populacji komórek, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2009, 48(40), 3, 38-39
MNiSW(2009) = 6.
Mój udział: 90%; (opracowanie koncepcji pracy, wykonanie przeglądu literatury, udział w przygotowaniu publikacji)

5.2. Opis osiągnięcia naukowego

W mieszanych mechanicznie układach wielofazowych zdyspergowanie faz rozpraszanych w fazie ciągłej determinuje przebieg procesów transportu pędu, masy i ciepła w układzie. Jeżeli jedną z rozpraszanych w układzie faz jest biofaza (faza biologiczna) przebieg tych procesów może być jeszcze bardziej złożony, gdyż właściwości biofazy mogą ewoluować w czasie ze względu na obecność czynnika biologicznego w układzie. Z powodu zmienności właściwości biofazy w układzie trójfazowym zastosowanie do takiego układu wyników badań uzyskanych dla modelowych układów trójfazowych cząstki ciała stałego-gaz-ciecz może być obarczone poważnymi błędami. Istotne znaczenie ma więc w tym przypadku wiedza na temat

wpływu obecności czynnika biologicznego na procesy przenoszenia w mieszanym mechanicznie układzie trójfazowym. Pełna analiza wpływu tego czynnika wymaga również znajomości zachowania się układu niejednorodnego w warunkach, gdy układ nie zawiera biofazy.

Problemy naukowe analizowane przeze mnie w monografii habilitacyjnej oraz cyklu publikacji powiązanych tematycznie uwzględniały następujące zagadnienia:

1. wpływ obecności biofazy na moc mieszania P, udział φ gazu zatrzymanego w cieczy oraz czas przebywania t_R pęcherzy gazu w układzie trójfazowym, w którym fazą ciągłą była ciecz (wodny roztwór sacharozy), a fazami rozproszonymi – gaz (powietrze) oraz biofaza (zawiesina drożdży). Badania te przeprowadziłam dla trzech typów mieszadeł szybkoobrotowych montowanych pojedynczo lub w konfiguracji dwóch mieszadeł, zmiennych: częstości obrotów mieszadła n, natężenia przepływu gazu V_g, stężenia x wodnego roztworu sacharozy oraz stężenia c zawiesiny drożdży [H1; H5-H10],
2. wpływ typu mieszadła, częstości obrotów mieszadła n, natężenia przepływu gazu V_g oraz stężenia x wodnego roztworu sacharozy na hydrodynamikę układu dwufazowego gaz-ciecz (powietrze-wodny roztwór sacharozy). Uzyskane wyniki posłużyły jako odniesienie w analizie wpływu obecności biofazy w układzie trójfazowym w porównaniu do układu bez czynnika biologicznego [H1-H3; H8],
3. wpływ typu mieszadła, częstości jego obrotów n, natężenia przepływu gazu V_g na hydrodynamikę układu gaz-pseudofaza ciekła. Pseudofazę stanowiła zawiesina drożdży w wodnym roztworze sacharozy. Tak zdefiniowana pseudofaza wykazywała właściwości cieczy nienewtonowskiej (cieczy rozrzedzanej ścinaniem) [H1; H4],
4. wpływ mieszania mechanicznego, temperatury t, typu mieszadła, częstości jego obrotów n, objętościowego natężenia przepływu gazu V_g, początkowego stężenia sacharozy x_o na liczbę L i średnicę d_p komórek drożdży w czasie przebiegu bioprocesu [H1].

