

Dr inż. Józef Wrona

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego

Wydział Mechaniczny
Instytut Budowy Maszyn

3. ZAŁĄCZNIK do Wniosku

Autoreferat w języku polskim i angielskim

Warszawa 2019



Dr inż. Józef Wrona

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego
Wydział Mechaniczny
Instytut Budowy Maszyn

3. ZAŁĄCZNIK do Wniosku

Jednotematyczny cykl publikacji autorstwa lub współautorstwa habilitanta pt.
***„Środowisko i koncepcja użycia jako determinanty predykcji kształtowania
struktur wojskowych i cywilnych platform lądowych”.***

Warszawa 2019



SPIS TREŚCI

1.	Imię i nazwisko	4
2.	Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	4
3.	Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	4
4.	Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule	5
5.	Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych, organizacyjnych i dydaktycznych	32
5.1	Działalność prowadzona przed doktoratem	32
5.2	Działalność naukowo-badawcza i organizacyjna prowadzona po uzyskaniu doktoratu	34
5.3	Informacja o osiągnięciach dydaktycznych	44
5.4	Elementy doskonalenia zawodowego	46
5.5	Uzyskane nagrody, wyróżnienia i odznaczenia	46



1. Imię i Nazwisko

Józef Wrona

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

Uzyskany tytuł: **Magister inżynier**

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny

Kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn

Specjalność: Maszyny Inżynieryjne

Temat pracy dyplomowej magisterskiej: *Projekt uniwersalnego nośnika osprzętów do utrzymania lotnisk*

Promotor: Plk dr hab. inż. Jan Krasuski, Wojskowa Akademia Techniczna, Prof. nzw. WAT

Data obrony: 1985 rok

Uzyskany stopień: **Doktor nauk technicznych**

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny

Dyscyplina naukowa: Budowa i Eksploatacja Maszyn

Specjalność: Maszyny Robocze

Temat pracy doktorskiej: *Wpływ podparcia na obciążenia osprzętu roboczego i przemieszczenia podwozia koparki jednonaczyniowej*

Promotor: Plk dr hab. inż. Stanisław Konopka, Wojskowa Akademia Techniczna

Recenzent zewnętrzny: Prof. dr hab. inż. Dionizy Dudek, Politechnika Wrocławska

Recenzent wewnętrzny: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Przychodzień, Wojskowa Akademia Techniczna

Data obrony: 1998 rok

Praca wyróżniona Nagrodą Rektorską III stopnia za pracę doktorską – 1999 r.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 1994 - 1999 - Wojskowa Akademia Techniczna, WAT - asystent naukowo-dydaktyczny, Instytut Budowy Maszyn, Wydział Mechaniczny, Wojskowa Akademia Techniczna
- 1999 - 2004 - Wojskowa Akademia Techniczna, WAT - adiunkt naukowo-dydaktyczny, Instytut Budowy Maszyn, Wydział Mechaniczny, Wojskowa Akademia Techniczna

- 2013 - 2016 - Wojskowa Akademia Techniczna, WAT - adiunkt naukowo-dydaktyczny, Katedra Budowy Maszyn, od 2014 r. - Instytut Budowy Maszyn, Wydział Mechaniczny, Wojskowa Akademia Techniczna, Pełnomocnik Dyrektora Instytutu ds. Współpracy Naukowej
- 2013 - Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, PIAP – adiunkt, Pełnomocnik Dyrektora Instytutu ds. Projektów z Dziedziny Obronności
- 2016 - Dyrektor Instytutu Budowy Maszyn Wydziału Mechanicznego Wojskowej Akademii Technicznej

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.):

Do osiągnięcia naukowego, uzyskanego po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Budowa i Eksploatacja Maszyn określonym w art. 16. ust. 2 Ustawy, zaliczam jednotematyczny cykl publikacji pod ogólnym tytułem:

„Środowisko i koncepcja użycia jako determinanty predykcji kształtowania struktur wojskowych i cywilnych platform lądowych”.

Cykl publikacji jednotematycznych tworzących wskazywane osiągnięcie naukowe obejmuje:

1. S. Konopka, J. Wrona, Problem podparcia hydraulicznych koparek jednonaczyniowych, Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej 47 (4), 69-79, 1998, 50%
2. S. Konopka, F. Kuczmarski, A. Sławiński, J. Wrona: Model of support of single-bucket excavator. Part I. Determination of the model of support of single bucket excavator. Archiwum Budowy Maszyn. Warszawa, Vol. XLVI, 1999,3, 221-234, 25 %
3. S. Konopka, F. Kuczmarski, A. Sławiński, J. Wrona: Model of support of single-bucket excavator. Part II. Model of dynamics of single-bucket excavator with outriggers. Archiwum Budowy Maszyn. Warszawa, Vol. XLVI, 1999,3, 236-244, 25%
4. F. Kuczmarski, J. Wrona: Struktura układu pomiarowego i metodyka badań skuteczności działania elementarnej sekcji trału bijakowego, Metody doświadczalne w budowie i eksploatacji maszyn, Wrocław, Szklarska Poręba 1999, 50%
5. A. Bartnicki, F. Kuczmarski, P. Marecki, A. Typiak, J. Wrona: Model badawczy trału o dynamicznym oddziaływaniu na miny, rozwiązanie układu napędowego dla maszyny inżynierijno-drogowej. XII Konferencja Naukowa. Napęd,

Sterowanie, Automatyzacja Maszyn Roboczych i Pojazdów. Rynia k/Warszawy 2000, 20%

6. T. Przychodzień, P. Marecki, P. Sprawka, **J. Wrona**, Poligonowe badania skuteczności obciążeń atrap min przeciwczołgowych, *Systems: journal of transdisciplinary systems science* 8 (sp.), 419-427, 2003, 25%
7. T. Przychodzień, **J. Wrona**, P. Sprawka, Laboratoryjne badania oddziaływań obciążeń dynamicznych na miny umieszczone w gruncie, *Systems: journal of transdisciplinary systems science* 8 (sp.), 434-443, 2003, 33%
8. S. Konopka, F. Kuczmarski, A. Sławiński, **J. Wrona**, Algorithm of construction of single-bucket excavator motion equations, *Archive of Mechanical Engineering* 51 (1), 27-39, 2004, 25%
9. T. Czapla, **J. Wrona**: Technology development of military applications of unmanned ground vehicles; *Studies in Computational Intelligence* 481, *Vision Based Systems for UAV Applications*, pp. 293-309, Springer-Verlag, 2013, DOI: 10.1007/978-3-319-00369-6_19, 50%
10. A. Bartnicki, M. J. Łopatka, L. Śnieżek, **J. Wrona**, A. M. Nawrat: Concept of implementation of remote control systems into Manned Armoured Ground Tracked Vehicles; *Innovative Control Systems for Tracked Vehicle Platforms*, Springer International Publishing, 2014/1/1, strony 19-37, DOI: 10.1007/978-3-319-04624-2_2, 20%
11. E. Budny, P. Szynekarczyk, **J. Wrona**: Unmanned Ground Military and Construction Systems Technology Gaps Exploration, *The 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, National Taiwan University of Science and Technology (NTUST), ISARC 2017, Taipei, Taiwan, 2017, Proceedings, Published by Tribun EU, s.r.o., Brno, 2017, ISBN: 978-80-263-1371-7, 33%
12. Jan Czarnowski, Adam Dąbrowski, Mateusz Maciaś, Jakub Główka, **Józef Wrona**: Technology gaps in Human-Machine Interfaces for autonomous construction robots, *Automation in Construction*, Volume 94, October 2018, Pages 179-190, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.06.014>, 40 pkt, 25%.

Kopie publikacji znajdują się w Załączniku 5. Natomiast wykaz wszystkich opublikowanych prac po uzyskaniu stopnia doktora inżyniera, w liczbie 52 (włączając skrypt) znajduje się w Załączniku 4.

Podjęmowana przeze mnie problematyka naukowa koncentrowała się na badaniu wpływu zarówno środowiska jak i koncepcji użycia rozpatrywanych jako determinanty predykcji kształtowania struktur wybranych wojskowych i cywilnych platform lądowych, realizujących zadania w różnorodnym niezdeterminowanym środowisku traktując platformę jako element systemu operator-platforma-środowisko, w tym w wybranych przypadkach na dokładność i sposób wykonywania zadań. W swoich badaniach podłoże odkształcalne traktowane było jako najistotniejszy dla tych badań komponent środowiska.

Badania zostały podzielone na dwa etapy. W pierwszym etapie badałem wpływ podłoża, traktowanego jako bardzo istotny dla moich badań i naukowo bardzo wymagający komponent szeroko pojętego środowiska, na obciążenia, a tym samym

na kształtowanie struktur wybranych maszyn. W drugim etapie badałem wpływ koncepcji użycia wybranych wojskowych i cywilnych platform lądowych na predykcję kształtowania ich struktur.

Celem naukowym pierwszego etapu badań było określenie wpływu podłoża na obciążenia osprzętu roboczego koparki jednonaczyniowej oraz na obciążenia i strukturę trału bijakowego jak również wybranej platformy lądowej będącej nośnikiem tego trału, przy założeniu, że podłoże jest istotnym, ale jednocześnie bardzo złożonym z naukowego punktu widzenia, komponentem środowiska operacyjnego maszyn. Tym samym, celem naukowym pierwszego etapu mojej działalności naukowej było określenie wpływu podłoża na obciążenia i w konsekwencji predykcję kształtowania struktur wybranych wojskowych i cywilnych platform lądowych.

Cel naukowy pierwszego etapu badań został zrealizowany poprzez opracowanie modelu koparki jednonaczyniowej, gdzie w płaszczyźnie pionowej podparcia zastosowano opracowany w ramach realizacji pracy doktorskiej model układu podparcie-podłoże. W ramach realizacji tego etapu badań opracowano również model trału bijakowego oraz wskazano determinanty implikujące na konstrukcję nośnika tego trału.

Celem naukowym drugiego etapu było określenie wpływu koncepcji użycia na predykcję kształtowania struktur wojskowych i cywilnych platform lądowych, w tym poprzez predykcję technik i technologii istotnych dla realizacji zadań przez te platformy.

Cel naukowy drugiego etapu badań naukowych został zrealizowany poprzez opracowanie metodyki predykcji technik i technologii kształtowania struktur wojskowych i cywilnych platform lądowych traktując sposób ich użycia jako główny determinant tego procesu.

Badaniem wpływu podparcia określonego jako układ podpora-podłoże [1,2,3] zajmowałem się jako kontynuację badań zrealizowanych w ramach pracy doktorskiej zgłębiając problem wpływu podłoża i podparcia maszyny roboczej na obciążenia osprzętu roboczego koparki jednonaczyniowej, a tym samym na strukturę mechanizmów wykonawczych.

W pracy [1] wskazano wymagania eksploatacyjne mające wpływ na rozwój hydraulicznych koparek jednonaczyniowych. Wyszczególniono między innymi zwiększenie dokładności wykonywanych prac, wprowadzenie nowych technologii oraz zmniejszenie obciążenia operatora sterowaniem maszyną. Badania te zainspirowały mnie do podjęcia problematyki wpływu koncepcji użycia i wynikających z nich potrzeb technologicznych jako determinantów predykcji kształtowania wojskowych i cywilnych platform lądowych co zrealizowałem w drugim etapie mojej działalności naukowej.

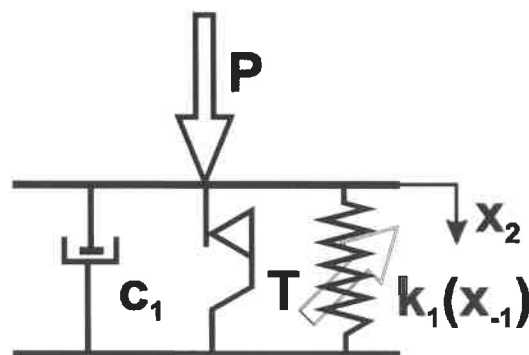
W większości prac badawczych dotyczących analizy procesów pracy maszyn roboczych przyjmowano założenie, że podwozie maszyny jest nieruchome. Takie podejście, w przypadku analizy kinematyki osprzętu roboczego było uzasadnione wówczas, gdy przyjmowano statyczne obciążenie osprzętu w procesie urabiania gruntu. Jednakże z punktu widzenia analizy dynamicznej pominięcie podparcia maszyny prowadzi do nieuwzględnienia ilościowego i jakościowego jego wpływu na obciążenia i przemieszczenia maszyny roboczej. Prowadzone badania jednonaczyniowych koparek hydraulicznych w aspekcie określenia wymaganej

dokładności wynikającej z charakteru i wielkości przemieszczeń podwozia [1] pozwalają na stwierdzenie, że w zależności od charakteru podparcia (koło ogumione, gąsienica, podpora) mogą wystąpić przemieszczenia o zmiennym charakterze i zmiennym obciążeniu maszyny roboczej, co ma wpływ na parametry podparcia i strukturę mechanizmów wykonawczych.

Jest to istotny problem, który nie był badany, przy różnych właściwościach podłoża, kształtach, rozstawie i wielkości podpór. Wyniki przeprowadzonych badań wybranych koparek jednonaczyniowych potwierdziły wpływ interakcji pomiędzy podparciem platformy lądowej (koło, gąsienica, podpora) a podłożem odkształcalnym na strukturę układu podparcia, obciążenia osprzętu roboczego i w konsekwencji na dokładność wykonywanych prac, szczególnie w przypadku maszyn autonomicznych (zautomatyzowanych lub zdalnie sterowanych) [1]. Określono wpływ podłoża na powierzchnię styku podpory z podłożem w kontekście uzyskania jak najmniejszych przemieszczeń podwozia wpływających na dokładność wykonywanych prac. Wskazano, że dalsze prace powinny być nakierowane na opracowanie modelu symulacyjnego układu podparcia, który wypełniłby lukę istniejącą w używanych do tej pory dynamicznych modelach koparek jednonaczyniowych, co zrealizowałem i przedstawiłem w pracach [2] i [3].

W publikowanych pracach, przy analizie dynamiki koparki przyjmowano podparcie na podłożu sztywnym, nieodkształcalnym, albo idealnie sprężystym. Takie podejście dla koparek zautomatyzowanych wykonujących prace o dużej dokładności jest mało precyzyjne. Dlatego też podjąłem się opracowania modelu podparcia maszyny roboczej na przykładzie koparki jednonaczyniowej posadowionej na podłożu odkształcalnym [2,3].

Już na etapie realizacji pracy doktorskiej dokonałem analizy kilku modeli reologicznych podparcia, zarówno prostych jak i złożonych, a następnie w oparciu o wyniki badań doświadczalnych i symulacyjnych przyjąłem model reologiczny podparcia uwzględniający sprężystość, tarcie suche i tłumienie wiskotyczne, tj. model Hooke'a - Newtona - Saint Venanta I (HNS - V - I) [2]. W modelu tym sprężystość zastąpiłem funkcją sprężystości, która dokładniej odwzorowuje pętlę histerezy w porównaniu do badań doświadczalnych. Jako miarę odwzorowania przyjąłem wskaźnik jakości, którego graficznym obrazem jest wartość bezwzględna różnicy pól między histerezami odkształcenia gruntu i podpory uzyskanymi podczas badań symulacyjnych i doświadczalnych [2]. Zmodyfikowany w ten sposób model HNS - V - I uwzględnia sprężystość jako funkcję sprężystości, tłumienie oraz tarcie suche w układzie podparcia (podłoże wraz z podporą). Ich przejawami, które można stwierdzić zewnętrznie są: histereza, tłumienie drgań i dyssypacja energii (rys. 4.1).



