

AUTOREFERAT

zawierający opis dorobku i osiągnięć naukowych

plk dr inż. Adam Bartnicki

Warszawa 2019

Spis treści

1. Dane osobowe.....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe.....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	4
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	4
4.2. Zestawienie tematycznie powiązanych publikacji stanowiących podstawę osiągnięcia naukowego	4
4.3. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników	6
5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze, dydaktyczne i organizacyjne.....	15
5.1. Osiągnięcia naukowo-badawcze przed uzyskaniem stopnia doktora.....	15
5.2. Osiągnięcia naukowo-badawcze po uzyskaniu stopnia doktora	15
5.3. Ogólna liczba publikacji naukowych oraz statystyki i indeksy.....	17
5.4. Osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne	18
5.5. Współpraca międzynarodowa i działalność w środowisku naukowym	20
5.6. Recenzje artykułów w czasopismach z listy JCR	21
5.7. Opracowania i analizy wykonane na zlecenie przedsiębiorstw przemysłowych	21
5.8. Uzyskane nagrody i wyróżnienia	22
6. Podsumowanie osiągnięć naukowo-badawczych	24

1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: Adam Bartnicki
 Data i miejsce urodzenia: 31.10.1967 r. Warszawa

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- 2004 Stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej *Budowa i Eksploatacja Maszyn*, specjalność *Maszyny Robocze*, uzyskany na Wydziale Mechanicznym Wojskowej Akademii Technicznej. Kopia dyplomu w załączniku nr 2.
 Temat rozprawy doktorskiej *Badania właściwości i kształtowanie sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi z kompensacją obciążenia* została obroniona w dn. 13.12.2004 r.
 Promotor: płk dr hab. inż. Franciszek KUCZMARSKI, prof. WAT
 Recenzent 1: dr hab. inż. Jarosław STRYCZEK
 Recenzent 2: prof. dr hab. inż. Tadeusz PRZYCHODZIEN
- 1992 Tytuł magistra inżyniera uzyskany na Wydziale Mechanicznym, na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, specjalność Maszyny Inżynieryjne. Kopia dyplomu w załączniku nr 9.
 Temat pracy dyplomowej: *Projekt układu pomiarowego i opracowanie algorytmów automatycznej realizacji wybranych faz cyklu roboczego koparki jednonaczyniowej*. Praca została obroniona 09.07.1992 r. z oceną bardzo dobry z wyróżnieniem.
 Promotor: płk dr inż. Franciszek KUCZMARSKI

Posiadane certyfikaty (kopie w załączniku 9)

- Certyfikat PRINCE 2 Foundation Certificate in Project Management, uzyskany w dn. 15.06.2018 r.
- Certyfikat Automation – modular Mechatronic System (mMS), uzyskany w dn. 30.06.2015 r.
- Certyfikat AutoCAD 2016 Essentials, Warszawa, uzyskany w dn. 29.01.2016 r.
- Certyfikat AutoCAD 2016 Intermediate, Warszawa, uzyskany w dn. 03.02.2016 r.
- Certyfikat Autodesk Inventor 2016 Essentials, Warszawa, uzyskany w dn. 29.01.2016 r.
- Certyfikat Autodesk Inventor 2016 Intermediate, Warszawa, uzyskany w dn. 03.02.2016 r.
- Certyfikat PLUS+1 Developer, uzyskany 20.05.2011 r.
- Certyfikat AutoCAD 2007 PL średniozaawansowany, Warszawa, uzyskany w dn. 08.11.2006 r.

Ukończone kursy specjalistyczne (kopie zaświadczeń w załączniku 9)

- Kurs doskonalący „Zarządzanie projektami w systemie funkcjonalnych SZ RP”, 15.06.2018 r.
- Szkolenie „Auditor w laboratorium badawczym”, 10.02.2016 r.
- Kurs specjalistyczny „Life Cycle Cost Management International Defense Acquisition Resource Management Program”, 08.02.2008 r.
- Kurs specjalistyczny „Cost Analysis International Defense Acquisition Resource Management Program”, 12.05.2006 r.

- Kurs specjalistyczny „Contract Management International Defense Acquisition Resource Management Program”, 02.06.2006 r.
- Kurs specjalistyczny „Nowoczesna logistyka szkoły wyższej”, WAT, Warszawa 22.05.2006 r.
- Kurs języka angielskiego stopień 2 (egzamin branżowy na drugi stopień – zaawansowany), 06.07.2001 r.
- Kurs języka angielskiego stopień 1, 26.06.1996 r.
- Kurs Podstawowe Zagadnienia Normalizacji, ukończony 14.12.1996 r.
- Kurs edukacji pedagogicznej, 19.05.1994 r.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

od 2017	Wojskowa Akademia Techniczna: Zastępca Dziekana, p.o. Dyrektor Centrum Transferu Technologii
2015 - 2017	Wojskowa Akademia Techniczna: Zastępca Dziekana
2014-2015	Wojskowa Akademia Techniczna: Zastępca Dziekana – adiunkt naukowo-dydaktyczny
2007-2014	Wojskowa Akademia Techniczna: Adiunkt naukowo-dydaktyczny
2003-2007	Wojskowa Akademia Techniczna: Asystent naukowo-dydaktyczny
2002-2003	Wojskowa Akademia Techniczna: Kierownik Pracowni Sprzętu Inżynieryjnego
1996-2002	Wojskowa Akademia Techniczna: Asystent
1993-1996	Wojskowa Akademia Techniczna: Inżynier

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego

Głównym osiągnięciem naukowym wynikającym z art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2017 r., poz. 1789) jest powiązany tematycznie cykl publikacji dotyczących hydrotronicznych układów napędowych. W skład cyklu wchodzi: monografia naukowa, 2 artykuły w czasopismach z listy Journal Citations Reports (lista A Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego) oraz 7 artykułów w czasopismach z listy B Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW).

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Kształtowanie i badania hydrotronicznych układów napędowych maszyn inżynieryjnych

4.2. Zestawienie tematycznie powiązanych publikacji stanowiących podstawę osiągnięcia naukowego

Kopie wszystkich publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego zamieszczono w załączniku nr 8.

a) Monografia

[1] **A. Bartnicki**: *Kształtowanie i badania hydrotronicznych układów napędowych maszyn inżynieryjnych*, Monografia, Wydawnictwo WAT, stron: 166, ark. wyd.: 7,5, 2019, ISBN: 978-83-7938-227-9. Punktacja MNiSW: 80 pkt

b) Artykuły z listy A MNiSW

[2] **A. Bartnicki**, A. Klimek: *The reaserch of hydraulic pressure intensifier for use in electric drive system*, IEEE Access, vol. 7, 2019, DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2897148. Punktacja MNiSW: 25, SNIP 2017: 1,758, IF: 3,557, SJR: 0,548

Procentowy udział własny: 80%.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opisanu podstaw teoretycznych działania wysokociśnieniowych układów napędowych, opracowaniu metodyki badań, adaptacji stanowiska badawczego na potrzeby realizacji badań, współudziale w realizacji badań, analizie wyników badań, opracowaniu wniosków oraz wytyczeniu dalszych kierunków badań.

[3] **A. Bartnicki**: *Operating parameters of the robot manipulator of engineering support*, Polish Journal of Environmental Studies, vol. 20, no. 5a, 2011, ISSN 1230-1485, Punktacja MNiSW: 15, SNIP 2011: 0,29, IF: 0,508, SJR: 0,206

c) Artykuły z listy B MNiSW

[4] **A. Bartnicki**: *Teleoperation in remote steering system built in unmanned land vehicles*, Solid State Phenomena, vol. 223, Advances in Manufacturing Engineering, s. 333-339, 2015, Punktacja MNiSW: 10

[5] **A. Bartnicki**: *Strength tests of folding bridges' spans*, JOURNAL OF KONES "POWERTRAIN and TRANSPORT", Vol. 18, No. 1, s. 47-52, Warszawa 2011, ISSN 1231-4005, Punktacja MNiSW: 7

[6] **A. Bartnicki**, A. Klimek: *Wysokociśnieniowe hydrostatyczne układy napędowe w budowie maszyn i urządzeń*, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe nr 6, r. 19, 2018, s. 343-348, ISSN 1509-5878, e-ISSN 2450-7725, Punktacja MNiSW: 7

Mój udział procentowy szacuję na 80%.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu analizy merytorycznej stanu zagadnienia (za wyjątkiem wysokociśnieniowych narzędzi hydraulicznych), przeprowadzeniu analizy sposobów generowania wysokich ciśnień, opisie układów realizujących tego typu zadania oraz na przedstawieniu zasady działania wzmacniacza hydraulicznego.

[7] **A. Bartnicki**, A. Typiak: *Stanowisko do badań hydrotronicznych układów napędowych pracujących w systemie CAN-bus*, Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe, 1(23)/2008, s. 163-170, ISSN 0860-8369, Punktacja MNiSW: 6

Mój udział procentowy szacuję na 80%.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na analizie stanu zagadnienia, opracowaniu koncepcji i struktury stanowiska badawczego, doborze poszczególnych elementów stanowiska, w tym układu obciążającego, układu pomiarowego, systemu akwizycji danych, montażu i uruchomieniu obiektu rzeczywistego.

[8] **A. Bartnicki**, A. Rubiec: *Hydrostatyczny układ napędowy dla zdalnie sterowanej przegubowej platformy lądowej*, Transport przemysłowy i maszyny robocze, nr 3 (13)/2011, s. 77-80, ISSN 1899-5489, Punktacja MNiSW: 4

Mój udział procentowy szacuję na 80%.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu hydrostatycznego układu napędowego jazdy i sprzęgu hydraulicznego, doborze elementów wykonawczych układu napędowego na podstawie wartości wielkości sił napędowych, opracowaniu wyników z doświadczalnej weryfikacji parametrów trakcyjnych platformy.

[9] **A. Bartnicki**: *Hydrostatyczny układ napędowy oparty na magistrali CAN dla bezzałogowej platformy lądowej w zadaniach zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych*, Technika Transportu Szynowego, nr 9, 2012, s. 2167-2174, ISSN 1232-3829, Punktacja MNiSW: 4

[10] A. Bartnicki, F. Kuczmarski, A. Typiak: *Wpływ sterowania na hydrostatyczne układy napędowe z kompensacją obciążenia*, Hydraulika i Pneumatyka, 1/2006, s. 14-17, ISSN 1505-3954, Punktacja MNiSW: 4

Mój udział procentowy szacuję na 70%.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu metodyki porównywania systemów sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi, metodyki prowadzenia badań, konfiguracji stanowiska badawczego dla potrzeb realizacji badań, edycji wyników do celów przeprowadzenia analizy, analizie otrzymanych wyników oraz opracowaniu wniosków z badań.

