

**Izabela KRZYSZTOFIK**

**AUTOREFERAT**  
**przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych**

**Załącznik nr 2**  
do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

**1. Imię i Nazwisko**

Izabela Krzysztofik

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej**

**magister inżynier**, kierunek *mechanika – budowa maszyn*, specjalność *Eksploatacja i Zarządzanie*, Wydział Mechaniczny, Politechnika Świętokrzyska, 1996 r.

**doktor nauk technicznych** w dyscyplinie mechanika, specjalność technika uzbrojenia, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Politechnika Świętokrzyska, 2005 r.  
Tytuł rozprawy doktorskiej: „Analiza współoddziaływania broni i strzelca lekkich rakiet przeciwlotniczych i broni strzeleckiej”, promotor: prof. zw. dr hab. inż. Jan W. Osiecki.

dyplom ukończenia studiów podyplomowych w zakresie *Menedżer komercjalizacji i transferu wiedzy*, Wydział Zarządzania i Administracji, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, 2009 r.

**3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych**Aktualne miejsce pracy:

Politechnika Świętokrzyska

Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn (dawniej Wydział Mechaniczny)

Katedra Technik Komputerowych i Uzbrojenia

Zakład Dynamiki i Sterowania Obiektów Ruchomych

al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7

25-314 Kielce

Historia zatrudnienia:

od 1.10.1996 asystent w Samodzielnym Zakładzie Silników Spalinowych i Maszyn Roboczych, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej;

od 1.11.1997 asystent w Katedrze Technik Komputerowych i Uzbrojenia, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej;

od 1.10.2005 do chwili obecnej adiunkt w Katedrze Technik Komputerowych i Uzbrojenia, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.

**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.)**

Moje osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 16 ust. 2 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami, stanowi jednotematyczny cykl publikacji zatytułowany:

**„Problemy dynamiki i sterowania układów obserwacyjnych, skanujących i śledzących umieszczonych na ruchomej podstawie”**

Na wskazany jednotematyczny cykl publikacji składają się następujące publikacje:

1. Dziopa Z., Krzysztofik I., Koruba Z., 2010, *An analysis of the dynamics of a launcher-missile on a moveable base*. Bulletin of the Polish Academy of Sciences – Technical Sciences, Vol. 58, No. 4, pp.645-650, ISSN 0239-7528, IF 0.945
2. Koruba Z., Krzysztofik I., Dziopa Z., 2010, *An analysis of the gyroscope dynamics of an anti-aircraft missile launched from a mobile platform*. Bulletin of the Polish Academy of Sciences – Technical Sciences, Vol. 58, No. 4, pp.651-656, ISSN 0239-7528, IF 0.945
3. Koruba Z., Dziopa Z., Krzysztofik I., 2010, *Dynamics and control of a gyroscope-stabilized platform in a self-propelled anti-aircraft system*. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Vol. 48, No. 1, pp.5-26, ISSN 1429-2955, IF 0.264
4. Koruba Z., Dziopa Z., Krzysztofik I., 2010, *Dynamics of a controlled anti-aircraft missile launcher mounted on a moveable base*. Journal of Theoretical and Applied Mechanics Vol. 48, No. 2, pp.279-295, ISSN 1429-2955, IF 0.264
5. Koruba Z., Krzysztofik I., 2013, *An algorithm for selecting optimal controls to determine the estimators of the coefficients of a mathematical model for the dynamics of a self-propelled anti-aircraft missile system*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multi-body Dynamics, Vol. 227, No. 1, pp.12-16, ISSN 1464-4193, IF 0.415
6. Krzysztofik I., Koruba Z., 2012, *Model of Dynamics and Control of Tracking-Searching Head, Placed on a Moving Object*. Journal of Automation and Information Sciences, Vol. 44, Issue 5, pp.38-47, ISSN 1064-2315, IF 0.038

7. Krzysztofik I., 2012, *The Dynamics of the Controlled Observation and Tracking Head Located on a Moving Vehicle*. Solid State Phenomena, Vol. 180, pp.313-322, Trans Tech Publications, Switzerland, ISSN 1012-0394
8. Krzysztofik I., Koruba Z., 2014, *Mathematical Model of Movement of the Observation and Tracking Head of an Unmanned Aerial Vehicle Performing Ground Target Search and Tracking*. Journal of Applied Mathematics, Vol. 2014, Article ID 934250, 11 pages, ISSN 1110-757X, IF 0.720
9. Gapinski D., Koruba Z., Krzysztofik I., 2014, *The model of dynamics and control of modified optical scanning seeker in anti-aircraft rocket missile*. Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 45, Issue 2, pp.433-447, IF 2.256
10. Gapiński D., Krzysztofik I., Koruba Z., 2014, *Analysis of the dynamics and control of the modified optical target seeker used in anti-aircraft rocket missiles*. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Vol. 52, No. 3, pp.629-639, IF 0.636
11. Krzysztofik I., Dziopa Z., Koruba Z., 2016, *Dynamika i sterowanie samobieżnego przeciwlotniczego zestawu raketowego z giroskopowym układem obserwacyjnym, skanującym i śledzącym*. Monografie, Studia, Rozprawy M74, Politechnika Świętokrzyska, Kielce, s.267, PL ISSN 1897-2691

Przedstawiony powyżej cykl publikacji został uszeregowany chronologicznie w kolejności powstawania poszczególnych opracowań.

#### **Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników:**

Zagadnienia naukowo-badawcze, którymi się zajmuję koncentrują się wokół problemów dynamiki i sterowania zestawów przeciwlotniczych, ze szczególnym uwzględnieniem układów obserwacyjnych montowanych w modułach uzbrojenia oraz głowic śledzących stosowanych w przeciwlotniczych pociskach raketowych.

Konflikty zbrojne ostatnich lat wykazały duże znaczenie obrony powietrznej, w tym obrony przeciwlotniczej na polu walki. Zadaniem obrony przeciwlotniczej jest zapewnienie wsparcia jednostkom wojskowym dla ich własnych działań, prowadzonych w warunkach zagrożenia powietrznego.

Rozwój technologiczny uzbrojenia raketowego sprawił, że wymagania stawiane współczesnym systemom obrony przeciwlotniczej są coraz większe. Przesyłanie i analiza danych z pola walki oraz dowodzenie obroną przeciwlotniczą powinno odbywać się w jak najkrótszym czasie. Coraz częściej więc na wyposażeniu wielu armii znajdują się samobieżne

przeciwlotnicze zestawy raketowe. Zestawy samobieżne zapewniają obronę i wysoką mobilność jednostek wojskowych, automatyzację procesu wykrywania i śledzenia celów powietrznych oraz niezawodność działania w każdych warunkach atmosferycznych. Pozwalają na szybką zmianę aktualnego położenia. Niewielkie gabaryty zestawu umożliwiają transport środkami lotniczymi i zrzut w rejon docelowy.