Badania przedstawione w monografii [H1] miały na celu analizę wpływu wybranych parametrów na przebiegające w bioreaktorze procesy przenoszenia w układzie trójfazowym zawiesina drożdży-powietrze-wodny roztwór sacharozy. W rozdziale drugim monografii [H1] przedstawiłam, na podstawie przeprowadzonych studiów literaturowych, aktualny stan wiedzy dotyczący problemów występujących w bioreaktorach. Omówiłam wpływ warunków (temperatury, pH, stężenia soli), w jakich prowadzi się hodowle, na szybkość wzrostu mikroorganizmów w układzie. W szerokim zakresie omówiłam również modele bilansu populacji, zaczynając od tych najprostszych liniowych, poprzez modele nieliniowe oparte na

wieku lub masie komórek kończąc na modelu wielowymiarowym uwzględniającym zarówno wiek, jak i masę komórki. Przedstawiłam również wady i zalety metod numerycznych stosowanych do rozwiązywania modeli oraz zastosowanie bilansu populacji w procesach prowadzonych w przemyśle [H1; H11-H13].

Cel eksperymentalnych i numerycznych badań został zrealizowany w trzech etapach. W pierwszym z nich, omówionym w rozdziale czwartym monografii [H1], który miał charakter badań eksperymentalnych realizowanych w bioreaktorze wielkolaboratoryjnym, przeanalizowałam wpływ wybranych parametrów (typu mieszadła, częstości obrotów mieszadła n, objętościowego natężenia przepływu gazu V_g, stężenia x wodnego roztworu sacharozy, stężenia c zawiesiny drożdży) na hydrodynamikę układu zawiesina drożdży-powietrze-wodny roztwór sacharozy w bioreaktorze. W celach porównawczych wykonałam badania dla układu jednofazowego (cieczy) oraz dwufazowego gaz-ciecz (bez biofazy). Szczegółowe wyniki badań wpływu wybranych parametrów na hydrodynamikę w układzie dwufazowym gaz-ciecz przedstawiłam w pracach [H2; H3; H8]. Analizę wpływu powyższych parametrów na średnie wartości udziału gazu φ zatrzymanego w cieczy, mocy mieszania P oraz czasu przebywania pęcherzy gazu t_R wykonałam w bioreaktorze o objętości roboczej 0,2 m^3, w którym na wale zamontowane było szybkoobrotowe mieszadło: turbinowe Ruhtona, turbinowe Smitha lub A 315. Ze względu na zmodyfikowany kształt łopatek mieszadła turbinowe Smitha lub A 315 charakteryzują się mniejszymi naprężeniami ścinającymi i mogą być stosowane do układów biologicznych. Wyniki badań mocy mieszania opracowałam w postaci zależności uwzględniającej wpływ liczby przepływu gazu Kg, liczby Froude'a Fr, stężenia x wodnego roztworu sacharozy oraz stężenia c zawiesiny drożdży na względną moc mieszania

$$\frac{P_g}{P_o} = a + \frac{b}{1 + i \cdot (1+x) \cdot (1+c) \cdot Kg^j} + e \cdot (1+x) \cdot (1+c) \cdot \frac{Kg}{Fr} \qquad (1)$$

Równanie (1) opisuje wyniki pomiarów w następującym zakresie zmiennych $Kg \in$ <0,01; 0,1>; $Fr \in$ <0,1; 0,8>; $x \in$ <0,01; 0,1>; $c \in$ <0,005; 0,01>; $Re \in$<15000, 225000> (stężenie x, c wyrażone jako udziały masowe).

Wpływ liczby przepływu gazu Kg, liczby Webera We, stężenia x wodnego roztworu sacharozy oraz stężenia zawiesiny c drożdży na udział gazu zatrzymanego cieczy opracowałam w postaci zależności

$$\varphi = a \cdot Kg^b \cdot We^e \cdot (1 + g \cdot x)^h \cdot (1 + i \cdot c)^j \qquad (2)$$

Równanie (2) opisuje wyniki pomiarów w następującym zakresie zmiennych $Kg \in$ <0,01;

0,1>; $We \in$ <680; 4600>; $x \in$ <0,01; 0,1>; $c \in$ <0,005; 0,01>.