4.3. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników

Wysokie wymagania w zakresie mobilności i zdolności roboczych stawiane współczesnym maszynom inżynierskim, realizacja zadań w niekorzystnych warunkach otoczenia, praca w strefach bezpośredniego zagrożenia życia i zdrowia operatora powodują, że poszukuje się nowych rozwiązań układów napędowych jazdy maszyn i ich osprzętów roboczych, które spełnią oczekiwania szerokiej grupy użytkowników.

Problematyka doboru odpowiedniego układu napędowego dla maszyny nabiera szczególnego znaczenia w przypadku wojskowych maszyn inżynierskich. W odróżnieniu od maszyn wykorzystywanych w gospodarce narodowej, które realizują procesy robocze w znanych warunkach otoczenia, środowiska i klimatu, w terenie, który częstokroć jest przygotowany wcześniej na potrzeby realizacji tych procesów, wojskowe maszyny inżynierskie najczęściej „operują” w terenie nieznanym, nieprzygotowanym, trudnym do pokonania. Jednocześnie dynamika współczesnego pola walki wymaga od nich szybkiej, precyzyjnej realizacji zadań, niejednokrotnie w warunkach bezpośredniego zagrożenia życia i zdrowia operatora. Dlatego w przypadku wojskowych maszyn inżynierskich priorytetem w procesie doboru ich układów napędowych jest pewność wykonania zadania w określonych warunkach przy zachowaniu odpowiedniej precyzji jego realizacji. Kwestie energooszczędności, emisji CO₂ i spalin są relatywnie mniej istotne i uwzględniane jako dodatkowe kryteria doboru.

Głównym celem naukowym, zrealizowanym w ramach niniejszej pracy, była ocena możliwości zwiększenia efektywności zadań realizowanych przez załogowe i bezzałogowe maszyny inżynierskie poprzez kształtowanie struktury hydrostatycznych układów napędowych.

Praca obejmuje zagadnienia związane z prowadzeniem prac w zakresie kształtowania hydrostatycznych układów napędowych, doboru ich elementów wykonawczych i systemów sterowania nimi, ze szczególnym uwzględnieniem magistrali CAN jako głównej arterii komunikacyjnej. Istotą rozpatrywanych zagadnień jest identyfikacja właściwości maszyn inżynierskich, do napędu których wykorzystano hydrostatyczne układy napędowe – zarówno do napędu jazdy, jak i osprzętów roboczych. Innym istotnym zagadnieniem podjętym w monografii jest określenie możliwości i ograniczeń implementacji hydrostatycznych układów napędowych pracujących w architekturze CAN-bus w aplikacjach stacjonarnych i maszynach mobilnych, ze szczególnym uwzględnieniem zdalnie sterowanych bezzałogowych maszyn inżynierskich.

W przedstawionym cyklu publikacji zostały uwzględnione różne aspekty procesu badawczego, mającego na celu określenie właściwości i parametrów roboczych załogowych i bezzałogowych maszyn inżynierskich, w których zastosowano hydrostatyczne układy napędowe, w tym:

- charakterystyka układów napędowych maszyn roboczych jako obiektów sterowanych w systemie Maszyna-Środowisko-Układ Sterowania, opis ich struktury, właściwości członów i ich wzajemnych powiązań,

- charakterystyka układów napędowych w aspekcie możliwości wykorzystania ich w charakterze układów napędowych maszyn roboczych z uwzględnieniem ich zalet i wad,
- stanowiskowe badania laboratoryjne osprzętów roboczych maszyn inżynierskich i ich układów napędowych,
- symulacyjne badania modelowe dla potrzeb oceny właściwości dynamicznych hydrostatycznych układów napędowych,
- analiza istoty sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi maszyn roboczych w aspekcie poprawy ich parametrów użytkowych,
- doświadczalna weryfikacja wybranych parametrów użytkowych maszyn roboczych, w tym bezzałogowych maszyn inżynierskich wyposażonych w hydrostatyczne układy napędowe, na potrzeby zapewnienia zdolności realizacji zadań w ekstremalnych warunkach pracy,
- analiza struktury nowoczesnych systemów sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi na potrzeby określenia możliwości i ograniczeń zaimplementowania magistrali CAN w systemach sterowania bezzałogowymi platformami lądowymi,
- opracowanie autorskich rozwiązań systemów sterowania (w tym systemów sterowania układami napędowymi) bezzałogowych platform lądowych i weryfikacja ich działania w warunkach rzeczywistych.

Do osiągnięcia założonego celu naukowego wykorzystano wiele różnych narzędzi i technik modelowania, badania modeli, prowadzenia badań doświadczalnych i analizy danych pomiarowych, w tym:

- budowę modeli symulacyjnych i prowadzenie analiz w systemie Automation Studio i w środowisku Matlab-Simulink,
- prowadzenie badań doświadczalnych w oparciu o autorskie rozwiązania stanowisk laboratoryjnych,
- zastosowanie technik programistycznych dla potrzeb programowania sterowników mikroprocesorowych w systemie PLUS+1,
- zastosowanie technik pomiarowych i systemów analiz danych pomiarowych.

Rezultaty przeprowadzonych przeze mnie prac badawczych zostały zaprezentowane między innymi w wymienionych publikacjach naukowych [1]-[10]. Wśród przedstawionych publikacji znajduje się monografia, której jestem autorem [1], dwa artykuły z listy JCR [2, 3], w jednym mój udział wynosi 80%, natomiast drugi jest mojego wyłącznego autorstwa i siedem artykułów z listy B, z których trzy są mojego wyłącznego autorstwa [4, 5, 9], w trzech mój udział wynosi 80% [6, 7, 8], a w jednym – 70% [10]. Uzyskane wyniki pozwalają na sformułowanie wniosków dotyczących zasadności stosowania hydrostatycznych układów napędowych w charakterze układów napędowych maszyn inżynierskich, a także możliwości wykorzystania magistrali CAN jako głównej arterii komunikacyjnej w systemach sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi.

W zakresie badań stanowiskowych przeprowadziłem szereg badań doświadczalnych, dla różnych konfiguracji hydrostatycznych układów napędowych i członów wykonawczych zasilanych przez te układy. Jedne z pierwszych badań dotyczyły określenia wpływu kształtowania sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi na zwiększenie efektywności procesów roboczych [1, 10]. Na potrzeby realizacji tych badań opracowałem projekt autorskiego stanowiska badawczego, którego głównym elementem był zasilacz hydrauliczny wyposażony w pompę hydrauliczną zmiennej wydajności z kompensacją ciśnienia i wydajności oraz układ obciążający, umożliwiający generowanie szerokiego zakresu sygnałów sterujących rozdzielaczem proporcjonalnym, odpowiedzialnym za

dystrybucję czynnika roboczego do siłownika obciążającego. Możliwość odwzorowania rzeczywistych warunków obciążenia członów wykonawczych hydrostatycznego układu napędowego w warunkach laboratoryjnych uzyskałem poprzez zastosowanie sterownika mikroprocesorowego Pep Modular Computers z oprogramowaniem, który pozwolił na generowanie sygnałów sterujących w układzie badanym i obciążającym. Obciążenie siłami i masowymi momentami bezwładności realizowano z wykorzystaniem osprzętu koparkowego, obciążonego masą skupioną. Szeroki zakres badań dla wybranych konfiguracji hydrostatycznego układu napędowego przy różnych schematach obciążenia pozwolił na wyznaczenie rzeczywistych charakterystyk układów z kompensacją obciążenia i określenie wpływu kształtowania sygnałów sterujących na poprawę jakości sterowania. Uzyskane w wyniku badań wartości wielkości mierzonych były podstawą identyfikacji modelu symulacyjnego układu LS, zbudowanego w środowisku Matlab-Simulink.

Kolejne badania, które przeprowadziłem na stanowisku laboratoryjnym, dotyczyły oceny właściwości użytkowych osprzętu roboczego ciężkiego robota wsparcia inżynierskiego, w którym zastosowano hydrostatyczny układ napędowy z kompensacją obciążenia. W ramach przeprowadzonych badań określiłem wartości sił udźwigu i uciagu manipulatora dla różnych konfiguracji kinematycznych członów osprzętu roboczego. Badania pozwoliły mi również zidentyfikować zjawiska dynamiczne zachodzące w członach wykonawczych hydrostatycznego układu napędowego i ich wpływ na precyzję sterowania manipulatorem. Do sterowania natężeniem i kierunkiem przepływu czynnika roboczego wykorzystałem elementy mobilnej hydrauliki siłowej, proporcjonalne rozdzielacze hydrauliczne sterowane w oparciu o magistralę CAN. Wyniki badań stanowiskowych potwierdziły możliwość uzyskania wysokiej dokładności sterowania manipulatorem dla nominalnych obciążeń i maksymalnego wysięgu. Badania pozwoliły również na zdobycie doświadczeń w zakresie wykorzystania magistrali CAN w budowie systemów sterowania hydrostatycznymi (hydrotronicznymi) układami napędowymi w aspekcie późniejszego wykorzystania ich w aplikacjach mobilnych.

Rozpoznanie możliwości i ograniczeń wykorzystania magistrali CAN, jako głównej arterii komunikacyjnej systemu sterowania hydrostatycznym układem napędowym, przeprowadziłem w oparciu o autorskie rozwiązanie stanowiska badawczego do badania wytrzymałości zmęczeniowej przeseł mostów towarzyszących. Kluczowym elementem stanowiska był hydrostatyczny układ napędowy z kompensacją obciążenia, który zasiliał cztery siłowniki hydrauliczne, zabezpieczone zamkami hydraulicznymi na wypadek uszkodzenia układu. Siłowniki te służyły do podnoszenia masy obciążającej przeseł, którą stanowiła spycharka gąsienicowa SG-15. Zastosowanie hydrostatycznego układu napędowego, w charakterze układu odciażającego na stanowisku, wynikało z konieczności uzyskania znaczących sił do podnoszenia obciążenia przy stosunkowo małych prędkościach i dużej dokładności przemieszczania, którą zapewnił system sterowania skomunikowany magistralą CAN. Zalety układu LS sterowanego rozdzielaczami hydraulicznymi wyposażonymi w moduły sterujące CAN-bus potwierdzono w próbie niszczącej mostu towarzyszącego. W tym przypadku do podniesienia przeseła obciążonego trzema czołgami użyto dwóch podpór hydraulicznych zasilanych układem LS, sterowanym w technologii CAN-bus. Uzyskane w obydwu przypadkach wyniki badań doświadczalnych potwierdziły, iż efektywne wykorzystanie właściwości hydrostatycznych układów napędowych wymaga zastosowania precyzyjnych, programowalnych systemów sterowania nimi, szczególnie w przypadku stosowania ich do napędu załogowych i bezzałogowych maszyn inżynierskich.

