

Załącznik 3.1
do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego

AUTOREFERAT

**przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych,
w szczególności określonych w art. 16 ust. 2 ustawy**

Małgorzata PAWLAK

Gdynia 2019



SPIS TREŚCI AUTOREFERATU

1. Imię i nazwisko.....	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe.....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.).....	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	4
4.2. Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe.....	4
4.3. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	4
4.3.1. Wprowadzenie.....	4
4.3.2. Cel naukowy pracy.....	6
4.3.3. Wyniki przeprowadzonych prac.....	8
4.3.4. Możliwości ewentualnego wykorzystania osiągniętych wyników badań, wkład przeprowadzonych prac w rozwój nauk technicznych w dyscyplinie Transport oraz kierunki dalszych badań	14
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....	15
5.1. Działalność naukowo-badawcza przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych.....	15
5.2. Działalność naukowo-badawcza po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.....	19

1. Imię i nazwisko

Małgorzata Pawlak

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- 2001** **Inżynier** (Bachelor of Science – BSc)
kierunek: Environmental Protection and Management
(Ochrona Środowiska i Zarządzanie)
Politechnika Gdańska, Wydział Chemii
- 2003** **Magister**
kierunek: Zarządzanie i Marketing
Politechnika Gdańska, Wydział Zarządzania i Ekonomii
- 2004** **Magister nauk ekonomicznych** (Maîtrise de Sciences Économiques)
Studia magisterskie
Université de Droit, Economie et Gestion de Rouen
(Uniwersytet Prawa, Ekonomii i Zarządzania w Rouen, Francja)
- 2009** **Doktor nauk technicznych, dyscyplina: Transport**
Rozprawa doktorska pt.: *Modelowanie emisji związków szkodliwych w spalinach silników statków w rejonie Zatoki Gdańskiej*
Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu
- 2014** **Studia Podyplomowe**
nazwa: Bezpieczeństwo i Higiena Pracy
Politechnika Gdańska, Wydział Zarządzania i Ekonomii

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 2005 – 2006** **Specjalista ds. finansowo-prawnych Unii Europejskiej**
Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni
- 2006** **Specjalista ds. Koordynacji i Promocji Badań Naukowych**
Morski Instytut Rybacki w Gdyni
- 2006 – 2008** **Wykładowca**
Wyższa Szkoła Humanistyczno-Ekonomiczna w Łodzi,
Wydział Zamiejscowy w Gdańsku
- 2007 – 2009** **Wykładowca**
Wyższa Szkoła Zarządzania w Gdańsku
- 2010 – 2019** **Adiunkt**
Akademia Morska w Gdyni
Wydział Nawigacyjny, Katedra Eksploatacji Statku
- od 01.03.2019** **Starszy wykładowca**
Akademia Morska w Gdyni
Wydział Nawigacyjny, Katedra Eksploatacji Statku

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

METODA MODELOWANIA EMISJI SZKODLIWYCH I TOKSYCZNYCH SKŁADNIKÓW SPALIN TURBINOWYCH SILNIKÓW ODRZUTOWYCH SAMOLOTÓW PASAŻERSKICH W WARUNKACH PRZELOTOWYCH

4.2. Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe

Osiągnięcie naukowe, zrealizowane po otrzymaniu stopnia doktora nauk technicznych, deklарowane jako znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Transport, zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, stanowi **autorska monografia naukowa** pt.:

Metoda modelowania emisji szkodliwych i toksycznych składników spalin turbinowych silników odrzutowych samolotów pasażerskich w warunkach przelotowych

Autor: Małgorzata Pawlak

Dzieło opublikowane w całości

Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego w Gdyni

ISBN 978-83-7421-293-9

Rok wydania: 2019

Liczba stron: 156

Recenzenci wydawniczy:

prof. dr hab. inż. JERZY MERKISZ, Politechnika Poznańska

prof. dr hab. inż. MAREK ORKISZ, Politechnika Rzeszowska

4.3. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

4.3.1. Wprowadzenie

Transport lotniczy jest uważany nie tylko za najbardziej nowoczesną, ale również za najszybciej rozwijającą się gałąź transportu. Popyt na pasażerskie przewozy lotnicze wykazuje trend wzrostowy od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Według prognoz Międzynarodowego Zrzeszenia Przewoźników Powietrznych (ang. International Air Transport Association, IATA), w ujęciu globalnym za dwadzieścia lat samolotem będzie podróżować ponad 8 miliardów pasażerów rocznie, co stanowić będzie prawie dwukrotność obecnej ich liczby. Równolegle rozwija się także lotniczy transport towarowy i chociaż obecnie nie przekracza 1% przewozów towarowych ogółem według masy ładunków, to stanowi ponad 35% według ich wartości.

Niekorzystny wpływ środków transportu lotniczego na człowieka występuje w głównej mierze w skali lokalnej i wynika z uciążliwości, jakie może powodować hałas generowany przez silniki lotnicze dla mieszkańców aglomeracji, zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie portów lotniczych. Natomiast niekorzystny wpływ transportu lotniczego na środowisko jest związany przede wszystkim z emisją substancji szkodliwych i toksycznych zawartych w spalinach silników odrzutowych – głównie tlenków azotu, tlenku węgla, niespalonych węglowodorów, cząstek stałych, a także dwutlenku węgla, który jest tzw. gazem cieplarnianym.

Gazy i cząstki stałe, emitowane przez silniki lotnicze podczas lotu samolotu, gromadzą się w atmosferze w pobliżu obszarów o największym nasileniu ruchu lotniczego, głównie w północnych szerokościach geograficznych. Związki, będące efektem spalania paliw kopalnianych, w wyniku dalszych reakcji fotochemicznych przebiegających w atmosferze, powodują wiele niekorzystnych zjawisk – kwaśne deszcze, smog fotochemiczny, zwiększenie stężenia ozonu troposferycznego, efekt cieplarniany itd.

W przypadku operacji startu i lądowania (LTO) największa emisja CO i HC występuje podczas operacji kołowania samolotu na płycie lotniska. Ma to związek z małym obciążeniem silnika i niepełnym spalaniem zachodzącym w komorze spalania. Z kolei największa emisja NO_x zachodzi podczas faz startu i wznoszenia, jako że silnik pracuje w swoich parametrach obliczeniowych przy wysokiej temperaturze. W trakcie operacji na lotnisku w większości samolotów pasażerskich pracują jednostki pomocnicze (APU), które powodują dodatkową emisję zanieczyszczeń do atmosfery.

Największe obciążenie dla środowiska stanowi faza przelotowa (*cruise*), ponieważ w tej fazie emisja związków szkodliwych i toksycznych stanowi około 95% całkowitej emisji. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na rząd emisji podczas lotu samolotu w fazie przelotowej – emisje CO₂ stanowią 6% całkowitego przepływu masy gazów wylotowych, w porównaniu do 0,3% dla NO_x i 0,04% dla CO. Paliwo zawiera węgiel, wodór i siarkę, które powodują powstawanie odpowiednio CO₂, H₂O i SO₂.

Ilość i rodzaj emitowanych zanieczyszczeń zależy od typu samolotu, jego charakterystyk aerodynamicznych, typu silnika oraz warunków pracy (wysokości, prędkości lotu, zakresu mocy lub ciągu), a także od rodzaju stosowanego paliwa. Najwięcej zanieczyszczeń do środowiska wprowadzają te jednostki napędowe samolotów pasażerskich i transportowych, które cechują się największą mocą i największym zużyciem paliwa w stosunku do wytwarzanej siły ciągu. W warunkach przelotowych samoloty poddźwiękowe zwykle operują w obszarze atmosfery, który obejmuje górną troposferę, tropopauzę i dolną warstwę stratosfery. Największa ilość związków toksycznych wprowadzana jest w wyższych warstwach atmosfery (8–12 km n.p.m.), czyli na wysokościach, na których odbywa się najintensywniejszy ruch lotniczy, w tym przeloty długodystansowe. Szacuje się, że tylko od 5 do 10% zużycia paliwa lotniczego ogółem występuje na niskich wysokościach (do 1 km).