Opracowane równania nie mają odpowiednika w literaturze przedmiotu.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdziłam, że w zakresie wykonanych pomiarów największy wpływ na hydrodynamikę układu trójfazowego biofaza-gaz-ciecz i dwufazowego gaz-ciecz ma częstość obrotów mieszadła n. Ze wzrostem częstości obrotów mieszadła n jednostkowa moc mieszania P_o/V_L lub P_g/V_L oraz udział φ gazu zatrzymanego w cieczy zwiększają się dwu-, a nawet czterokrotnie. Wpływ częstości obrotów mieszadła na moc mieszania oraz udział φ gazu zatrzymanego cieczy zależy od natężenia przepływu gazu V_g w układzie. W przypadku stałej wartości jednostkowej mocy mieszania P_g/V_L wpływ ten zmniejsza się znacząco ze wzrostem natężenia przepływu gazu V_g. Natomiast ze wzrostem natężenia przepływu gazu wpływ częstości obrotów mieszadła na udział φ gazu zatrzymanego w cieczy zwiększa się. Wpływ typu mieszadła na jednostkową moc mieszania P_o/V_L lub P_g/V_L oraz udział φ gazu zatrzymanego w cieczy zależy od natężenia przepływu gazu w układzie. Dla niższych natężeń przepływu gazu V_g największe wartości jednostkowej mocy mieszania P_g/V_L oraz udziału φ gazu zatrzymanego w cieczy otrzymałam dla bioreaktora z mieszadłem Rushtona. Przy wyższych wartościach V_g udział φ gazu zatrzymanego w cieczy uzyskany dla mieszadła Rushtona jest porównywalny z wynikami otrzymanymi dla układu z mieszadłem Smitha. Dodanie do układu biofazy w niewielkim stopniu wpływa na wartości jednostkowej mocy mieszania P_o/V_L lub P_g/V_L oraz zatrzymanie gazu w cieczy.

Udział φ gazu zatrzymanego w cieczy zwiększa się dość znacznie ze wzrostem jednostkowej mocy mieszania P_g/V_L. Znacznie większy wpływ jednostkowej mocy mieszania P_g/V_L na zatrzymanie gazu w cieczy uzyskałam w układzie biofaza-gaz-ciecz niż w układzie dwufazowym gaz-ciecz. Przy założeniu stałej wartości P_g/V_L wartości φ zwiększają się znacząco ze wzrostem natężenia przepływu gazu V_g. W przypadku układu gaz-ciecz największy wpływ V_g na udział φ gazu zatrzymanego w cieczy stwierdziłam dla zbiornika z mieszadłem CD 6. Dla tego mieszadła wartości udziału φ wzrastają nawet czterokrotnie. Znacznie (około dwukrotnie) mniejszy wpływ natężenia przepływu gazu V_g na wartości udziału φ gazu zatrzymanego w cieczy występuje w układzie trójfazowym. Ze wzrostem stężenia x sacharozy w układzie zwiększa się wpływ jednostkowej mocy mieszania P_g/V_L na udział φ gazu zatrzymanego w cieczy. Dla wyższych wartości P_g/V_L oraz zbiornika z mieszadłem Rushtona lub Smitha zwiększenie stężenia x od 0,01 do 0,1 powoduje nawet dwukrotny wzrost udziału φ gazu zatrzymanego w cieczy. Natomiast dodanie zawiesiny

drożdży do układu, przy założeniu P_g/V_L = const, nieznacznie wpływa na udział φ gazu zatrzymanego w cieczy. Wpływ ten zależy od typu zastosowanego mieszadła.

W ramach drugiego etapu badań, przedstawionych w rozdziale piątym monografii [H1], wykonałam symulacje numeryczne hydrodynamiki mieszanego mechanicznie układu gaz-pseudofaza ciekła. Pseudofazę stanowiła zawiesina drożdży w wodnym roztworze sacharozy. Płyn ten wykazywał właściwości cieczy nienewtonowskiej (cieczy rozrzedzanej ścinaniem). Symulacje wykonane zostały w bioreaktorze o objętości roboczej 0,02 m^3, zaopatrzonym w mieszadło turbinowe Rushtona lub turbinowe Smitha. Wyniki badań opracowałam w postaci pól wektorowych i konturów prędkości. Opracowałam również rozkłady wielkości udziału φ gazu zatrzymanego w cieczy oraz średnicy d_{pg} pęcherzy gazu w układzie gaz-pseudofaza ciekła.