W swoich rozważaniach na temat zasadności stosowania hydrostatycznych układów napędowych w maszynach inżynierskich podjąłem także problematykę ich modelowania. Przystępując do opisu matematycznego układu hydraulicznego, tworzy się układ hipotetyczny, który powinien odpowiadać rzeczywistemu układowi tylko pod względem jego cech istotnych dla badanego

zagadnienia. W celu otrzymania prostszej postaci końcowej równań opisujących układy hydrostatyczne przyjmuje się założenia upraszczające.

Szeroki zakres zagadnień związanych z budową modeli matematycznych hydrostatycznych układów napędowych powoduje, że w procesach ich tworzenia konstruktorzy wykorzystują narzędzia informatyczne w postaci programów komputerowych, opartych na różnych środowiskach obliczeniowych. Często przeprowadzona w ten sposób identyfikacja zjawisk i tak wymaga budowy bardziej złożonych, odpowiadających konkretnym rozwiązaniom, modeli matematycznych, które pozwolą na uzyskanie szczegółowych charakterystyk badanych zjawisk. W przypadku hydrostatycznych układów napędowych jednym ze środowisk wspierających proces projektowania i badań symulacyjnych jest oprogramowanie Automation Studio, które umożliwia weryfikację poprawności działania zaprojektowanego układu oraz przeprowadzenie wstępnych badań jego właściwości dynamicznych. Na potrzeby weryfikacji możliwości wykorzystania gotowych narzędzi do modelowania hydrostatycznych układów napędowych, zbudowałem model symulacyjny układu LS w programie Automation Studio i poddałem badaniom symulacyjnym. Wyniki badań symulacyjnych porównałem z wynikami badań doświadczalnych, co pozwoliło mi ocenić poprawność funkcjonowania proponowanego modelu. Z trzech zasadniczych grup wskaźników jakości modelowania, do oceny swojego modelu wybrałem metodę korelacyjną. Spośród stosowanych metod korelacyjnych do określania zgodności przebiegów, w prowadzonej analizie przyjąłem metodę wyznaczania współczynnika korelacji liniowej. Weryfikację modelu, poprzez określenie wartości współczynników korelacji, przeprowadziłem w środowisku Excel. Uzyskane wartości współczynników korelacji liniowej dla przebiegów czasowych ciśnienia roboczego p_r oraz natężenia przepływu Q , wyniosły odpowiednio $S = 0,78$; $S = 0,71$. Rozbieżności pomiędzy wynikami uzyskanymi w badaniach doświadczalnych z wynikami uzyskanymi w badaniach symulacyjnych wynikają z przyjętych w modelu uproszczeń i ograniczeń samego programu Automation Studio. Dlatego, na podstawie uzyskanych przeze mnie w wyniku badań doświadczalnych wartości wielkości mierzonych, opracowałem w środowisku Matlab-Simulink model symulacyjny układu LS. Model hydrostatycznego układu napędowego z kompensacją obciążenia poddałem badaniom weryfikacyjnym, generując różne sygnały sterujące i schematy obciążenia i porównałem je z wynikami badań doświadczalnych. Pozwoliło to na ocenę poprawności przyjętych do budowy modelu założeń i uproszczeń oraz dobór wartości wybranych parametrów. Przydatność modelu do badań symulacyjnych, a więc poprawność modelowania, podobnie jak w poprzednim przypadku, określiłem na podstawie wartości współczynników korelacji liniowej. Wysokie wartości współczynników korelacji liniowej ($S > 0,95$) potwierdziły poprawność funkcjonowania modelu i założeń przyjętych przy jego budowie. Powstało w ten sposób narzędzie do prowadzenia badań symulacyjnych hydrostatycznych układów napędowych z kompensacją ciśnienia.

Kolejne przeprowadzone przeze mnie badania dotyczyły poprawności funkcjonowania maszyn inżynierskich z hydrostatycznymi układami napędowymi, w warunkach poligonowych. Zakres badań obejmował proces przemieszczania się maszyn w różnych warunkach terenowych, ocenę możliwości manewrowania maszyną w tych warunkach i realizacji zadań z wykorzystaniem osprzętów roboczych. W ramach tych badań testom poddano kolejne maszyny inżynierskie skonstruowane w Instytucie Budowy Maszyn WAT („Dromader”, „Marek”, „Boguś”, „Lewiatan”, „Stażak”).

Jedną z pierwszych aplikacji mobilnych o napędzie hydrostatycznym, skonstruowanych w IBM była lekka, gąsienicowa, zdalnie sterowana platforma lądowa „Dromader”, przeznaczona dla pododdziałów pieszych, jako robot wsparcia taktycznego o wysokiej mobilności terenowej. W platformie o masie 720 kg zaproponowano hydrostatyczny układ napędowy składający się z czterech silników hydrostatycznych, przekazujących napęd na koła napędowe gąsienic oraz

hydrauliczny układ skrętu – skręt pojazdu realizowany był poprzez zmianę położenia katowego dwóch członów platformy z wykorzystaniem siłowników hydraulicznych. W układzie sterowania pojazdem wykorzystano dwusekcyjny rozdzielacz hydrauliczny pracujący w standardzie CAN.

Na potrzeby weryfikacji poprawności założeń konstrukcyjnych zaproponowanego rozwiązania, na torze testowym IBM przeprowadzono badania doświadczalne platformy, których głównym celem było określenie rzeczywistych sił napędowych niezbędnych do przemieszczania się robota w trudnodostępnym terenie. Podczas badań rejestrowano wartości ciśnienia w linii zasilającej i zlewowej układu oraz wartości ciśnienia w siłownikach układu skrętu. W pierwszym etapie badań określono opory własne układu napędowego robota. Badania przeprowadzono na stanowisku laboratoryjnym, na którym uniesiono platformę do momentu utraty kontaktu gąsienic z podłożem i dokonano pomiaru wartości ciśnienia w układzie napędowym w czasie napędu kół napędowych gąsienic. Moment napędowy konieczny do pokonania oporów własnych hydrostatycznego układu napędowego oraz członów układu bieżnego oscylowała w granicach od 800 do 1000 N. Kolejnym etapem badań była weryfikacja wymaganych sił napędowych niezbędnych do napędu jazdy platformy oraz ciśnień generowanych w układzie skrętu. Pomiarów dokonano dla podłoża betonowego, gruntu o nośności $CI = 290 \text{ kPa}$ i gruntu o obniżonej nośności $CI = 150 \text{ kPa}$.

Zarejestrowane w trakcie pomiarów średnie ciśnienie w układzie skrętu, dla najbardziej niekorzystnych warunków terenowych, nie przekroczyły 120 barów, co stanowiło około 30% wartości ciśnienia nominalnego, a wartość maksymalnego momentu napędowego oscylowała w granicach 3500÷4000 N. W ramach badań funkcjonalnych platformy sprawdziłem możliwość pokonywania przez nią wzniesień o pochyleniu 60% i wykonywaniu manewrów skrętu na zboczu o nachyleniu 60% dla podłoża o różnych współczynnikach przyczepności (zgodnie z wymaganiami obowiązującymi dla tego typu platform). Przeprowadziłem również testy polegające na ocenie zdolności platformy do pokonywania schodów, przeszkód terenowych, gruzowisk i brodenia. Wszystkie testy dały pozytywny wynik, platforma doskonale radziła sobie w każdych warunkach terenowych z wyraźnym zapasem zdolności pokonywania przeszkód. Świadczy to o właściwym doborze zarówno układu napędowego jazdy, jak i struktury gąsienicowego układu jezdnego. Bardzo istotnym elementem konstrukcyjnym, pozwalającym osiągnąć tak dobre wyniki, był sterowany przegub hydrauliczny, bez którego pokonanie gruzowiska jako jednej z najbardziej ekstremalnych do pokonania przeszkód byłoby praktycznie niemożliwe.

W ramach badań poligonowych badałem również możliwości wykorzystania hydrostatycznych układów napędowych do napędu kołowych maszyn inżynierskich. Testom poddano lekką, wielozadaniową platformę „Lewiatan”, opracowaną przez firmę HYDROMEGA i Instytut Budowy Maszyn WAT. Zaproponowana struktura hydrostatycznego układu napędowego zapewniała niezależny napęd każdego koła napędowego przez silnik gerotorowy o stałej chłonności, zasilany przez pompę hydrauliczną o zmiennej wydajności. Zmianę trybu jazdy, wybór przełożeń pomiędzy jazdą szosową a terenową, realizowano poprzez odłączanie silników kolejnych osi. Wielkości momentów napędowych i rozwijanych prędkości dla poszczególnych trybów jazdy przetestowałem w warunkach poligonowych na różnych podłożach. Uzyskane wyniki badań potwierdziły możliwość rozwijania przez platformę założonej prędkości na poziomie 60 km/h w warunkach terenowych. Z powodu problemów związanych z manewrowaniem platformą, klasyczny wspomagany hydraulicznie układ skrętu zastąpiono hydrostatycznym układem napędowym skrętu, w którym siłowniki hydrauliczne bezpośrednio przesterowywały dźwignie układu skrętu. W wyniku przeprowadzonych badań określiłem wartości promieni skrętu platformy dla różnych prędkości i różnych podłoży. Uzyskane maksymalne wartości tych promieni nie przekroczyły 5,2 m, co zapewniło platformie bardzo dobre właściwości manewrowania. Platforma posiadała również zdolność pokonywania przeszkód wodnych z wykorzystaniem dwóch pędników śrubowych,

napędzanych silnikami hydraulicznymi. Na podstawie przeprowadzonych testów pływerności określiłem maksymalną prędkość pływania platformy na zadowalającym poziomie 5 km/h. Pozytywne wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły zasadność wykorzystania hydrostatycznych układów napędowych do napędu platform kołowych, szczególnie w przypadku zasilania kilku różnych odbiorników (napęd kół, układu skrętu, napędu pędników śrubowych).