Pomimo że w ujęciu globalnym transport lotniczy generuje jedynie około 2% antropogenicznej emisji gazów cieplarnianych, około 6% tlenków azotu i poniżej 1% tlenków siarki, problem tych emisji nie może być pomijany. Wprowadzane do atmosfery zanieczyszczenia przyczyniają się do pogorszenia jakości powietrza, zwłaszcza w rejonach

cechujących się dużym natężeniem ruchu lotniczego, a także w sposób istotny oddziałują na elementy środowiska (powodują erozję gleby, niszczenie drzewostanu, zakłócenia w fotosyntezie roślin). Ponadto wywierają wpływ na zdrowie człowieka (przyczyniają się do rozwoju chorób alergicznych oraz przewlekłych chorób i dysfunkcji układu oddechowego). Dlatego też istotne jest podejmowanie prób obniżania zużycia paliwa i emisji spalin – za pomocą zarówno rozwiązań technicznych, organizacyjnych, jak i legislacyjnych.

W związku z intensywnym rozwojem transportu lotniczego (opisywanym w pierwszym rozdziale monografii), pomimo ciągłego postępu technicznego, dalszego opracowywania i wdrażania nowych technologii, w tym nowych rozwiązań konstrukcyjnych, prognozuje się, że działania te nie będą w stanie zrównoważyć skutków wzrostu natężenia ruchu lotniczego w przyszłości, czego konsekwencją będzie dalszy wzrost emisji związków szkodliwych i toksycznych w spalinach, zwłaszcza CO₂ i NO_x.

Wśród rozwiązań legislacyjnych w zakresie ochrony środowiska przed uciążliwościami powodowanymi przez transport lotniczy (opisywanych w drugim rozdziale monografii) należy przede wszystkim wymienić regulacje zawarte w Załączniku nr 16 do Konwencji ICAO (Konwencji Chicagowskiej), zatytułowanym: „Ochrona Środowiska” – w tomie I pt.: „Hałas statków powietrznych” i w tomie II pt.: „Emisje z silników statków powietrznych”. Przewidywane jest rozszerzenie Załącznika 16 o regulacje dotyczące emisji CO₂, które mają być zawarte w dwóch kolejnych tomach, a które jeszcze nie weszły w życie. Normy emisji NO_x, CO₂ i nvPM zostały opracowane przez Komitet ICAO, zajmujący się ochroną środowiska (CAEP). Istnieje także szereg innych umów międzynarodowych, odnoszących się pośrednio do kwestii ochrony środowiska przed negatywnym wpływem na nie transportu lotniczego, jak: Konwencja Genewska, Konwencja Wiedeńska, Protokół Montrealski oraz Protokół z Kioto. Istnieją również regulacje unijne w tym zakresie (dyrektywy i rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady).

Odzwierciedleniem opisanych działań legislacyjnych są liczne realizowane międzynarodowe programy badawcze dotyczące lotnictwa, wśród których należy przede wszystkim wymienić dwa unijne – Clean Sky, kontynuowany w ramach Clean Sky 2 oraz SESAR (ang. Single European Sky Air Traffic Management Research Programme), którego kontynuacją jest SESAR 2020. Program Clean Sky 2 koncentruje się na opracowywaniu nowych rozwiązań technicznych i technologicznych przyjaznych środowisku (nowych konstrukcji samolotów, unowocześnionych zespołów napędowych zoptymalizowanych pod kątem zużycia paliwa i osiągow, nowych systemów sterowania samolotów itp.), natomiast program SESAR 2020 skupia się na poszukiwaniu nowych rozwiązań w zakresie Kontroli Ruchu Lotniczego (ang. Air Traffic Control, ATC) i Zarządzania Ruchem Lotniczym (ang. Air Traffic Management, ATM). Jednym z takich rozwiązań jest ustanawianie i wdrażanie Przestrzeni Swobodnego Planowania Lotów (ang. Free Route Airspace, FRA).

4.3.2. Cel naukowy pracy

Jednym ze sposobów zmniejszania negatywnego oddziaływania samolotów na środowisko (opisanego w rozdziale drugim monografii) jest kształtowanie trajektorii lotu na danej trasie, ograniczające zużycie paliwa, a także emisję substancji szkodliwych i toksycznych w spalinach

lotniczych silników odrzutowych. Planowanie lotu pod względem minimalizacji emisji lub zużycia paliwa jest zadaniem złożonym i trudnym do zrealizowania ze względu na warunki, w jakich porusza się samolot, ale możliwym. Konieczne jest uwzględnienie ograniczeń, wynikających z organizacji przestrzeni powietrznej i obowiązujących tam zasad, a także aktualnych warunków pogodowych. Pogoda stanowi jeden z głównych czynników determinujących ilość zużytego paliwa, czas i koszt przelotu danego samolotu na danej trasie. Oprócz głównych parametrów, jak ciśnienie i gęstość powietrza, niezwykle istotne jest prawidłowe wyznaczenie temperatury powietrza oraz prędkości i kierunku wiatru. Od temperatury zależy bowiem prędkość dźwięku, na podstawie której można prawidłowo wyznaczyć liczbę Macha dla samolotu lecącego z daną prędkością rzeczywistą. Prędkość i kierunek wiatru wpływają natomiast na prędkość samolotu względem ziemi, a tym samym na długotrwałość jego lotu.

Pomimo tego, że w ciągu ostatnich lat powstało wiele opracowań naukowych z zakresu szacowania wpływu lotnictwa na środowisko w różnych fazach lotu samolotu, zwłaszcza emisji związków szkodliwych i toksycznych w spalinach silników odrzutowych (co zostało poddane analizie w trzecim rozdziale monografii), zauważono istotne braki w podawanej metodologii prowadzenia badań. Uwagę zwraca brak uwzględniania zmiany osiągow silników w trakcie wykonywanych zadań (np. podczas wykonywania danej operacji startu i lądowania, LTO) oraz wpływu warunków zewnętrznych (prędkości i kierunku wiatru) na zużycie paliwa i emisję. W wielu opracowaniach przedstawiających metodologię wyznaczania zużycia paliwa podczas głównej fazy lotu samolotu – fazy przelotowej, dane dotyczące zużycia paliwa pochodziły z rzeczywistych pomiarów przeprowadzonych dla danych modeli samolotów – nie były one przybliżane w sposób matematyczny, a aproksymowane. Uniemożliwia to prowadzenie dalszych analiz i rozpatrywanie różnych scenariuszy obciążania silnika. W większości przeanalizowanych prac badawczych innych autorów, nie poddawano analizie podstawowych parametrów pracy silnika, takich jak ciąg wymagany do wykonania lotu i odpowiadające mu zużycie paliwa, a sposób uzyskania wyników często bywał niejasny. Takie podejście powoduje ograniczenie możliwości prowadzenia dalszych obliczeń i symulacji. W niektórych poddanych analizie opracowaniach podejmowane były próby wyznaczenia emisji zanieczyszczeń w spalinach silników odrzutowych, jednakże uwagę zwracał brak opisu metody wyznaczania zależności emisji od zużycia paliwa i czasu przelotu. Zwrócono również uwagę na próby wyznaczania emisji tylko jednego składnika spalin silników lotniczych, np. CO₂ (który jest pochodną zużycia paliwa), przy jednoczesnym pomijaniu pozostałych substancji albo bez uwzględnienia zmiany parametrów pracy silnika wraz ze zmianą warunków otoczenia (w tym wysokości przelotowej, temperatury i ciśnienia). Autorzy niektórych artykułów naukowych podejmowali próbę optymalizacji trajektorii lotu samolotu pod kątem minimalizacji kosztów podróży. Minimalizacja kosztów jest bezpośrednio związana z minimalizacją zużycia paliwa i minimalizacją czasu lotu. Uwagę zwraca jednak wspomniany powyżej brak analizy parametrów lotu, tj. wartości ciągu wymaganego do wykonania lotu i odpowiadającego mu zużycia paliwa. Nieuwzględnienie zmiany osiągow silnika w trakcie wykonywanych zadań skutkuje nieprawidłowymi wynikami emisji i błędnymi wnioskami. Podsumowując, większość opracowań naukowych poddanych

w monografii analizie jest bardzo ogólnikowa i nie uwzględnia wpływu zmiany warunków otoczenia na pracę silników odrzutowych oraz charakterystyk aerodynamicznych samolotów i charakterystyk prędkościowo-wysokościowych analizowanych silników. W niektórych artykułach można napotkać błędne wnioski wynikające z nieprawidłowych lub zbyt uproszczonych założeń.