Rys. 4.1. Model reologiczny układu podpora-podłoże koparki jednonaczyniowej [2]

Całkowite odkształcenie modelu x_2 pod wpływem obciążenia P jest równe

$$x_2 = a \cdot \left(\frac{\text{sgn } b \cdot T - P + k_1 \cdot x_0 + c_1 \cdot x_{-1}}{k_1(x_{-1}) + c_1} \right) + (1-a) \cdot x_{-1} \quad (1)$$

gdzie współczynniki a i b zdefiniowałem zależnościami (2) oraz (3):

$$a = \begin{cases} 0 \Rightarrow |b| < T \\ 1 \Rightarrow |b| \geq T \end{cases} \quad (2)$$

$$b = P - k_1(x_0 - x_{-1}) + c_1(x_{-1} - x_{-2}), \quad (3)$$

natomiast stały współczynnik sztywności k zastąpiłem funkcją sztywności $k_1(x_{-1})$

$$k_1(x_{-1}) = w_1 + w_2 \cdot (|w_3 - x_{-1}|)^{w_4}, \quad (4)$$

gdzie dla (1), (2), (3), (4):

P - obciążenie (siła z badań podpory eksperymentalnej),

x_2 - przemieszczenie podpory wyznaczone w oparciu o model,

x_0 - przemieszczenie początkowe podpory,

x_{-1}, x_{-2} - wartość przemieszczenia podpory w poprzednich krokach obliczeniowych,

w_1, w_2, w_3, w_4 - współczynniki funkcji sprężystości $k(x_{-1})$,

c_1 - współczynnik tłumienia,

T - siła tarcia suchego.

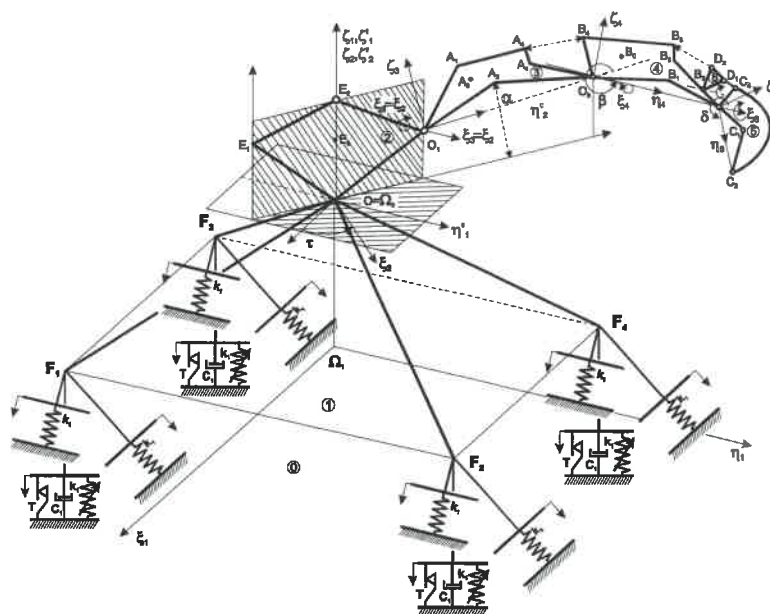
Analiza wyników badań symulacyjnych i weryfikacyjnych potwierdziła prawidłowość sformułowania modelu podparcie-podłoże oraz przydatność tego modelu do zaimplementowania w modelu symulacyjnym koparki jednonaczyniowej wyposażonej w układ podparcia [2].

Materiał wiedza i doświadczenie pozyskane w ramach realizacji pracy doktorskiej stały się podstawą do sformułowania modelu dynamiki koparki jednonaczyniowej z układem podparcia, gdzie model układu podparcie-podłoże został opisany modelem Hooke'a – Newtona - Saint Venanta - I i zaimplementowany w punktach podparcia, w płaszczyźnie pionowej [3] (rys. 4.2).

Koparka składa się z sześciu członów, powiązanych ze sobą sześcioma więzami. Dynamika całego układu (zgodnie z metodą wektorową) jest zapisana równaniem macierzowym (5). Dla opisu przemieszczeń liniowych sformułowano równania Newtona, a dla przemieszczeń kątowych równania Newtona-Eulera [3].

Porównanie wyników badań symulacyjnych z wynikami uzyskanymi z badań hydraulicznej jednonaczyniowej koparki kołowej z eksperymentalnym układem

podparcia potwierdziło zgodność wyników badań symulacyjnych opracowanego modelu koparki z wynikami uzyskanymi podczas badań obiektu rzeczywistego [2].



$$\begin{bmatrix} M & B^T \\ B & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{h} \\ -\lambda \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g \\ \gamma^* \end{bmatrix} \quad (5)$$

Rys. 4.2. Model koparki jednoznaczyniowej z zaimplementowanym modelem układu podparcie-podłoże Hooke'a - Newtona - Saint Venanta I [3]

Analiza wyników badań symulacyjnych i doświadczalnych pozwoliła ocenić wpływ podparcia na przemieszczenia podwozia w wybranych fazach cyklu roboczego koparki jednoznaczyniowej. Znajomość charakterystyk podparcia jest istotna w procesie projektowania maszyn roboczych i ma również wpływ na kształtowanie ich struktur oraz procesów sterowania tymi maszynami.

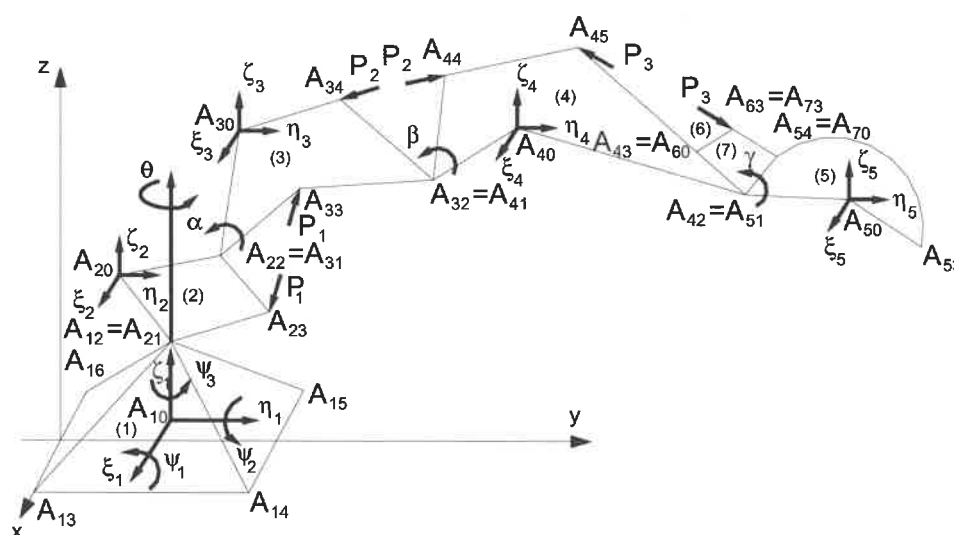
Rezultaty przeprowadzonych badań pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- podłoże, jako element środowiska pracy platform lądowych implikuje na ich strukturę;
- dla określonego gruntu oraz obiektu można dobrać tak powierzchnię podparcia platformy lądowej, że jej maksymalne przemieszczenia nie ulegają zmianie w sposób istotny dla dokładności wykonywanych prac ziemnych;
- rodzaj i charakter podłoża ma wpływ na obciążenia siłownika wysięgnika podczas jego opuszczania w fazie szybkiego przesterowania rozdzielacza. W pozostałych przypadkach ten wpływ jest mały, co wskazywałoby na stosunkowo duże właściwości tłumiące układu hydraulicznego koparki;

- rezultaty przedstawionych prac powinny przyczynić się do bardziej precyzyjnego określania parametrów układów podparcia produkowanych maszyn roboczych już w fazie projektowania. Powinno to wpłynąć na polepszenie dokładności wykonywanych przezeń prac, co z kolei powinno przynieść lepsze efekty zarówno technologiczne jak i ekonomiczne.

W dalszej części działalności naukowej w oparciu o doświadczenia z badań modelu opracowanego w pracy [3], zaproponowałem metodę, która łączy zalety budowy równań ruchu układu w przestrzeni parametrów Eulera [3] z klasycznym podejściem budowy równań ruchu układu w oparciu o równania Lagrange'a drugiego rodzaju. W ten sposób powstała koncepcja opracowania algorytmu generowania równań ruchu platformy we współrzędnych uogólnionych na bazie równań Lagrange'a, której główne idee przedstawione są w pracy [8] na przykładzie modelu przestrzennego koparki jednoznaczyniowej.

W ramach realizacji prac opracowałem algorytm budowy równań ruchu modelu koparki jednoznaczyniowej podsiębiernej w zmiennych uogólnionych Lagrange'a. Przyjęto, że koparka jest układem brył sztywnych połączonych więzami obrotowymi o dziesięciu stopniach swobody (rys. 4.3). Istota algorytmu polega na sprowadzeniu procedury budowy równań ruchu układu do procesu mnożenia odpowiednich macierzy bez konieczności analitycznego lub numerycznego wyznaczania kolejnych pochodnych energii kinetycznej i potencjalnej układu względem współrzędnych i prędkości uogólnionych. Tak sformułowany algorytm może stanowić podstawę do budowy programu numerycznego do analizy dynamiki układu koparki. Natomiast przedstawiona metoda generowania równań Lagrange'a może być uogólniona i stosowana do innych układów wieloczołonowych, w tym platform lądowych, co pozwoli na efektywniejsze kształtowanie ich struktur w różnych koncepcjach użycia, a przy zastosowaniu podejścia przedstawionego w pracy [3] również przy zastosowaniu modelu układu podpora-podłoże.



Rys. 4.3. Schemat funkcjonalny mechanicznego układu koparki jednoznaczyniowej [8]

W ramach pierwszego etapu badań podjąłem się również realizacji problematyki dynamicznego i statycznego oddziaływania na atrapę miny przeciwpancernej umieszczoną w gruncie z zainstalowanymi wewnątrz czujnikami sił i przemieszczeń, pozbawionej walorów bojowych, ale zachowującej podobieństwa kształtu i masy [6,7].

O ile w pracach [1,2,3] dyskutowano model układu podparcie-podłoże bez uwzględnienia ilościowego udziału tych dwóch komponentów, o tyle w pracach [6,7] uzyskane charakterystyki odzwierciedlają charakter przemieszczeń gruntu pod wpływem obciążeń statycznych i dynamicznych.

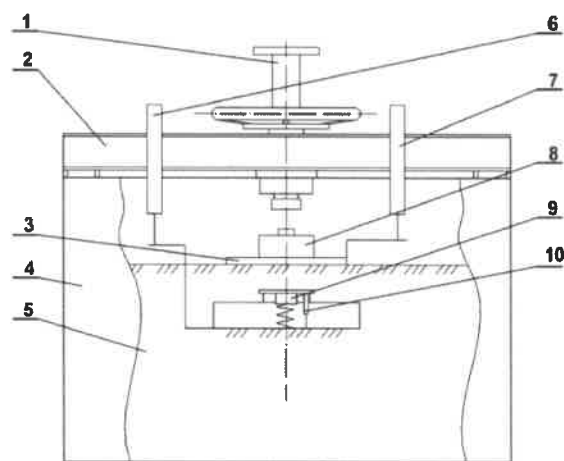
Przeprowadzone zarówno badania laboratoryjne [7] jak i poligonowe [6] określiły wpływ rodzaju gruntu oraz niektórych jego parametrów na przekazywanie na minę obciążeń statycznych i dynamicznych przyłożonych do powierzchni gruntu. Opracowane stanowisko laboratoryjne [7] umożliwiło badanie wpływu rodzaju, stanu zagęszczenia i grubości warstwy gruntu nad miną na przenoszenie obciążenia powierzchni gruntu na jej pokrywę.

Moim udziałem w tych badaniach było zaprojektowanie stanowiska badawczego, opracowanie metodyki badań oraz dokonanie analizy wyników. Metalowy pojemnik wypełniono gruntem o określonych właściwościach. Atrapa miny była umieszczana w gruncie na znanej głębokości i była wyposażona w czujnik siły i czujnik pionowych przemieszczeń zapalnika oraz elementy pomiaru pionowych przemieszczeń. Na powierzchni gruntu, ponad atrapą miny była ustawiona płyta naciskowa z czujnikiem siły i czujnikiem przemieszczeń płyty naciskowej. Układ był obciążany za pomocą prasy hydraulicznej (rys. 4.4).

a)



b)



Rys. 4.4. Stanowisko do badań statycznych oddziaływań na miny umieszczone w gruncie [7]: – schemat: 1-układ hydrostatyczny, 2-rama montażowa, 3-płyta naciskowa, 4-skrzynia badawcza, 5-grunt, 6-czujnik przemieszczeń pionowych miny, 7-czujnik przemieszczeń płyty naciskowej, 8-czujnik siły obciążającej układ grunt-mina, 9-czujnik siły w minie, 10-czujnik pionowych przemieszczeń zapalnika [7]

Na podstawie zebranego materiału badawczego dokonano analizy wpływu rodzaju gruntu i jego wilgotności na:

- przemieszczenie mechanizmu zapalnika modelu miny;
- przemieszczenie mechanizmu zapalnika – ugięcie sprężyny modelu miny w funkcji obciążenia zewnętrznego;
- przemieszczenie płyty naciskowej w funkcji obciążenia zewnętrznego;
- ugięcie sprężyny mechanizmu zapalnikowego modelu miny w funkcji przemieszczenia płyty naciskowej;
- obciążenie modelu miny w funkcji obciążenia zewnętrznego.

W pracy [6] określiłem wpływ rodzaju gruntu i jego wilgotności na przemieszczenie mechanizmu zapalnika – ugięcie sprężyny atrapy miny oraz przemieszczenie płyty naciskowej dla różnego obciążenia zewnętrznego. Na podstawie wyników badań dokonano próby określenia wskaźnika przekazywania obciążenia zewnętrznego K_s na płytę górną czaszy ruchomej atrapy miny zdefiniowanego jako stosunek siły wywołującej ugięcie sprężyny jej mechanizmu zapalnikowego do siły zewnętrznej przyłożonej do płyty naciskowej. Przeprowadzone badania wykazały, że jest możliwe doświadczalne określenie wartości liczbowych tego współczynnika dla różnych warunków ustawienia miny oraz charakterystyki jej mechanizmu zapalnikowego.

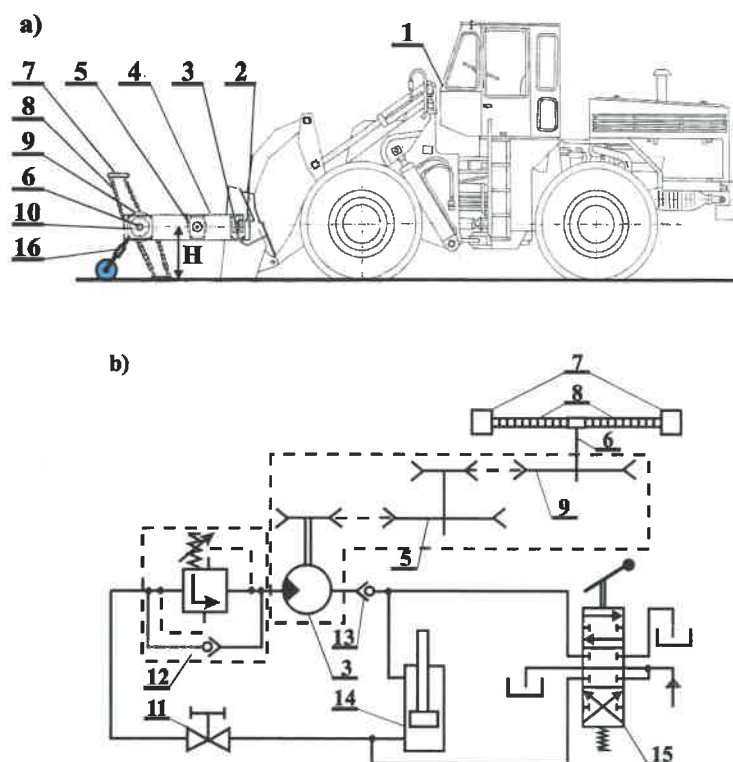
Analiza otrzymanych wyników umożliwiła sformułowanie wniosku, że zarówno rodzaj jak i wilgotność gruntu są parametrami decydującymi o możliwościach przekazywania obciążenia – determinującymi obciążenie zewnętrzne, którym należy obciążyć grunt na danej powierzchni, aby uzyskać odpowiednie przemieszczenie mechanizmu zapalnikowego miny.