Kolejną maszyną inżynierską zasilaną hydrostatycznym układem napędowym, którą poddano testom poligonowym była bezzałogowa, dwuczłonowa platforma lądowa „Boguś”, zaprojektowana dla potrzeb realizacji zadań logistycznych (załadunkowo-rozładunkowych i transportowych) w strefach bezpośredniego zagrożenia życia i zdrowia operatora. Ponieważ pierwszy człon platformy „Boguś” został skonstruowany na bazie pojazdu „Lewiatan”, w badaniach poligonowych skupiłem się na ocenie właściwości hydrostatycznego układu napędu osprzętów roboczych i sprzęgu hydraulicznego. Platformę wyposażono w wielozadaniowy manipulator z wymiennymi chwytakami o maksymalnym udźwigu do 200 kg i widłowy system samozaładowniczy. Opracowane osprzęty robocze poddano badaniom weryfikacyjnym mającym na celu określenie rzeczywistych obciążeń podczas realizacji zadań załadunkowo-rozładunkowych. Obciążenia te oceniłem na podstawie porównania przebiegów ciśnienia w układzie napędowym osprzętu roboczego podczas pracy z nominalnym ciśnieniem pracy układu. Badania hydrostatycznego układu napędowego przeprowadzono dla manipulatora obciążonego ładunkiem o masie 175 kg umieszczonym w chwytaku. Manipulator ustawiono na maksymalnym wysięgu, a następnie wykonywano ruchy robocze kolejnymi słownikami hydraulicznymi, rejestrując wartości ciśnienia w siłownikach hydraulicznych. Gwałtowne zmiany położenia manipulatora z ładunkiem wywołały pulsacje ciśnienia w komorach siłownika wysięgnika i ramienia. Maksymalna wartość tych pulsacji (80 barów) spowodowała chwilowy wzrost ciśnienia w siłowniku ramienia do wartości 250 barów. Było to najwyższe zarejestrowane ciśnienie w układzie i nie przekroczyło ono wartości dopuszczalnej ustawionej na zaworze maksymalnym. Średnie wartości ciśnień w siłownikach manipulatora podczas manewrowania z ładunkiem utrzymywały się na poziomie 170÷180 bar. Przeprowadzone badania obciążeń manipulatora podczas pracy świadczą o poprawności, przyjętych przy projektowaniu, założeniach konstrukcyjnych. Zarejestrowane podczas podejmowania ładunku o masie 175 kg wartości ciśnienia świadczą o możliwości podjęcia ładunku nominalnego o masie 200 kg.

Podczas badań osprzętu widłowego jako obciążenie reprezentatywne wykorzystano spaletyzowany ładunek o masie 2000 kg umieszczony na osprzęcie. Badania przeprowadzono na podłożu betonowym z zablokowanym sprzęgiem hydraulicznym. Po umieszczeniu ładunku na osprzęcie wykonywano pełny ruch siłownikami wysięgnika i pochylenia wideł. W trakcie ruchu rejestrowano wartości ciśnienia w obydwu komorach siłowników wysięgnika oraz komorach bezłoczyskowych pochylenia wideł. Maksymalna zaobserwowana wartość ciśnienia (250 barów) wystąpiła w komorach bezłoczyskowych siłowników wysięgnika podczas podnoszenia ładunku z podłoża i nie przekroczyła wartości nominalnej ciśnienia, co potwierdziło poprawność przyjętych w procesie projektowania założeń.

Ostatni etap badań polegał na weryfikacji doświadczalnej funkcjonalności aktywnego przegubu hydraulicznego, którym połączono obydwa człony platformy. Poprawność jego działania określiłem w próbach skrętu platformy na różnych podłożach i w czasie pokonywania przeszkód terenowych. Przeprowadzone testy potwierdziły wysoką manewrowość platformy i możliwość pokonywania normatywnych przeszkód terenowych w postaci wzniesień i zagłębień terenu.

Założone, na etapie projektowania, wymagania dla ciężkiego robota wsparcia inżynierskiego w zakresie mobilności, a więc zdolności przemieszczania się i realizacji zadań w trudnodostępnym terenie, jak również wymóg osiągania odpowiednio dużych sił uciągu i podnoszenia ładunków o znacznej masie były podstawą wykorzystania do jego napędu hydrostatycznego układu napędowego.

W tym przypadku hydrostatyczny układ napędowy wykorzystano do napędu jazdy, układu zawieszenia i osprzętów roboczych. Na potrzeby realizacji zadań związanych z podejmowaniem ładunków niebezpiecznych, w tym improwizowanych ładunków wybuchowych, ciężkiego robota wsparcia inżynierskiego wyposażono w dwa osprzęty robocze: manipulator z chwytakiem oraz ażurową łyżkę. Zaproponowano indywidualny napęd dla każdego koła (napęd 6x6), osadzając je na wałach hydraulicznych silników gerotorowych. Skręt pojazdu realizowany był poprzez różnicowanie prędkości obrotowej kół jezdnych jednej burty względem prędkości obrotowej kół drugiej burty (skręt burtowy). Ze względu na złożoną strukturę układu napędowego, system sterowania platformy skonfigurowano w oparciu o elementy sterowane w technologii CAN-bus. Zaproponowana struktura układu napędowego wymagała przeprowadzenia kompleksowych badań właściwości trakcyjnych pojazdu bazowego i możliwości roboczych jego osprzętów. Badania przeprowadzono w zespole badawczym, którego byłem członkiem. Podobnie jak w przypadku poprzednich maszyn inżynierskich, w pierwszej kolejności wyznaczono opory własne hydrostatycznego układu napędowego jazdy, a następnie określono wartości sił napędowych dla czterech trybów pracy robota: terenowego, niskiej prędkości, wysokiej prędkości i holowania. Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów stwierdzono, że prędkości maksymalne robota wsparcia inżynierskiego na podłożu utwardzonym wynoszą: dla biegu terenowego - $V_{max,T} = 9 \text{ km/h}$ i $V_{max,S} = 27 \text{ km/h}$ – dla biegu szosowego i spełniają wymagania stawiane tego typu pojazdom. Weryfikację poprawności konfiguracji układu napędowego jazdy przeprowadzono podczas prób jazdy terenowej. Badania zrealizowano dla trzech wariantów nawierzchni: utwardzonej, gruntowej o nośności $CI = 280 \text{ kPa}$ oraz gruntowej o nośności $CI = 150 \text{ kPa}$. Podczas jazdy po nawierzchni utwardzonej ciśnienia w liniach zasilających silniki hydrauliczne oscylowały w granicach 100÷120 barów, a ich charakterystyki miały zbliżony przebieg, co świadczyło o braku niezgodności kinematycznych. Najwyższe wartości ciśnienia (150 barów) zaobserwowano podczas rozpoczęcia ruchu platformy. Nieznaczny wzrost ciśnienia w liniach zlewowych związany był z przebiegiem procesu hamowania platformy. W przypadku badań przeprowadzonych na nawierzchni gruntowej o nośności 280 kPa ciśnienie w liniach zasilających silniki hydrauliczne kształtowało się na poziomie 60÷80 barów. Maksymalną wartość ciśnienia – 120 barów zaobserwowano podczas rozpoczęcia ruchu platformy. Przebiegi czasowe wartości ciśnień w liniach zasilających miały zbliżony przebieg (w tym przypadku również nie wystąpiły niezgodności kinematyczne pomiędzy kołami), a siły rozwijane przez silniki kół napędowych były równe. Przebiegi czasowe ciśnień w liniach zasilających silniki hydrauliczne podczas jazdy po gruncie o niskiej nośności $CI = 150 \text{ kPa}$ znacząco odbiegały od poprzednich przebiegów. Dla tej próby zaobserwowano poślizg kół przednich robota (różnice ciśnień w poszczególnych liniach zasilających), co świadczyło o występowaniu niezgodności kinematycznych. Największe oscylacje wartości ciśnienia (od 50 do 170 barów) oraz największą wartość ciśnienia (ok. 210 barów) zaobserwowano na gruncie o niskiej spoistości. Rzeczywiste możliwości podnoszenia ładunków i wartości siły uciagu ciężkiego robota wsparcia inżynierskiego określiłem podczas badań zrealizowanych w warunkach poligonowych. Aby określić możliwości realizacji zadań ewakuacyjnych robota wsparcia inżynierskiego, dokonałem pomiaru jego siły uciagu w różnych warunkach terenowych dla różnych sposobów usuwania przeszkód. Przeprowadzone przeze mnie badania dowiodły, że ciężki robot inżynierski może rozwijać siły uciagu na różnych podłożach w granicach 19,5÷26,5 kN, co zapewnia mu zdolności zarówno ewakuacji uszkodzonego sprzętu, jak i spychania przeszkód z drogi przemarszu, w tym samochodów-pułapek. Zdolności holowania innych maszyn i pojazdów przez robota wsparcia inżynierskiego potwierdziłem praktycznie w czasie próby holowania pojazdu kołowego o masie 3000 kg. Wartości sił udźwigu nie odbiegały od zarejestrowanych w czasie badań laboratoryjnych manipulatora i nie powodowały utraty stateczności pojazdu bazowego.

W prezentowanych rozwiązaniach konstrukcyjnych, do sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi, użyto członów sterujących komunikujących się poprzez magistralę CAN, a w przypadku platformy „Strażak” magistralę CAN wykorzystałem również do przekazywania obrazu drogą radiową w systemie wizyjnym. Systemy zbudowałem w oparciu o dwie podsieci CAN, komunikujące się ze sobą w celu wymiany informacji i przekazywania sygnałów sterujących. Pierwsza z nich zabudowana była na platformie bazowej, drugą natomiast stanowił pulpit zdalnego sterowania wraz ze sterownikiem pracującym w standardzie CAN. W ramach przeprowadzonych przeze mnie badań doświadczalnych systemu CAN-bus, dokonałem weryfikacji poprawności realizacji algorytmów sterujących i funkcjonowania systemu diagnozowania parametrów roboczych maszyn inżynierskich. Unikatowym rozwiązaniem zastosowanym w systemach sterowania maszynami inżynierskimi było opracowanie układu do bezprzewodowej transmisji danych w magistrali CAN. W trakcie badań sprawdziłem dwa rozwiązania układów przetwarzania sygnałów CAN – przesyłanie danych za pomocą konwertera CAN – Ethernet oraz konwertera CAN – RS232. Skonwertowane dane przesyłane były z wykorzystaniem modemu radiowego. Satysfakcjonujące wyniki (prawidłowa i niezawodna praca układu transmitującego dane) otrzymałem, wykorzystując odpowiedni konwerter CAN – RS 232.

Przedstawione rozwiązania systemów sterowania oparte na magistrali CAN w aplikacjach Instytutu Budowy Maszyn potwierdzają, że systemy te spełniają oczekiwania, jakie stawiają przed nimi rozbudowane, zautomatyzowane układy napędowe. Złożoność struktur układów napędowych współczesnych maszyn roboczych skutkuje coraz większą ilością danych przekazywanych od operatora do maszyny i od maszyny do operatora. Wysoka priorytetowość tych danych, wynikająca chociażby z konieczności zapewnienia bezpieczeństwa realizacji procesów roboczych powoduje, że klasyczne systemy sterowania nie są w stanie ich „obsłużyć”. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w przypadku sterowania bezzałogowymi platformami lądowymi w funkcji teleoperatora. Systemy wizyjne, stanowiące główny element teleoperacji, stawiają bardzo wysokie wymagania łączom wizyjnym w procesie przesyłania obrazu drogą radiową. Doświadczenia zdobyte w ramach zrealizowanych projektów naukowych i prac badawczo-rozwojowych potwierdzają możliwość wykorzystania magistrali CAN w systemach sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi, a opracowany system przesyłania drogą radiową danych z magistrali stanowił podstawę implementacji tej technologii w procesach sterowania bezzałogowymi platformami lądowymi w funkcji teleoperatora.