Przeprowadzona w trzecim rozdziale monografii obszerna analiza dostępnej literatury przedmiotu pozwoliła na zauważenie luki w analizowanym fragmencie wiedzy naukowej. Zauważono brak spójnych modeli wyznaczania emisji związków szkodliwych i toksycznych w spalinach silników samolotów w fazie przelotowej, które mogłyby być stosowane, np. do wyznaczenia trajektorii lotu samolotu pod względem najmniejszego zużycia paliwa i najmniejszej emisji zanieczyszczeń w spalinach jego silników. Stwierdzono ponadto, że istnieje potrzeba prowadzenia badań naukowych w zakresie modelowania emisji związków szkodliwych i toksycznych w spalinach silników odrzutowych samolotów poruszających się w określonym fragmencie przestrzeni powietrznej w fazie przelotowej, co wynika ogólnościowych trendów obniżania negatywnego wpływu z transportu na środowisko; zostało to uwypuklone w drugim rozdziale monografii. Zauważono również, że obecnie nie prowadzi się badań naukowych w zakresie modelowania emisji zanieczyszczeń w spalinach silników mniejszych samolotów pasażerskich (o sile ciągu do 26,7 kN). W związku z obserwowanym dynamicznym rozwojem małego lotnictwa zasadne wydaje się podejmowanie prób określenia emisji głównych szkodliwych i toksycznych składników spalin silników samolotów typu business jet przy danych parametrach lotu, zwłaszcza w głównej jego fazie – fazie przelotowej, która umożliwia modyfikację trajektorii lotu w dużo szerszym zakresie niż podczas operacji startu i lądowania.

Z tych spostrzeżeń i wniosków wyłonił się główny cel naukowy badań opisanych w monografii – opracowanie metody modelowania emisji wybranych składników spalin silników samolotów odrzutowych w fazie przelotowej, który mógłby być wykorzystany do prowadzenia dalszych badań i analiz, np. do wyznaczania trajektorii lotu samolotu charakteryzującej się najmniejszą emisją. Istotne było, aby sformułowany model emisji był uniwersalny, co oznacza, że dysponując danymi technicznymi dowolnego samolotu oraz wskaźnikami emisji jego silników, można by go zastosować dla dowolnego pasażerskiego samolotu odrzutowego. Opracowanie takiego modelu nie tylko wypełniłoby zauważoną lukę w stanie wiedzy w tym zakresie, ale również umożliwiłoby dalszy rozwój badań naukowych nad wielokryterialną optymalizacją trajektorii lotu samolotu, co w świetle planowanych modyfikacji istniejących systemów zarządzania ruchem lotniczym wydaje się być potrzebne i zasadne.

4.3.3. Wyniki przeprowadzonych prac

W rozdziale czwartym monografii opisano sekwencję działań prowadzących do realizacji założonego celu – opracowania modelu emisji szkodliwych i toksycznych składników spalin silników odrzutowych samolotów pasażerskich w czasie fazy przelotowej, umożliwiającego wyznaczenie emisji CO, HC, NO_x i CO₂ oraz zużycia paliwa w określonych warunkach przelotowych. Nacisk położono na szerokie możliwości stosowania modelu – dla jak największej

grupy samolotów wyposażonych w silniki odrzutowe dwuprzepływowe, dla lotów do wysokości przelotowej 11 km i prędkości lotu do 0,85 Ma, do wykorzystania do lotów na różnych trasach (o różnej długości), z uwzględnieniem przy tym warunków meteorologicznych (kierunku i prędkości wiatru).

W oparciu o dostępną literaturę przedmiotu w podrozdziale 4.1 monografii opracowano metodologię postępowania prowadzącego do wyznaczenia emisji w trakcie ustalonej pracy silnika dla odpowiedniej konfiguracji samolotu, tj. parametrów aerodynamicznych, prędkości i wysokości lotu. Możliwe jest wyznaczenie ilości zużytego paliwa podczas przelotu, a następnie emisji zanieczyszczeń w spalinach silników samolotu. Aby określić zakres pracy silników, czyli ich ciąg i jednostkowe zużycie paliwa dla danego zakresu lotu, należy najpierw obliczyć ciąg potrzebny do lotu z daną prędkością. Niezbędna jest również informacja o masie i charakterystykach technicznych samolotu. Dla wyznaczonego ciągu z charakterystyki prędkościowo-wysokościowej należy odczytać jednostkowe zużycie paliwa. Konieczne jest uwzględnianie zmiany osiągnięć silników odrzutowych i zmiany parametrów pracy związanych ze zmianą warunków otoczenia. Zwiększenie lub zmniejszenie obciążenia silnika powoduje zmianę temperatury pracy w komorze spalania, a tym samym zmianę ilości składników emitowanych w spalinach.

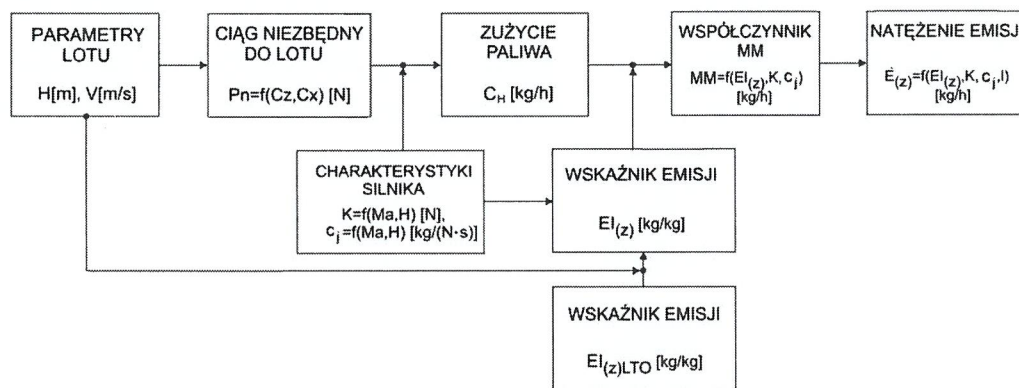
Konieczne jest również uwzględnienie danych dotyczących prędkości lotu samolotu, wysokości i warunków otoczenia (ciśnienie, temperatura i gęstość powietrza), a także danych dotyczących masy samolotu oraz jego powierzchni nośnej. Parametry otoczenia na danej wysokości można wyznaczyć z zależności dla międzynarodowej atmosfery wzorcowej (ang. International Standard Atmosphere, ISA). W kolejnym kroku dla znanej prędkości lotu należy określić współczynnik siły nośnej oraz współczynnik siły oporu, co z kolei pozwala wyznaczyć przybliżone wartości mocy oraz ciągu potrzebnego do lotu. Możliwe jest wyznaczenie krzywych mocy i ciągu niezbędnego do lotu samolotu z określoną prędkością na danej wysokości lotu. Dysponując wartością ciągu niezbędnego do lotu, z charakterystyki prędkościowo-wysokościowej silników samolotu można odczytać wartość ciągu zapewniającego bezpieczny lot i odpowiadające mu jednostkowe zużycie paliwa.

Opisane w podrozdziale 4.2 monografii przeprowadzone czynności pozwoliły opracować metodę określania zużycia paliwa i emisji szkodliwych i toksycznych składników spalin w czasie lotu samolotu w warunkach przelotowych.