Wyznaczenie współczynnika K_s określającego przekazywanie obciążenia zewnętrznego na pokrywę atrapy miny w zależności od rodzaju i stanu gruntu oraz jego grubości nad miną umożliwia dobór parametrów oraz ocenę skuteczności trałów naciskowych, co zostało wykorzystane w dalszych badaniach.

Najczęściej stosowaną metodą rozminowania jest mechaniczne oddziaływanie na miny mające na celu ich detonację, zniszczenie albo usunięcie poza pas rozminowania dlatego zdecydowano, aby kontynuować badania poprzez rozwijanie metody dynamicznego oddziaływania na miny, a w szczególności wykorzystywanie trałów bijakowych, uderowo działających na miny i ich mechanizmy zapalnikowe [4].

Po dokonaniu analizy działania trałów bijakowych i wybraniu spycharko-ładowarki SŁ-34 jako nośnika elementarnej sekcji trałującej zaadaptowano jej osprzęt jak również układ zasilania hydraulicznego (rys. 4.5). Konstrukcja nośna sekcji wykonana była z blachy stalowej i umieszczona na osprzęcie ładowarki, który stanowi „łyżka Drotta” [4].

Dzięki adaptacji układu hydraulicznego uzyskano możliwość wykorzystania rozdzielacza sterującego częścią odchylną łyżki do sterowania napędem sekcji elementarnej. Wał z bijakami napędzał silnik hydrauliczny typ 2126 (3), poprzez dwustopniową przekładnię pasową.



Rys. 4.5. Spycharko - ładowarka z zamontowaną sekcją elementarną tału bijakowego: a - widok ogólny, b - schemat układu hydraulicznego: 1 - spycharko-ładowarka SŁ-34, 2 - przewody hydrauliczne, 3 - silnik hydrauliczny, 4 - konstrukcja nośna, 5 - koło pasowe pośrednie, 6 - wał napędowy, 7 - bijak, 8 - łańcuch drabinkowy, 9 - koło pasowe napędowe, 10 - pokrywa osłaniająca, 11 - zawór odcinający, 12 - regulator przepływu, 13 - zawór zwrotny, 14 - siłownik zamykania łyżki Drotta, 15 - rozdzielacz sterujący, 16 - koło kopiujące teren [4]

W oparciu o doświadczenia i wiedzę pozyskaną podczas formułowania modelu reologicznego układu podpora-podłoże koparki jednonaczyniowej opracowałem model ogólny oddziaływania bijaka na minę w postaci (6):

$$P_M(t) = f[v_N, m_B, h_M, K_B, K_{GR}, K_M] \quad (6)$$

gdzie: $P_M(t)$ - składowa pionowa siły działającej na minę,

v_N - składowa pionowa prędkości bijaka przy zetknięciu z gruntem,

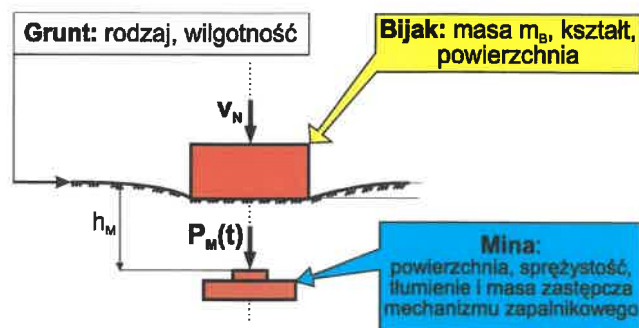
m_B - masa bijaka,

h_M - głębokość posadowienia miny,

K_B - parametry bijaka (powierzchnia, kształt),

K_M - parametry miny (powierzchnia, sprężystość, tłumienie i masa zastępcza mechanizmu zapalnikowego,

K_{GR} - parametry gruntu (rodzaj, wilgotność, ...).



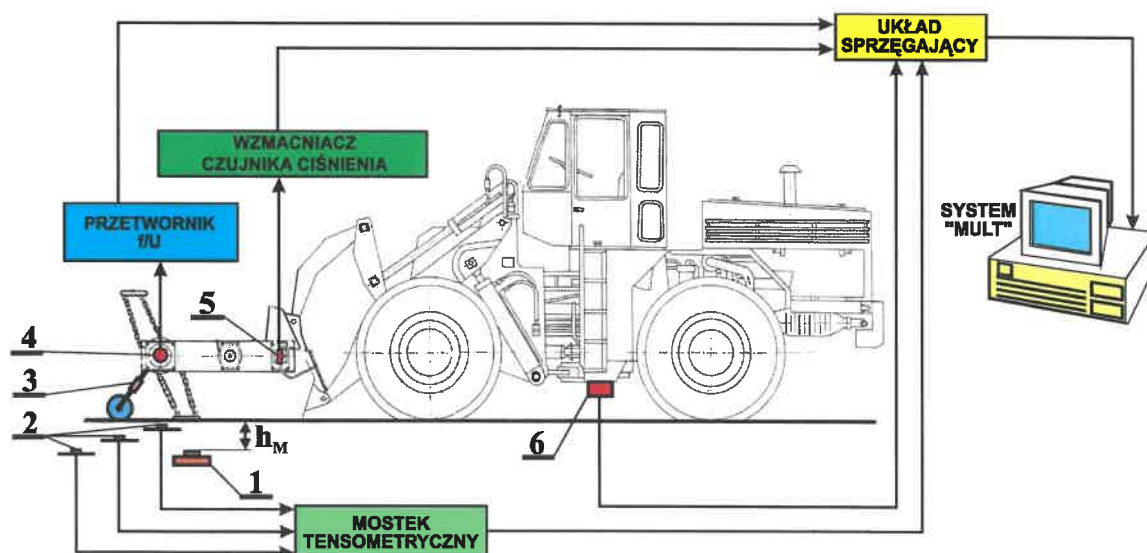
Rys. 4.6. Ogólny model oddziaływania bijaka na minę posadowioną w gruncie [4]

Podczas badań były mierzone następujące wielkości:

- prędkość pojazdu wraz z trałem;
- ciśnienie na wejściu silnika hydraulicznego;
- wysokość położenia osi wału bijakowego nad poziomem gruntu (H - rys. 4.6);
- głębokość posadowienia miny (h_M - rys. 4.6);
- prędkość obrotowa wału bijakowego;
- rozkład składowej pionowej siły uderzeń bijaka o podłoże dla różnych grubości warstwy gruntu nad miną.

Celem badań był dobór parametrów trałów pod kątem uzyskania jak największej skuteczności ich działania oraz dostosowanie struktur wybranych maszyn do realizacji zadań rozminowania poprzez trałowanie.

Opracowałem strukturę układu pomiarowego zastosowanego do badań trału bijakowego (rys. 4.7), który został opisany w [4].



Rys. 4.7. Struktura układu pomiarowego zastosowanego do badań trału bijakowego zamontowanego na spycharko ładowarce SŁ-34: 1 – mina ćwiczebna z ładunkiem dymnym, 2 – płyty z czujnikami tensometrycznymi, 3 – belka koła prowadzącego, 4 – oś wału trału, 5 – silnik hydrauliczny [4]

W badaniach poligonowych rozpatrywałem interakcję pomiędzy bijakami zaproponowanego modelu elementarnej sekcji doświadczalnego trału o dynamicznym oddziaływaniu na atrapy min przeciwpancernych [6]. Do badań obciążeń gruntu podczas uderzenia bijaków sekcji trałującej wykorzystałem zaprojektowany i wykonany dla tych badań czujnik.

Badania poligonowe zostały podzielone na dwa etapy. W pierwszym etapie badań statycznie obciążano atrapy min ustawione na głębokości 0.01m. Do badań użyto spycharko-ładowarki Sł-34 oraz spycharki szybkobieżnej BAT-M, które przemieszczały się z małą prędkością w osi ustawionych min. W drugim etapie badano atrapy min ustawione w gruncie, obciążane dynamicznie bijakami sekcji elementarnej trału zainstalowanej do łyżki spycharko-ładowarki Sł-34 (rys. 4.7)

Podczas drugiego etapu badano dwa rodzaje bijaków. W pierwszej fazie badano bijaki o prostokątnym kształcie powierzchni styku z podłożem. Po analizie wyników badań podjęto decyzję o zmianie kształtu i masy bijaków. Uzyskano to poprzez zastosowanie kul z ołowianym wnętrzem. Celem tych działań było uzyskanie takich nacisków na płytę górną mechanizmu zapalnikowego atrapy miny, które spowodują jej przemieszczenie o ok. 11mm, wystarczające do zadziałania miny bojowej.

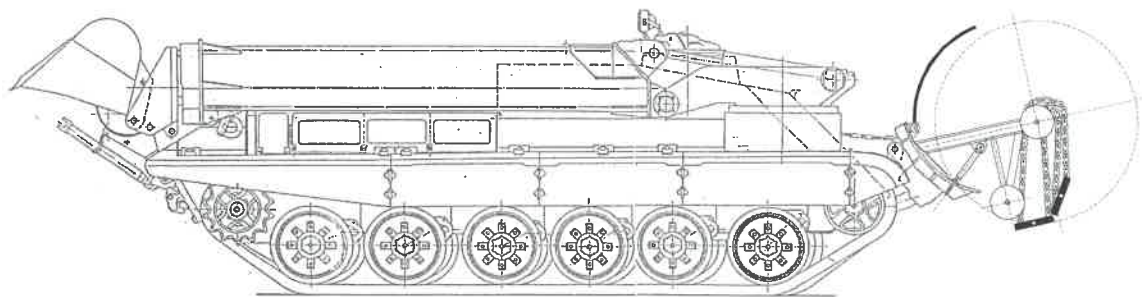
W pracy [6] opisałem metodykę badań oraz dokonałem analizy ich wyników. Zauważyłem wyraźny wpływ zarówno grubości gruntu jak i charakteru jego obciążeń na jego przemieszczenia a zatem na przemieszczenia mechanizmu zapalnikowego atrapy miny. Pozwoliło to na określenie optymalnych parametrów dla kształtowania struktury trału realizującego założoną koncepcję jego użycia.

Moim udziałem w badaniach trału bijakowego było opracowanie modelu oddziaływania bijaka na minę posadowioną w gruncie, konstrukcji trału i jego adaptacji do nośnika bazowego – spycharko-ładowarki SŁ-34. W ramach tego procesu dokonałem zmian w układzie hydraulicznym, zaprojektowałem i wykonałem układ przeniesienia napędu na sekcję elementarną trału bijakowego oraz dokonałem zmian w konstrukcji „łyżki Drotta” nośnika bazowego, na której umieszczono konstrukcję nośną trału. Ponadto opracowałem metodykę badań, oraz wziąłem udział w badaniach poligonowych i analizie wyników tych badań, które zostały przedstawione w pracy [6].

Rezultaty tych prac przyczyniły się do opracowania koncepcji dostosowania Maszyny Inżynieryjno-Drogowej (MID) do realizacji zadań rozminowania poprzez zamontowanie na niej trału bijakowego (rys. 4.8) [5].

Maszyna Inżynieryjno-Drogowa MID służy do wykonywania dróg umożliwiających wojskom ruch po bezdrożach, prac ziemnych (do budowy ukryć, schronów stanowisk dowodzenia, wykonywania i likwidacji skarp, rowów przeciwczołgowych i okopów), zapór fortyfikacyjnych, a także prac ewakuacyjnych i ratunkowych oraz przeładunkowych. Maszyna Inżynieryjno-Drogowa została skonstruowana na bazie czołgu T-72 [5].

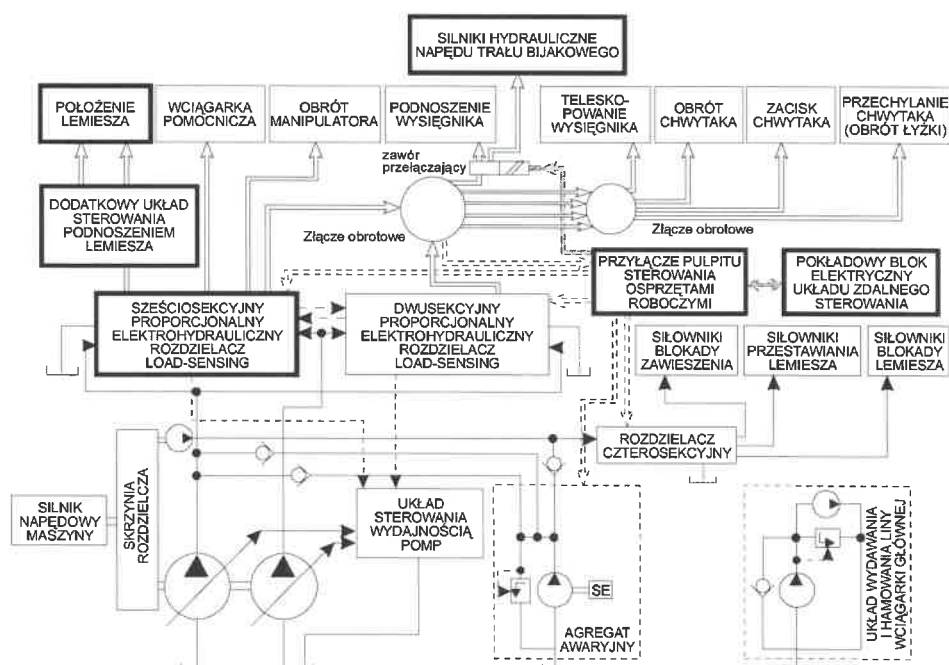
Zaadaptowano osprzęt roboczy oraz układ hydrauliczny Maszyny Inżynieryjno-Drogowej do nowej koncepcji użycia tej maszyny. Trał zamontowano do lemiesza MID-a i podłączono do układu hydraulicznego za pomocą specjalnego szybkozłącza. W nowej koncepcji użycia lemiesz służył również jako osłona chroniąca pojazd bazowy przed zerwanymi bijakami.



Rys. 4.8. Widok ogólny Maszyny Inżynieryjno Drogowej MID z zamontowanym trałem bijakowym [5]

Dzięki adaptacji układu hydraulicznego uzyskano możliwość wykorzystania rozdzielacza sterującego podnoszeniem i opuszczaniem wysięgnika manipulatora do sterowania napędem trału (rys. 4.9).

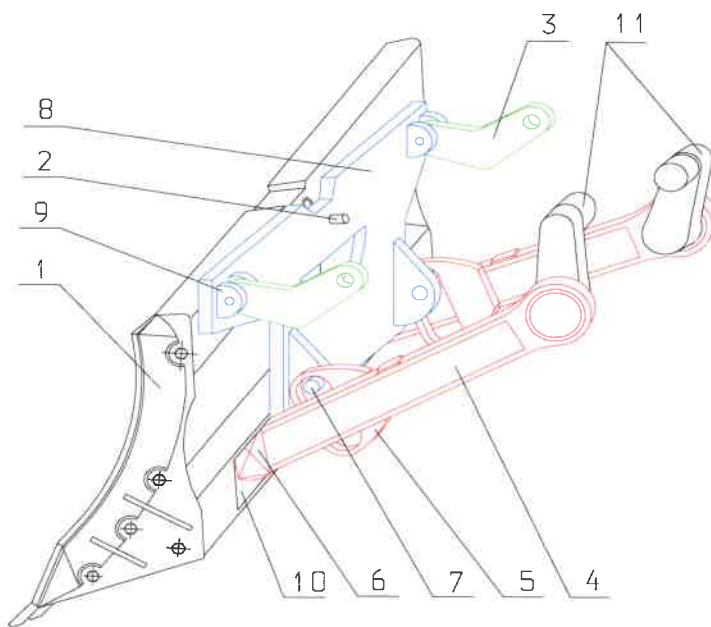
Wał bijakowy napędzany był dwoma silnikami hydraulicznymi, o łącznej mocy 140 kW. Bijaki mocowane były do wału na łańcuchach drabinkowych. Konieczność równoległego ułożenia bijaków w momencie ich kontaktu z powierzchnią gruntu determinował dobór punktów zamocowania i długość łańcuchów.