W ramach prowadzonej obecnie działalności naukowej podjąłem problematykę związaną z możliwością wykorzystania wzmacniaczy hydraulicznych w budowie hydrostatycznych układów napędowych maszyn inżynierskich. Wyniki przeprowadzonych przeze mnie badań doświadczalnych wskazują, że wprowadzenie do hydrostatycznych układów napędowych wzmacniaczy hydraulicznych może skutecznie obniżyć koszty budowy układów wysokociśnieniowych, w których wysokie ciśnienie będzie generowane bezpośrednio przed członem wykonawczym. Wykorzystanie wysokociśnieniowych narzędzi hydraulicznych, w przypadku maszyn inżynierskich napędzanych hydrostatycznymi układami napędowymi o standardowych ciśnieniach, może znacznie zwiększyć zakres realizowanych przez nie zadań. Ze względu na pulsacyjny charakter pracy wzmacniaczy, zagadnienie to wymaga przeprowadzenia szczegółowych badań modelowych i doświadczalnych na specjalnym stanowisku badawczym.

Podsumowując, postawiona teza o możliwości zwiększenia efektywności realizacji zadań przez załogowe i bezzałogowe maszyny inżynierskie, poprzez kształtowanie struktury hydrostatycznych układów napędowych, została udowodniona w sposób teoretyczny oraz doświadczalny. Wyniki przedstawionych przeze mnie badań pozwoliły wykazać, iż zaproponowane rozwiązania hydrostatycznych układów napędowych zapewniają maszynom wysokie zdolności

przemieszczania się w trudnodostępnym terenie i pokonywania przeszkód terenowych, a także realizację złożonych zadań z wykorzystaniem osprzętów roboczych. Rezultaty badań jednoznacznie wskazują, że przy złożonej strukturze kinematycznej osprzętów roboczych stosowanych w maszynach do zadań specjalnych i wymaganych parametrach roboczych, hydrostatyczne układy napędowe jako nieliczne, a w wielu przypadkach jedyne, są w stanie sprostać tym oczekiwaniom. W trakcie realizacji zadań badawczych uzyskano szereg oryginalnych osiągnięć, w tym w szczególności:

- opracowano unikatowe rozwiązania hydrostatycznych układów napędowych załogowych i bezzałogowych maszyn inżynierskich m.in. „Dromader”, „Marek”, „Boguś”, „Lewiatan”, „Strażak”,
- wykazano szeroki zakres możliwości roboczych osprzętów maszyn inżynierskich zasilane przez hydrostatyczne układy napędowe, realizujących zadania logistyczne, w tym zadania w ramach misji podejmowania, przemieszczania i neutralizacji improwizowanych ładunków wybuchowych,
- opracowano strukturę systemu sterowania członami hydrostatycznych układów napędowych opartą na magistrali CAN,
- wdrożono system PLUS+1 programowania sterowników mikroprocesorowych w systemach sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi,
- wprowadzono standard CAN-open w układach sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi załogowych i bezzałogowych maszyn inżynierskich,
- opracowano układ do bezprzewodowej transmisji danych przesyłanych w technologii CAN-bus na potrzeby sterowania bezzałogowymi platformami lądowymi w funkcji teleoperatora i przeprowadzono testy poligonowe poprawności jego działania,
- zbudowano układy diagnozowania i pomiaru parametrów roboczych hydrostatycznych układów napędowych z wykorzystaniem czujników pracujących w standardzie CAN-open,
- opracowano i przygotowano unikatowe stanowiska laboratoryjne do badań hydrostatycznych układów napędowych w warunkach laboratoryjnych,
- opracowano i przygotowano unikatowe stanowiska laboratoryjne i tory testowe przeznaczone do badań hydrostatycznych układów napędowych na obiektach rzeczywistych w warunkach poligonowych,
- wykazano użyteczność gotowych narzędzi do modelowania hydrostatycznych układów napędowych w procesie budowania modeli matematycznych i prowadzenia ich badań symulacyjnych.

Rezultaty przedstawionych w pracy badań hydrotronicznych układów napędowych maszyn inżynierskich stanowią podstawę dalszych prac dotyczących zagadnień kształtowania ich struktury i systemów sterowania. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki oraz światowe tendencje w dziedzinie doboru i badań hydrostatycznych układów napędowych załogowych i bezzałogowych maszyn inżynierskich, można uznać, że:

- przyszłościowym kierunkiem rozwoju układów napędowych maszyn inżynierskich jest wykorzystanie do ich budowy elementów wykonawczych hydrauliki mobilnej sterowanych z wykorzystaniem rozbudowanych systemów informatycznych,
- z informatyzowanych, zdalnie sterowanych maszyn inżynierskich będą coraz częściej realizowały stawiane przed nimi zadania w strefach zagrożenia, bez bezpośredniego udziału operatora,

- istotnym problemem pozostaje nadal opracowanie efektywnego systemu sterowania złożonymi strukturami kinematycznymi osprzętów roboczych maszyn inżynierskich do zadań specjalnych,
- ważnym kierunkiem badań jest rozpoznawanie możliwości wprowadzenia systemów precyzyjnego, intuicyjnego sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi bezzałogowych maszyn inżynierskich.

5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze, dydaktyczne i organizacyjne

W skład moich pozostałych osiągnięć wchodzi: osiągnięcia naukowo-badawcze przed i po uzyskaniu stopnia doktora, które nie zostały wyszczególnione w ramach głównego osiągnięcia naukowego, efekty mojej działalności dydaktycznej i mentorskiej, efekty współpracy międzynarodowej, działalności organizacyjnej oraz współpracy z przedsiębiorstwami przemysłowymi.

5.1. Osiągnięcia naukowo-badawcze przed uzyskaniem stopnia doktora

W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora zajmowałem się tematyką związaną z kształtowaniem systemów sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi. Moje prace w tym obszarze dotyczyły wprowadzania mikroprocesorowych układów wspomaganie sterowania osprzętami roboczymi maszyn inżynierskich, komputerowego wspomaganie pracy operatora maszyn do prac ziemnych z wykorzystaniem zdalnego sterowania i laserowego układu kontroli położenia naczynia roboczego. Kolejnymi obszarami mojej działalności naukowej przed uzyskaniem stopnia doktora była problematyka z zakresu automatyzacji procesów roboczych maszyn inżynierskich i wykorzystanie systemów wizyjnych w procesie sterowania maszynami w funkcji teleoperatora. Odzwierciedleniem moich rozważań na temat możliwości wykorzystania hydrostatycznych układów napędowych w maszynach inżynierskich były prace przy budowie sekcji trału bijakowego. W wyniku tych prac powstał prototyp trału bijakowego napędzanego silnikiem hydraulicznym. W tym okresie brałem również czynny udział w pracach nad wprowadzaniem systemu zdalnego sterowania pojazdem torującym. Opracowane przeze mnie rozwiązania elementów sterujących pneumatycznym układem wykonawczym stanowią nowatorskie podejście do tej problematyki. Prowadzone przeze mnie prace były związane zarówno z budową stanowisk laboratoryjnych, układów pomiarowych, systemów akwizycji danych, jak i wprowadzaniem nowoczesnych narzędzi do analizy wyników pomiarów.

Mój dorobek publikacyjny z tego okresu składa się z 7 artykułów. W tym okresie wygłosiłem również referaty na sesjach tematycznych 18 konferencji krajowych i 10 międzynarodowych.

Tematyka mojej rozprawy doktorskiej, którą obroniłem w dniu 13.12.2004 r. była związana z badaniem właściwości i kształtowaniem sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi z kompensacją obciążenia (LS). Przeprowadzone w ramach pracy doktorskiej badania modelowe zrealizowane w oparciu o autorski model matematyczny układu LS oraz badania doświadczalne pozwoliły mi ocenić wpływ kształtowania sterowania na poprawę właściwości hydrostatycznych układów napędowych. Opracowane między innymi przeze mnie stanowisko laboratoryjne do badania układów LS jest oryginalnym rozwiązaniem w tym obszarze umożliwiającym badanie właściwości układów LS dla różnych konfiguracji. Zastosowany mikroprocesorowy układ generowania sygnałów sterujących i obciążających pozwala na realizację szerokiego zakresu badań hydrostatycznych układów napędowych.

5.2. Osiągnięcia naukowo-badawcze po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora, poza pracami naukowo-badawczymi przedstawionymi w ramach osiągnięcia naukowego, zajmowałem się również licznymi badaniami w innych obszarach

tematycznych. Wynikiem tych prac jest **autorstwo monografii, współautorstwo monografii oraz współautorstwo 6 rozdziałów w monografiach**, w tym jednego w języku angielskim (zał. 5, poz. 2.3.1-2.3.7), **1 artykuł w czasopiśmie z listy JCR** (zał. 5, poz. 2.1.1), **8 artykułów indeksowanych w bazie Web of Science** (zał. 5, poz. 2.1.2 - 2.1.9), **77 artykułów w czasopismach z listy B MNiSW** (zał. 5, poz. 2.3.8 - 2.3.85) oraz **20 publikacji w materiałach konferencyjnych**. Ponadto, wygłaszałem **referaty** lub brałem **udział w sesjach plakatowych** na **34 krajowych lub międzynarodowych konferencjach** naukowych (zestawienie w zał. 5, poz. 3.2.1-3.2.34). W szczególności osobiście wykonywałem następujące badania i analizy:

- w latach 2008-2010 brałem udział w wykonaniu projektu rozwojowego **OR 00 0012 06** pt. **„Bezzałogowy pojazd do wykonywania zadań specjalnych w strefach zagrożenia”** (zał. 5, poz. 2.7.3). Jako jeden z wykonawców zajmowałem się opracowaniem struktury hydrostatycznego układu napędowego do pojazdu, doborem jego elementów i doświadczalną weryfikacją funkcjonowania elementów wykonawczych układu. Przeprowadzone badania doświadczalne potwierdziły poprawność przyjętych przeze mnie na etapie projektowania założeń,
- w latach 2008-2010 uczestniczyłem w projekcie rozwojowym **OR 00 0012 05** pt. **„Inżynierski robot wsparcia misji EOD/IOD - usuwania ładunków niebezpiecznych”** (zał. 5, poz. 2.7.4). Jako jeden z wykonawców byłem odpowiedzialny za konfigurację i dobór elementów hydrostatycznego układu napędowego oraz systemu sterowania, opartego na elementach pracujących w standardzie CAN-open,
- w projektach: **O N502 001234** pt. **„Kształtowanie struktur układów zawieszenia jazdy lekkich bezzałogowych platform lądowych ekstremalnej mobilności”** (zał. 5, poz. 2.7.5) oraz **OR 00 0090 12** pt. **„Opracowanie konstrukcji oraz technologii wykonania zawieszenia hydroaktywnego w mobilnych obiektach bezzałogowych odpornych na zagrożenia IED”** (zał. 5, poz. 2.7.8) zajmowałem się zagadnieniami możliwości wykorzystania hydrostatycznych układów napędowych w systemach zawieszenia w bezzałogowych platformach lądowych,
- w latach 2010-2012 **kierowałem** projektem badawczo-rozwojowym nr **OR 00 0048 12** pt. **„Opracowanie wymagań stawianych platformom mobilnym w zadaniach zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych”** (zał. 5, poz. 2.7.7). W ramach realizacji projektu opracowałem system zdalnego sterowania układem napędowym pojazdu, oparty na elementach wykonawczych pracujących w standardzie CAN-open. Magistralę CAN wykorzystałem również do przesyłania obrazu drogą radiową na potrzeby zabezpieczenia procesu sterowania platformą w funkcji teleoperatora. Zdobyte w projekcie doświadczenia w zakresie implementacji magistrali CAN w systemach sterowania maszynami inżynierskimi wykorzystałem w późniejszych rozwiązaniach tego typu układów.
- w latach 2011-2012 brałem udział w wykonaniu projektu badawczego **1649/B/TOO/2010/40** pt. **„Zintegrowany system monitorowania stanu stałych i tymczasowych przepraw mostowych w aspekcie ich degradacji eksploatacyjnej i zdarzeń destrukcyjnych”** (zał. 5, poz. 2.7.10). Jako jeden z głównych wykonawców zajmowałem się budową systemu obciążenia oraz bezpośredniego i pośredniego pomiaru strzałki ugięcia przęsła mostu towarzyszącego. Osobiście opracowałem strukturę układu pomiarowego i skonfigurowałem system akwizycji danych pomiarowych. W wyniku realizacji projektu potwierdzono możliwość wykorzystania techniki GNSS (Global Navigation Satellite System) do detekcji przemieszczeń elementów konstrukcji, określanej jako monitoring strukturalny GNSS,

- w latach 2014-2015 uczestniczyłem w międzynarodowym projekcie Europejskiej Agencji Obrony (EDA) nr **B 1465 GEM3 GP** pt. „**Ground Systems Landscaping and Integration Study**” (zał. 5, poz. 2.7.13), w ramach którego przeprowadziłem badania laboratoryjne i testy poligonowe osprzętu roboczego, napędzanego hydrostatycznym układem napędowym, dla zdalnie sterowanego robota inżynieryjnego (zał. 5, poz. 2.9.73). W ramach projektu uczestniczyłem również w **opracowaniu wytycznych do koncepcji użycia bezzałogowych platform lądowych** na potrzeby ochrony konwojów (zał. 5, poz. 2.9.74),
- w latach 2014-2015 brałem udział w wykonaniu pracy badawczo-rozwojowej **UOD-DEM-1-145/001** pt. „**Rodzina pojazdów specjalistycznych do prowadzenia zabiegów renowacyjnych i ochronnych w środowisku wodno-błotnym**” (zał. 5, poz. 2.7.12) a w latach 2013-2016 – w pracy badawczej stosowanej **PBS 2/B8/11/2013** pt. „**Autonomiczna technologia transportu biomasy pozyskiwanej na chronionych obszarach wodno-błotnych**” (zał. 5, poz. 2.7.14). Jako jeden z wykonawców brałem udział w opracowaniu koncepcji użycia pojazdów specjalistycznych do prowadzenia zabiegów renowacyjnych i ochronnych w środowisku wodno-błotnym, a także opracowaniu struktury hydrostatycznego układu napędowego dla bezzałogowego pojazdu bagiennego.
- od roku 2013 uczestniczę w realizacji pracy badawczo-rozwojowej **DOBR-BIO4/083/13431/2013** pt.: „**Platforma średnia (klasa 800 kg)**” (zał. 5 poz. 2.7.15). Jako jeden z wykonawców biorę udział w pracach nad projektem średniej platformy wspierającej działania wojsk rozpoznawczych, logistycznych i inżynieryjnych podczas działań taktycznych w bardzo trudnym terenie. Moje prace dotyczą możliwości wykorzystania hydrostatycznego układu napędowego i systemu sterowania nim dla projektowanej platformy.
- od roku 2018 uczestniczę w realizacji projektu badawczo-rozwojowego nr **POIR.01.01.01-00-159/17-00** pt. „**Mobilny prom ewakuacyjno-przeprawowy wysokiej nośności**” (zał. 5, poz. 3.5.1), w którym jako ekspert do obliczeń wytrzymałościowych konstrukcji obiektów pływających przeprowadziłem analizę wytrzymałościową elementów konstrukcyjnych promu dla różnych wariantów jego obciążenia podczas poruszania się po drodze i pokonywania przeszkody wodnej. W projekcie tym zaproponowałem również autorskie rozwiązanie hydrostatycznego układu napędowego pędników strugowodnych, napędu asystencyjnego kół jezdnych, podparcia hydraulicznego, a także elementów wykonawczych układu rozkładania i składania promu.

5.3. Ogólna liczba publikacji naukowych oraz statystyki i indeksy

Ogółem jestem autorem lub współautorem:

- 2 monografii w języku polskim,
- 6 rozdziałów w monografiach,
- 3 publikacji w czasopismach z listy JCR (lista A MNiSW),
- 89 publikacji w czasopismach z listy B MNiSW,
- 63 publikacji w materiałach konferencyjnych.

Moje sumaryczne indeksy według kluczowych serwisów mają następujące wartości:

Według Web of Science, na dzień 20.02.2019 statystyki użytkownika Adam Bartnicki:

- liczba indeksowanych publikacji: 9
- h-index (index Hirscha): 3
- ogólna liczba cytowań: 23
- liczba cytowań od 2013 r.: 23

Według Scopus, na dzień 20.02.2019, statystyki użytkownika Adam Bartnicki:

- liczba indeksowanych publikacji: 15
- h-index (index Hirscha): 4
- ogólna liczba cytowań: 48
- liczba cytowań od 2013 r.: 48

5.4. Osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne

W ramach prowadzonej działalności dydaktycznej jestem współautorem skryptu „Hydrotroniczne układy napędowe. Ćwiczenia laboratoryjne cz. I” (zał. 5, poz. 3.8.1) przeznaczonego dla studentów studiów inżynierskich i kadr zawodowych szkolonych w zakresie budowy i eksploatacji hydrotronicznych układów napędowych na poziomie podstawowym.

Od ponad dwudziestu lat prowadzę zajęcia audytoryjne na Wydziale Mechanicznym WAT (zał. 5, poz. 3.8.7) na studiach I i II stopnia. Jestem promotorem 37 prac magisterskich i 15 prac inżynierskich na kierunkach jednolitych studiów magisterskich oraz studiów I i II stopnia prowadzonych na Wydziale Mechanicznym i Wydziale Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej na kierunkach: mechanika i budowa maszyn, logistyka i energetyka.

Czynnie uczestniczę w procesie organizowania szkolenia dla podchorążych WAT w uczelni i centrach szkolenia, a także dla żołnierzy zawodowych w ramach doskonalenia i podnoszenia ich kwalifikacji zawodowych. W latach 2014-2017, jako Zastępca Dziekana byłem odpowiedzialny za opracowanie planów szkolenia w Centrach Szkolenia SZ RP. Byłem pomysłodawcą i inicjatorem uruchomienia na Wydziale Mechanicznym WAT czterech kursów specjalistycznych dla kadry zawodowej SZ RP: „Planowanie potrzeb i zaopatrywanie w systemie zabezpieczenia materiałowego Sił Zbrojnych RP”, „Planowanie potrzeb i zaopatrywanie w systemie zabezpieczenia technicznego Sił Zbrojnych RP”, „Taktyka i technika pododdziałów wojsk Inżynieryjnych”, „Zarządzanie i eksploatacja sprzętu inżynieryjnego”, na których obecnie prowadzę zajęcia audytoryjne (zał. 5, poz. 3.8.7). W ramach przygotowania kursów byłem współtwórcą ich planów szkolenia.

Przez 15 lat jako opiekun Koła Naukowego Budowy Maszyn, Automatykacji i Robotyki oraz koordynator działalności Kół Naukowych Studentów Wydziału Mechanicznego WAT prowadziłem pozaprogramowe prace studentów z zakresu konstrukcji, budowy i eksploatacji hydrotronicznych układów napędowych i systemów sterowania nimi. W tym okresie byłem organizatorem Seminariów Kół Naukowych Studentów WME i członkiem komisji konkursowych.

W ramach działalności koła prowadzone przeze mnie prace studentów zdobyły liczne nagrody i wyróżnienia w konkursach krajowych i międzynarodowych (zał. 5, poz. 3.9.3). Pod moją opieką naukową powstało kilkanaście prac zgłoszonych do konkursu „Rektora na najlepszą pozaprogramową pracę studenta WAT”. W tym czasie, na podstawie projektu zrealizowanego przez studentów Koła, powstało między innymi niskobudżetowe stanowisko laboratoryjno-badawcze do prowadzenia zajęć z zakresu budowy i eksploatacji hydrostatycznych układów napędowych. Stanowisko zostało zaprezentowane na XI Międzynarodowych Targach Hydrauliki, Pneumatyki, Sterowania, Napędów i Mechatroniki w 2016 roku w Katowicach i zdobyło I miejsce oraz Złoty Medal w kategorii „Urządzenia pomiarowe i technologie”. Na podstawie projektu powstały 3 stanowiska laboratoryjne, które stanowią wyposażenie laboratorium jednej z warszawskich szkół średnich.

Studenci Koła Naukowego pod moją opieką poszerzali swoją wiedzę na seminariach i prelekcjach prowadzonych w czasie krajowych targów przemysłowych, między innymi w ramach „Targów Hydrauliki, Automatyki i Pneumatyki”, „Targów Robotyzacji i Automatykacji ROBOT show”, Międzynarodowych Targów Innowacyjnych Rozwiązań Przemysłowych „Warsaw Industry Week”, „Międzynarodowych Targów Budownictwa Drogowego Autostrada-Polska”.

Byłem organizatorem i uczestnikiem przedsięwzięć związanych z promocją osiągnięć Wojskowej Akademii Technicznej. Do najważniejszych przedsięwzięć należą między innymi: organizacja stoiska na Międzynarodowym Salonie Przemysłu Obronnego w Kielcach w latach 2009-2018 oraz prezentacja osiągnięć na Targach „Pro Defense” w Ostródzie w latach 2016-2017.