Do znanych, produkowanych na świecie, samobieżnych zestawów raketowych z pociskami raketowymi krótkiego zasięgu należy zaliczyć:

- Zestawy SANTAL i ASPIC z pociskami raketowymi *Mistral*, opracowane przez francuską firmę Matra BAE Dynamics (obecnie MBDA). Zestaw SANTAL jest zestawem całkowicie autonomicznym. Wyposażony jest w sześć wyrzutni raketowych oraz urządzenie do wykrywania i śledzenia celów powietrznych. Zestaw montowany jest zwykle na podwoziu francuskiego trzyosiowego pojazdu opancerzonego VAB. Dostępne są również wersje montowane na podwoziu szwajcarskiego transportera *Piranha*, francuskiego pojazdu opancerzonego *Panhard* oraz na pojeździe gaśiennicowym M113. Przeznaczony jest do osłony oddziałów wojsk pancernych i zmechanizowanych przed atakami powietrznymi z małych wysokości oraz atakami przeprowadzanymi przez śmigłowce. Dla potrzeb sił lądowych opracowano również zestaw *Mistral ASPIC* wyposażony w cztery wyrzutnie i optoelektroniczne urządzenie celownicze, montowany na lekkim pojeździe terenowym.
- Zestaw *Starburst VML* (Vehicle Multiple Launcher) opracowany przez firmę Thales Air Defence Limited (dawniej Shorts Missile Systems Ltd) dla potrzeb sił zbrojnych Wielkiej Brytanii i na eksport m.in. do Kanady, Kuwejt i Malezji. Zestaw ten należy do zestawów bardzo krótkiego zasięgu klasy VSHORAD (Very Short Range Air Defence). Wyposażony jest w osiem wyrzutni pocisków *Starburst* i montowany na podwoziu lekkiego pojazdu typu Land Rover.
- Zestaw *Starstreak SP HVM* (Self-Propelled High Velocity Missile) produkowany również przez firmę Thales Air Defence Ltd. Zestaw montowany jest na pojeździe gaśiennicowym Alvis Stomer. Wyposażony jest w dwanaście pocisków *Starstreak* oraz urządzenie alarmowania obrony powietrznej ADAD (Air Defence Alerting Device) dostarczone przez firmę Thales Optronics, które zapewnia automatyczne wykrycie i wybór celu w każdych warunkach atmosferycznych. Jednak użycie urządzenia ADAD wymaga, aby pojazd na krótko zatrzymał się. Inną wersją zestawu jest zestaw *Starstreak LML* (Lightweight Multiple Launcher). Jest to lekka wyrzutnia

zawierająca trzy pociski Starstreak, możliwa do montowania na lekkim pojeździe kołowym, takim jak Land Rover czy pojazd wielozadaniowy HMMWV (High Mobility Multi-Purpose Wheeled Vehicle). Powyższe zestawy opracowane zostały w celu przeciwdziałania atakom powietrznym z małych wysokości i atakom prowadzonym przez śmigłowce.

- Zestaw AVENGER z pociskami raketowymi *Stinger*, opracowany i produkowany przez firmę Boeing Aerospace, używany obecnie przez wojska lądowe i Korpus Piechoty Morskiej Stanów Zjednoczonych. Zestaw składa się z obrotowej, stabilizowanej giroskopowo wieży, montowanej na pojeździe wielozadaniowym HMMWV. Wieża ma dwie wyrzutnie z 8 pociskami raketowymi *Stinger RMP*. Ponadto zestaw wyposażony jest w wysoce zautomatyzowany system kierowania ogniem, celownik optyczny, czujnik FLIR, dalmierz laserowy i może realizować swoje zadania w każdych warunkach pogodowych. Zestaw AVENGER zapewnia mobilną ochronę jednostek naziemnych przed pociskami manewrującymi, bezzałogowymi aparatami latającymi, nisko lecącymi samolotami i śmigłowcami.
- Zestaw ASRAD (Atlas Short Range Air Defence) opracowany dla potrzeb armii niemieckiej przez firmę ATLAS Elektronik GmbH, montowany na podwoziu gaśiennicowym Wiesel 2. Obrotowa wieża wyposażona jest w kamerę IR/TV oraz dalmierz laserowy i przystosowana jest do montażu pocisków raketowych typu: *Stinger*, *Igła 1*, *Mistral*, *Starstreak* czy *RBS 70*.
- Zestaw *RBS 70* produkowany przez firmę Bofors dla potrzeb szwedzkich sił zbrojnych, ale eksportowany również do 18 krajów świata m.in. do Czech, Niemiec, Finlandii, Australii, Brazylii, Litwy. Do najbardziej znanych wersji mobilnych zestawu należy *RBS 70 VLM* (Vehicle Launched Missile) montowana na pojeździe gaśiennicowym oraz *RBS 70/VCR-AA* instalowana na pojeździe opancerzonym Panhard VCR-AA. Zestaw był ciągle modernizowany i obecna wersja *RBS 70 NG* (New Generation) wyposażona jest w automatyczny system dowodzenia i celowania, kamerę termowizyjną i nowy pocisk raketowy *Bolide*.

Biorąc pod uwagę tendencje i przede wszystkim konieczność budowania nowoczesnych, zautomatyzowanych systemów obrony, wyposażonych w przeciwlotnicze pociski raketowe krótkiego zasięgu również polska spółka PIT-RADWAR opracowała samobieżny przeciwlotniczy zestaw raketowy Poprad uzbrojony w rakiety *Grom*. W grudniu 2015 roku Ministerstwo Obrony Narodowej podpisało umowę ze spółką PIT-RADWAR w ramach której nasza armia otrzyma siedemdziesiąt siedem SPZR Poprad. Ponadto spółka

zmodernizuje dwa zestawy znajdujące się już na wyposażeniu armii polskiej. Umowa realizowana będzie przez cztery lata począwszy od roku 2018.

Poprad jest systemem przeciwlotniczym bardzo krótkiego zasięgu i umożliwia wykrywanie i niszczenie celów powietrznych znajdujących się na małych wysokościach od 10 m do 3,5 km oraz w bliskich odległościach od 500 m do 5,5 km. Zasadniczym elementem zestawu jest głowica śledząco-celownicza, która zawiera kamerę IR, kamerę światła dziennego, dalmierz laserowy oraz wideotraker. Ponadto zestaw ma cztery wyrzutnie pocisków raketowych *Grom*, urządzenie identyfikujące „swój-obcy” oraz systemy kierowania ogniem, nawigacji i orientowania. Do obsługi zestawu potrzebne są dwie osoby tj. kierowca i operator.

Przedstawione konstrukcje samobieżnych przeciwlotniczych zestawów raketowych świadczą o rosnącej potrzebie wykorzystywania tego typu zestawów na polu walki, a co za tym idzie konieczności produkcji zestawów tego typu. Zestawy będą ulegały stałym modyfikacjom i w przedstawionym cyklu publikacji można znaleźć cenne wskazówki do doskonalenia konstrukcji, np. możliwości prowadzenia ognia podczas ruchu zestawu po nierównościach terenu.

Podstawowe zadania samobieżnego przeciwlotniczego zestawu raketowego realizuje moduł uzbrojenia. Najważniejszymi elementami modułu uzbrojenia są optoelektroniczna głowica obserwacyjno-śledząca, wyrzutnia raketowa oraz przeciwlotnicze pociski raketowe krótkiego zasięgu. Istotnym elementem działania zestawu jest wykrywanie i śledzenie wykrytego celu powietrznego już w trakcie ruchu pojazdu na którym posadowiony jest moduł uzbrojenia. Głowica obserwacyjno-śledząca umożliwia załodze wozu bojowego wstępne, skuteczne rozpoznanie i określenie położenia celów przeznaczonych do zniszczenia. Na tę głowicę oraz głowice samonaprowadzające pocisków raketowych działają zakłócenia zewnętrzne pochodzące od ruchu pojazdu po nierównościach terenu oraz od przemieszczania się pocisku po prowadnicy wyrzutni. Stąd w głowicach obserwacyjno-śledzących stosuje się układ stabilizacji, który izoluje głowicę od drgań podstawy na której się znajduje. Ponadto w celu zapewnienia mobilności zestawu, należy przewidzieć w głowicach samonaprowadzających pocisków raketowych układ skanowania przestrzeni. Dzięki temu możliwe jest przechwycenie celu nawet po wystrzeleniu pocisku w rejon prawdopodobnego przebywania celu.