Rys. 4.9. Schemat blokowy układu hydraulicznego MID-a z wyprowadzonym napędem trału bijakowego [5]

Dla zapewnienia możliwości wykorzystania urządzenia spycharkowego MID-a zaprojektowano trójpunktowy układ zawieszenia umożliwiający jego przechyły w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku jazdy (rys. 4.10). Składał się on z dwóch dźwigni dolnych (4), służących do sterowania położeniem osprzętu oraz dwóch

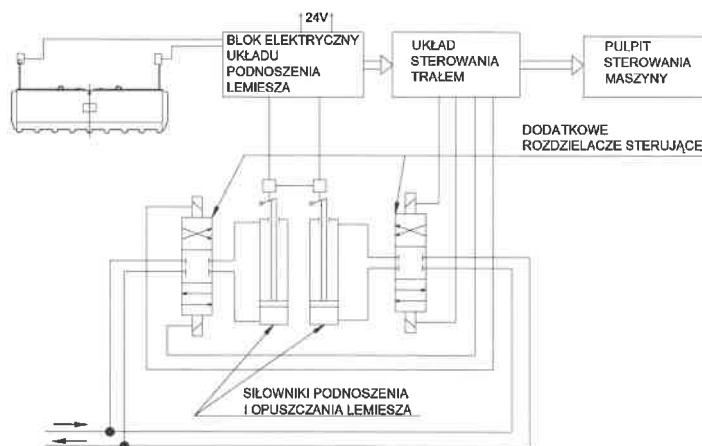
dźwigni górnych (3) połączonych przegubowo z ramą pośrednią (8), na której za pomocą czopa cylindrycznego (2) zawieszony był obrotowo lemiesz. Osprzęt spycharkowy napędzany był przez dwa siłowniki układu hydraulicznego. Ich tłoczyska zamontowane były na czopach korb (11), osadzonych w łożyskach ślizgowych we wspornikach przyspawanych do dolnej części podwozia maszyny. Na części cylindrycznej korby ułożyskowanej we wsporniku wykonane były wielowypusty, na których osadzono dźwignie napędowe (4). Drugi koniec dźwigni zakończony był czaszą kulistą (6) umieszczoną w otworach (10) w dolnej części skrzynki lemiesza. Do dźwigni napędowej przyspawano element (5) z wycięciem kołowym, w którym przemieszczał się sworzeń prowadzący (7) ramy pośredniej. W dziobie kadłuba wozu przyspawano dwa wsporniki, do których sworzniami przymocowano dźwignie górne (3). Drugi koniec tych dźwigni połączono sworzniem z uchwyty (9) przyspawanymi do ramy pośredniej. Na ramie pośredniej (8) zawieszono obrotowo lemiesz (1) za pomocą czopa cylindrycznego (2). Umożliwiało to uzyskanie przechyłu lemiesza w płaszczyźnie prostopadłej do osi podłużnej pojazdu. Ruch tłoczków siłowników przenoszony był przez obracające się korby (11) na dźwignie (4). Czasze kuliste dźwigni (6) umieszczono w otworach lemiesza (10), co pozwalało na jego obrót wokół czopa (2). Rama pośrednia (8), na której zawieszono lemiesz mogła przesuwac się jedynie w górę lub w dół lub pozostawać nieruchoma. Aby była zachowana założona kinematyka maksymalny kąt przechyłu lemiesza był ograniczony do około 10° . Ponadto możliwe było sterowanie położeniem lemiesza jedną dźwignią, gdy druga pozostawała nieruchoma. Jednakże wychylenie dźwigni sterujących względem siebie nie mogło przekraczać 12° .



Rys. 4.10. Schemat zaprojektowanego trójpunktowego układu zawieszenia lemiesza MID-a: 1 - lemiesz; 2 - czop cylindryczny; 3 - dźwignia górna; 4 - dźwignia dolna (napędowa); 5 - element prowadzący lemiesz z wycięciem kołowym; 6 - czasza kulista; 7 - sworzeń prowadzący lemiesz; 8 - rama pośrednia lemiesza; 9 - uchwyt; 10 - otwór wykonany w lemieszu; 11 - korby [5]

Zmiany dostosowujące układ hydrauliczny do funkcji sterowania ruchami roboczymi trału bijakowego polegały na:

- zastosowaniu dodatkowego układu sterowania położeniem lemiesza (rys. 4.11);
- zaimplementowaniu w obwód układu podnoszenia i opuszczania lemiesza dodatkowego rozdzielacza, kierującego olej hydrauliczny do silników napędzających wał trału bijakowego.



Rys. 4.11. Schemat dodatkowego układu sterowania położeniem lemieszem [5]

Mój udział w dostosowaniu Maszyny Inżynieryjno-Drogowej MID do realizacji zadań rozminowania z użyciem trału bijakowego polegał na opracowaniu adaptacji wcześniej opracowanego i zbadanego trału bijakowego do lemiesza Maszyny Inżynieryjno-Drogowej MID. Ponadto uczestniczyłem w modernizacji układu hydraulicznego oraz adaptacji lemiesza do realizacji zadań trałowania dynamicznego w nowej koncepcji użycia tej maszyny [5].

Z tego etapu badań wyciągnięto następujące wnioski:

- wpływ grubości warstwy gruntu na przekazywanie obciążeń na układ grunt-mina a wielkość przemieszczenia mechanizmu zapalnikowego atrapy miny zdeterminowana jest charakterem obciążeń co ma wpływ na strukturę tego typu urządzeń;
- w określonych warunkach środowiskowych grunt skuteczniej przekazuje obciążenia dynamiczne niż statyczne;
- prędkość obrotowa rotora wpływa nie tylko na energię bijaków, ale również na dokładność i efektywność trałowania i jest zależna od prędkości jazdy maszyny-nośnika trału oraz traconej energii podczas uderzenia;
- efektywność bijaków zależna jest od ich kształtu - im mniejsze pole powierzchni oddziaływania bijaka na grunt, tym mniejsza może być skuteczna masa bijaka, co przekłada się na proces projektowania tego typu urządzeń, w tym ich strukturę;

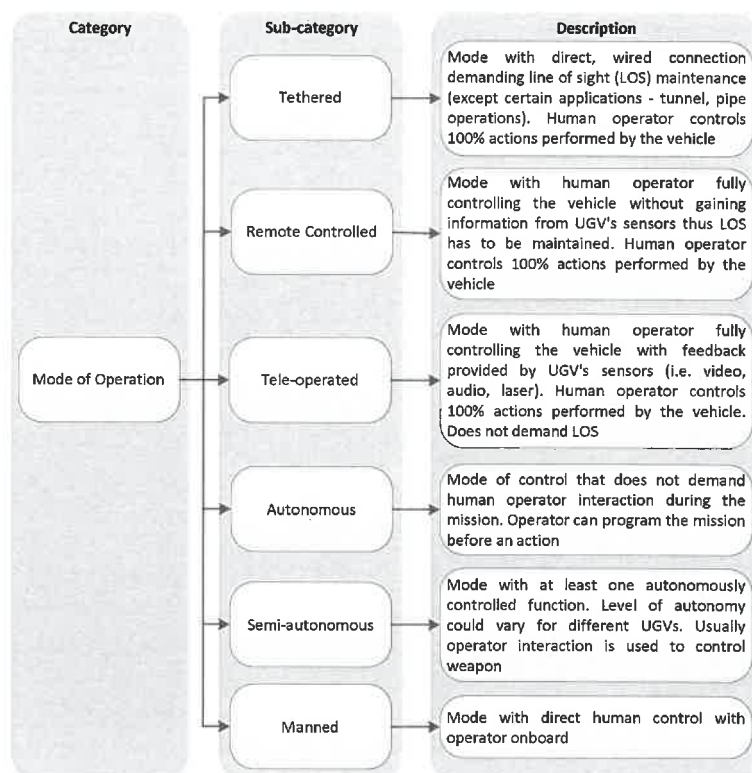
- zmiana koncepcji użycia maszyny implikuje na zmiany w ich strukturach, w tym jego mechanizmów wykonawczych oraz układów je napędzających.

Cel tego etapu mojej działalności naukowej został osiągnięty poprzez opracowanie modelu podparcie-podłoże koparki jednonaczyniowej a następnie modelu koparki jednonaczyniowej, gdzie w płaszczyźnie pionowej podparcia zastosowano opracowany model układu podparcie-podłoże. Opracowanie algorytmu, który może stanowić podstawę budowy programu numerycznego do analizy dynamiki koparki jednonaczyniowej, ogólnego modelu trału bijakowego wraz z określeniem wpływu podłoża będącego istotnym i naukowo wymagającym komponentem ogólnie pojętego środowiska operacyjnego maszyny oraz koncepcji użycia jako determinantów implikujących na konstrukcję maszyny stanowią również osiągnięcie celu naukowego pierwszego etapu badań.

W drugim etapie mojej działalności naukowej badałem wpływ koncepcji użycia maszyn na predykcję kształtowania ich struktur. Cel naukowy drugiego etapu badań naukowych został zrealizowany poprzez opracowanie metodyki predykcji technik i technologii kształtowania struktur wojskowych i cywilnych platform lądowych traktując sposób ich użycia jako główny determinant tego procesu.

Na wstępie do realizacji tego etapu badań skupiłem się na usystematyzowaniu problematyki platform lądowych, skupiając się na platformach autonomicznych zakładając, że są one naturalnym przykładem kształtowania struktur ze względu na koncepcje ich użycia oraz sposób realizacji zadań przez te maszyny, które przejmują funkcjonalność człowieka, poprzez osiągnięcie kolejnych poziomów autonomii. Wziąłem udział w opracowaniu stanu wiedzy i perspektyw aplikacji bezzałogowych technologii dla wojskowych pojazdów lądowych [9]. W pracy tej opisano początki i ewolucję bezzałogowej technologii poczynając od rozwiązań bazujących na zdalnym sterowaniu, aż do systemów autonomicznych. Następnie przedstawiono klasyfikację (rys. 4.12) i przegląd systemów aktualnie produkowanych i rozwijanych oraz perspektywy i kierunki rozwoju bezzałogowych pojazdów lądowych. W rezultacie stwierdzono, że jest duży wpływ koncepcji użycia oraz nowych technologii na strukturę bezzałogowych pojazdów lądowych. Broń używana w asymetrycznych działaniach wojennych, jak na przykład z użyciem tzw. improwizowanych ładunków wybuchowych determinuje wymagania dla tych pojazdów, a tym samym ich strukturę. Rozwój technologiczny pozwala na realizację przez te pojazdy misji dotychczas wykonywanych przez człowieka. Jednakże w procesie rozwoju tych platform istotnym jest opracowanie metodyki określania technologii krytycznych, tzw. luk technologicznych, co zostało zrealizowane w pracach [11,12].

Cel naukowy drugiego etapu został również zrealizowany poprzez określenie sposobu kształtowania struktur wybranych wojskowych i cywilnych platform lądowych zdeterminowanych koncepcją ich użycia. Kluczowe dla tego obszaru moich badań było podejście wykorzystujące platformy bezzałogowe do realizacji zadań dotychczas wykonywanych przez platformy załogowe, co w konsekwencji miało wpływ na zmianę struktury zarówno ich mechanizmów wykonawczych jak i elementów sterownia. Pierwszym sposobem realizacji tego podejścia była implementacja systemów zdalnego sterowania do załogowych opancerzonych pojazdów lądowych po to, aby

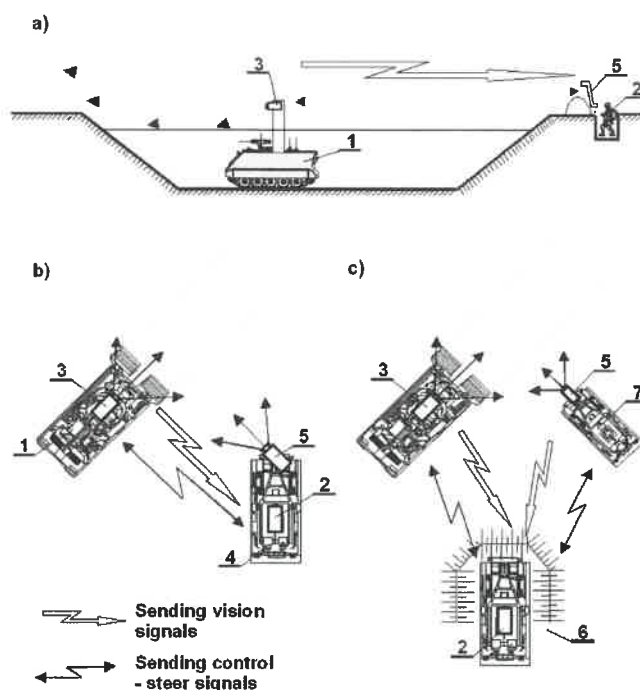


Rys. 4.12. Klasyfikacja bezzałogowych platform ze względu na sposób działania [9]

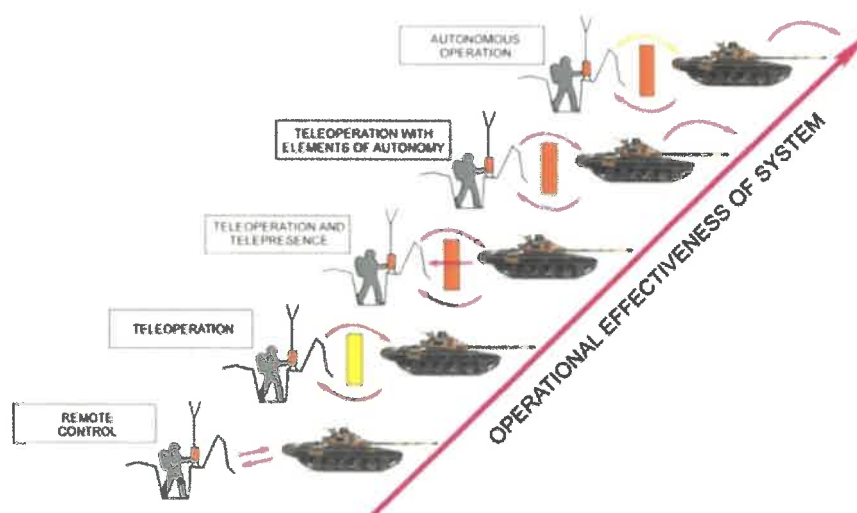
wybrane koncepcje ich użycia w środowisku, gdzie mogą występować zagrożenia dla życia mogły być zrealizowane bez udziału człowieka na ich pokładzie [10]. Przyjęto, co następnie udowodniono w pracach [11] i [12], że rozwój technik i technologii jest warunkiem sformułowania nowych koncepcji użycia (Concept of Operations, CONOPs) pojazdów wojskowych poprzez zmianę ich struktur umożliwiając realizację nowych Wymagań Operacyjnych (Operational Requirements, ORs) po to, aby możliwa była realizacja nowych zadań. Już z procesu definiowania potrzeb dotyczących zdolności obronnych, czy też badania rynku, w przypadku środowiska cywilnego, wynika funkcjonalność maszyn realizujących te potrzeby co przedstawiono w pracach [11] i [12]. W pracy [10] rozważono scenariusze użycia platform takie jak wykonywanie zadań rozminowania, pokonywania przeszkód, przeprawę po dnie rzeki, które mają wpływ na kształtowanie struktur tych platform (rys. 4.13). Założono, że realizacja zadań w wybranych scenariuszach wymaga opracowania uniwersalnego zestawu zdalnego sterowania, który zmieniłby koncepcję użycia pojazdu bazowego poprzez jego autonomizację, co w konsekwencji doprowadził do zwiększenia efektywności zrobotyzowanych platform (rys. 4.14).