Z przeprowadzonych symulacji numerycznych wynika, że najbardziej intensywne mieszanie ma miejsce w obszarze mieszadła, przy czym ujawnia się wpływ kształtu łopatek mieszadła na cyrkulację cieczy. W przypadku bioreaktora z mieszadłem turbinowym Rushtona obszar charakteryzujący się najintensywniejszym mieszaniem rozmieszczony jest symetrycznie wokół mieszadła. Natomiast w bioreaktorze z mieszadłem turbinowym Smitha obszary o największych prędkościach fazy ciekłej znajdują się za łopatkami mieszadła. W obu przypadkach prędkości cieczy w bioreaktorze maleją w kierunku powierzchni swobodnej cieczy. Zwiększając częstość obrotów mieszadła n, przy założeniu stałej wartości natężenia przepływu gazu V_g, uzyskuje się lepsze rozproszenie pęcherzy gazu w układzie. Obszary o największym udziale φ gazu zatrzymanego w cieczy rozmieszczone są symetrycznie względem osi pionowej bioreaktora i pokrywają się z centralnymi punktami pętli cyrkulacyjnych. Obszary te zwiększają się, przy założeniu V_g = const, ze wzrostem częstości obrotów mieszadła. Średnie wartości udziału gazu zatrzymanego w cieczy φ_{num}, scałkowane w całej objętości bioreaktora porównałam ze średnimi wartościami udziału gazu zatrzymanego w cieczy φ_{exp} otrzymanymi w ramach własnych badań eksperymentalnych. Na tej podstawie stwierdziłam dość dobrą zgodność wyników numerycznych i eksperymentalnych wartości udziału gazu zatrzymanego w cieczy. We wszystkich analizowanych przypadkach stwierdziłam wystąpienie charakterystycznych kawern gazowych za łopatkami mieszadła turbinowego Rushtona. Wielkość tych kawern maleje ze wzrostem częstości obrotów mieszadła n (przy założeniu V_g = const) oraz zwiększa się ze wzrostem V_g (przy założeniu n = const). Najmniejsze średnice pęcherzy gazu d_{pg} wynoszą około 1 mm i odpowiadają wysokości zawieszenia mieszadła (z/H = 0,33). W przypadku bioreaktora

z mieszadłem turbinowym Smitha średnice pęcherzy gazu d_{pg} zwiększają się w kierunku powierzchni swobodnej cieczy. Zwiększenie natężenia przepływu gazu V_g (przy założeniu n = const) skutkuje usytuowaniem obszarów o największej średnicy pęcherzy gazu w połowie wysokości zbiornika.

W trzecim etapie badań, omówionych w rozdziale szóstym monografii [H1], skoncentrowałam się na badaniu fazy biologicznej (biofazy). Badania w tym etapie miały charakter doświadczalny i obejmowały analizę wpływu mieszania, temperatury, typu mieszadła, częstości obrotów mieszadła n, objętościowego natężenia przepływu gazu V_g, początkowego stężenia x_o sacharozy na ewolucję w czasie wielkości i liczby komórek drożdży w układzie zawiesina drożdży-powietrze-wodny roztwór sacharozy w bioreaktorze. Badania przedstawione w tej części monografii wykonałam w bioreaktorze o objętości roboczej 0,02 m^3, wyposażonym w mieszadło turbinowe Rushtona lub A 315. Na podstawie uzyskanych wyników oszacowałam wpływ poszczególnych parametrów na wielkości lokalne liczby L i średnicy d_p komórek drożdży w układzie zawiesina drożdży-powietrze-wodny roztwór sacharozy.