W systemie przeciwlotniczym możemy wyróżnić współpracujące ze sobą układy:

- układ przeszukiwania i obserwacji przestrzeni w optoelektronicznej głowicy obserwacyjno-śledzącej,
- układ sterowania wyrzutnią, którego zadaniem jest skierowanie pocisku w obszar prawdopodobnego przebywania celu,
- układ skanowania i śledzenia w głowicy samonaprowadzającej (koordynatorze) pocisku, w której napędem jest giroskop mechaniczny,
- układ sterowania autopilota realizujący tor lotu pocisku.

Istnieje potrzeba zbadania odporności układu sterowania głowicą obserwacyjno-śledzącą i układu samonaprowadzania pocisku raketowego na działanie wymuszeń kinematycznych pochodzących od pokonywania przeszkód terenowych przez pojazd. Istotnym zadaniem jest optymalne wytlumianie procesów przejściowych. Procesy przejściowe pojawiają się w przypadku najechania pojazdu na przeszkodę terenową, w chwili przełączenia układu sterowania giroskopu ze stanu poszukiwania do stanu śledzenia wykrytego celu powietrznego oraz w momencie włączenia się układu sterowania pociskiem raketowym po wykryciu celu. Są to zagadnienia bardzo złożone, wymagające wszechstronnych badań i współpracy zespołów badawczych.

Ponadto właściwa dynamika zestawu przeciwlotniczego może przyczynić się do wzrostu jego mobilności i skuteczności na polu walki. Należy zatem odpowiednio dobrać parametry dynamiczne poszczególnych obiektów wchodzących w skład samobieźnego przeciwlotniczego zestawu raketowego, jak i układów sterowania, by niezależnie od działających zakłóceń zewnętrznych proces poszukiwania i śledzenia wykrytego celu mógł zachodzić stabilnie i niezawodnie.

Celem przedstawionego cyklu publikacji jest przeprowadzenie rozważań teoretycznych i wszechstronnej analizy dynamiki zestawu przeciwlotniczego pod kątem możliwości strzelania pociskami raketowymi w trakcie ruchu pojazdu na którym posadowiony jest moduł uzbrojenia. W związku z tym należy:

- sformułować modele poszczególnych elementów zestawu tj. model ruchu pojazdu samochodowego, model ruchu wyrzutni pocisków raketowych, model dynamiki sterowanej głowicy obserwacyjno-śledzącej wraz z modelem dynamiki sterowanego giroskopu skanująco-śledzącego i ruchu pocisku raketowego;
- opracować odpowiednie algorytmy sterowania;
- przeprowadzić badania dynamiki zestawu.



Zatem w przedstawionym cyklu publikacji zawarte są odpowiednie rozważania i analizy teoretyczne, symulacyjne oraz doświadczalne.

Moje badania naukowe zapoczątkował udział w projekcie badawczym MNiSW nr O N514 001 nt. *Opracowanie metodologii badań i analiza ruchu samobieżnego przeciwlotniczego zestawu raketowego*, zrealizowanym w Politechnice Świętokrzyskiej.

Rozważania ujęte w artykułach [1] i [2] koncentrowały się na opracowaniu modelu fizycznego i matematycznego układu składającego się z wyrzutni i pocisku raketowego wraz z giroskopowym koordynatorem, a następnie przeprowadzeniu analizy numerycznej zachowania zestawu raketowego w warunkach strzelania do ruchomego celu powietrznego podczas ruchu zestawu po nierównościach terenu.

W artykule [1] przedstawiono model fizyczny i model matematyczny układu wyrzutnia-pocisk raketowy, o czterech stopniach swobody:  $y_v$  – pionowe przemieszczenie środka masy wieży,  $\vartheta_v$  – kąt pochylenia wieży,  $\varphi_v$  – kąt przechylenia wieży oraz  $\xi_{pv}$  – prostoliniowe przemieszczenie środka masy pocisku raketowego wzdłuż prowadnicy. Mój wkład w tej pracy obejmował opracowanie modelu numerycznego układu i następnie przeprowadzenie analizy numerycznej dynamiki układu w trakcie startu pocisku raketowego oraz opracowanie wyników badań. W artykule [2] natomiast przedstawiono równania ruchu sterowanego giroskopu. Girokop stanowi napęd optoelektronicznego koordynatora celu samonaprowadzającego pocisku raketowego umieszczonego w prowadnicy wyrzutni. Położenie osi giroskopu w przestrzeni określają kąty:  $\vartheta_g, \psi_g$  – odpowiednio kąt pochylenia i odchylenia osi. Oddziaływania kinematyczne spowodowane ruchem pojazdu po nierównościach terenu oraz ruchem pocisku raketowego wzdłuż prowadnicy powodują wymuszenie giroskopu poprzez tarcie w łożyskach jego ramek. Skoro nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie tarcia, gwałtowne ruchy wyrzutni mają zatem wpływ na dokładność zadanego położenia osi giroskopu w przestrzeni. Im większe będą wartości współczynników tarcia w łożyskach ramek, tym bardziej będą się przejawiały dryfy osi giroskopu. W celu zapobieżenia temu niepożądanemu zjawisku, należy do ramek giroskopu dodatkowo przykładać korekcyjne momenty sterujące. Zaproponowano regulator skrośny PD. W opracowanej przeze mnie części artykułu dokonałam analizy numerycznej wpływu oddziaływania kinematycznego na dynamikę zarówno wyrzutni jak i giroskopu. Przedstawione w artykułach [1] i [2] wyniki badań dowodzą, że najechanie pojazdu na przeszkodę terenową typu „garb” oraz ruch pocisku raketowego wzdłuż prowadnicy wyrzutni wpływają niekorzystnie na utrzymywanie się osi giroskopu w zadanym położeniu,

tj. śledzenie celu. Zastosowanie momentów korekcyjnych minimalizuje zejścia osi giroskopu z zadanego położenia. Giroskop staje się bardziej odporny na szkodliwe kinematyczne oddziaływanie wyrzutni a także na ruch pocisku raketowego po prowadnicy samej wyrzutni. Kilkustopniowe odchylenia osi giroskopu od zadanego położenia mogłyby doprowadzić do „zgubienia” śledzonego celu z pola widzenia obiektywu koordynatora pocisku raketowego. Uzyskane wyniki potwierdzają poprawność działania algorytmu korekcji ruchu giroskopu w warunkach działających zakłóceń ze strony wyrzutni i pocisku raketowego.

W artykule [3] przedstawiona jest koncepcja wprowadzenia na cokole samobieźnego zestawu przeciwlotniczego dodatkowo trzyosiowej platformy giroskopowej, która umożliwia odizolowywanie wyrzutni od ruchów kątowych pojazdu samochodowego. Przedstawiono uproszczony model ruchu sterowanej trzyosiowej platformy wyposażonej w dwa czujnikowe giroskopy trzystopniowe. Sterowanie programowe platformy realizowano w układzie otwartym, natomiast sterowania korekcyjne (stabilizujące) określono za pomocą metody optymalizacji liniowo-kwadratowej LQR. W dalszej części pracy, która jest moim wkładem zaprezentowałam wyniki badań symulacyjnych zachowania się platformy giroskopowej. Jeśli parametry regulatorów zostały dobrane nieoptymalnie, platforma po pojawieniu się zakłócenia przez stosunkowo długi czas znajduje się w procesie przejściowym. Natomiast dla parametrów dobranych optymalnie platforma bardzo szybko wraca do położenia pierwotnego. Sterowania korekcyjne wyraźnie osłabiają oddziaływanie cokołu na platformę. Również w trakcie realizacji ruchu programowego widać różnicę w pracy platformy w zależności od parametrów regulatorów. Dla parametrów zoptymalizowanych platforma bardzo szybko i z dużą dokładnością zaczyna realizować ruch zadany. Tego rodzaju platforma może znaleźć zastosowanie jako stabilna podstawa dla urządzeń do poszukiwania i śledzenia celów.