Jako obiekty implementacji układu zdalnego sterowania wybrano czołg T-72 przystosowując go do zdalnego wykonywania wybranych misji wojskowych takich jak trałowanie min oraz wóz zabezpieczenia technicznego WZT-3 przystosowując tę platformę do przeprawiania się po dnie rzeki. Uczestniczyłem również w opracowaniu scenariuszy, które zostały przedstawione w pracy [10].

Realizacja przeprawy czołgu po dnie oraz operacji rozminowania miała wpływ na strukturę systemu operator-pojazd-środowisko, przy zróżnicowaniu systemu sterowania.

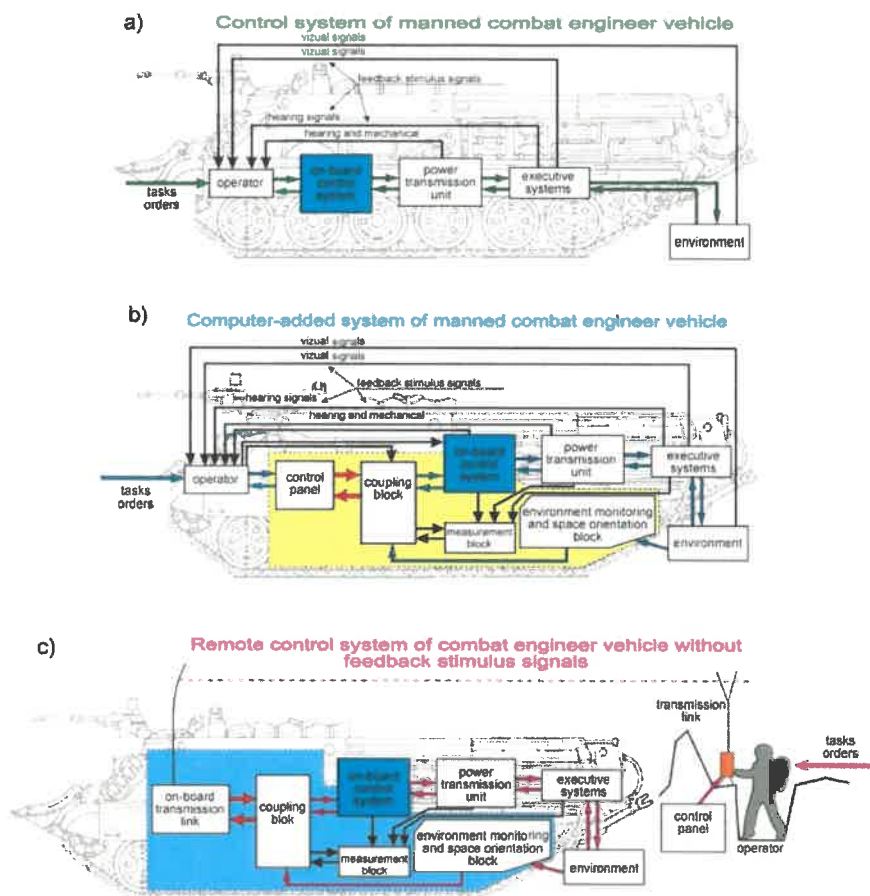


Rys. 4.13. Przykładowe warianty koncepcji użycia zdalnie sterowanych platform lądowych: a) sterowanych z zewnętrznego miejsca sterowania – punktu obserwacyjnego, np., kiedy pojazd pokonuje przeszkodę wodną po dnie, b) sterowanych z mobilnej platformy, np., przy przejściu przez wąskie pole minowe lub usuwaniu i neutralizacji niebezpiecznych przedmiotów, c) sterowanie z użyciem mobilnej platformy obserwacyjnej użytej jako niemobilny punkt sterowania, np., przy przejściu przez szerokie pole minowe: 1 – bezzałogowy pojazd lądowy, 2 – operator, 3 – kamery obserwacyjne, 4 – mobilna platforma obserwacyjna, 5 – zewnętrzne kamery lub inne urządzenia rozpoznania terenu, 6 – nieruchomy punkt sterowania bezzałogowymi platformami lądowymi, 7 – bezzałogowa platforma obserwacyjna [10]



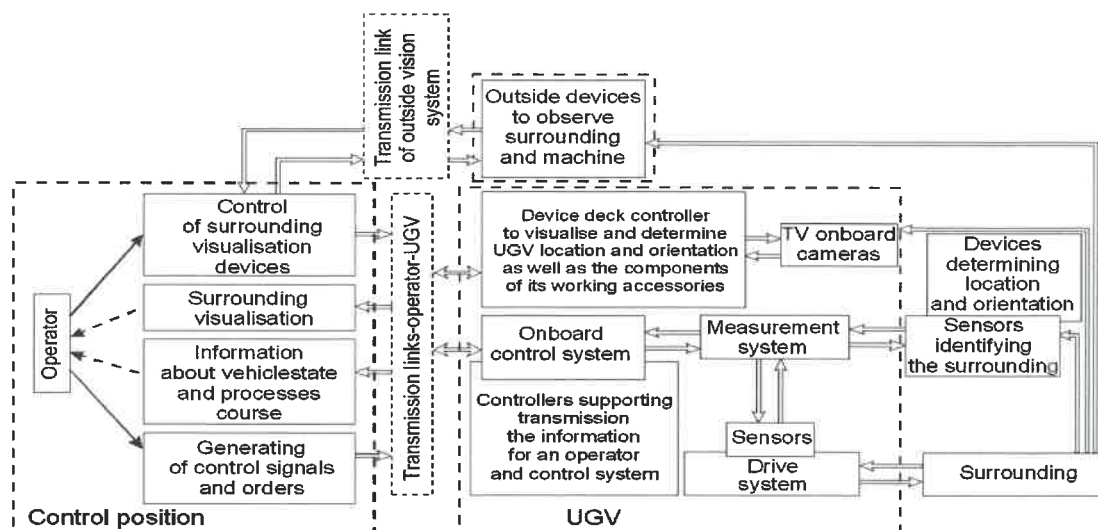
Rys. 4.14. Poziom robotyzacji, a efektywność wykonywanych zadań [10]

Dla zrealizowania zadań w ramach przyjętych scenariuszy zaproponowano strukturę systemu operator- pojazd WZT-3- środowisko w trzech wariantach: bezpośredniego sterowania przez operatora, komputerowego wsparcia pracy operatora będącego na pokładzie pojazdu oraz zdalnego sterowania (rys. 4.15).



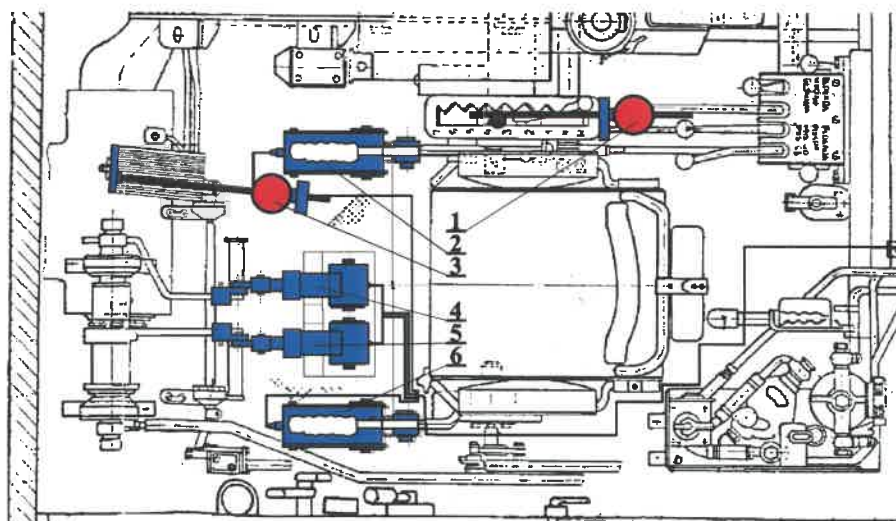
Rys. 4.15. Schematy systemu "Operator – Pojazd WZT-3 – Środowisko" w przypadku: a) bezpośredniego sterowania przez operatora, b) komputerowego wsparcia operatora, c) zdalnego sterowania pojazdem [10]

Po zdefiniowaniu założeń do budowy systemu zdalnego sterowania [10] wziąłem udział w opracowaniu schematu funkcjonalnego takiego systemu pojazdu lądowego (rys. 4.16). Schemat ten był podstawą do sformułowania układu zdalnego sterowania zarówno czołgu T-72 jak i wozu zabezpieczenia technicznego WZT-3.

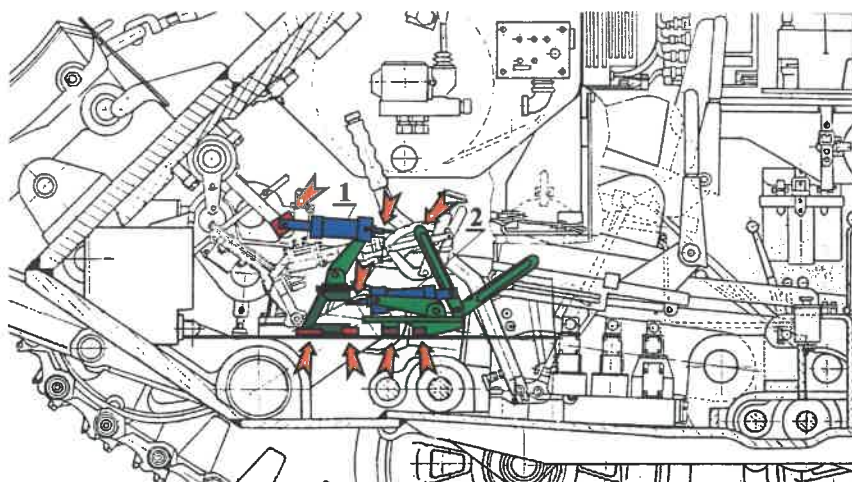


Rys. 4.16. Schemat funkcjonalny układu zdalnego sterowania bezzałogowymi platformami lądowymi [10]

W dalszej części prac zaprojektowałem i zaimplementowałem w kabinie operatora wozu zabezpieczenia technicznego WZT-3 oraz czołgu T-72 mechanizmy wykonawcze, co w istotny sposób zmieniło strukturę układu sterowania tych pojazdów przystosowując je do realizacji zadań w trybie zdalnego sterowania, co zostało pokazane na rysunkach 4.17, 4.18, 4.19.

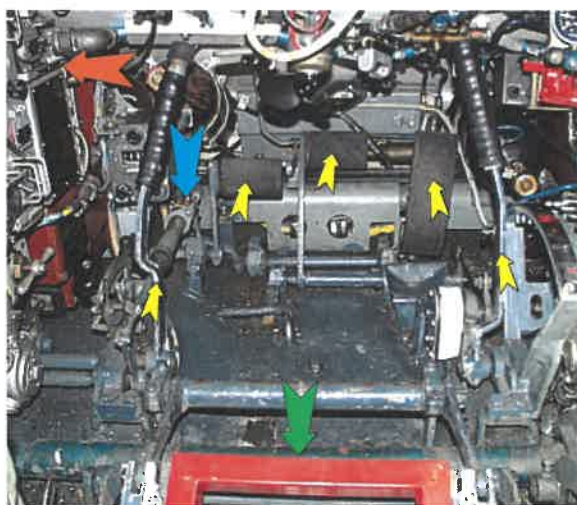


Rys. 4.17. Widok z góry na kabinę operatora wozu zabezpieczenia technicznego WZT-3 z elementami bloku wykonawczego układu zdalnego sterowania: 1 – mechanizm elektromechanicznego sterowania dźwignią zmiany biegów, 2, 6 – mechanizmy pneumatycznego sterowania dźwigniami skrętu, 3 – mechanizm elektromechanicznego sterowania zmianą prędkości obrotowej silnika, 4 mechanizm pneumatycznego sterowania dźwignią hamulca, 5 – mechanizm pneumatycznego sterowania dźwignią sprzęgła [10]

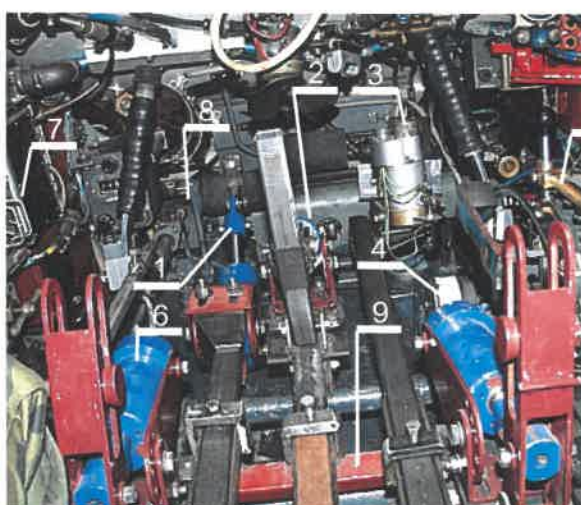


Rys. 4.18. Widok z boku kabiny WZT-3 wraz z mechanizmami bloku wykonawczego układu zdalnego sterowania: 1 - mechanizm sterowania położeniem dźwigni sprzęgła; 2 - mechanizm sterowania dźwignią skrzętu [10]

a)



b)



Rys. 4.19. Widok kabiny operatora-kierowcy czołgu T-72: a) bez elementów bloku wykonawczego układu zdalnego sterowania, b) z elementami bloku wykonawczego układu zdalnego sterowania: 1 – mechanizm pneumatycznego sterowania dźwignią sprzęgła, 2 – mechanizm pneumatycznego sterowania dźwignią hamulca, 3 – mechanizm elektromechanicznego sterowania zmianą prędkości obrotowej silnika, 4, 6 – mechanizmy pneumatycznego sterowania dźwigniami skrzętu, 5 - mechanizm elektromechanicznego sterowania dźwignią zmiany biegów, 7 – tablica pomiarowa wskazań testowych, 8 – zawór powietrza, 9 – rama nośna wsuwana w miejsce siedziska operatora – kierowcy [10]

Zarówno w przypadku wozu zabezpieczenia technicznego jak i czołgu T-72 w wersjach załogowego sterowania zastosowano mechaniczny układ sterowania dźwigniami skrzętu, dźwigniami hamulca i sprzęgła, dźwignią zmiany prędkości

obrotowej silnika, dźwignią zmiany biegów, który nie jest podatny na pracę w systemie zdalnego sterowania. Z tego względu koniecznym było wykonanie prac adaptacyjnych.

W tym celu opracowałem koncepcję zmiany struktury mechanizmów sterowania tymi pojazdami, w tym opracowałem i zaimplementowałem do kabiny operatora mechanizmy wykonawcze tzw. bloku wykonawczego.

W bloku wykonawczym elektropneumatyczne mechanizmy wykonawcze zastosowano do napędu dźwigni hamulca, sprzęgła i dźwigni mechanizmów skrzętu, a elektromechaniczne do napędu dźwigni zmiany biegów i prędkości obrotowej silnika.