Badania wykonane w ramach tego etapu wykazały około 20 % zmniejszenie stężenia x sacharozy w bioreaktorze z mieszaniem mechanicznym oraz napowietrzanym objętościowo w stosunku do wartości początkowej tego stężenia. Znacznie większy, dochodzący do 80%, spadek stężenia sacharozy stwierdziłam dla układu pozostającego w spoczynku. Tak znaczny ubytek sacharozy w takim układzie nie wpłynął jednak na przyrost liczby komórek drożdży. Przyrost liczby komórek drożdży w czasie trwania pomiarów przebiegających w bioreaktorze z mieszaniem mechanicznym i napowietrzaniem objętościowym był około dwukrotnie większy niż w układzie pozostającym w spoczynku. Może to być spowodowane tym, że zbliżone do beztlenowych warunki panujące w układach bez dodatkowego napowietrzania powodują, że sacharoza nie jest w nich zużytkowana na zwiększenie liczby komórek drożdży, ale na inne przemiany metaboliczne.

W początkowej temperaturze cieczy wynoszącej t_0 = 20,5 °C spadek stężenia sacharozy w badanym układzie w czasie τ trwania pomiarów dochodził do 40%. Podniesienie tej temperatury w układzie do wartości t_0 = 23,5 °C powoduje nieco mniejszy ubytek sacharozy (ok. 20÷30 %). Wyższa temperatura spowodowała również, że stężenie tlenu w układzie było mniejsze o około 15% w porównaniu do układu, w którym początkowa temperatura wynosiła t_0 = 20,5 °C. W zakresie temperatur od 20,5 °C do 28 °C przyrost liczby komórek drożdży w bioreaktorze był porównywalny. Natomiast temperatura powyżej 28 °C wpływa negatywnie na przyrost komórek drożdży w czasie. Praktycznie w każdym czasie

próbkowania τ obejmującym okres od 0 do 12 h stwierdziłam wpływ temperatury t na procentowy rozkład liczby komórek drożdży.

W większości analizowanych przypadków, najwięcej komórek drożdży, około 60% całości, uzyskałam dla średniej średnicy d_{pm} komórek zawartej między 5 a 7 μm. Stwierdziłam również, że w wyższej temperaturze procesu następuje szybszy przyrost średniej średnicy komórek d_{pm} w czasie. Po przyroście średnicy komórek d_{pm} o około 10% występuje gwałtowny spadek tej wartości, co może świadczyć o tym, że komórki osiągnęły odpowiednią wielkość do podziału. W czasie trwania badań sytuacja taka miała miejsce dwukrotnie.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdziłam również, że zwiększenie udziału masowego sacharozy w układzie od x_0 = 0,01 do x_0 = 0,05 nie wpływa praktycznie na zwiększenie przyrostu liczby komórek drożdży w czasie τ. W przypadku pomiarów wykonanych dla układu, w którym początkowe stężenie sacharozy wynosiło x_0 = 0,05 wydłużył się okres adaptacji drożdży do zaistniałych warunków. Może to świadczyć o wystąpieniu w tym przypadku procesu inhibicji (hamowania) wzrostu liczby komórek drożdży przez pożywkę (sacharozę).

Porównując wpływ częstości obrotów mieszadła n oraz natężenia przepływu gazu V_g na przyrost komórek drożdży oraz średnią średnicę d_{pm} komórek drożdży w czasie τ stwierdziłam, że nieco większy wpływ na te wielkości ma zmiana częstości obrotów mieszadła n niż natężenie przepływu gazu V_g. W większości analizowanych przypadków typ mieszadła (turbinowe Rushtona lub A 315) nie wpływał na przyrost komórek drożdży w czasie trwania pomiarów, jednak wpływał on na zmianę procentowego rozkładu komórek drożdży w czasie. Większy wpływ na ten rozkład ma mieszadło turbinowe Rushtona niż mieszadło A 315.