W artykule [4] przedstawiono model fizyczny i matematyczny sterowanej przeciwlotniczej wyrzutni raketowej umieszczonej na ruchomej podstawie. Model wyrzutni wraz z pociskiem raketowym ma sześć stopni swobody:  $y_v$  – pionowe przemieszczenie środka masy wieży,  $\vartheta_v$  – kąt pochylenia wieży,  $\varphi_v$  – kąt przechylenia wieży,  $\xi_{pv}$  – prostoliniowe przemieszczenie środka masy pocisku raketowego wzdłuż prowadnicy,  $\psi_{pv}$  – kąt odchylenia wieży oraz  $\vartheta_{pv}$  – kąt pochylenia prowadnicy. Mój duży wkład w tej pracy obejmował wyprowadzenie złożonych dynamicznych równań ruchu wyrzutni i opracowanie modelu numerycznego. Ponadto opracowano następującą koncepcję sterowania ruchem wyrzutni: do wyrzutni przykładane są programowe momenty sterujące, które powodują obrót wieży o kąt  $\psi_{pv}$

i prowadnicy o kąt  $\vartheta_{pv}$ , a co za tym idzie ustawiają oś podłużną prowadnicy w określonym miejscu w przestrzeni. Ruch pojazdu po nierównościach terenu, start pocisku i sam ruch sterowany wyrzutni wywołują niekorzystne drgania wyrzutni. Tak więc, aby utrzymać wyrzutnię w zadanym położeniu, niezależnie od ruchów podstawy i działających zakłóceń zewnętrznych, należy zastosować w układzie automatycznej regulacji wyrzutni sterowania stabilizujące. W dalszej części pracy zbadano zachowanie wyrzutni po najechaniu pojazdu na pojedynczy garb bez i z zastosowaniem korekcji w układzie automatycznej regulacji oraz działanie sterowań programowych dla różnych współczynników układu sterowania. Przedstawione wyniki badań wykazały, że aby uniknąć niekorzystnego procesu przejściowego pojawiającego się w momencie przejazdu wyrzutni po nierówności terenu typu „garb” należy zastosować sterowania korekcyjne. Optymalny dobór współczynników wzmocnień i tłumień w układzie sterowania wyrzutni skutecznie niweluje szkodliwe drgania wywołane sterowaniem programowym.

Tematyka artykułu [5] poświęcona jest algorytmowi wyboru optymalnych oddziaływań sterujących do wyznaczania estymatorów współczynników modelu dynamiki wyrzutni pocisków raketowych. Obecnie dąży się do tego, by przechwytywanie nisko lecących, manewrujących celów powietrznych mogło się odbywać nie tylko w każdych warunkach atmosferycznych, ale i podczas ruchu pojazdu po nierównościach terenu. Wymaga to doboru takiego układu stabilizacji i sterowania zestawem raketowym, aby proces poszukiwania i śledzenia celu mógł zachodzić niezawodnie przy wspomnianych niekorzystnych warunkach. W pracy zaproponowana jest metoda rozwiązania zadania parametrycznej identyfikacji modelu wyrzutni z wykorzystaniem optymalnego planu eksperymentu. Polega to na wykorzystaniu metody najmniejszych kwadratów z jednoczesnym doбором takich oddziaływań sterujących na obiekt badań, aby otrzymać maksymalną wartość wyznacznika informacyjnej macierzy Fishera (kryterium D-optymalności). Moim wkładem w tej pracy było wyprowadzenie zlinearyzowanego modelu ruchu wyrzutni pocisków raketowych oraz opracowanie planu eksperymentu. W końcowej części pracy przytoczone są porównawcze wyniki badań wyrzutni poddanej zakłóceniom losowym, przy zastosowaniu oddziaływań sterujących z wykorzystaniem kryterium D-optymalności i optymalnego regulatora LQR. Z przeprowadzonych rozważań wynika, że planowanie D-optymalnych eksperymentów identyfikacyjnych z wykorzystaniem optymalnego sygnału sterującego zwiększa dokładność i stabilność estymatorów współczynników modelu oraz umożliwia detekcję zmian struktury i parametrów wyrzutni.

Przeprowadzenie, opisanych powyżej, badań dynamiki samobieżnego przeciwlotniczego zestawu raketowego stanowiło wstęp do prac nad głowicami obserwacyjno-śledzącymi.

Głowica to zaawansowany technologicznie, wieloczułkowy system optoelektroniczny zawierający kamerę telewizyjną i/lub kamerę termowizyjną oraz bezpieczny dla oka dalmierz i wskaźnik laserowy. Stabilność obrazu zapewnia elektro-mechaniczny giroskopowy układ stabilizacji. Często wyposażona jest także w system nawigacji GPS/IMU, dzięki czemu może wyznaczać i wyświetlać położenie geograficzne celu. Głowica wykonuje ruchy kątowe w płaszczyźnie pionowej w zakresie zwykle do 90 stopni oraz w płaszczyźnie poziomej w zakresie  $n \times 360^0$ . W trakcie poszukiwania celu powietrznego głowica realizuje zadany ruch programowy, a po wykryciu, przechodzi automatycznie do stanu śledzenia celu. Optoelektroniczne głowice przeznaczone są do pracy w systemach wykrywania, identyfikacji i obserwacji celów naziemnych i powietrznych w warunkach oświetlenia dziennego i w nocy. Znane są zastosowania tego rodzaju głowic w bezzałogowych aparatach latających i platformach nawodnych. W wielu przypadkach głowice wykonują swoje zadania w warunkach oddziaływania wibracji i dużych zakłóceń ze strony pokładu na którym się znajdują. Nadal aktualny jest problem stabilnego śledzenia wykrytego celu ruchomego w warunkach kinematycznego oddziaływania podłoża.

Opracowany, ogólny model nadążnej głowicy obserwacyjno-śledzącej, który jest moim oryginalnym osiągnięciem, posłużył do przeprowadzenia badań opisanych w pracach [6,7,8,11].

W artykule [6] przedstawiłam model matematyczny głowicy obserwacyjno-śledzącej posadowionej na pokładzie obiektu ruchomego oraz koncepcję sterowania tą głowicą. Programowe momenty sterujące wyznaczałam z zadania odwrotnego dynamiki. Sterowania korekcyjne i śledzące realizowane były w układzie zamkniętym sterowania, w którym zastosowano regulator PID. Współczynniki wzmocnień w układzie sterowania zarówno korekcyjnego, jak i śledzącego dobrano w sposób optymalny ze względu na minimum błędu średniokwadratowego między zadaniem i realizowanym położeniem kątowym osi głowicy. W dalszej części pracy przeprowadziłam badania symulacyjne wpływu wymuszeń kinematycznych na pracę głowicy zarówno sterowanej jak i niesterowanej i przedstawiłam ich wyniki. Wymuszenia kinematyczne przyjęte były w postaci harmonicznej. W artykule [7] natomiast zbadalam zachowanie się głowicy obserwacyjno-śledzącej umieszczonej na pojeździe terenowym, w trakcie najechania pojazdu na przeszkodę terenową typu „garb” kołami przednimi oraz tylko kołami z lewej strony pojazdu. Przeprowadzone w artykułach

[6,7] badania pokazały, że wymuszenia kinematyczne jakie działają na głowicę ze strony pojazdu powodują znaczne wychylenia jej osi, co może przyczynić się do wyjścia celu z pola widzenia układu optycznego. Ponadto duży wpływ na głowicę wywierają nieliniowości ruchu głowicy, tarcia w łożyskach głowicy oraz niedokładności technologiczne. Błędy śledzenia celu wywołane są głównie przez przesunięcie środka obrotu względem środka masy głowicy. Zatem, aby wprowadzić głowicę na zadany tor należy dodatkowo stosować sterowania stabilizujące w układzie zamkniętym. Zaproponowany system sterowania głowicą pozwala na szybkie jej ustawienie wzdłuż linii obserwacji celu, a zoptymalizowane parametry sterowania zapewniają minimalizację efektów dynamicznych i najszybsze tłumienie procesów przejściowych.