Za wyborem napędu pneumatycznego przemawiał fakt istnienia możliwości podłączenia się do pokładowego układu pneumatycznego pojazdu, możliwość szybkiego montażu i demontażu poprzez zastosowanie szybkozłączów oraz stosunkowo małe gabaryty siłowników pneumatycznych, przy wystarczająco dużych siłach wytwarzanych na tłoczysku. Do sterowania dźwigniami hamulca i sprzęgła oraz dźwigniami planetarnych mechanizmów skrzętu użyto siłowników pneumatycznych PT-90, stosowanych w trałach wykopowych TW 92. Siłowniki sterowania dźwigniami planetarnych mechanizmów skrzętu zapewniały ich przemieszczenie z położenia neutralnego w przednie skrajne położenie, natomiast siłowniki sterujące dźwigniami sprzęgła i hamulca zapewniały pełne wysprzęglenie układu napędowego i zahamowanie pojazdu. Dźwignia zmiany biegów oraz dźwignia sterowania prędkością obrotową silnika napędzane były elektrycznie, zmodernizowanymi elektromechanizmami UT-6D. Powodem takiego wyboru było uzyskanie w sposób prosty efektu „wybierania” poszczególnych biegów. Układ elektrycznego sterowania zmianą biegów i obrotami silnika posiadał elementy odwzorowujące położenie tych dźwigni, dzięki czemu przekazywane sygnały do sterownika pozwalały na automatyczne wykonanie niektórych czynności lub zablokowanie ich wykonania, w przypadku błędnych komend wydanych przez operatora.

W celu usprawnienia montażu elektropneumatycznego układu wykonawczego, do podłogi kabiny operatora przyspawano odpowiednie elementy montażowe, które nie wpływały ujemnie na użytkowanie pojazdu w przypadku zdemontowania układu zdalnego sterowania. Rozmieszczając elementy elektropneumatycznego układu wykonawczego wykorzystano dostępne przestrzenie i elementy w kabinie operatora. Pozostałe elementy układu umieszczone są poza przedziałem mechanika - kierowcy. Pojazd może być użytkowany po częściowym demontażu układu zdalnego sterowania i rozłączeniu elementów wykonawczych. Działania te już wtedy wpisywały się w obecne tendencje rozwojowe platform lądowych, których głównymi determinantami są modułowość i otwarta architektura.

Wziąłem też udział w opracowaniu i zbudowaniu stanowiska do badań weryfikacyjnych i walidacyjnych układów zdalnego sterowania pojazdów przystosowanych do automatycznego i zdalnego sterowania dla potrzeb rozminowania pól minowych (T-72) i przeprawy po dnie rzeki (WZT-3) [10]. W pracy przedstawiono również wybrane wyniki tych badań oraz ich analiz.

Już na tym etapie badań wskazano na wpływ dostępności technologicznej na możliwości realizacji zadań przez maszyny poprzez odpowiednie ukształtowanie ich struktur stosownie do realizowanych przez nich misji.

Doświadczenia pozyskane z tego etapu badań wykorzystałem w dalszej mojej działalności naukowej, ale również organizacyjnej i dydaktycznej.

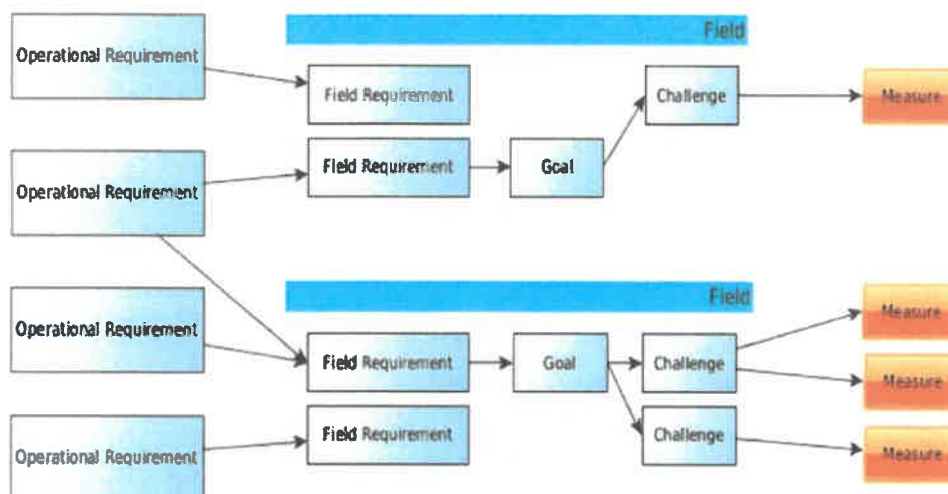
Kontynuacją tego etapu mojej działalności badawczej było zbadanie wpływu koncepcji użycia na predykcję kształtowania struktur wojskowych i cywilnych platform lądowych, poprzez predykcję technik i technologii istotnych dla realizacji zadań przez te platformy. Osiągnięciem tego celu było opracowanie metodyki predykcji technik i technologii kształtowania struktur wojskowych i cywilnych platform lądowych traktując koncepcję ich użycia jako główny determinant tego procesu.

Zatem kolejne badania [11,12] skupiały się na udzieleniu odpowiedzi na naukowe pytanie, czy jest możliwe opracowanie metodologii znajdowania luk technologicznych bezzałogowych maszyn wojskowych i cywilnych w celu sformułowania nowych koncepcji użycia (Concept of Operations, CONOPs) poprzez zmianę ich struktur umożliwiając realizację nowych Wymagań Operacyjnych (Operational Requirements, ORs) w przypadku platform wojskowych oraz potrzeb rynku, w przypadku platform cywilnych.

W pracy [11] zostały określone Wymagania Operacyjne, które pozwoliły na analizę bezzałogowych systemów wojskowych po to, aby dowiedzieć się, które obszary technologiczne powinny być rozwijane, aby spełnić te wymagania i czy można zastosować takie podejście w przypadku maszyn budowlanych. W materiale przedstawiono luki technologiczne zidentyfikowane poprzez porównanie Wymagań Operacyjnych z aktualnym stanem technologii, które obecnie mogą być użyte w sprzęcie wojskowym i budowlanym. Następnie zostały określone działania, których realizacja przyczyni się do wypełnienia zdefiniowanych luk technologicznych. Dotyczą one inicjatyw badawczo-rozwojowych, których realizacja pozwoli na realizację Wymagań Operacyjnych zarówno pola walki jak i placu budowy po to, aby osiągnąć nowe zdolności w tych dwóch, ważnych dla człowieka obszarach jego aktywności.

Opracowałem schemat procesu predykcji technik i technologii kształtowania struktur wojskowych i cywilnych bezzałogowych platform lądowych (rys. 4.20) i terminologii w nim użytej pokazujący kolejne kroki w ramach zdefiniowanej i zaimplementowanej również dla bezzałogowych maszyn budowlanych metodologii. Jej powstanie było rezultatem doświadczeń zdobytych przeze mnie podczas realizacji projektu w Europejskiej Agencji Obrony na temat: Unmanned Ground Systems Landscaping and Integration Study (UGS-LIS) (GMV 24150/14 V2/15). Traktując koncepcje użycia tych platform jako główny determinant procesu predykcji technologii przyjęto, że Wymagania Operacyjne (Operational Requirement) wynikają z tych koncepcji, w rozpatrywanych obszarach użycia tych platform (Field Requirement).

Określenie celów w tych obszarach, zarówno technologicznych jak i nietechnologicznych oraz określenie wyzwań wraz ze sposobem ich oceny były podstawą do sformułowania metodologii predykcji tzw. luk technologicznych istotnych do realizacji zadań przez te platformy, przyjmując, że celem jest realizacja zadań w ramach koncepcji użycia w trybie pełnej autonomii [11].



Rys. 4.20. Schemat procesu predykcji technik i technologii kształtowania struktur wojskowych i cywilnych bezzałogowych platform lądowych [11]

Problematykę tę kontynuowałem skupiając się na opracowaniu metodyki określania luk technologicznych nie dla całej maszyny, ale istotnych z punktu widzenia zdalnego sterowania nimi Interfejsów Maszyna-Operator (IM-O) dla autonomicznych robotów budowlanych [12]. Celem badań było opracowanie naukowego narzędzia, które jest pomocne w procesie predykcji technologii, które pozwala na sformułowanie nowych struktur i zwiększenie funkcjonalności nowych urządzeń będących interfejsem pomiędzy operatorem, a bezzałogową platformą lądową wykonującą zadania w zróżnicowanym środowisku operacyjnym pola walki lub placu budowy. Badania miały też na celu udzielenia odpowiedzi na naukowe pytanie, czy można wykazać wpływ wymagań operacyjnych określonych dla bezzałogowych pojazdów lądowych na obszary technologiczne Interfejsów Maszyna-Operator i czy przedstawiona metodyka definiowania luk technologicznych może być zastosowana zarówno dla wojskowych jak i cywilnych aplikacji robotów realizujących zadania inżynierskiego wsparcia pola walki jak i robotów budowlanych. Taka metodyka identyfikacji luk technologicznych oraz Wymagań Operacyjnych bazująca na zrealizowanych wcześniej badaniach została opracowana [12]. Bazując na kluczowych elementach projektu UGS-LIS (rys. 4.21) opracowałem metodykę predykcji technik i technologii Interfejsów Maszyna-Operator dla autonomicznych robotów budowlanych koniecznych, aby spełnić wymagania stawiane tym urządzeniom [12].

Wymagania powinny być zdefiniowane dla konkretnego obszaru aplikacji, w tym przypadku dla obszaru technologicznego i nietechnologicznego Interfejsu Maszyna-Operator. Powinny one wynikać z analizy stanu technologii i luk technologicznych, które uniemożliwiają spełnienie wymagań dla IM-O w założonych koncepcjach ich użycia. Aby właściwie dokonać analizy pomiędzy dostępnymi technologiami, a lukami technologicznymi należy zrealizować następujące zadania:

- sformułować listę obszarów w autonomicznych operacjach,
- sformułować wymagania dla tych obszarów,

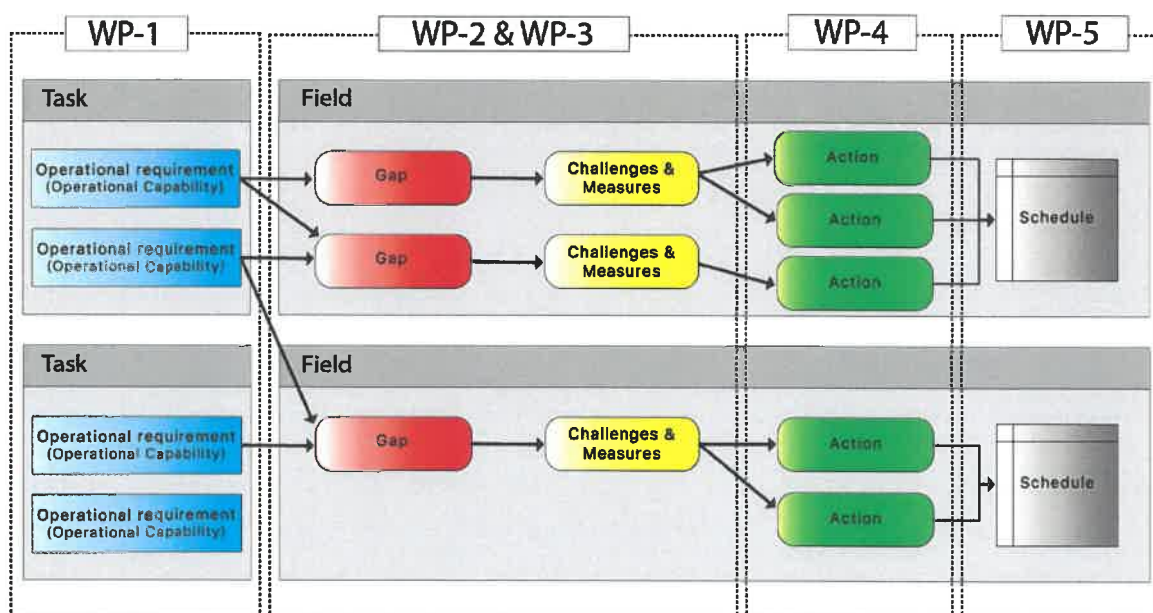
- określić, które z tych wymagań mogą być spełnione poprzez użycie dostępnych technologii, a które po uzyskaniu nowych technologii, które będą stanowić cele procesu,
- dla każdego celu określić luki technologiczne, których wypełnienie zapewni spełnienie wymagań dla IM-O.

Kolejnym krokiem jest określenie dostępności technologii niezbędnych do spełnienia wymagań. Istotnym dla tego procesu jest rozróżnienie pomiędzy „state of play” i „state of art”. Pierwsze dotyczy technologii rozwiniętych, a drugie dotyczy technologii rozwijanych. W przypadku tej metodologii, tzw. luki technologiczne dotyczą wszystkich tych z obszaru „state of art”, włączając technologie przełomowe (disruptive) oraz dotychczas nieznanne (emerging).

Po określeniu luk technologicznych należy dokonać ich oceny biorąc pod uwagę ich ważność dla spełnienia wymagań (technologie krytyczne), złożoność, dostępność (disruptive, emerging). Rozpatrywane są też nietechnologiczne aspekty spełnienia wymagań.

Kolejnym działaniem jest określenie wyzwań i środków jakie należy podjąć, aby wypełnić zdefiniowane luki technologiczne.

Następnym działaniem jest określenie zadań dla obszaru badań i rozwoju oraz inicjatyw badawczo-rozwojowych w celu osiągnięcia wymaganych poziomów rozwoju technologii pozwalających na spełnienie wymagań stawianych IM-O wraz z planem ich osiągnięcia (roadmap).



Rys. 4.21. Struktura badań realizowanych w ramach projektu UGS-LIS [12]

W pracy [12] zostały również przedstawione niektóre scenariusze dotyczące wojskowych i cywilnych platform jak również rezultaty badań przeprowadzonych zgodnie z przyjętą metodyką, dotyczących identyfikacji luk technologicznych, które utrudniają zastosowanie bezzałogowych pojazdów lądowych podczas realizacji wymaganych scenariuszy. Zaproponowałem również sposób analizy wypracowanych luk technologicznych w kontekście realizacji misji/zadań (autonomicznych operacji

i funkcjonalności) zgodnie z przyjętą metodyką oraz potrzeb dotyczących technologii, których opracowanie umożliwi realizację tych misji/zadań w obszarze Interfejsów Maszyna-Operator. Następnie przedstawiłem wybrane aspekty i cele wynikające z wymagań pokazujące ich wpływ na luki technologiczne, które zostały zidentyfikowane i przedstawione. Określono sześć grup autonomicznych operacji i funkcjonalności, które mogłyby być powiązane z opracowaną listą luk w obszarze Interfejsów Maszyna-Operator. Opracowałem wnioski z tych analiz oraz sformułowałem wnioski końcowe. Analiza wyników badań pokazała, że przedstawiona metodyka może być zastosowana zarówno do wojskowych bezzałogowych pojazdów lądowych jak i cywilnych robotów budowlanych.