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć uzyskanych w wyniku, przeprowadzonych przeze mnie, eksperymentalnych i numerycznych badań procesów przenoszenia w mieszanym mechanicznie układzie biofaza-gaz-ciecz zaliczam:

1. doświadczalne określenie **wielkości globalnych** dla całego układu w bioreaktorze z mieszadłem, mianowicie: mocy mieszania P, udziału φ gazu zatrzymanego w cieczy oraz czasu przebywania t_R pęcherzy gazu w układzie trójfazowym (zawierającym biofazę), czyli w układzie zawiesina drożdży-powietrze-wodny roztwór sacharozy, a także w układzie dwufazowym (bez biofazy), czyli w układzie powietrze-wodny roztwór sacharozy. Na tej podstawie opracowałam jakościowe i ilościowe zależności $P_g/P_0 = f(Kg,$

Fr) [H10], $P_g/P_o = f(Kg, Fr, x)$ [H2], $P_g/P_o = f(Kg, Fr, x, c)$ [H1] oraz $\varphi = f(P_g/V_L, w_{og}, x,)$ [H3], $\varphi = f(Kg, We)$ [H9], $\varphi = f(Kg, We, x, Mo)$ [H2], $\varphi = f(Kg, We, x)$ [H6-H8], $\varphi = f(Kg, We, x, c)$ [H1]. Opracowane równania nie mają odpowiednika w literaturze przedmiotu;

2. numeryczne określenie **wielkości lokalnych** udziału φ gazu zatrzymanego w cieczy oraz średnicy d_{pg} pęcherzy gazu w układzie gaz-pseudofaza ciekła w bioreaktorze z mieszadłem [H1; H4];
3. doświadczalne określenie **wielkości lokalnych** liczby L i średnicy d_p komórek drożdży w układzie zawiesina drożdży-powietrze-wodny roztwór sacharozy w bioreaktorze z mieszadłem [H1].

6. Charakterystyka działalności dydaktycznej

W ramach działalności dydaktycznej w latach 2004-2016 przeprowadziłam ponad **4500** godzin zajęć w tym **570** godzin wykładów i **865** godzin ćwiczeń audytoryjnych. W tym okresie prowadziłam następujące zajęcia dla studentów trzech kierunków studiów *Inżynieria chemiczna i procesowa, Technologia chemiczna* oraz *Ochrona środowiska* na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej, a także na kierunku *Biotechnologia* (Wydział Biotechnologii i Hodowli Zwierząt):

a) **wykłady** z przedmiotów: Systemy zarządzania środowiskowego, Zagrożenia cywilizacyjne i zrównoważony rozwój, Elementy bioinformatyki, Ocena oddziaływania na środowisko, Produkcja biopaliw, Podstawy materiałoznawstwa (na kierunku *Inżynieria chemiczna i procesowa*);

b) **ćwiczenia audytoryjne** z przedmiotów: Procesy mechaniczne i urządzenia, Systemy zarządzania środowiskowego, Elementy bioinformatyki, Ocena oddziaływania na środowisko, Produkcja biopaliw, Podstawy materiałoznawstwa, Bioprocesy w oczyszczaniu gazów i ścieków (na kierunku *Inżynieria chemiczna i procesowa*), Inżynieria chemiczna (na kierunku *Technologia chemiczna*), Inżynieria procesowa w ochronie środowiska (na kierunku *Ochrona środowiska*), Urządzenia technologiczne i aparatura badawcza w biotechnologii (na kierunku *Biotechnologia*);

c) **projekty** z przedmiotów: Procesy mechaniczne i urządzenia, Bioprocesy i aparaty, Zjawiska transportu w systemach rozproszonych, Mieszanie i mieszalniki; Procesy dyfuzyjne i aparaty (na kierunku *Inżynieria chemiczna i procesowa*);

d) **laboratoria** z przedmiotów: Procesy mechaniczne i urządzenia, Procesy dynamiczne i aparaty, Procesy cieplne i aparaty, Procesy dyfuzyjne i aparaty, Procesy rozdziału substancji