Z kolei tematyka artykułu [8] koncentruje się wokół zastosowania głowicy obserwacyjno-śledzącej na pokładzie bezzałogowego aparatu latającego. Przedstawiona jest kinematyka ruchu wzajemnego bezzałogowego aparatu latającego i celu naziemnego. Urządzeniem realizującym obserwację terenu, poszukiwanie celu naziemnego i jego śledzenie jest sterowana głowica obserwacyjno-śledząca. Mój duży wkład w tej pracy obejmował opracowanie modelu dynamiki i praw sterowania głowicą umieszczoną na pokładzie bezzałogowego aparatu latającego. Przeprowadziłam badania dynamiki i układu sterowania głowicy w trakcie przeszukiwania i śledzenia celu naziemnego z pokładu bezzałogowego aparatu latającego. Uwzględniałam wpływ wymuszeń kinematycznych a parametry regulatorów dobierałam w sposób optymalny ze względu na minimum uchybu między torem realizowanym a zadany. Z przeprowadzonych badań wynika, że drgania pokładu aparatu latającego wpływają niekorzystnie na pracę głowicy. W przypadku nieoptymalnego doboru parametrów regulatora odchylenia osi głowicy odadanego położenia są szczególnie widoczne. Natomiast dla parametrów zoptymalizowanych pojawiają się stosunkowo niewielkie wartości kątów odchylenia osi głowicy od położenia nominalnego. Momenty sterujące przyjmują niewielkie wartości.

Rozdział 2 monografii [11] jest całościowym opracowaniem przeprowadzonych przeze mnie badań zachowania sterowanej głowicy obserwacyjno-śledzącej umieszczonej na pokładzie samobieźnego zestawu raketowego. Dokonałam przeglądu głowic obserwacyjno-śledzących przeznaczonych dla samobieźnych zestawów raketowych. Przedstawiłam równania dynamiki i algorytmy sterowania głowicą. Skupiłam się również na przedstawieniu regulatora rozmytego typu PD do sterowania głowicą w ruchu programowym i śledzącym. Ponadto dokonałam analizy dynamiki sterowanej głowicy

obserwacyjno-śledzącej, w warunkach oddziaływania zakłóceń ze strony pokładu pojazdu, z zastosowaniem klasycznego regulatora PID oraz regulatora rozmytego PD.

Kolejnym ważnym zagadnieniem moich badań naukowych były badania przeprowadzone nad nowym optycznym koordynatorem skanującym przeznaczonym do stosowania w samonaprowadzających przeciwlotniczych pociskach raketowych [9,10]. Konstrukcja tego koordynatora opisana jest w patencie PL 199721 B1 autorstwa doktoranta, którego byłam promotorem pomocniczym (pkt. 6.7).

W artykule [9] przedstawiona została szczegółowo budowa i zasada działania zaprojektowanego koordynatora skanującego oraz jego zalety w stosunku do tego typu urządzeń. Opracowano prawa sterowania osią koordynatora i przede wszystkim model matematyczny ruchu, który jest moim wkładem w tej pracy. Przeprowadzono badania numeryczne dynamiki i sterowania osią koordynatora, przy jednoczesnym oddziaływaniu zakłóceń zewnętrznych ze strony samonaprowadzającego pocisku raketowego. Natomiast w artykule [10] opracowałam koncepcję sterowania osią koordynatora w trakcie realizacji ruchu programowego, uwzględniając jednocześnie proces skanowania przestrzeni powietrznej przez układ optoelektroniczny urządzenia. Przeprowadzono szereg badań numerycznych oraz dokonano analizy doboru prędkości i odpowiednich trajektorii przemieszczenia osi koordynatora. Uzyskane w artykułach [9,10] wyniki badań wykazały poprawność założeń konstrukcyjnych opracowanego koordynatora skanującego przeciwlotniczego pocisku raketowego i jego techniczna realizowalność. Występowanie dużych wartości przyspieszeń podstawy powoduje niewielkie, rzędu tysięcznych stopnia odchylenie osi koordynatora od zadanego położenia. Sterowanie programowe osią koordynatora w fazie przeszukiwania przestrzeni powietrznej przebiega z wystarczającą precyzją i wymaga niedużych wartości momentów sterujących. Możliwe jest wykrycie celów poruszających się z dużymi prędkościami rzędu 280 m/s.

Monografia [11] poświęcona jest problemom dynamiki i sterowania przeciwlotniczych zestawów raketowych bliskiego zasięgu. Zwraca się w niej uwagę na fakt, że istotnym elementem działania współczesnych zestawów raketowych, jest wykrywanie i śledzenie wykrytego celu powietrznego podczas ruchu pojazdu, na którym posadowiona jest wyrzutnia. Ruch pojazdu po nierównościach terenu, a także ruch pocisku wzdłuż prowadnicy generują jednak zaburzenia, które niekorzystnie oddziałują na układy obserwacyjne i śledzące zestawu. W opracowaniu sformułowano model fizyczny i matematyczny ruchu samobieżnego zestawu

przeciwlotniczych pocisków raketowych, na który składają się następujące modele poszczególnych jego elementów:

- model ruchu sterowanej wyrzutni pocisków raketowych,
- model ruchu pojazdu samochodowego i działających na niego wymuszeń,
- model dynamiki i sterowania głowicą obserwacyjno-śledzącą,
- model ruchu samonaprowadzającego pocisku raketowego,
- model dynamiki sterowanego giroskopu skanująco-śledzącego.

Przedstawiono analizy numeryczne:

- ruchu układu wyrzutnia i pocisk raketowy,
- ruchu wyrzutni i giroskopu na niej posadowionego,
- ataku celu z ruchomej wyrzutni,
- ruchu i sterowania głowicą obserwacyjno-śledzącą.

Ponadto zaprezentowano obszerne wyniki poligonowych badań eksperymentalnych zestawu. Mój duży wkład w powstanie tej pracy obejmował opracowanie rozdziału 2, podrozdziału 4.6 oraz rozdziału 5. W rozdziale 2 zawarłam wyniki badań modelowania dynamiki sterowanej głowicy obserwacyjno-śledzącej umieszczonej w samobieźnym przeciwlotniczym zestawie raketowym. W podrozdziale 4.6 dokonałam analizy numerycznej procesu poszukiwania, śledzenia i ataku celu powietrznego przez samonaprowadzający pocisk raketowy wystrzelony z ruchomej sterowanej wyrzutni posadowionej na pojeździe samochodowym. Ponadto opracowałam wyniki poligonowych badań eksperymentalnych zestawu raketowego przedstawione w rozdziale 5.

Reasumując, przeprowadzone w monografii rozważania teoretyczne, symulacyjne i badania doświadczalne zestawu potwierdziły poprawność sformułowanych modeli. Przedstawiona została metodyka badań zestawów samobieźnych. Poznane zostały właściwości zachowania się poszczególnych elementów zestawu. Określony został poziom zakłóceń spowodowanych startem pocisku raketowego oraz ruchem pojazdu po nierównościach terenu.