Reasumując tematykę badania wpływu koncepcji przeznaczenia platform lądowych na predykcję ich struktur sformułowano następujące wnioski:

- użycie bezzałogowych platform lądowych w środowisku człowieka i innych maszyn implikuje na ich strukturę i systemy, w tym systemy percepcji środowiska, nawigacji i bezpieczeństwa, co wymusza wykorzystanie między innymi zaawansowanych technologii elektronicznych, mechanicznych i hydraulicznych, dla uzyskania większej precyzji, wydajności oraz zapewnienia uzyskania zdolności diagnozowania systemów. Biorąc pod uwagę, że tego typu platformy będą współpracować z ludźmi i innymi maszynami, ich zachowanie musi być stabilne i bezpieczne. Obecne algorytmy są testowane w różnych środowiskach. Jednakże użycie ich w przemyśle budowlanym wymusza opracowanie bardziej zaawansowanych algorytmów i technologii, w tym technologii inteligentnego sterowania z użyciem sztucznej inteligencji. Istniejące algorytmy są nieefektywne, aby spełnić wymagania dla Interfejsów Maszyna-Człowiek;
- jest możliwe opracowanie metodyki predykcji technik i technologii kształtowania struktur wojskowych i cywilnych platform lądowych traktując koncepcję ich użycia jako główny determinant tego procesu;
- jest możliwe spełnienie wymagań dla bezzałogowych pojazdów lądowych wojskowych i cywilnych pod warunkiem opracowania technologii krytycznych, które mogłyby być zdefiniowane przy użyciu zaproponowanej metodyki;
- jest konieczne, aby dokonać studiów wszystkich możliwych rozwiązań dla różnych konfiguracji załogowych i bezzałogowych pojazdów lądowych, w tym pojazdów uzbrojonych, w różnych koncepcjach użycia realizowanych w różnych środowiskach operacyjnych i scenariuszach. Brak standardów oraz niezbędnych regulacji generuje potrzebę prowadzenia prac nad ich ustanowieniem zarówno w obszarze krajowym jak i międzynarodowym głównie na poziomie operacyjnym, w zakresie uzyskania interoperacyjności, kompatybilności oraz, aby pozyskać i rozwinąć te technologie, które pozwolą na wypełnienie wymagań dla modułowych, charakteryzujących się otwartą architekturą systemów załogowych i bezzałogowych;
- moduły tych systemów powinny charakteryzować się prostotą ich wymienności/zamienności tak, aby mogły być szybko adaptowalne do realizacji kolejnych zadań. Powinny być niezawodne, jednocześnie efektywne, spełniające te same standardy i procedury, posiadające możliwości podwójnego zastosowania;
- nowa generacja załogowych i bezzałogowych taktycznych pojazdów powinna wynikać z potrzeby pozyskania kolejnych zdolności obronnych, precyzyjnie opracowanych Koncepcji ich Użycia (*Concept of Operations, CONOPs*)

a następnie Wymagań Operacyjnych (*Operational Requirements, ORs*) uwzględniających wojskowy punkt widzenia oraz możliwości technologiczne. Dlatego też procesy te powinny być wspierane badaniami nad nowymi technologiami, które są krytyczne dla uzyskania kolejnych zdolności obronnych poprzez ich implementację do nowej generacji platform i które powinny być uwzględniane w zarządzaniu całym cyklem ich życia (*Life Cycle Management, LCM*);

- istotnym jest, aby opracować zunifikowane, uzgodnione z producentami i użytkownikami końcowymi metodologie testów kwalifikacyjnych. Powinny też być opracowane nowe metodyki badań systemów autonomicznych.
- analiza rezultatów przeprowadzonych badań wskazuje, że koncepcje użycia wpływają na strukturę bezzałogowych pojazdów lądowych generując potrzebę rozwijania technologii krytycznych, w tym z obszaru technologii przełomowych, tzw. *disruptive* i tych, które aktualnie nie są znane, tzw. *emerging*.

Celem naukowym drugiego etapu było zbadanie wpływu koncepcji użycia na predykcję kształtowania struktur wojskowych i cywilnych platform lądowych, w tym poprzez predykcję technik i technologii istotnych dla realizacji zadań przez te platformy.

Cel ten został osiągnięty poprzez opracowanie metodyki predykcji technik i technologii kształtowania struktur wojskowych i cywilnych platform lądowych traktując sposób ich użycia jako główny determinant tego procesu.

Głównymi elementami oryginalnymi mojej działalności naukowej są:

- model dynamiki koparki jednonaczyniowej z układem podparcia, gdzie model układu podparcie-podłoże został opisany modelem Hooke'a – Newtona - Saint Venanta - I i zaimplementowany w punktach podparcia, w płaszczyźnie pionowej [3];
- algorytm generowania równań ruchu platformy we współrzędnych uogólnionych na bazie równań Lagrange'a, której główne idee przedstawione są w pracy [8] na przykładzie modelu przestrzennego koparki jednonaczyniowej;
- model oddziaływania bijaka na minę (6), który uwzględnia wpływ podłoża na jego strukturę i który posłużył do zaprojektowania konstrukcji trału bijakowego, a następnie został zbadany [4] i zaimplementowany do Maszyny Inżynieryjno-Drogowej, MID [5];
- zmiany w układzie hydraulicznym i wykonawczym i sterowania Maszyny Inżynieryjno-Drogowej, MID wynikającej ze zmiany koncepcji jej użycia jako platformy trałującej [5];
- koncepcja budowy struktur platform lądowych w zależności od koncepcji ich użycia wraz ze strukturą układu zdalnego sterowania wybranych platform lądowych [10];
- metodyka predykcji technik i technologii kształtowania struktur wojskowych i cywilnych platform lądowych traktując sposób ich użycia jako główny determinant tego procesu [11,12].

Podjęmowana przeze mnie tematyka badań jest obecnie aktualna w działaniach krajowych i międzynarodowych podejmowanych przy określaniu struktur nowej generacji bezzałogowych i załogowych platform lądowych. Mając na uwadze duży wpływ koncepcji użycia platform i duże spektrum zadań przez nie realizowanych w coraz bardziej skomplikowanych scenariuszach i w coraz bardziej skomplikowanym środowisku operacyjnym nową tendencją rozwoju ich struktur jest

koncepcja otwartej architektury i modułowości. Przyszłe platformy ma cechować możliwość szybkiej rekonfiguracji struktury tak, aby stosunkowo szybko dostosować platformę do realizowanych zadań w ramach opracowanej koncepcji użycia, w danym środowisku operacyjnym.

Przedstawione przeze mnie prace pozwoliły na określenie kierunku moich dalszych prac naukowych. Kontynuacją tych prac będą działania podejmowane w Pracowni Przewidywania Przejezdności Platform Lądowych Po Bezdrożach skupione na badaniu gruntu jako podłoża odkształcalnego, po którym przemieszczają się platformy lądowe, ale również traktowanego jako ośrodek urabiany. Jednym z zadań będzie opracowanie modelu gruntu uwzględniającego zarówno jego rodzaj jak i główny determinant przenoszenia obciążeń jakim jest jego wilgotność, który mógłby być użyty w zmodyfikowanym modelu podpora (koło, gąsienica, stopa platformy kroczącej) – podłożu, z wyraźnym rozróżnieniem udziału ilościowego i jakościowego podparcia i podłoża. Kolejnym zadaniem będzie określenie modelu interakcji pomiędzy tak sformułowanym modelem gruntu, a opracowanym modelem podparcia. Oryginalny charakter podejścia będzie polegał również na opracowaniu metodyki oraz koncepcji badań jak i zaprojektowaniu i wykonaniu lub pozyskaniu narzędzi, które zostaną wykorzystane do pomiaru parametrów gruntu, w tym jego wilgotności.

Opracowany model gruntu uwzględniający jego różnorodność oraz wilgotność traktowany jako główny parametr determinujący jego nośność zostanie wykorzystany do budowy modeli pojazdów lądowych oraz ich naturalnego środowiska w celu opracowania numerycznego narzędzia służącego do przewidywania przejezdności platform lądowych zarówno załogowych jak i bezzałogowych również opancerzonych i uzbrojonych.

Tabela 4.1

Zestawienie liczby cytowań, liczby artykułów oraz wartości indeksu Hirscha według różnych baz danych dorobku naukowego

Lp.	Baza danych	Liczba publikacji do cytowania	Liczba cytowań	Wartość wskaźnika h-index
1.	Web of Science (2015 - 2018)	3	2	1
2.	Scopus (2013 - 2018)	5	26	2
3.	Google Scholar Citations (1998 - 2018)	20	33	3

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych, organizacyjnych i dydaktycznych

5.1. Działalność prowadzona przed doktoratem

Liceum Ogólnokształcące im. M.C. Skłodowskiej w Skawinie ukończyłem w 1980 r. W tym roku zdałem egzaminy wstępne do Wojskowej Akademii Technicznej i rozpocząłem studia na Wydziale Mechanicznym.

Studia w WAT ukończyłem w 1985 r., uzyskując dyplom magistra inżyniera mechanika o specjalności maszyny inżynieryjne.

Po ukończeniu akademii rozpocząłem służbę w JW 1174 w Dęblinie, najpierw na stanowisku dowódcy plutonu-wykładowcy, a następnie na stanowisku dowódcy kompanii szkolnej.

W 1989 r. zostałem służbowo przeniesiony do Wojskowej Akademii Technicznej na stanowisko D-cy Parku Maszyn Inżynieryjnych Katedry Maszyn Roboczych (KMR) (od 1994 r. Instytut Budowy Maszyn a od 2006 r. Katedra Budowy Maszyn) Wydziału Mechanicznego. Pełniąc obowiązki na tym stanowisku prowadziłem zajęcia laboratoryjne z przedmiotów: Maszyny budowlane, Maszyny do budowy lotnisk, Urządzenia hydrauliczne i pneumatyczne, Maszyny do budowy dróg i mostów.

Od 1990 r. brałem udział w pracach realizowanych w Zakładzie Budowy Sprzętu Inżynieryjnego KMR dotyczących automatyzacji i zdalnego sterowania maszyn inżynieryjnych.

W 1991 r. zostałem dopuszczony do prowadzenia wykładów, ćwiczeń i zajęć laboratoryjnych z przedmiotu: Dźwigi i urządzenia transportowe.

Od 1992 r. prowadziłem wykłady i ćwiczenia z przedmiotu: Eksploatacja wojskowych pojazdów mechanicznych, a od 1994 r.: Zapis konstrukcji, w roku 2002/2003 ćwiczenia z przedmiotu: Podstawy konstrukcji maszyn, wykłady, ćwiczenia, zajęcia laboratoryjne i pracownie problemową z przedmiotu: Maszyny fortyfikacyjno-drogowe oraz wykłady i ćwiczenia z przedmiotu: Podstawy budowy i eksploatacji maszyn inżynieryjnych.

W 1994 r. po ukończeniu Kursu Edukacji Pedagogicznej zostałem przeniesiony na stanowisko asystenta.

W 1997 r. po odbyciu kursu zdałem egzamin języka angielskiego na 3-ci stopień.

W 1998 r. obroniłem pracę doktorską w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie: budowa i eksploatacja maszyn, specjalność: maszyny robocze, nt.: "Wpływ podparcia na obciążenia osprzętu roboczego i przemieszczenia podwozia koparki jednonaczyniowej", gdzie dokonano analizy sposobów podparcia podwozi maszyn do robót ziemnych i przeładunkowych oraz ich modeli obliczeniowych jak również modeli dynamiki wybranych maszyn roboczych, gdzie poruszono zagadnienia oddziaływania układu podłoże-podwozie oraz modeli reologicznych gruntów. W ramach badań wstępnych wykonano badania kołowej hydraulicznej koparki jednonaczyniowej z podparciem oraz podpory eksperymentalnej. Wyniki tych badań posłużyły do budowy modelu podparcia koparki jednonaczyniowej, gdzie wprowadzono nieliniową charakterystykę sprężystości gruntu, tarcia suchego oraz tłumienia wraz z blokiem kontroli kolejnych stanów obciążania podpory. Opracowano algorytm budowy modelu podparcia oraz program symulacyjny do badania modelu podparcia. Przeprowadzono badania symulacyjne modelu podparcia, który zweryfikowano podczas badania doświadczalnego układu podparcia, skonstruowanego i dobudowanego do koparki K-406A1. Zbadano jego wpływ na obciążenia osprzętu roboczego i przemieszczenia podwozia koparki. Zbudowano model koparki hydraulicznej jednonaczyniowej z uwzględnieniem podparcia oraz przeprowadzono badania symulacyjne.

5.2. Działalność naukowo-badawcza i organizacyjna prowadzona po uzyskaniu doktoratu

Uczestniczyłem m.in. w realizacji następujących prac: PBG Nr 022/WAT/98: „Opracowanie zdalnie sterowanego pojazdu torującego”, PBG Nr 061/WAT/98: „Kształtowanie sterowania pracą maszyny roboczej w układzie teleoperatora”, pracy badawczej własnej PBW 505/01: „Stan aktualny i kierunki rozwoju techniki wojsk lądowych w zakresie systemów załadunkowo-rozładunkowych”, PBG Nr 415/WAT/2001: „Badanie efektywności trałowania min oraz opracowanie metody pracy i konstrukcji trału o dynamicznym oddziaływaniu”, pracy badawczej statutowej nr 630/2001: pt.: „Rozwijanie układów zdalnego i automatycznego sterowania maszyn inżynieryjnych”, pracy badawczej własnej nr PBW 765/2002: „Modelowanie maszyn inżynieryjnych jako obiektów sterowania dla potrzeb autonomicznego kształtowania procesów ich sterowania”, PBG Nr 415/WAT/2001: „Badanie efektywności trałowania min oraz opracowanie metody pracy i konstrukcji trału o dynamicznym oddziaływaniu”, pracy badawczej statutowej nr 630/2001: pt.: „Rozwijanie układów zdalnego i automatycznego sterowania maszyn inżynieryjnych”, pracy badawczej własnej nr PBW 765/2002: „Modelowanie maszyn inżynieryjnych jako obiektów sterowania dla potrzeb autonomicznego kształtowania procesów ich sterowania”.

Czynnie uczestniczyłem w ponad pięćdziesięciu spotkaniach i konferencjach naukowych, w tym ponad trzydziestu międzynarodowych (w załączeniu).

Uczestniczyłem w organizowaniu około dziesięciu międzynarodowych konferencji naukowych i kilku konferencji krajowych, w tym zainicjowałem i zorganizowałem pierwsze edycje Konferencji Naukowo-Przemysłowych „Badania naukowe w obszarze techniki i technologii obronnych”.

Moje zainteresowania naukowe koncentrowały się głównie na badaniach wpływu podłoża i koncepcji użycia bezzałogowych platform lądowych na kształtowanie struktur ich systemów ze szczególnym uwzględnieniem wojskowych maszyn inżynieryjnych.

Od 1999 roku do chwili obecnej uczestniczę w pracach, pierwotnie NATO RTO a obecnie NATO STO. W latach 1999-2001 byłem członkiem Grupy Roboczej AVT-049B zajmującej się problematyką bezzałogowych pojazdów lądowych (Unmanned Vehicles (UV) for Land Military Operations) działających w ramach NATO Research and Technology Organization. Uczestniczyłem w spotkaniu roboczym w Ottawie (Kanada) w 1999 r., w Braunschweig (Niemcy), które odbyło się w maju 2000 r. oraz w Ankarze (Turcja), w październiku 2000 r., na którym przewodniczyłem jednej z sesji i wygłosiłem referat nt: „The concept of remote controlled heavy mine clearance vehicle”. Uczestniczyłem też w pracach Grupy Roboczej SAS – 097 - Task Group SAS-RTG-097 nt.: *Robots Underpinning Future NATO Operations*.

W 2001 r. zostałem laureatem konkursu o stypendium naukowe, organizowanego w ramach NATO Advanced Fellowships Programme. W terminie 12.06 - 01.12. 2001 r. odbyłem staż naukowy w Purdue University w West Lafayette, w Indianie, w Stanach Zjednoczonych w charakterze visiting scholar. W ramach tego stypendium uczestniczyłem w realizacji prac badawczych oraz w prowadzeniu zajęć dydaktycznych. Ponadto uczestniczyłem w kursach językowych (Idiomatic Usage of English Language, Technical Writing) oraz w kursie w Lafayette Resource Adult Academy, w wyniku czego uzyskałem Certificate of Achievement.

Obecnie posiadam znajomość języka angielskiego na poziomie 3433, według NATO STANAG 6001.