Byłem inicjatorem i organizatorem wyjazdów studenckich do przedsiębiorstw i zakładów przemysłowych, w których studenci poszerzali swoją wiedzę z zakresu budowy i eksploatacji maszyn inżynierskich napędzanych hydrostatycznymi układami napędowymi. Dzięki programowi finansowania przez uczelnię projektów i inicjatyw studenckich oraz doktorantów, wraz ze studentami zrealizowaliśmy między innymi następujące projekty:

- szkolenie z zakresu automatyzacji procesów wydobywania węgla brunatnego w kopalni odkrywkowej, Konin 2015 r.,
- szkolenie studentów w centrum szkolenia Bosch Rexroth w Würzburgu i prezentacja procesu produkcyjnego elementów hydrotronicznych układów napędowych w zakładach Bosch Rexroth w Lohr am Main, 2016 r.,
- szkolenie i pokazy dotyczące automatyzacji, budowy, eksploatacji i użytkowania pod ziemią maszyn górniczych, używanych w procesie technologicznym wydobywania rudy miedzi na terenie kopalni, Polkowice 2017 r.,
- szkolenie w zakładach Rockfin Sp. z o.o., RDL Hydraulics Sp. z o.o., Hydromega Sp. z o.o. produkujących maszyny robocze napędzane hydrostatycznymi układami napędowymi.

Uczestniczę w rozbudowie zaplecza naukowo-dydaktycznego, opracowując i wdrażając nowe stanowiska badawcze i laboratoryjne. Jednym z najistotniejszych moich osiągnięć w zakresie wspierania procesu dydaktycznego była budowa „Laboratorium hydrotroniki napędu robotów mobilnych”, w którym zgromadziłem najnowsze rozwiązania elementów hydrostatycznych układów napędowych. Laboratorium powstało w roku 2016 w ramach zrealizowanej przeze mnie inwestycji aparaturowej z dotacji celowej MON, o łącznej wartości 2,1 mln zł, na potrzeby szkolenia studentów, kandydatów na żołnierzy zawodowych i kadry zawodowej SZ RP. W laboratorium prowadzę również szkolenia specjalistyczne z zakresu budowy i eksploatacji hydrostatycznych układów napędowych dla przedsiębiorstw. W ramach inwestycji, dzięki mojej inicjatywie i przeprowadzonej procedurze pozyskania pomocy dydaktycznych, powstało także hydropneumatyczne laboratorium przemysłowe zbudowane w oparciu o elementy modułowego mechatronicznego systemu szkoleniowego mMS firmy Bosch Rexroth. Moduły systemu mMS pozwalają w praktyce śledzić przebieg procesów technologicznych, realizowanych w oparciu o opracowane przez studentów algorytmy sterujące. W okresie pełnienia obowiązków kierownika laboratorium i kierownika pracowni sprzętu inżynierskiego zaprojektowałem i zbudowałem między innymi trzy stanowiska laboratoryjne do badania i wyznaczania charakterystyk hydrostatycznych układów.

Jako członek Rady Programowej Kierunku Studiów Energetyka uczestniczyłem w procesie tworzenia programów nauczania dla studentów I stopnia międzywydziałowego kierunku Energetyka, prowadzonego na Wydziale Mechanicznym i Wydziale Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej. W wyniku prac Rady Programowej powstały szczegółowe programy nauczania dla tego kierunku.

Od roku 2012 jestem koordynatorem i głównym wykonawcą projektu „Akademia Wynalazców Roberta Boscha” organizowanego przez firmę Bosch Rexroth (zał. 5, poz. 3.14.1). Dzięki mojej inicjatywie Wojskowa Akademia Techniczna stała się oficjalnym partnerem programu. W ramach tego przedsięwzięcia przeprowadziłem szereg zajęć praktycznych w laboratorium hydrotroniki napędów robotów mobilnych z zakresu budowy i eksploatacji hydrotronicznych układów napędowych. W czasie prowadzonych przeze mnie warsztatów uczniowie szkół gimnazjalnych poznają w praktyce zasady funkcjonowania tych układów i zgłębiają swoją wiedzę w tym obszarze.

Jestem również członkiem jury konkursu na wynalazek w ramach „Akademii Wynalazców im. Roberta Boscha”.

W 2014 roku byłem współorganizatorem Międzynarodowych Zawodów Robotów Wojskowych M-ELROB, w ramach których zespoły konstruktorów z całego świata prezentowały swoje osiągnięcia w dziedzinie zdalnie sterowanych bezzałogowych platform lądowych (zał. 5, poz. 3.3.2).

W latach 2016-2017 jako pełnomocnik Dziekana Wydziału Mechanicznego ds. kontaktów ze szkołami i promocji koordynowałem przedsięwzięcia związane z promocją Wydziału Mechanicznego. W ramach tej działalności wielokrotnie uczestniczyłem w spotkaniach z młodzieżą szkół średnich, prezentując osiągnięcia naukowe i ofertę edukacyjną Wydziału. Wraz ze studentami uczelni uczestniczyłem w Targach Nauki, przeznaczonych dla absolwentów klas maturalnych. Kolejnym obszarem aktywności w tym zakresie była prezentacja bazy dydaktycznej Wydziału Mechanicznego w ramach dni otartych uczelni i wyboru specjalności. Za pokazy pt.: „Sterowanie maszynami w dobie Internetu i łączności bezprzewodowej” i „Zdalne sterowanie w maszynach inżynierskich i pojazdach”, które prowadziłem w ramach Festiwalu Nauki w WAT zostałem wyróżniony dyplomami przez Prorektora ds. Naukowych i Rektora Wojskowej Akademii Technicznej.

5.5. Współpraca międzynarodowa i działalność w środowisku naukowym

W ramach współpracy międzynarodowej środowisk naukowych uczestniczyłem w dwóch projektach finansowanych ze środków European Defence Agency (EDA). W latach 2010-2013 w projekcie „ICAR – Intelligent Control of Adversary Radio Communication” (zał. 5 poz. 2.7.9), a w latach 2014-2015 w projekcie „Unmanned Ground Systems Landscaping and Integration Study” (zał. 5, poz. 2.7.13), w których podjęto między innymi problematykę wykorzystania bezzałogowych platform lądowych, wyposażonych w systemy identyfikacji i kontroli szeroko pojętego otoczenia w warunkach współczesnego pola walki.

W roku 2015 uczestniczyłem w programie Erasmus+. W ramach projektu międzynarodowego dotyczącego współpracy na rzecz innowacji i wymiany dobrych praktyk realizowałem projekt partnerstwa strategicznego (*Erasmus+ Strategic Partnership*) z firmą Bosch Rexroth. Efektem projektu była modernizacja oferty dydaktycznej i lepsze jej dostosowanie do potrzeb gospodarki oraz podniesienie jakości kształcenia w obszarze hydrostatycznych układów napędowych (zał. 5, poz. 3.1.1). W ramach prowadzonych rozmów przyjęto również wstępne ustalenia dotyczące uruchomienia w Instytucie Budowy Maszyn WME WAT autoryzowanego centrum kształcenia kadr zawodowych dla firmy Bosch Rexroth. W wyniku prowadzonych rozmów, w porozumieniu z przedstawicielami firmy Bosch Rexroth, w roku 2017 zorganizowałem szkolenie dla pracowników Instytutu z zakresu budowy i eksploatacji hydrauliki mobilnej, na potrzeby uruchomienia centrum kształcenia (kopia w załączniku nr 9).

W roku 2015 nawiązałem współpracę z firmą HAWA Hydraulik SE w zakresie możliwości wykorzystania jej produktów w działalności szkoleniowej i dydaktycznej. W siedzibie firmy w Monachium uczestniczyłem w szkoleniu z zakresu wykorzystania bazy laboratoryjnej HAWA w procesie nauczania zagadnień z obszaru hydrostatycznych układów napędowych.

W 2013 roku w ramach projektu współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej *Zarządzanie własnością intelektualną – klucz do sukcesu w relacjach nauki z biznesem* nr projektu **UDA-POKL.04.02.00-00-041/11-00** uczestniczyłem w warsztatach z zakresu zarządzania własnością intelektualną. Potwierdzeniem mojego udziału w warsztatach jest certyfikat (kopia w załączniku nr 9).

Jako członek Komitetu Technicznego nr 160 w PKN *Napędów i sterowań hydraulicznych*, w ramach krajowych i międzynarodowych spotkań organizacji normalizacyjnych, biorę udział w opracowywaniu norm technicznych z zakresu budowy i eksploatacji hydrostatycznych układów

napędowych, uczestniczę w procesie opiniowania polskich i międzynarodowych norm technicznych (zał. 5 poz. 3.7.1).

Pełniąc obowiązki Dyrektora Centrum Transferu Technologii, w latach 2017-2018, na mocy pełnomocnictwa Rektora Wojskowej Akademii Technicznej, podpisałem kilkanaście Listów Intencyjnych o współpracy naukowej z przedstawicielami przemysłu, ośrodków badawczo-rozwojowych i placówek naukowych. Między innymi nawiązałem współpracę z firmą Airbus Helicopters w zakresie prowadzenia wspólnych projektów badawczych i badań doświadczalnych.

5.6. Recenzje artykułów w czasopismach z listy JCR

Jestem recenzentem w czasopiśmie z listy JCR, dla którego wykonałem recenzję artykułu pt. „Analysis and verification of gas system and pressure change rate characteristics of hydraulic system”. Jestem również recenzentem artykułów z czasopism z listy B MNiSW (zał. 5, poz. 3.13.2-3.13.5).

5.7. Opracowania i analizy wykonane na zlecenie przedsiębiorstw przemysłowych

W roku 2017, na zlecenie firmy Airbus Helicopters Sp z o.o., przeprowadziłem cykl badań prototypu tłumika hydraulicznego wirnika głównego śmigłowca według dokumentacji dostarczonej przez zamawiającego. Do badań wykorzystałem autorskie rozwiązania stanowisk laboratoryjnych, układów pomiarowych i systemów akwizycji danych. Na potrzeby realizacji badań opracowałem własną metodykę badań, na podstawie której przeprowadziłem regulację i wyznaczyłem charakterystyki zaworów tłumika drgań. Istotnym elementem zleconych badań był proces napełniania tłumika olejem hydraulicznym, który zrealizowano według zaproponowanej przeze mnie procedury (zał. 5, poz. 3.11.2-3.11.4).