Przedstawione w monografii wyniki dostarczają konstruktorom narzędzi pozwalających na skuteczną analizę zjawisk fizycznych towarzyszących działaniu samobieźnego zestawu raketowego z przeciwlotniczymi pociskami krótkiego zasięgu, Zawarte w monografii rozważania pozwolą także zinterpretować zjawiska, które mogą wpływać na brak skuteczności zestawu w warunkach bojowych. Należy zwrócić uwagę, że wykorzystanie sformułowanego w monografii modelu ruchu zestawu może ułatwić zarówno proces, jak

i zmniejszyć czas projektowania oraz czas badań wyrobu prototypowego. Monografia przeznaczona jest zatem dla konstruktorów uzbrojenia podobnego typu, a także dla młodych badaczy, zwłaszcza doktorantów.

W moim przekonaniu, przedstawione wyniki badań pokazują, że tematyka poruszana w powyższym cyklu publikacji jest aktualna i ma duże znaczenie użytkowe. Ponadto mogą poszerzać wiedzę z zakresu dynamiki i sterowania układów obserwacyjnych, skanujących i śledzących umieszczonych na ruchomej podstawie.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Po podjęciu pracy w Politechnice Świętokrzyskiej moje zainteresowania naukowe koncentrowały się wokół zagadnień związanych z techniką uzbrojenia. Stopień naukowy doktora uzyskałam w kwietniu 2005 roku. Tematem rozprawy była *Analiza współoddziaływania broni i strzelca lekkich rakiet przeciwlotniczych i broni strzeleckiej*. Promotorem pracy był prof. zw. dr hab. inż. Jan W. Osiecki – autorytet naukowy w technice uzbrojenia, recenzentami byli prof. dr hab. inż. Krzysztof Kędzior z Politechniki Warszawskiej oraz dr hab. inż. Dariusz Janecki z Politechniki Świętokrzyskiej. W pracy przeprowadziłam rozważania biomechaniki strzelca współdziałającego z podsystemem mechanicznym jakim jest broń. Strzelca potraktowano nie jako układ pasywny, który odbiera energię oddziaływania broni, lecz jako układ aktywny, który reaguje na działanie broni swymi odruchami. Rozpatrywano dwa rodzaje broni. Pierwszy to lekki przeciwlotniczy pocisk rakietowy wystrzeliwany z ramienia strzelca (typu „Strzała 2M”, „Grom”), drugi to broń osobista (pistolet). Wyprowadzono złożony układ równań dynamiki oraz metodykę ich analizy. Na podstawie danych eksperymentalnych wyznaczono reakcje strzelca i przeprowadzono analizę ruchów jego kończyn i korpusu. Ponadto sformułowano odpowiednie wnioski wskazujące na kierunki szkolenia początkującego strzelca.

Efektom moich badań była realizacja grantu promotorskiego KBN nr 0 T00B 018 26 nt. *Analiza współoddziaływania broni i strzelca*, którego byłam głównym wykonawcą. Wyniki badań prezentowałam na konferencjach krajowych i międzynarodowych i opublikowałam w czasopiśmie, wymienionych w załączniku nr 3.

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora rozpoczęłam badania nad problemami dynamiki i sterowania zestawów przeciwlotniczych, w tym szczególnie układów obserwacyjnych i śledzących. Rozważałam układy, w których napędem jest klasyczny układ giroskopowy oraz układy oparte na najnowszych akcelerometrach i giroskopach. Skoncentrowałam się na modelowaniu i analizie właściwości dynamicznych głowicy obserwacyjnej stosowanej



w bezzałogowych i załogowych platformach naziemnych oraz bezzałogowych aparatach latających. Opracowałam podstawy teoretyczne funkcjonowania głowicy na pokładzie obiektu ruchomego. Podałam wszechstronnej analizie problem stabilnego śledzenia przez głowicę celu ruchomego w warunkach działania wymuszeń zewnętrznych ze strony platformy. Opracowane przez ze mnie algorytmy wykorzystane zostały w modelowaniu zmodyfikowanej optycznej głowicy skanującej samonaprowadzających się na cel pocisków rakietowych. Wyniki badań prezentowane były na konferencjach krajowych i międzynarodowych oraz publikowane w artykułach. Potwierdza to również udział w projekcie badawczym NCBR nr O N501 282440 nt. *Opracowanie i analiza dynamiki układu sterowania i stabilizacji platformy do obserwacji, poszukiwania i śledzenia obiektów naziemnych z pokładu bezzałogowego aparatu latającego.*

Prowadzone badania doświadczalne przyczyniły się do opracowania patentu:

Patent PL 216422 B1, *Czujnik tensometryczny do pomiaru dwóch składowych siły*. Twórcy: Izabela Krzysztofik, Adam Rozenau, data zgłoszenia: 31.12.2010, decyzja o udzieleniu patentu z dnia: 18.09.2013.

W tabeli 1 zestawiałam liczbę publikacji według ich typu wraz z podziałem na publikacje przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. Informacje o udziałach procentowych dla publikacji współautorskich po doktoracie zawiera załącznik nr 3.

*Tabela 1. Zestawienie publikacji przed i po uzyskaniu stopnia doktora*

Typ publikacji	Liczba publikacji		
	przed doktoratem	po doktoracie	Razem
Autorstwo lub współautorstwo artykułów z listy A	-	9	9
Autorstwo lub współautorstwo artykułów z listy B	-	16	16
Udzielone patenty	-	1	1
Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w pozostałych czasopismach	7	14	21
Autorstwo bądź współautorstwo monografii	-	1	1
Autorstwo bądź współautorstwo skryptów	-	1	1
Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w materiałach konferencyjnych	12	24	36

5.1. Sumaryczny *impact factor* publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania

Sumaryczny *impact factor* publikacji według roku wydania wynosi **6.483**, przy uwzględnieniu IF dla czasopisma Journal of Applied Mathematics na poziomie roku 2013.

5.2. Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS)

Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) wynosi **42** (w tym 30 bez autocytowań).

5.3. Indeks Hirscha opublikowanych publikacji według bazy Web of Science (WoS)

Indeks Hirscha opublikowanych publikacji według bazy Web of Science (WoS) wynosi **5**.

5.4. Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach

Po uzyskaniu stopnia doktora kierowałam jednym projektem badawczym i byłam wykonawcą w dwóch krajowych projektach badawczych finansowanych ze środków MNiSW i NCBR. Informację na temat projektów przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Zestawienie udziału w projektach badawczych

Tytuł projektu	Charakter udziału
Projekt badawczym MNiSW nr O N514 001534 „Optymalizacja procesu samonaprowadzania środka napadu powietrznego na elektroenergetyczną linię przesyłową wysokiego napięcia jako obiektu emitującego pole elektromagnetyczne niskiej częstotliwości”, 2008-2010	wykonawca
Projekt badawczy MNiSW nr O N514 001 „Opracowanie metodologii badań i analiza ruchu samobieżnego przeciwlotniczego zestawu raketowego”, 2007-2011	wykonawca
Projekt badawczy NCBR nr O N501 282440 „Opracowanie i analiza dynamiki układu sterowania i stabilizacji platformy do obserwacji, poszukiwania i śledzenia obiektów naziemnych z pokładu bezzałogowego aparatu latającego”, 2011-2015	kierownik

Przed uzyskaniem stopnia doktora byłam głównym wykonawcą grantu promotorskiego KBN nr 0 T00B 018 26 „Analiza współoddziaływania broni i strzelca”, 2004-2005.