W podrozdziale 4.3 rozwiązano problem prawidłowego wyznaczania czasu lotu w fazie przelotowej, od którego zależy ilość zużytego paliwa i sumaryczna emisja składników spalin. Prędkość samolotu jest podawana względem strug powietrza (ang. True Air Speed, TAS). Gdyby samolot poruszał się w hipotetycznych warunkach bezwietrznych (ciszy), prędkość lotu byłaby taka sama jak prędkość względem ziemi (Velocity Over Ground, VOG). W przypadku, gdy samolot porusza się w warunkach wiatru przeciwnego, to jego rzeczywista prędkość lotu względem ziemi ulega zmniejszeniu o składową osiową prędkości wiatru, a czas pokonania danej drogi ulega wydłużeniu, natomiast gdy porusza się w warunkach wiatru sprzyjającego, jego rzeczywista prędkość lotu względem ziemi ulega zwiększeniu o składową osiową prędkości wiatru, a czas pokonania danej drogi ulega skróceniu. Oprócz prędkości wiatru ważny jest

również jego kierunek. Do analizy problemu najłatwiej jest użyć opisu wektorowego rozkładu wiatru i kierunku lotu samolotu. Szczegółowy opis metodologii wyznaczania składowej osiowej prędkości wiatru, a na jej podstawie, prędkości samolotu względem ziemi i czasu lotu w fazie przelotowej zawarto w podrozdziale 4.3 monografii.

Zależności opisane w poprzednich podrozdziałach monografii umożliwiły sformułowanie modelu emisji związków szkodliwych i toksycznych w spalinach dwuprzepływowych turbinowych silników odrzutowych samolotów pasażerskich (opis modelu znajduje się w podrozdziale 4.4 monografii). Model ten przeznaczony jest dla fazy przelotowej – nie obejmuje faz wznoszenia i schodzenia. W założeniach do modelu emisji przyjęto wysokość lotu i prędkość lotu. Dla tych parametrów możliwe jest wyznaczenie ciągu niezbędnego do lotu dla analizowanego samolotu, a następnie odczytanie ciągu i jednostkowego zużycia paliwa z charakterystyk prędkościowo-wysokościowych silnika. Na podstawie zależności opisanych w poprzednim podrozdziale monografii, można wyznaczyć wartości wskaźników emisji zanieczyszczeń, zredukowanych do danych parametrów lotu (wysokości przelotowej i prędkości lotu), co pozwala na wyznaczenie współczynnika określającego natężenie emisji danego składnika spalin „z”, wyemitowanego w czasie jednej godziny pracy jednego silnika [kg/h] – współczynnika MM, a finalnie umożliwia obliczenie natężenia emisji poszczególnych zanieczyszczeń w spalinach silników samolotu. Opracowany model przedstawiono graficznie na poniższym rysunku.



Rys. 1. Schemat blokowy modelu emisji

Mnożąc natężenie emisji przez czas lotu, otrzymuje się ilość wyemitowanego zanieczyszczenia „z” dla danego samolotu w jednostce masy [np. kg], czyli emisję: $E_{(z)} = \dot{E}_{(z)} \cdot t$.

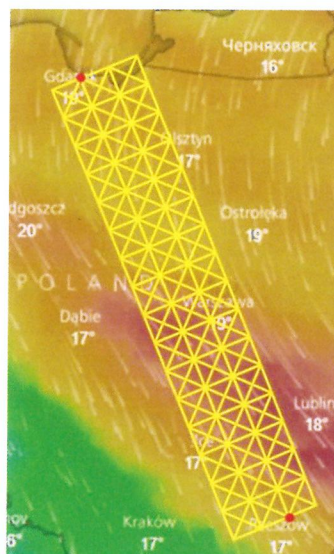
W monografii zdefiniowano ograniczenia opracowanego modelu emisji. Stanowią je:

- zakres stosowalności: do samolotów wyposażonych w silniki dwuprzepływowe;
- wysokość lotu: do 11 km – ze względu na zakres poprawności funkcjonowania wzorów na wyznaczanie wskaźników emisji (EI) i parametrów osiągowych samolotu – ograniczenia wynikają z możliwości zastosowania formuł opisujących ISA, pozwalających na wyznaczenie parametrów otoczenia (ciśnienia i temperatury podczas lotu nadanej wysokości przelotowej);
- prędkość lotu: do 0,9 Ma – ze względu na zakres pracy silników dwuprzepływowych, stosowanych w samolotach pasażerskich oraz maksymalną prędkość tej grupy samolotów.

Do wyznaczania emisji w fazie przelotowej wymagana jest znajomość osiągow silników w czasie lotu – charakterystyk prędkościowo-wysokościowych. W związku z brakiem dostępu do rzeczywistych charakterystyk prędkościowo-wysokościowych silników odrzutowych, konieczne było wyznaczenie tych charakterystyk w sposób obliczeniowy. Na podstawie zależności opisujących pracę silnika odrzutowego, opracowano metodę do wyznaczania charakterystyk prędkościowo-wysokościowych silników odrzutowych w czasie lotu. Metodę tę poddano walidacji poprzez wyznaczenie charakterystyk dla silnika DGEN 380, a następnie porównano je z charakterystykami uzyskanymi eksperymentalnie (dla tych samych warunków otoczenia) na wirtualnej hamowni WESTT CS/BV. Walidacja obliczeń charakterystyk prędkościowo-wysokościowych silnika na stanowisku badawczym została opisana w podrozdziale 4.5 monografii.

W monografii wskazano na możliwość wykorzystania opracowanego modelu emisji do wyznaczania emisji sumarycznej poszczególnych związków szkodliwych i toksycznych, wygenerowanych w spalinach silników odrzutowych dowolnego samolotu pasażerskiego podczas wykonywania lotu w fazie przelotowej na dowolnej trasie. W tym celu przyjęto, że przelot będzie odbywać się w przestrzeni powietrznej w płaszczyźnie poziomej na danej wysokości przelotowej. Płaszczyznę tę, o odpowiedniej do przeprowadzenia badań szerokości i długości odpowiadającej długości rozpatrywanej fazy przelotowej, można podzielić na kwadraty tworzące tzw. obszary kontrolne. W każdym obszarze kontrolnym można określić warunki meteorologiczne (w tym kierunek i prędkość wiatru). Utworzona w ten sposób siatka tworzy graf, składający się z węzłów i krawędzi. Węzły grafu są to wierzchołki obszarów kontrolnych, natomiast krawędzie grafu stanowią boki i przekątne obszarów kontrolnych. Założono, że samolot porusza się po krawędziach grafu rozpiętego na danej wysokości przelotowej pomiędzy kolejnymi węzłami od węzła początkowego (będącego początkiem fazy przelotowej) do węzła końcowego (będącego końcem fazy przelotowej).

Rozkład węzłów i krawędzi przykładowo wyznaczonego grafu zobrazowano na poglądowym rysunku poniżej.



Rys. 2. Przykładowy graf służący do zamodelowania trasy samolotu w fazie przelotowej (kolorem czerwonym zaznaczono przykładowe węzły – początkowy i końcowy)

Przyjmując trasę lotu między punktem początkowym a końcowym fazy przelotowej, można wyznaczyć czas lotu w tej fazie. Mnożąc uzyskaną wartość przez wartość natężenia emisji poszczególnych związków szkodliwych i toksycznych w spalinach jego silników, otrzymuje się emisję sumaryczną tych zanieczyszczeń dla fazy przelotowej.

Zastosowanie grafu do opisu trasy samolotu w fazie przelotowej umożliwia badanie różnych scenariuszy przebiegu trasy samolotu w danym fragmencie przestrzeni powietrznej. Możliwe jest wyznaczenie najkorzystniejszej trasy (np. metodą Dijkstry) ze względu na zadane kryterium, w zależności od rodzaju wag przypisanych krawędziom grafu. Najkorzystniejsza trasa będzie przebiegała przez fragmenty przestrzeni powietrznej o najlepszych parametrach, zdefiniowanych dla wykonywanego lotu.

Wykorzystując opracowany model emisji, dla zadanych warunków pogodowych (prędkość i kierunek wiatru) na danej wysokości przelotowej, możliwe jest nadanie wag poszczególnym krawędziom grafu, będących funkcjami czasu lotu i emisji związków szkodliwych i toksycznych w spalinach silników samolotu. To z kolei pozwala na wyznaczenie najkorzystniejszej pod względem sumarycznej emisji tych związków trajektorii lotu samolotu w badanym fragmencie przestrzeni powietrznej.