(na kierunku *Inżynieria chemiczna i procesowa*), Inżynieria chemiczna (na kierunku *Technologia chemiczna*), Bioprocesy w oczyszczaniu ścieków i gazów. Wymiana pędu i masy, Inżynieria procesowa w ochronie środowiska (na kierunku *Ochrona środowiska*), Urządzenia technologiczne i aparatura badawcza w biotechnologii (na kierunku *Biotechnologia*),

W latach 2005-2016 byłam promotorem **28 prac dyplomowych** w tym 21 prac magisterskich i 7 prac inżynierskich, a także recenzentem **41 prac dyplomowych** w tym 33 prac magisterskich i 8 prac inżynierskich. W latach 2008-2011 byłam opiekunem roku studiów I stopnia na kierunku *Inżynieria chemiczna i procesowa*, a latach 2011-2012 studiów II stopnia na kierunku *Inżynieria chemiczna i procesowa*. Od roku 2014 jestem promotorem pomocniczym pracy doktorskiej mgr inż. Moniki Musiał pt. *Numeryczna i eksperymentalna analiza przenoszenia pędu w bioreaktorze z mieszadłem mechanicznym*.

7. Charakterystyka działalności organizacyjnej

W ramach działalności organizacyjnej:

- W latach 2005-2016 przewodniczyłam **46** komisjom ds. egzaminu dyplomowego, przed którymi odbywały się obrony prac inżynierskich i magisterskich studentów na macierzystym Wydziale.
- W latach 2005-2006 oraz 2011-2016 byłam członkiem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej.
- W roku 2007 byłam pełnomocnikiem Dziekana ds. koordynacji na wydziale działań związanych z organizacją i przeprowadzeniem Zachodniopomorskiego Festiwalu Nauki.
- W roku 2008 byłam członkiem zespołu do opracowania Raportu samooceny kierunku studiów *Inżynieria chemiczna i procesowa*.
- W latach 2011-2016 byłam członkiem Wydziałowej Komisji ds. Nagród i Oznaczeń.
- Brałam również czynny udział jako członek Komitetu Organizacyjnego w organizacji dwóch konferencji: XII Ogólnopolskiego Seminarium „*Mieszanie*", Międzyzdroje, 2011 oraz XXI Ogólnopolskiej Konferencji Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Szczecin – Kołobrzeg, 2013. W ramach prac Komitetu Organizacyjnego obu konferencjach do moich obowiązków należało: odbieranie streszczeń, odbieranie pełnych tekstów prac do materiałów konferencyjnych oraz czasopisma, przygotowanie formularzy recenzji, wysyłanie prac do recenzentów, odbieranie recenzji, wysyłanie prac do poprawy, zestawienie wszystkich prac przygotowanych do druku w materiałach konferencyjnych

i streszczeniach, przygotowanie i wysłanie do redakcji czasopisma plików z pełnym tekstem artykułu, recenzjami, oświadczeniami recenzentów oraz oświadczeniem o przekazaniu praw, informowanie autorów o terminie wydruku prac w czasopiśmie oraz wysyłanie zeszytów *Aparatury i Inżynierii Chemicznej* do autorów.

8. Charakterystyka działalności popularyzatorskiej

W roku 2005 brałam czynny udział w V Zachodniopomorskim Festiwalu Nauki. Na Politechnice Szczecińskiej przedstawiłam wykład z prezentacją pt. *Czy geny mogą wędrować przez internet?* dla uczniów szkół średnich. Na zaproszenie Rektora Politechniki Koszalińskiej wygłosiłam wykład na w/w temat na tamtejszej uczelni.

Uczestniczyłam również w akcji promocyjnej macierzystego wydziału prowadząc zajęcia laboratoryjne dla uczniów szkół podstawowych i ponadpodstawowych ze Szczecina oraz z jego okolic.

Szczecin, 2016.05.24

Magdalena Cudak