W roku 2017 firma Bosch Rexroth Sp. z o.o. zleciła mi wykonanie pomiarów i wyznaczenie charakterystyk hydrostatycznych układów napędowych jazdy w maszynach samojezdnych. Badania poligonowe wybranych maszyn inżynierskich przeprowadziłem w oparciu o autorską metodykę badań, z wykorzystaniem opracowanego przeze mnie układu pomiarowego i systemu akwizycji danych (zał. 5, poz. 3.11.5).

W tym samym roku firma RDL Hydraulics Sp. z o.o. zleciła mi wykonanie badań wybranych elementów wykonawczych napędu hydrostatycznego. Badania laboratoryjne przeprowadziłem w oparciu o autorską metodykę badań, z wykorzystaniem opracowanego przeze mnie układu pomiarowego i systemu akwizycji danych (zał. 5, poz. 3.11.6).

W latach 2016-2017, na bazie zaplecza laboratoryjnego Instytutu Budowy Maszyn WME WAT na zlecenie firmy RDL Hydraulics Sp. z o.o., przeprowadziłem cykl szkoleń dla kadry technicznej i automatyków z branży papierniczej w zakresie podstaw budowy, eksploatacji i sterowania przemysłowymi, hydrostatycznymi układami napędowymi. Ważną część prowadzonych przeze mnie zajęć stanowiły zagadnienia związane z identyfikacją i usuwaniem niesprawności hydrostatycznych układów napędowych. Wysoka ocena zajęć praktycznych, prowadzonych w oparciu o bogate wyposażenie laboratorium hydrotroniki robotów mobilnych, skutkuje kolejnymi zamówieniami tego typu szkoleń.

W roku 2010 Wojskowe Zakłady Inżynierskie S.A. w Dęblinie zleciły mi wykonanie badań wytrzymałościowych przęsła mostu BLG-60M2 (BLG-67M2) w celu określenia jego trwałości, wyrażonej w ilości cykli przejazdów pojazdem gaśnicowym o masie 50 ton. Testom poddano zmodernizowaną konstrukcję przęsła mostu nożycowego BLG-67M2 przeznaczoną dla wojsk lądowych Indii. Na potrzeby realizacji badań poligonowych zbudowałem stanowisko laboratoryjne, w którym wykorzystałem hydrostatyczny układ napędowy z kompensacją obciążenia w charakterze układu odciążającego, sterowany w oparciu o elementy pracujące w standardzie CAN-open. Badania

poligonowe przeprowadziłem w oparciu o autorską metodykę badań, z wykorzystaniem opracowanego przeze mnie układu pomiarowego i systemu akwizycji danych (zał. 5, poz. 2.7.6).

W roku 2008, na zlecenie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Urządzeń Mechanicznych „OBRUM” Sp. z o.o. w Gliwicach, przeprowadziłem badania prototypu mostu samochodowego MS-20 w zakresie wytrzymałości przęsła. Przeprowadzenie badań wymagało zbudowania specjalnych, dedykowanych stanowisk laboratoryjnych, w których wykorzystałem hydrostatyczne układy napędowe z kompensacją obciążenia, sterowane w oparciu o technologię CAN-bus (zał. 5, poz. 2.7.1).

5.8. Uzyskane nagrody i wyróżnienia

Realizowane przeze mnie, w ramach zespołów naukowo-badawczych, prace i projekty były wielokrotnie wyróżniane i nagradzane w kraju i na arenie międzynarodowej. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć:

2014 – Defender za wyróżniające rozwiązanie techniczne dla obronności i bezpieczeństwa państwa prezentowane na XXII MSPO Kielce 2014 za „Mobilne laboratorium do poboru próbek środowiskowych i identyfikacji zagrożeń biologicznych” (zał. 5, poz. 2.8.1),

2010 – Złoty Medal na IV Międzynarodowej Warszawskiej Wystawie Innowacji IWIS 2010 za projekt „Inżynieryjny robot wsparcia misji EOD/IED (The robot of Engineering support EOD/IED missions)” (zał. 5, poz. 2.8.2),

2011 – Złoty Medal na 60-tych Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Techniki, Bruksela INNOVA za projekt „Platforma do realizacji zadań w strefach zagrożenia” (zał. 5, poz. 2.8.3),

2010 – Srebrny Medal na Międzynarodowej Wystawie Innowacji (SIIF 2010) za projekt „Inżynieryjny robot wsparcia misji EOD/IED (The robot of Engineering support EOD/IED missions)” (zał. 5, poz. 2.8.4),

2011 – Srebrny Medal na 60. Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Techniki, Bruksela INNOVA za projekt „ICAR – Inteligentna Kontrola Łączności Radiowej Przeciwnika” (zał. 5, poz. 2.8.5),

2011 – Brązowy Medal na 60. Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Techniki, Bruksela INNOVA za projekt „Manipulator kompaktowy z napędem hydrostatycznym” (zał. 5, poz. 2.8.6),

2010 – Nagroda Dodatkowa przyznana przez Stowarzyszenie „Russian House for International Scientific and Technological Cooperation” za projekt „Inżynieryjny robot wsparcia misji EOD/IED (The robot of Engineering support EOD / IED missions)” (zał. 5, poz. 2.8.7),

2011 – Wyróżnienie na XVth International Exhibition Of Research, Innovation And Technological Transfer „INVENTICA 2011” za projekt „Unmanned ground platform to perform special tasks in hazardous areas” (zał. 5, poz. 2.8.8),

2011 – Wyróżnienie na XVth International Exhibition Of Research, Innovation And Technological Transfer „INVENTICA 2011” za projekt „THE ROBOT OF ENGINEERING SUPPORT EOD/IED MISSIONS” (zał. 5, poz. 2.8.9),

2014 – Złoty Laur Innowacyjności w Ogólnopolskim Konkursie im. S. Staszica na najlepsze produkty innowacyjne „Laur Innowacyjności 2014” za „Mobilne laboratorium do poboru próbek środowiskowych i identyfikacji zagrożeń biologicznych” (zał. 5, poz. 2.8.10),

2016 – Nagroda Ministra Obrony Narodowej za „Działalność dydaktyczną w roku 2015” (zał. 5, poz. 2.8.11),

2011 – Nagroda Rektorska za „Opracowanie inżynierskiego robota wsparcia misji EOD/IED do usuwania ładunków i materiałów niebezpiecznych” (zał. 5, poz. 2.8.12),

2017 – Nagroda Dziekańska za monografię pt. „Badania właściwości i kształtowanie sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi z kompensacją obciążenia” (zał. 5, poz. 2.8.13),

2014 – Nagroda Dziekańska za „Opracowanie konstrukcji i systemów sterowania bezzałogowymi platformami lądowymi” (zał. 5, poz. 2.8.14),

2003 – Nagroda Dziekańska za „Opracowanie i wdrożenie stanowiska do badań hydrostatycznych układów napędowych z kompensacją obciążenia (LS)” (zał. 5, poz. 2.8.15),

2012 – II miejsce w konkursie o nagrodę Prezydenta CETOP – Europejskiego Komitetu do Spraw Hydrauliki i Pneumatyki za najlepiej zaprezentowany referat (zał. 5, poz. 2.8.18),

2008 – tytuł Zasłużonego Nauczyciela Akademickiego (zał. 5, poz. 2.8.19).

Za swoją działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną byłem również wyróżniany odznaczeniami i medalami państwowymi oraz resortowymi.

W 2018 r. postanowieniem Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej zostałem odznaczony **Wojskowym Krzyżem Zasługi** (zał. 5, poz. 3.4.1).

W 2018 r. decyzją Ministra Obrony Narodowej zostałem odznaczony **Złotym Medalem „Siły Zbrojne w Służbie Ojczyzny”** (zał. 5, poz. 3.4.2).

W 2014 r. postanowieniem Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej zostałem odznaczony **Srebrnym Medalem „Za długoletnią Służbę”** (zał. 5, poz. 3.4.3).

W 2010 r. decyzją ministra Obrony Narodowej zostałem odznaczony **Złotym Medalem „Za Zasługi dla Obronności Kraju”** (zał. 5, poz. 3.4.4).

W 2010 r. postanowieniem Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej zostałem odznaczony **Srebrnym Krzyżem Zasługi** (zał. 5, poz. 3.4.5).

W 2009 r. decyzją ministra Obrony Narodowej zostałem odznaczony **Srebrnym Medalem „Siły Zbrojne w Służbie Ojczyzny”** (zał. 5, poz. 3.4.6).

W 2004 r. decyzją ministra Obrony Narodowej zostałem odznaczony **Srebrnym Medalem „Za Zasługi dla Obronności Kraju”** (zał. 5, poz. 3.4.7).

W 2002 r. decyzją ministra Obrony Narodowej zostałem odznaczony **Brązowym Medalem „Siły Zbrojne w Służbie Ojczyzny”** (zał. 5, poz. 3.4.8).

W 2001 r. postanowieniem Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej zostałem odznaczony **Brązowym Krzyżem Zasługi** (zał. 5, poz. 3.4.9).

W 1996 r. decyzją ministra Obrony Narodowej zostałem odznaczony **Brązowym Medalem „Za Zasługi dla Obronności Kraju”** (zał. 5, poz. 3.4.10).

W 2010 r. decyzją Ministra Edukacji Narodowej zostałem odznaczony **„Medalem Komisji Edukacji Narodowej”** (zał. 5, poz. 2.8.13).

W 2015 r. decyzją Rektora-Komendanta WAT zostałem odznaczony **Złotym Medalem „Za zasługi dla Wojskowej Akademii Technicznej”** (zał. 5, poz. 2.8.14).

.....

 Podpis wnioskodawcy

6. Podsumowanie osiągnięć naukowo-badawczych

Tabela 1. Wykaz osiągnięć naukowych przed doktoratem i po doktoracie

Nazwa	Łącznie	Przed doktoratem	Po doktoracie
Sumaryczna liczba punktów MNiSW	698	12	686
Sumaryczny Impact Factor	4,573	0,000	4,573
Publikacje w czasopismach ogółem	93	3	90
W tym z listy A MNiSW	3	0	3
W tym z listy B MNiSW	90	3	87
Monografie	2	0	2
W tym w języku polskim	2	0	2
W tym w języku angielskim	0	0	0
Rozdziały w monografiach	6	0	6
W tym w języku polskim	5	0	5
W tym w języku angielskim	1	0	1
Publikacje w materiałach konferencyjnych	54	33	21
W tym w języku polskim	37	25	12
W tym w języku angielskim	17	8	9
Udział w projektach badawczych (kierowane)	16 (3)	0	16 (3)
W tym w międzynarodowe	2 (0)	0	2 (0)
W tym w krajowe	14 (3)	0	14 (3)
Referaty/sesje plakatowe na konferencjach	105	28	77
W tym w międzynarodowych	42	10	32
W tym w krajowych	63	18	45
Zgłoszenia patentowe	0	0	0



Podpis wnioskodawcy