Opracowana metoda wyznaczania emisji umożliwia prowadzenie badań i analiz, których składową stanowi emisja wybranych składników spalin silników samolotów odrzutowych w fazie przelotowej. Metoda ta jest na tyle uniwersalna, że może być stosowana dla szerokiej grupy samolotów pasażerskich lub transportowych o napędzie odrzutowym.

W piątym rozdziale monografii, na podstawie danych technicznych wybranych trzech samolotów, z wykorzystaniem opracowanego modelu emisji, dokonano analiz zależności emisji poszczególnych związków chemicznych od parametrów lotu i osiąarów samolotów. Wyniki i wnioski z przeprowadzonych analiz zostały przedstawione w podrozdziale 5.2 monografii. Do głównych wniosków, opisanych szczegółowo w monografii należą:

- 1) zużycie paliwa, a w konsekwencji emisja zanieczyszczeń w spalinach, zależy bezpośrednio od prędkości i wysokości lotu;
- 2) emisja związków szkodliwych i toksycznych w spalinach silników odrzutowych zależy bezpośrednio od wartości wskaźników emisji oraz ilości spalonego paliwa;
- 3) emisja związków szkodliwych i toksycznych w spalinach silników lotniczych zależy bezpośrednio od parametrów lotu (prędkości i wysokości lotu) – przy danej prędkości i wysokości lotu silniki muszą wytworzyć odpowiednie wartości ciągu do wykonania bezpiecznego lotu;
- 4) czynnikiem wpływającym bezpośrednio na ilość wyemitowanych zanieczyszczeń na danej trasie jest wiatr – prędkość i kierunek wiatru istotnie wpływają na długotrwałość lotu, a im dłuższy czas przelotu, tym większa ilość zużytego paliwa i tym większa emisja zanieczyszczeń, ponieważ zależy ona bezpośrednio od czasu pracy silników (czasu lotu).

W celu wykazania przydatności opracowanego modelu emisji i możliwości jego zastosowania, w rozdziale szóstym monografii wykonano przykładowe badania prowadzące do wyznaczenia trajektorii lotu, które charakteryzują się najmniejszymi wartościami sumarycznej emisji poszczególnych związków toksycznych (HC, CO, NO_x) i szkodliwych (CO₂) w spalinach

wygenerowanych w fazie przelotowej wybranych do przeprowadzenia badań samolotów, dla zadanych warunków pogodowych. W tym celu zrealizowano następujące zadania:

- 1) Zdefiniowano obiekt badawczy – dokonano wyboru samolotów do przeprowadzenia badań;
- 2) Przyjęto wstępną trasę przelotu, określono warunki pogodowe na danej wysokości;
- 3) Określono fazę lotu objętą badaniami – fazę przelotową (*cruise*). Faza ta stanowi główny fragment lotu samolotu, dając największe możliwości optymalizacji zużycia paliwa i emisji związków szkodliwych i toksycznych w spalinach;
- 4) Dokonano doboru odpowiedniej prędkości i wysokości lotu dla samolotów objętych badaniami – przyjęto wysokość lotu do 11 km oraz prędkość lotu do 0,9 Ma. Zakres tych wartości odpowiada rzeczywistym parametrom lotu, realizowanym w lotniczej komunikacji pasażerskiej;
- 5) Dokonano dyskretyzacji trasy poprzez nałożenie na nią siatki z obszarami kontrolnymi (grafu);
- 6) Wyznaczono ciąg niezbędny do lotu dla badanych samolotów na określonej wysokości przelotowej i w danych warunkach atmosferycznych (temperatura i ciśnienie otoczenia);
- 7) Określono zakres pracy silników samolotu na podstawie wyznaczonych wcześniej charakterystyk prędkościowo-wysokościowych;
- 8) Odczytano wartość jednostkowego zużycia paliwa w danych warunkach przelotowych z charakterystyki prędkościowo-wysokościowej, odpowiadającej danej wartości ciągu rozwijanego przez dany silnik;
- 9) Przypisano wagi do krawędzi grafu, będące funkcjami czasu lotu i emisji związków szkodliwych i toksycznych w spalinach silników samolotu;
- 10) Określono długotrwałość lotu ze względu na prędkość i kierunek wiatru. W zależności od prędkości wiatru oraz kąta między kierunkiem lotu samolotu a kierunkiem wiatru, długotrwałość lotu będzie ulegała zmianie;
- 11) Określono zużycie paliwa na badanym odcinku trasy – w całej fazie *cruise*, a także emisję NO_x , CO, HC i CO_2 na podstawie odpowiednio wyznaczonych wskaźników emisji (EI) tych związków chemicznych;
- 12) Wyznaczono trajektorie lotu charakteryzujące się najniższymi wartościami sumarycznej emisji poszczególnych związków toksycznych i szkodliwych na przyjętej do badań trasie po krawędziach grafu (przy zastosowaniu metody Dijkstry);
- 13) Wskazano trajektorię lotu charakteryzującą się najniższą emisją analizowanych zanieczyszczeń.

Realizacja wyżej wymienionych zadań była możliwa dzięki opracowaniu skryptów skryptu w środowisku MATLAB, opartych na wzorach i algorytmach postępowania opisanych w rozdziale czwartym monografii. Otrzymane wyniki badań zostały następnie zaprezentowane graficznie i omówione.

4.3.4. Możliwości ewentualnego wykorzystania osiągniętych wyników badań, wkład przeprowadzonych prac w rozwój nauk technicznych w dyscyplinie Transport oraz kierunki dalszych badań

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić przydatność opracowanej metody modelowania emisji i możliwość jej stosowania do prowadzenia dalszych badań i analiz. Uwzględniając konfigurację samolotu (parametry aerodynamiczne, prędkość i wysokość lotu) oraz warunki meteorologiczne, można wyznaczyć możliwe trajektorie lotu samolotu w warunkach przelotowych ze względu na minimalizację zużycia paliwa i emisji związków szkodliwych i toksycznych w spalinach jego silników. Wyniki przeprowadzonych przykładowych analiz dla trzech samolotów pasażerskich ze względu na to kryterium ukazują, że możliwe jest wskazanie trajektorii, charakteryzującej się najniższą sumaryczną emisją związków szkodliwych i toksycznych, wygenerowanych w spalinach silników danego samolotu w fazie przelotowej.

Przeprowadzone badania wypełniają lukę w stanie wiedzy na temat modelowania emisji z uwzględnieniem charakterystyk osiągowych silników dwuprzepływowych w fazie przelotowej. Na uwagę zasługuje fakt, że opracowana metoda modelowania emisji może być z powodzeniem stosowana zarówno dla mniejszych samolotów – samolotów typu business jet wyposażonych w silniki dwuprzepływowe, jak i dla samolotów dużych, zabierających na pokład kilkuset pasażerów.

Intensywny rozwój transportu lotniczego wymusza zmiany w podejściu do zarządzania ruchem lotniczym i standardów w zakresie korzystania z przestrzeni lotniczej, w tym wdrażania inicjatyw opisanych w monografii (SESAR, FRA, CORSIA itd.). Opracowana metoda modelowania emisji w fazie przelotowej może być przydatna do planowania trasy samolotu ze względu na określone kryteria.

Osiągnięcie założonych celów przeprowadzonych badań poszerzyło pole wiedzy i otworzyło nowe możliwości badawcze. Badania nad rozwojem opracowanego modelu emisji będą kontynuowane. Prowadzone są analizy nad udoskonaleniem sposobu określania osiągowych silników w czasie lotu samolotu. Zastosowanie rzeczywistych charakterystyk osiągowych silników będzie możliwe, jeśli będą dostępne.