#### 5.5. Międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność odpowiednio naukową albo artystyczną

- zespołowa nagroda Rektora Politechniki Świętokrzyskiej II stopnia, za działalność naukową i promocję Uczelni poprzez działalność naukową, 2002
- indywidualna nagroda Rektora Politechniki Świętokrzyskiej, za działalność naukową, 2005
- zespołowa nagroda Rektora Politechniki Świętokrzyskiej I stopnia, za publikacje w czasopiśmie z listy filadelfijskiej i uzyskane patenty, 2011
- zespołowa nagroda Rektora Politechniki Świętokrzyskiej II stopnia, za publikacje w znaczących czasopiśmie i z listy filadelfijskiej, 2012

#### 5.6. Wygłoszenie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych

Wyniki moich badań prezentowane były na 34 konferencjach tematycznych:

- [1] III Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Amunicja precyzyjnego rażenia oraz układy zabezpieczająco-wykonawcze i zasilające”, 21-22 września 2000, Skarżysko-Kamienna
- [2] III Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia”, 11-13 października 2000, Waplewo
- [3] V Konferencja Naukowa „Oprządkowanie techniczne działalności bojowej artylerii”, 2001, Toruń
- [4] VI Konferencja Naukowa „Oprządkowanie techniczne działalności bojowej artylerii”, 2002, Toruń
- [5] IV Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia”, 9-11 października 2002, Waplewo
- [6] V Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „CRAAS 2003”, wrzesień 2003, Tarnów-Zakopane
- [7] III Konferencja Naukowa „Kierowanie ogniem systemów obrony powietrznej (przeciwlotniczej)”, 25-27 maja 2004, Koszalin-Wicko Morskie
- [8] V Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia”, 6-8 października 2004, Waplewo
- [9] IV Konferencja Naukowa „Kierowanie ogniem systemów obrony powietrznej (przeciwlotniczej)”, 27-29 września 2006, Koszalin-Ustka
- [10] XI Krajowa Konferencja „Automatyzacja i eksploatacja systemów sterowania i łączności”, 10-12 października 2007, Władysławowo-Cetniewo
- [11] XII Konferencja Naukowo-Techniczna „Automatyzacja – Nowości i Perspektywy Automation 2008”, 2-4 kwietnia 2008, Warszawa
- [12] 3rd International Conference on Scientific Aspects of Unmanned Aerial Vehicle, 7-9 May 2008, Kielce-Cedzyna
- [13] VI Międzynarodowa Konferencja „Perspektywy i rozwój systemów ratownictwa, bezpieczeństwa i obronności w XXI wieku”, 25-27 czerwca 2008, Gdańsk
- [14] VI Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa”, 8-10 października 2008, Pułtusk

- [15] XIII Konferencja Naukowo-Techniczna „Automatyzacja – Nowości i Perspektywy Automation 2009”, 1-3 kwietnia 2009, Warszawa
- [16] XVI International Conference On Automatic Control (Automatics-2009), 22-25 September 2009, Chernivci, Ukraine
- [17] XII Konferencja Automatyzacji i eksploatacji systemów sterowania i łączności, 12-14 października 2009, Jurata
- [18] 4th International Conference on Scientific Aspects of Unmanned Aerial Vehicle, 5-7 May 2010, Suchedniów
- [19] XIV Konferencja „Mechanika w Lotnictwie” ML-XIV 2010, 24-27 maja 2010, Kazimierz Dolny
- [20] VI Konferencja Awioniki, 16-18 września 2010, Bezmiechowa
- [21] VI Konferencja Naukowa „Kierowanie ogniem systemów obrony powietrznej (przeciwlotniczej)”, 21-23 września 2010, Ustka
- [22] VIII Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa”, 6-8 października 2010, Pułtusk
- [23] XVIII International Conference On Automatic Control (Automatics-2011), 28-30 September 2011, Lviv, Ukraine
- [24] XIII Konferencja Automatyzacji i eksploatacji systemów sterowania i łączności ASMOR 2011, 12-14 października 2011, Jastrzębia Góra
- [25] XV Konferencja „Mechanika w Lotnictwie” ML-XV 2012, 28-31 maja 2012, Kazimierz Dolny
- [26] IX Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa”, 25-28 września 2012, Pułtusk
- [27] XIX International Conference On Automatic Control (Automatics-2012), 26-28 September 2012, Kyiv, Ukraine
- [28] 5th International Conference on Scientific Aspects of Unmanned Mobile Objects, 15-17 May 2013, Dęblin
- [29] VIII Konferencja Naukowo-Techniczna „Kierowanie ogniem systemów obrony powietrznej (przeciwlotniczej) KOSOP 2014”, 13-16 maja 2014, Ustka
- [30] XVI Konferencja „Mechanika w Lotnictwie” ML-XVI 2014, 26-29 maja 2014, Kazimierz Dolny
- [31] 15th International Carpathian Control Conference (ICCC), 28-30 May 2014, Velke Karlovice, Czech Republic
- [32] X Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa”, 15-18 września 2014, Ryn
- [33] XV Konferencja Automatyzacji i eksploatacji systemów sterowania i łączności, 7-9 października 2015, Władysławowo
- [34] 22nd International Conference Engineering Mechanics 2016, 9-12 May 2016, Svratka, Czech Republic

## 6. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski

### 6.1. Udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych lub udział w komitetach organizacyjnych tych konferencji

- [1] Przeprowadzone przeze mnie rozważania, analizy i wyniki badań prezentowane były na konferencjach tematycznych wymienionych w pkt. 5.6 oraz na konferencjach naukowych wymienionych w załączniku 3, pkt III.B.
- [2] Sekretarz komitetu organizacyjnego, I Międzynarodowa Konferencja „Naukowe aspekty bezpilotowych aparatów latających”, 19-21 maja 2004, Kielce-Cedzyna.
- [3] Sekretarz komitetu organizacyjnego, II Międzynarodowa Konferencja „Naukowe aspekty bezzałogowych obiektów latających”, 10-12 maja 2006, Kielce-Cedzyna.
- [4] Sekretarz komitetu organizacyjnego, III Międzynarodowa Konferencja „Naukowe aspekty bezzałogowych aparatów latających”, 7-9 maja 2008, Kielce-Cedzyna.
- [5] Sekretarz komitetu organizacyjnego, IV Międzynarodowa Konferencja „Naukowe aspekty bezzałogowych aparatów latających”, 5-7 maja 2010, Suchedniów.
- [6] Sekretarz komitetu organizacyjnego, V Międzynarodowa Konferencja „Naukowe Aspekty Bezzałogowych Obiektów Ruchomych”, 15-17 maja 2013, Dęblin.
- [7] Członek komitetu organizacyjnego I Kongres Lotniczy i Kosmonautyczny, 22-24 czerwca 2016, Rzeszów.
- [8] Przewodnicząca sesji, IV Konferencja Naukowa „Kierowanie ogniem systemów obrony powietrznej (przeciwlotniczej)”, 27-29 września 2006, Koszalin-Ustka.
- [9] Przewodnicząca sesji, XII Konferencja „Automatyzacja i eksploatacja systemów sterowania i łączności”, 12-14 października 2009, Jurata.
- [10] Przewodnicząca sesji, XV Konferencja „Mechanika w Lotnictwie”, 28-31 maja 2012, Kazimierz Dolny.
- [11] Przewodnicząca sesji, V Międzynarodowa Konferencja „Naukowe Aspekty Bezzałogowych Obiektów Ruchomych”, 15-17 maja 2013, Dęblin.
- [12] Członek komitetu naukowego, IX Konferencja Naukowa „Kierowanie ogniem systemów obrony powietrznej (przeciwlotniczej)”, 22-24 czerwca 2016, Ustka.