Celem wielu badań i programów międzynarodowych, mających za zadanie zwiększenie efektywności korzystania z komunikacji lotniczej, jest optymalizacja trajektorii lotu. Dlatego też, dalsze badania będą się koncentrować nad wykonaniem wielokryterialnej optymalizacji trajektorii lotu. W optymalizacji takiej, oprócz kryterium minimalizacji emisji zanieczyszczeń w fazie przelotowej, będą również brane pod uwagę inne kryteria, uwzględniające obciążenie tras, warunki geograficzne, bezpieczeństwo operacji lotniczych oraz aspekty ekonomiczne.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

(Szczegółowy wykaz osiągnięć naukowo-badawczych, omówienie indywidualnego wkładu w powstanie poszczególnych publikacji i innych prac badawczych, a także wykaz osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę zamieszczono w załączniku nr 4 pt. Wykaz dorobku habilitacyjnego – obszar nauk technicznych)

Poza realizacją głównego nurtu moich badań dotyczących modelowania emisji zanieczyszczeń w spalinach silników odrzutowych, których kwintesencją jest przedstawiona monografia, od kilkunastu lat zajmuję się badaniami emisji, zarówno w ramach badań własnych, jak również jako wykonawca projektów badawczych. Wynikiem badań prowadzonych w latach 2006-2009 była moja rozprawa doktorska dotycząca modelowania emisji związków szkodliwych w spalinach silników jednostek pływających.

Mój rozwój naukowy i późniejsze wybory wynikają zarówno z zainteresowań naukowych, jak również z otrzymanej edukacji, a także praktyki zawodowej.

Poniżej przedstawiam najważniejsze informacje dotyczące przebiegu mojego rozwoju naukowego (w porządku chronologicznym).

5.1. Działalność naukowo-badawcza przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

- Zainteresowanie zagadnieniami naukowymi związanymi z ochroną środowiska rozwijałam studiując na kierunku Environmental Protection and Management na Wydziale Chemii Politechniki Gdańskiej w latach 1997-2001. W tym czasie (1998 r.) odbyłam kurs w zakresie zrównoważonego zarządzania zasobami wodnymi (Certificate of Sustainable Water Management) – Baltic Sea Region Course, Uppsala University (Szwecja), a w 1999 r. wyjechałam na stypendium zagraniczne na Politechnikę Lwowską, umożliwiające mi pogłębienie wiedzy o technologii oczyszczania powietrza i wody. W 2000 r., dzięki otrzymanemu stypendium brałam udział w programie integracji europejskiej w Fynshav Højskole (Dania). Pracę inżynierską, napisaną w języku angielskim, obroniłam w 2001 r. na Wydziale Chemii Politechniki Gdańskiej. W trakcie studiów magisterskich na Wydziale Zarządzania i Ekonomii Politechniki Gdańskiej, wyjechałam na stypendium do Wyższej Szkoły Zarządzania w Rouen (Ecole Supérieure de Commerce de Rouen, Francja), gdzie ukończyłam program zarządzania europejskiego (2002-2003). Po powrocie do Polski ukończyłam studia magisterskie na Wydziale Zarządzania i Ekonomii, obroniłam pracę magisterską z zakresu gospodarki w świetle akcesji Polski do UE (napisaną w języku angielskim) otrzymując tytuł zawodowy magistra. W 2003 r. ponownie wyjechałam do Francji i podjęłam roczne studia na poziomie magisterskim na Uniwersytecie Prawa, Ekonomii i Zarządzania w Rouen (Université de Droit, Economie et Gestion de Rouen), co dało mi okazję poszerzenia swojej wiedzy z zakresu prawa i zarządzania europejskiego, jak również doskonalenia języków angielskiego i francuskiego, zwłaszcza słownictwa technicznego. Studia te ukończyłam w czerwcu 2004 r., obroniwszy pracę dyplomową (napisaną w języku francuskim) na temat wdrażania zarządzania środowiskowego w przedsiębiorstwie (*La prise en compte et l'integration de l'environnement à la gestion de l'entreprise*).

- W 2004 r. podjęłam współpracę z OPEX Sp. z o.o. w Gdańsku, gdzie pracowałam jako stażysta w dziale doradztwa, ekspertyz i opracowywania OOS (ocen oddziaływania inwestycji na środowisko). Stanowiło to dla mnie cenne doświadczenie zawodowe, wykorzystywane później podczas prowadzenia zajęć ze studentami w ramach przedmiotów związanych z aspektami prawnymi w ochronie środowiska.
- Następnie pracowałam w Biurze Studiów i Projektów Proekologicznych EKOMETRIA Sp. z o.o. w Gdańsku jako konsultant naukowy i wykonawca projektu dotyczącego modelowania emisji zanieczyszczeń do powietrza z lądowych źródeł punktowych w województwie pomorskim. Miałam okazję pracować na specjalistycznym oprogramowaniu, służącym do modelowania emisji zanieczyszczeń generowanych do powietrza przez emitery punktowe oraz dyspersji tych zanieczyszczeń w skali lokalnej. Na zamówienie firmy opracowałam schemat przemian chemicznych zgodny z MESOPUFF II – opracowanie autorskie oraz opracowałam bazę danych technologicznych dla Województwa Pomorskiego.
- W 2005 r., pracując w Oddziale Naukowym Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni jako specjalista ds. finansowo-prawnych Unii Europejskiej, nawiązałam współpracę z panem profesorem Leszkiem Piasecznym z Wydziału Mechaniczno-Elektrycznego, który kompletował zespół badawczy i starał się o dofinansowanie przez MNiSW badań na temat modelowania emisji związków szkodliwych pochodzących ze spalin okrętowych silników spalinowych w powietrzu atmosferycznym aglomeracji Trójmiasta. W ramach swoich obowiązków służbowych pomagałam w przygotowaniu wniosku i kompletowaniu odpowiedniej dokumentacji. Proces ten nadzorowałam do momentu uzyskania pozytywnej decyzji o dofinansowaniu tego projektu naukowego. Następnie, w związku z moim wykształceniem i doświadczeniem z zakresu modelowania emisji, zostałam jednym z członków projektu, co wpłynęło na ostateczne osadzenie moich zainteresowań naukowych w tematyce emisji zanieczyszczeń ze środków transportu oraz możliwości jej monitorowania i ograniczania. Wykonawcą tego projektu (Nr N502 009 31/1187) byłam w latach 2006–2009 i w ramach prac zleconych – na zamówienie Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni wykonałam następujące opracowania autorskie:
 - 2006 r.: ***Opracowanie analizy przydatności istniejących modeli i algorytmów dyspersji zanieczyszczeń w przestrzeni;***
 - 2007 r.: ***Opracowanie rozkładów ruchu zbioru jednostek na przykładzie Zatoki Gdańskiej;***
 - 2008 r.: ***Wyznaczenie charakterystyk statystycznych rozkładów prędkości i liczby statków w rejonie Zatoki Gdańskiej;***
 - 2008 r.: ***Opracowanie wskaźników emisji ZT spalin na podstawie modeli ruchu jednostek.***

- Wynikiem badań prowadzonych w latach 2006-2009 były artykuły naukowe autorstwa mojego i pana profesora Leszka Piasecznego, wśród których należy wymienić te opublikowane przed uzyskaniem przeze mnie stopnia naukowego doktora, a mianowicie:
 - Pawlak M., Piaseczny L., ***Aktualne zadania wynikające z przepisów i norm dotyczących emisji związków szkodliwych z okrętowych silników spalinowych***, „Współczesne wyzwania dla kształtowania bezpieczeństwa na Morzu Bałtyckim” (praca zbiorowa), S. Piocha (red.), ISBN 83-913537-8-8, Środkowopomorska Rada Naczelnej Organizacji Technicznej w Koszalinie, Politechnika Koszalińska, Morska Służba Poszukiwania i Ratownictwa, Koszalin-Kołobrzeg, **2006**, s. 283-298.
 - Pawlak M., Piaseczny L., ***Marine engines of NATO Navies and ecological problems of their exploitation***, Journal of Polish CIMAC Vol. 2 No. 1, Energetic Aspects, pp. 205-212. ISSN 1231-3998. ISBN 83-900666-2-9. Gdańsk, **2007** (obecna nazwa czasopisma: Journal of Polish CIMEEAC – *Civil and Marine Engineering Exploitation And Construction*).
 - Pawlak M., Piaseczny L., ***Evaluation of suitability of existing harmful compounds dispersion models for assessment of land pollution with marine engines' exhaust gases***, PTNSS Combustion Engines Scientific Magazine, No. **2007-SC3**, pp. 62-71.
 - Pawlak M., Piaseczny L., ***Przegląd modeli rozprzestrzeniania się toksycznych składników spalin z silników statków morskich***, Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowej Transport XXI wieku, ISBN 978-83-7204-619-2, Stare Jabłonki, **2007**, Tom II, s. 99-104.
 - Pawlak M., Piaseczny L., ***Modele symulacyjne ruchu jednostek morskich***. Teza Komisji Motoryzacji. Konstrukcja, Badania, Eksploatacja, Technologia Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych. Oddział PAN w Krakowie, Zeszyt Nr 33-34, s. 325-334, Kraków, **2008**. ISSN 1642-1639.
 - Pawlak M., Piaseczny L., ***Modelowanie ruchu jednostek morskich dla określania emisji związków toksycznych spalin***, Czasopismo Techniczne „Mechanika”, z. 7-M/2008, Zeszyt 11 (105), Wyd. Politechniki Krakowskiej, **2008**, s. 319-334. ISSN 0011-4561, ISSN 1897-6328.
 - Pawlak M., Piaseczny L., ***Mathematical models of the vessels movement for determination of toxic compounds emission***. Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 18, No. 2A, **2009**, pp. 187-194. ISSN 1230-1485.
 - Pawlak M., Piaseczny L., ***A model of marine vessels movement to estimate harmful compounds in the vessels exhausts***, Journal of Polish CIMAC, Vol. 4, No. 2, Diagnosis, Reliability and Safety, pp. 235-244, ISSN 1231-3998. ISBN 83-900666-2-9. Gdańsk, **2009**, (obecna nazwa czasopisma: Journal of Polish CIMEEAC – *Civil and Marine Engineering Exploitation And Construction*).

Wyniki naszych prac były prezentowane na konferencjach naukowych, przeważnie międzynarodowych, których byłam aktywnym uczestnikiem, takich jak:

- **X Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna „Bezpieczeństwo morskie i ochrona naturalnego środowiska morskiego”**. V Forum Morskie. „Współczesne wyzwania dla kształtowania bezpieczeństwa na Morzu Bałtyckim”. Środkowopomorska Rada Naczelnej Organizacji Technicznej w Koszalinie, Politechnika Koszalińska, Morska Służba Poszukiwania i Ratownictwa, Koszalin – Kołobrzeg, **2006** – referat: *Aktualne zadania wynikające z przepisów i norm dotyczących emisji związków szkodliwych z okrętowych silników spalinowych.*
- **V International Scientific-Technical Conference Explo-Diesel & Gas Turbine’07**, Politechnika Gdańska, Gdańsk-Stockholm-Tumba, 11–15 maja **2007** – referat: *Marine engines of NATO Navies and ecological problems of their exploitation.*
- **II Międzynarodowy Kongres Silników Spalinowych – International Congress on Combustion Engines PTNSS KONGRES 2007**, Kraków, 20–23 maja **2007** – referat: *Evaluation of suitability of existing harmful compounds dispersion models for assessment of land pollution with marine engines’ exhaust gases.*
- **Międzynarodowa Konferencja Naukowa TRANSPORT XXI wieku**, Stare Jabłonki, 18–21 września **2007** – referat: *Przegląd modeli rozprzestrzeniania się toksycznych składników spalin z silników statków morskich.*
- **XI Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Badania symulacyjne w technice samochodowej”**, Susiec, 26–28 maja **2008** – referat: *Modele symulacyjne ruchu jednostek morskich.*
- **Międzynarodowa Konferencja Motoryzacyjna KONMOT-AUTOPROGRES 2008: „Motoryzacja w dobie zrównoważonego rozwoju świata”** – Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej. Szczawnica, 9–11 października **2008** – referat: *Modelowanie ruchu jednostek morskich dla określania emisji związków toksycznych spalin.*
- **IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Obsługiwanie Maszyn i Urządzeń OMiU 2008”** – Akademia Morska w Szczecinie, Świnoujście–Kopenhaga 15–18 października **2008** – referat: *Mathematical models of the vessels movement for determination of toxic compounds emission.*
- **VI International Scientific-Technical Conference Explo-Diesel & Gas Turbine’09**, Gdańsk-Międzyzdroje-Kopenhaga, 26–30 kwietnia **2009** – referat: *A model of marine vessels movement to estimate harmful compounds in the vessels exhausts.*

Zwieńczeniem tej współpracy była obrona mojej rozprawy doktorskiej pt. **Modelowanie emisji związków szkodliwych w spalinach silników statków w rejonie Zatoki Gdańskiej** na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej w październiku 2009 r.

Promotorem tej pracy był pan prof. dr hab. inż. Leszek Piaseczny z Instytutu Budowy i Eksploatacji Okrętów Wydziału Mechaniczno-Elektrycznego Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni, a recenzentami: pan prof. dr hab. inż. Jerzy Merkiś – Dyrektor Instytutu Silników Spalinowych i Transportu na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej oraz pan prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda – Kierownik Katedry Silników Spalinowych i Transportu na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej.

5.2. Działalność naukowo-badawcza po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

- W listopadzie 2009 r. zostałam zatrudniona w Akademii Morskiej w Gdyni (obecnie: Uniwersytecie Morskim w Gdyni) na Wydziale Nawigacyjnym w Katedrze Eksploatacji Statku, początkowo na umowę zlecenie, następnie – od lutego 2010 r. na stanowisku adiunkta, a od marca b.r. pracuję na stanowisku starszego wykładowcy.
- Na początku mojej pracy w tej instytucji, kontynuowałam współpracę z zespołem z Akademii Marynarki Wojennej, kierowanym przez pana profesora Leszka Piasecznego, jako wykonawca projektu. W ramach tej współpracy:
 - a) na zamówienie Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni wykonałam następujące opracowania autorskie:
 - 2009 r.: **Wykonanie analizy parametrycznej rozkładów parametrów ruchu jednostek w aspekcie ich emisji;**
 - 2010 r.: **Opracowanie metodyki wykorzystania systemu AIS do oszacowania wskaźników emisji NO_x dla Morza Bałtyckiego.**
 - b) powstały następujące publikacje:
 - Pawlak M., Piaseczny L., **Mezoskalowe modele ruchu statków morskich dla szacowania emisji spalin**, Czasopismo Logistyka nr 4/2010 (płyta CD) ISSN 1231-5478, Poznań, 2010.
 - Pawlak M., Piaseczny L., **Wielokryterialna ocena emisji spalin w żegludze morskiej państw europejskich**, Rozdział nr 20 – MONOGRAFIA Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej „Energia Niekonwencjonalna i Zagospodarowanie Odpadów”, Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin, 2010. ISBN 978-83-62025-06-0. s. 226-233.
 - c) otrzymane wyniki badań zaprezentowane zostały na:
 - **6th Seminar on Safety of Transport Systems and its Monitoring: SafePort & BalticSAR**, Hława, 17–19 czerwca 2010 – referat: *Modelling emission of harmful compounds in marine vessels exhausts.*
 - **Międzynarodowej Konferencji Naukowej TRANSPORT XXI w.**, Białowieża, 21–24 września 2010 – referat: *Mezoskalowe modele ruchu statków morskich dla szacowania emisji spalin.*

-
- **VII Forum Inżynierii Ekologicznej Energia Niekonwencjonalna i Zagospodarowanie Odpadów**, Nałęczów, październik 2010 – referat: *Wielokryterialna ocena emisji spalin w żegludze morskiej państw europejskich*.
 - W 2011 i 2013 r. uzyskałam dofinansowanie na finansowanie badań własnych w Akademii Morskiej w Gdyni – w latach 2011–2014 realizowałam dwa projekty:
 - **Szacowanie i modelowanie emisji związków szkodliwych w spalinach statków oraz dyspersji tych zanieczyszczeń w rejonach głównych szlaków żeglugowych**. Kierownik i główny wykonawca projektu Nr 007/BMN/N/2011.
 - **Analiza i opracowanie składowych modelu dyspersji związków toksycznych emitowanych w spalinach jednostek pływających**. Kierownik i główny wykonawca projektu Nr 003/BMN/N/2013.