### 6.2. Otrzymane nagrody i wyróżnienia

- Medal Brązowy za Długoletnią Służbę – postanowienie z dnia 15.09.2009, wręczenie dnia 8.10.2010
- zespołowa nagroda Rektora Politechniki Świętokrzyskiej III stopnia, za działalność organizacyjną na rzecz Wydziału, 2004
- zespołowa nagroda Rektora Politechniki Świętokrzyskiej II stopnia, za organizację konferencji, 2008
- zespołowa nagroda Rektora Politechniki Świętokrzyskiej II stopnia, za działalność dydaktyczną i organizacyjną na rzecz Wydziału, 2010

### 6.3. Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

- [1] członek Komitetu Redakcyjnego monografii: *Scientific Aspects of Unmanned Mobile Vehicle*, edited scientific by Zbigniew Koruba, Polish Society of Theoretical and Applied Mechanics Section of Kielce, Kielce 2010, p.605;
- [2] redaktor naukowy monografii: *Scientific aspects of unmanned mobile objects*, edited scientific by Zbigniew Koruba, Izabela Krzysztofik and Konrad Stefański, Monografie, Studia, Rozprawy M60, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2014, p.175.

### 6.4. Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

Od 2009 roku członek Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej i skarbnik Oddziału Kieleckiego

### 6.5. Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki

- [1] Prowadzenie zajęć z przedmiotów kierunkowych i specjalnościowych, na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych na kierunkach: *mechanika i budowa maszyn*, *inżynieria bezpieczeństwa* oraz *transport*, wymienionych szczegółowo w załączniku nr 3, w punkcie I.
- [2] Pełnienie funkcji opiekuna grupy studenckiej w latach 2002-2011.
- [3] Pełnienie funkcji pełnomocnika do spraw jakości kształcenia na kierunku studiów inżynieria bezpieczeństwa w latach 2011-2012.
- [4] Opracowanie programów do następujących przedmiotów:
  - Mechatroniczne układy wykrywania i śledzenia celów (wykład, laboratorium) – studia I stopnia na kierunku mechanika i budowa maszyn
  - Podstawy układów mechatronicznych w uzbrojeniu (wykład, laboratorium) – studia I stopnia na kierunku mechanika i budowa maszyn
  - Wykrywanie i śledzenie celów (wykład, ćwiczenia, laboratorium) – studia II stopnia na kierunku mechanika i budowa maszyn
  - Automatyka układów obserwacyjnych i śledzących (wykład, laboratorium) – studia I stopnia na kierunku automatyka i robotyka
  - Giroskopowe układy mechatroniczne (wykład, ćwiczenia, projekt) – studia II stopnia na kierunku automatyka i robotyka
- [5] Opracowanie skryptu: Krzysztofik I., Osiecki J. W., *Wykrywanie i śledzenie celów*. Skrypt Nr 430, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2008, s.216.
- [6] Budowa dwóch stanowisk laboratoryjnych do badania układów optycznych koordynatorów celu i opracowanie instrukcji.
- [7] Opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych z Podstaw informatyki i Technologii informacyjnych, z zakresu obsługi programu Mathcad 13 oraz Delphi.

### 6.6. Opieka naukowa nad studentami

Opiekun 7 prac dyplomowych magisterskich, 3 prac dyplomowych inżynierskich oraz 2 projektów inżynierskich.

6.7. Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego

Promotor pomocniczy w przewodzie doktorskim mgr inż. Daniela Gapińskiego, okres sprawowania opieki 2013-2016, tytuł rozprawy: *Zmodyfikowana optyczna głowica skanująco-śledząca jakło układ do poszukiwania, identyfikacji i śledzenia celów powietrznych.*

Rozprawa obroniona z wyróżnieniem dnia 17 marca 2016 roku na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.

6.8. Staże

Ośmiomiesięczny staż w ramach projektu „Świętokrzyski Transfer Wiedzy – biznes dla nauki – nauka dla biznesu” odbyty w MESKO SA w okresie od 1 kwietnia 2014 r. do 30 listopada 2014 r.

6.9. Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych

- [1] recenzja publikacji do czasopisma *Theoretical & Applied Mechanics Letters*, 2012
- [2] recenzja czterech publikacji do monografii *Mechanika w Lotnictwie*, 2012
- [3] recenzja dwóch publikacji do czasopisma *Problemy mechatroniki: Uzbrojenie, lotnictwo, Inżynieria bezpieczeństwa*, 2014, 2016
- [4] recenzja publikacji do czasopisma *Advances in Military Technology*, 2015
- [5] recenzja publikacji do czasopisma *Advances in Research*, 2015
- [6] recenzja publikacji do czasopisma *British Journal of Applied Science & Technology*, 2015
- [7] recenzja publikacji do czasopisma *Advances in Mechanical Engineering*, 2016

6.10. Udział w dodatkowych kursach i szkoleniach

- [1] Seminarium szkoleniowe w zakresie ochrony praw własności intelektualnej i przemysłowej, Kielce 2007
- [2] Seminarium „Ochrona własności intelektualnej w Polsce i Unii Europejskiej”, Kielce 2009
- [3] Szkolenie w zakresie ADM701: Adams Basic Full Simulation zakończone uzyskaniem certyfikatu, Kraków 2011
- [4] Szkolenie „Rejestracja i analiza zjawisk szybkozmiennych” zakończone uzyskaniem certyfikatu, Kraków 2012
- [5] Forum jakości „Nowe wyzwania w zapewnieniu i ocenie jakości kształcenia”. Warsztaty: Projektowanie wewnętrznego systemu zapewnienia jakości kształcenia. Budowanie planów studiów w oparciu o efekty kształcenia, Gdynia 2012
- [6] Szkolenie „Zarządzanie własnością intelektualną praktyce. Strategie komercjalizacji” zakończone uzyskaniem certyfikatu, Kielce 2013
- [7] Konferencja „Krajowe ramy kwalifikacji – zmiana dla edukacji i rynku pracy”, Kielce 2013
- [8] Seminarium bolońskie „Budowanie kultury jakości niezbędnym warunkiem efektywnego funkcjonowania wewnętrznego systemu zapewnienia jakości kształcenia”, Kraków 2013

- [9] Seminarium „Potwierdzanie efektów uczenia się w szkolnictwie wyższym”, Kielce 2015

## 7. Działalność organizacyjna

- [1] Prodziekan ds. Studenckich i Dydaktyki na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej w kadencji 2012-2016 i prodziekan-elekt na kadencję 2016-2020
- [2] Kierownik Laboratorium Techniki Uzbrojenia w Katedrze Technik Komputerowych i Uzbrojenia Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn od dnia 1.05.2012
- [3] Członek organów kolegialnych:
- członek Rady Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn w latach 2008-2012 i 2012-2016
  - członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej na rok akademicki 2007/2008 i 2008/2009
  - członek Uczelnianej Komisji Rekrutacyjnej na rok akademicki 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016
  - członek Zespołu ds. Systemu Zapewnienia Jakości Kształcenia w Politechnice Świętokrzyskiej od 20 czerwca 2012 roku
  - członek Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia w roku akademickim 2012/2013
  - członek Senackiej Komisji Dydaktyki i Spraw Studenckich od 26 września 2012 roku
  - członek Wydziałowej Komisji ds. Dydaktycznych w latach 2012-2016
  - przewodnicząca Wydziałowej Komisji Stypendialnej w okresie 4.03.2013-3.03.2014, 5.03.2014-30.09.2014, 1.10.2014-30.06.2015 oraz 1.10.2015-30.06.2016
  - członek zespołu przygotowującego raport samooceny dla wizytowanego kierunku studiów mechanika i budowa maszyn – 2010 r.
  - członek organu opiniującego raport samooceny dla kierunku studiów automatyka i robotyka – 2012 r.
  - członek organu opiniującego raport samooceny dla kierunku studiów transport – 2014 r.
  - członek Wydziałowej Komisji do zagospodarowania budynku dydaktycznego B w latach 2011-2012



Kielce, 6 czerwca 2016

.....  
podpis