Wyniki moich prac:

a) zostały opublikowane w następujących artykułach naukowych:

- Pawlak M., **Modelowanie emisji szkodliwych składników spalin morskich silników okrętowych w celu oceny wpływu emitowanych zanieczyszczeń na jakość powietrza atmosferycznego**. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, Nr 69, str. 81-94, Gdynia 2011. ISSN 1644-1818.
- Pawlak M., **Problematyka modelowania emisji i dyspersji szkodliwych składników spalin morskich silników okrętowych**, Czasopismo Logistyka nr 4/2011 (płyta CD), ISSN 1231-5478, Poznań, 2011.
- Pawlak M., **Evaluation of applied provisions and technologies on ship emission and air quality**. Journal of KONES, Powertrain and Transport, Vol.23, No.4, 2016. ISSN 1231-4005, DOI: 10.5604/12314005.1217254.

b) zaprezentowałam na:

- **Symposium „Clean and Competitive Baltic Shipping – How Can We Do It?”**, BSR InnoShip Project Kick-off Seminar, The Baltic Institute of Finland, S/S Bore, Turku, Finlandia, 1 lutego 2011 – referat: *Modelling and monitoring marine engines emissions in order to improve air quality on global scale*.
- **V Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Systemy Logistyczne – Teoria i Praktyka**, Waplewo 6–9 września 2011 – referat: *Problematyka modelowania emisji i dyspersji szkodliwych składników spalin morskich silników okrętowych*.
- **42nd International Scientific Congress on Powertrain and Transport Means – European KONES 2016**, Jastrzębia Góra, 11–14 września 2016 – referat: *Evaluation of applied provisions and technologies on ship emission and air quality*.
- Jednocześnie, oprócz prowadzenia badań nad modelowaniem emisji związków toksycznych w spalinach silników okrętowych i ich dyspersji w powietrzu atmosferycznym,

interesowałam się sposobami ograniczania emisji tych związków przy zastosowaniu paliwa alternatywnego – LNG. Wyniki badań:

a) zawarłam w następujących publikacjach:

- Pawlak M., *Zastosowanie LNG do napędu statków celem ograniczenia emisji toksycznych składników spalin jednostek pływających w rejonie Morza Bałtyckiego*, TTS – Technika Transportu Szybnowego, Tom 10/2013. ISSN 1232-3829. Radom 2013.
- Pawlak M., *Meeting future permissible levels of exhaust gases emission from marine engines due to LNG systems application*. Logistyka, Vol. 6/2014, pp. 8459-8467. ISSN 1231-5478.
- Pawlak M., *Analysis of economic costs and environmental benefits of LNG as the marine vessels fuel*. Solid State Phenomena. Vol. 236 (2015), pp. 239-246. ISSN 1012-0394. DOI: 10.4028/www.scientific.net/SSP.236.239

b) zaprezentowałam na:

- **17th International Conference TRANSCOMP 2013**, Zakopane, 2–5 grudnia 2013 – referat: *Zastosowanie LNG do napędu statków celem ograniczenia emisji toksycznych składników spalin jednostek pływających w rejonie Morza Bałtyckiego*.
- **XXXV Sympozjum Siłowni Okrętowych SymSO 2014**, Władysławowo, 19–21 listopada 2014 – referat: *Analysis of economic costs and environmental benefits of LNG as the marine vessels fuel*.
- W związku z toczącymi się pracami nad zmianami w prawodawstwie w zakresie bezpiecznego i przyjaznego dla środowiska recyklingu statków (konwencja z Hong Kongu z 2009 r.) opublikowałam dwa artykuły naukowe, w których zawarłam swoje rozważania:
 - Pawlak M., *Logistyka recyklingu morskich jednostek pływających w świetle uwarunkowań prawnych i kosztów środowiskowo-społecznych*. Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni, Zeszyt Nr 30, 2015, s. 139-150. ISSN 1730-1114. DOI: 10.12716/1002.30.12.
 - Pawlak M., *Projektowanie zorientowane na recykling jako strategia skutecznego i bezpiecznego recyklingu statków wycofanych z eksploatacji*. Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe. Nr 4/2016. ISSN 1509-5878, e-ISSN 2450-7725.
- W międzyczasie moje zainteresowania naukowe zaczęły koncentrować się na zagadnieniach związanych z emisją powodowaną przez inne środki transportu – samoloty odrzutowe. Prowadziłam badania i zaczęłam przygotowywać monografię naukową na temat modelowania emisji zanieczyszczeń w spalinach turbinowych silników odrzutowych. Nawiązanie współpracy z Politechniką Rzeszowską w 2017 r. oraz późniejsze (od 2018 r.) uczestniczenie w międzynarodowym Projekcie SESAR 2020 pt.: „Trajectory Based Free Routing – PJ06 ToBeFREE”, zadanie nr WP3, jako członek zespołu – realizacja prac badawczo-rozwojowych, umożliwiło mi prowadzenie dalszych badań w interesującej mnie tematyce,

w tym przeprowadzenie symulacji na wirtualnej hamowni silnika DGEN380, będącej na wyposażeniu Laboratorium Badań Silników Lotniczych Katedry Samolotów i Silników Lotniczych Politechniki Rzeszowskiej. W 2018 r. wykonałam opracowanie pt.: ***Opracowanie, weryfikacja oraz walidacja modelu obliczeniowego emisji substancji szkodliwych lekkiego samolotu transportowego o napędzie odrzutowym.***

Do artykułów naukowych opublikowanych w latach 2017-2019 należą:

- Pawlak M., Kuźniar M., ***Problematyka emisji toksycznych składników spalin silników lotniczych***, Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe. Nr 12/2017. ISSN 1509-5878, e-ISSN: 2450-7725.
- Pawlak M., Kuźniar M., ***Wyznaczanie emisji związków toksycznych w spalinach turbiny gazowej do zastosowań morskich w oparciu o charakterystyki emisji turbinowego silnika lotniczego***, Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe. Nr 12/2017. ISSN 1509-5878, e-ISSN 2450-7725.
- Pawlak M., Kuźniar M., ***Analysis of the wind dependent duration of the cruise phase on the jet engine exhaust emissions***, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 25, No. 3, pp. 371-376, 2018. ISSN 1231-4005. DOI: 10.5604/01.3001.0012.4354.
- Pawlak M., Majka A., Kuźniar M., Pawluczy J., ***Emission of selected exhaust compounds in jet engines of a jet aircraft in cruise phase***, Combustion Engines, 2018, 173(2), pp. 67-72. ISSN 2300-9896. DOI: 10.19206/CE-2018-211.
- Pawlak M., Majka A., Kuźniar M., Pawluczy J., ***Analysis of wind impact on emission of selected exhaust compounds in jet engines of a business jet aircraft in cruise phase***. Combustion Engines, 2018, 173(2), pp. 55-60. ISSN 2300-9896. DOI: 10.19206/CE-2018-209.

Wyniki badań zawarte w artykułach: *Problematyka emisji toksycznych składników spalin silników lotniczych* oraz *Wyznaczanie emisji związków toksycznych w spalinach turbiny gazowej do zastosowań morskich w oparciu o charakterystyki emisji turbinowego silnika lotniczego* zostały zaprezentowane na **XXI Międzynarodowej Konferencji Naukowej TransComp 2017**, Zakopane, 4-7 grudnia 2017.

Aktualnie, po pozytywnych recenzjach, oczekują na publikację w drugim kwartale 2019 r. następujące artykuły:

- Pawlak M., Majka A., Kuźniar M., Pawluczy J., ***Model of emission of exhaust compounds of jet aircraft in cruise phase enabling trajectory optimization*** – w czasopiśmie TRANSPORT, ISSN 1648-4142.
- Pawlak M., Kuźniar M., ***Determination of CO₂ emissions for selected flight parameters of a business jet aircraft*** – w czasopiśmie Journal of KONES Powertrain and Transport, 2019. ISSN 1231-4005.



Wyniki badań zawarte w artykule *Determination of CO₂ emissions for selected flight parameters of a business jet aircraft* zaprezentowane zostały na **Międzynarodowej Konferencji Naukowej Inżynieria Ruchu Lotniczego – IRL**, Słubice, 17–18 kwietnia **2018**.

Małgorzata Pawlak

.....
Małgorzata Pawlak