W 2004 roku zostałem skierowany do służby w Departamencie Polityki Zbrojeniowej w Ministerstwie Obrony Narodowej na stanowisku Głównego Specjalisty ds. Międzynarodowej Współpracy Naukowej. Po reorganizacji ministerstwa i powstaniu Departamentu Nauki i Szkolnictwa Wojskowego (DNiSW MON) w 2007 roku kontynuowałem służbę na tym stanowisku, w tym DNiSW MON. W latach 2004-2009 pełniłem funkcję Krajowego Koordynatora NATO RTO¹ oraz Krajowego Punktu Kontaktowego ds. Badań i Technologii Obronnych w Europejskiej Agencji Obrony, EDA². W latach 2009-2013 pełniąc funkcję Zastępcy Dyrektora Departamentu Nauki Szkolnictwa Wojskowego byłem jednocześnie Krajowym Dyrektorem ds. Badań i Technologii Obronnych - Zastępcą Krajowego Dyrektora ds. Uzbrojenia, Podsekretarza Stanu w MON ds. Uzbrojenia i Modernizacji, przedstawicielem Polski w Radzie Sterującej EDA oraz członkiem głosującym w Radzie ds. Badań i Technologii NATO RTO (od 2012 roku Rada ds. Nauki i Technologii NATO-wskiej Organizacji ds. Nauki i Technologii NATO) oraz członkiem Rady Doradczej Głównego Naukowca NATO, a w kraju byłem Przewodniczącym Komitetu Sterującego do spraw badań naukowych i prac rozwojowych w obszarze bezpieczeństwa i obronności państwa w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju, NCBR (w latach 2009-2010 byłem Członkiem Zespołu Badań na Rzecz Obronności i Bezpieczeństwa w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego - przedstawicielem Ministra Obrony Narodowej). W EDA byłem członkiem międzynarodowego zespołu, który opracował Europejską Strategię Badań i Technologii Obronnych. W latach 2008-2012 byłem członkiem Komitetu Zarządzającego Programem Europejskiej Agencji Obrony nt: „Ochrona Wojsk” a w latach 2009-2013 Programem nt. „Innowacyjne Koncepty i Nowopowstające Technologie (*Innovative Concepts and Emerging Technologies*) – ICET”. W latach 2009-2012 reprezentowałem Podsekretarza Stanu ds. Uzbrojenia i Modernizacji w MON w Radzie Programowej Programu EDA realizowanego w OCCAR³, nt.: „Europejskie Zabezpieczone Programowalne Radio”.

¹ NATO Research and Technology Organization, RTO została utworzona w 1998 r. przede wszystkim w celu skoordynowania działań państw członkowskich NATO w obszarze badań i technologii obronnych celem zabezpieczenia potrzeb Sojuszu w tym zakresie. Dokumentem określającym rolę i zadania RTO jest jej statut (RTO Charter). Od 2012 roku podmiot ten przyjął nazwę NATO Science and Technology Organization, STO.

² Europejska Agencja Obrony (*European Defence Agency – EDA*) została powołana 12 lipca 2004 r. w celu „wspierania państw członkowskich w ich wysiłkach na rzecz poprawy europejskich zdolności obronnych w zakresie zarządzania kryzysowego, z zadaniem wspierania Europejskiej Polityki Bezpieczeństwa i Obrony (ESDP) w jej obecnej formie, a także uwzględniając jej dalszy rozwój”.

Agencji nadano cztery podstawowe funkcje: rozwój zdolności obronnych; współpraca w kwestiach uzbrojenia; współpraca w obszarze europejskiej bazy technologicznej, przemysłu obronnego oraz rynku sprzętu obronnego; a także **promocja realizacji wspólnych badań i rozwoju technologii**. Nie jest bezpośrednią domeną EDA obszar związany z kwestiami taktyczno-operacyjnymi, ani też nie wypowiada się ona w sprawach dotyczących polityki i strategii obrony. Polska wraz z innymi 23 krajami jest członkiem EDA od chwili jej powołania.

³ Organisation conjointe de coopération en matière d'armement (OCCAR), czyli *Organizacja jednoczącej współpracy w dziedzinie uzbrojenia* - została utworzona w 1996 roku dla realizacji programów zbrojeniowych we współpracy państw europejskich. Od 2001 roku (moment wejścia w życie konwencji założycielskiej) OCCAR posiada osobowość prawną. Obecnie OCCAR liczy sześć państw członkowskich: Niemcy, Belgia, Hiszpania, Francja, Włochy, Wielka Brytania. Pięć innych państw europejskich uczestniczy w programach OCCAR, nieposiadając statusu państwa członkowskiego: Holandia, Turcja, Polska, Szwecja, Finlandia. OCCAR zarządza budżetem zamówień w dziedzinie uzbrojenia na poziomie 40 mld euro i rocznym budżetem operacyjnym w wysokości

W tym okresie w Ministerstwie Obrony Narodowej byłem odpowiedzialny za kształtowanie polityki naukowej i naukowo-technicznej, koordynację realizacji badań naukowych i Wymagań Długoterminowych dla Rzeczypospolitej Polskiej z obszaru techniki i technologii obronnych. Do obszaru moich kompetencji należało inicjowanie i koordynowanie działalności naukowej oraz naukowo-technicznej wszystkich komórek zaplecza naukowo-badawczego resortu w zakresie techniki i technologii obronnych, na podstawie średnio i długoterminowych planów rozwoju Sił Zbrojnych, poprzez opracowanie i uaktualnianie "Długoterminowego planu rozwoju priorytetowych obszarów badawczych w zakresie techniki i technologii obronnych na lata ..." oraz koordynowanie współpracy resortu z instytucjami krajowymi i zagranicznymi, działającymi w tym obszarze, ze szczególnym uwzględnieniem NATO-wskiej Organizacji do spraw Badań i Technologii oraz Dyrektoriatu do spraw Badań i Technologii Europejskiej Agencji Obrony. Podejmowałem działania na rzecz zwiększenia efektywności projektów naukowo-badawczych realizowanych w ramach współpracy międzynarodowej. Cel ten osiągany był poprzez zharmonizowanie realizowanych we współpracy międzynarodowej projektów naukowo-badawczych z potrzebami Sił Zbrojnych RP oraz zwiększenie skali udziału resortu obrony narodowej w międzynarodowych programach i projektach naukowo-badawczych oraz programach i projektach krajowych realizowanych w ramach budżetu MON i MNiSW, w tym w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju (NCBR). Działania podejmowane wynikały z celów *Strategii działań resortu obrony narodowej w obszarze badań i technologii obronnych*, która została podpisana przez Ministra ON w lutym 2011 r., a której byłem współautorem.

Do najważniejszych moich osiągnięć organizacyjno-technicznych tego okresu należy zwiększenie udziału polskich podmiotów naukowych i przemysłowych w pracach naukowych realizowanych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa w kraju oraz za granicą, w tym w NATO-wskiej Organizacji ds. Badań i Technologii Obronnych (NATO RTO) oraz w Europejskiej Agencji Obrony (EDA).

W tym czasie uczestniczyłem w zarządzaniu po stronie rządowej (zamawiającego) 57 programami i projektami realizowanymi w kraju i za granicą, które były finansowane z budżetu MON. W Tabeli Nr 5.1 przedstawiono nazwy tych programów i projektów. Ich opis należy do obszaru tzw. czułych informacji.

Tabela Nr 5.1

Projekty naukowo-badawcze finansowane z budżetu MON, które zostały zrealizowane w kraju oraz w Europejskiej Agencji Obrony (EDA)

L.p.	NAZWA PROJEKTU
finansowanego przez MON (część 29 Obrona Narodowa Rozdział 75204, 85195) realizowanego w kraju	
1.	Określenie możliwości desantowania zestawów PPK SPIKE i 98 mm moździerzy holowanych wraz z amunicją.
2.	Koncepcja jednolitego, zintegrowanego szkolenia w zakresie Taktycznych Systemów Transmisji Danych LINK dla Sił Zbrojnych RP.

3 mld EURO. Najwyższą władzą zarządzającą OCCAR jest rada nadzorcza, która składa się z ministrów obrony państw członkowskich organizacji.

3.	Opracowanie sprzętowego demonstratora technologii stanowiska analiz informatycznych typu SandBox.
4.	Demonstrator technologii analizy technicznej sygnałów łączności satelitarnej systemu Inmarsat standardów B, M, mini - M, F.
5.	Opracowanie sprzętowego demonstratora technologii stanowiska pomiarowego do badań nowoczesnych urządzeń klasy "Tempest".
6.	Opracowanie sprzętowego demonstratora technologii symulatora do ćwiczenia zdolności obrony przed atakami w cyberprzestrzeni.
7.	Opracowanie sprzętowego demonstratora technologii stanowiska do monitorowania nieautoryzowanych urządzeń/sieci bezprzewodowych Wi-Fi standardu IEEE 802.11
8.	Opracowanie technologii rezerwowego zasilania elektrycznego okrętu podwodnego z zastosowaniem wodorowego ogniwa paliwowego.
9.	Opracowanie technologii proszków i pakietów dezaktywujących zastępujących dotychczas stosowane pakiety SFM.
10.	Opracowanie optoelektronicznego sensora przeznaczonego do wykrywania obecności materiałów wybuchowych.
11.	Opracowanie technologii wytwarzania kompozytu wielowarstwowego na bazie włókien wysokowytrzymałych.
12.	Opracowanie technologii radaru polarymetrycznego do poszukiwania min ukrytych w ziemi.
13.	Opracowanie technologii dynamicznej demagnetyzacji okrętów.
14.	Opracowanie technologii wykrywania i lokalizacji obiektów mino-podobnych w osadach dennych.
15.	Opracowanie technologii wykrywania skażeń środkami paralityczno-drgawkowymi przy pomocy indywidualnych detektorów skażeń-suchych testów chemiczno-enzymatycznych.
16.	Opracowanie technologii imitatorów bojowych środków trujących dla przyrządów do szybkiego wykrywania i identyfikacji skażeń chemicznych.
17.	Metody ataku i obrony przed impersonalizacją abonenta oraz nieautoryzowaną edycją wiadomości w nieszyfrowanych łączach telekomunikacyjnych.
18.	Opracowanie stanowiska pomiarowego oraz procedury badawczej do oceny skuteczności metod zabezpieczeń przed podsłuchem laserowym oraz wykonanie sprzętowego demonstratora technologii.

19.	Opracowanie stanowiska do pomiarów i analizy emisji ujawniającej w paśmie widzialnym od analogowych i cyfrowych monitorów ekranowych oraz wykonanie sprzętowego demonstratora technologii.
20.	Opracowanie mobilnego stanowiska pomiarowego do realizacji procedury "On-Site-Testing" oraz wykonanie sprzętowego demonstratora technologii.
21.	Opracowanie demonstratora małego bezpilotowego wiroplata (DBWA).
finansowanego przez MON (część 29 Obrona Narodowa Rozdział 75204, 85195) realizowanego w Europejskiej Agencji Obrony (EDA)	
Programy/Projekty Ad-Hoc Kategorii A⁴	
Ochrona Wojsk – JIP FP - Joint Investment Programme on Force Protection (JIP FP)⁵.	
1.	Nowoczesny hełm i urządzenia dla indywidualnej ochrony żołnierza (Advanced helmet and devices for individual protection, AHEAD).
2.	Wieloczujnikowy system anty snajperski (Mult Sensor Anti Sniper System, MUSAS).
3.	Lokalizacja i wykrywanie strzelca wyborowego (Sniper Positioning and Detection, SNIPOD).
4.	Laserowy system zestrzeliwania pocisków i rakiet (Air Defense High Energy Laser Weapon, ADHELW).
5.	Radiowa łączność dla działań w terenie zurbanizowanym (Wireless Robust Link for Urban Operations, WOLF).
6.	Sensor akustyczny do wykrywania zagrożeń w środowisku miejskim (Acoustic Urban Threat Detector for Improved Surveillance Capabilities, AUDIS).
7.	Rozproszony, adaptacyjny silnik fuzji wielosensorowej (Distributed and

⁴ Program/Projekt Ad Hoc Kategorii A jest ustanawiany przez Radę Sterującą EDA na wniosek jednego lub więcej krajów członkowskich, lub przez Szefa EDA. Powinny w nim uczestniczyć wszystkie państwa członkowskie. W ramach Programu Kategorii A Projekty są realizowane przez podmioty, które uzyskują najwyższe oceny ekspertów i zostaną zatwierdzone do finansowania przez Komitet Zarządzający Programem (pochodzące niekoniecznie ze wszystkich państw/uczestników Programu). Formułowany jest wspólny budżet zarządzany przez Komitet Zarządzający Programem przy wsparciu EDA.

⁵ W dniu 13 listopada 2006 roku w EDA Ministrowie Obrony państw członkowskich Agencji podjęli decyzję o ustanowieniu w tym obszarze tematycznym Programu Ad Hoc Kategorii A nt.: „Ochrona Wojsk” – z jego budżetem, utworzonym ze składek pochodzących od jego uczestników. Budżet tego Programu wynosił 54,93 mln EURO. Udział w nim zgłosiły: Austria, Belgia, Cypr, Czechy, Estonia, Finlandia, Francja, Grecja, Irlandia, Niemcy, Hiszpania, Holandia, Słowacja, Słowenia, Szwecja, Polska, Portugalia, Węgry, Włochy i Norwegia jako tzw. „państwo trzecie” mające z EDA podpisane stosowne porozumienie, ale nie będące jej członkiem. Polska, podobnie jak Niemcy, zgłosiła swój udział z kwotą 10 mln EURO i stanowiła wraz z Francją (12 mln EURO) grupę największych udziałowców tego Programu. Polska osiągnęła tzw. zwrot przemysłowy ok. 85%.

	Adaptive multisensor FusioN Engine, DAFNE).
8.	Fuzja danych w miejskich sieciach sensorowych (Data Fusion in Urban Sensor Networks, D-FUSE).
9.	Wielosensorowa fuzja danych sieci dla miejskiej świadomości Operacyjnej (Multi Sensor Data Fusion Grid for Urban Situational Awareness, MEDUSA).
10.	Analiza zagrożeń asymetrycznych (Asymmetric Threat Environment Analysis, ATHENA).
11.	Studium wykonalności dla interfejsu człowiek-maszyna, ułatwiający podejmowanie decyzji w środowisku zurbanizowanym (Capability Study to Investigate the Essential Man-Machine Relationship for Improved Decision Making in Urban Military Operations, CARDINAL).
12.	Symulacja działań w terenie zurbanizowanym w warunkach scenariuszy asymetrycznych (European Urban Simulation for Asymmetric Scenarios, EUSAS).
13.	Blokada radiowego wyzwalania IED (Intelligent Control of Adversary Radiocommunications, ICAR).
14.	Inteligentna informacja zapewniająca powodzenie misji (Smart Information for Mission Success, SIMS).
Innowacyjne koncepcje i nowopowstające technologie – JIP ICET. Joint Investment Programme on Innovative Concepts and Emerging Technologies (JIP- ICET)⁶.	
15.	Materiały wybuchowe - spektroskopia, technologie terahercowe i radarowe (Explosive detection-Spectroscopy, Terahertz technology And Radar, ESTAR).
16.	Integracja radaru z syntetyczną aperturą rozszerzająca funkcjonalność platform nawigacyjnych (SAR-based Augmented Integrity Navigation Architecture, SARINA).
17.	Automatyczny system do monitorowania stanu poszycia śmigłowca (Helicopter Fuselage Crack Monitoring And Prognosis Through On-Board Sensor Network, HECTOR).
18.	Radar z syntetyczną aperturą do wykonywania wysoko rozdzielczych zdjęć radarowych powierzchni ziemi (Synthetic Aperture Radar for all weather penetrating UAV, SARAPE).

⁶ Wspólnie Inwestowany Program Kategorii A⁶⁾ nt. "Innowacyjne Koncepcje i Nowopowstające Technologie (*Innovative Concepts and Emerging Technologies*) – ICET". Decyzja o utworzeniu tego Programu została podjęta podczas spotkania Rady Sterującej EDA w formule Ministrów Obrony, które odbyło się w dniu 26 maja 2008 roku w Brukseli. W Programie uczestniczyło 11 krajów europejskich: Cypr, Francja, Grecja, Hiszpania, Niemcy, Norwegia, **Polska**, Słowacja, Słowenia, Węgry, Włochy. Jego budżet wynosi 15,58 mln €. Polska uczestniczyła z kwotą 0,72 mln €. Polska osiągnęła tzw. zwrot przemysłowy ok. 130%.

Programy/Projekty Ad-Hoc Kategorii B⁷	
1.	Wykrywanie skażeń biologicznych przy wykorzystaniu laserowo wzbudzonej fluorescencji (Fluorescence Applied to Biological Agents Detection, FABIOLA).
2.	Europejskie zabezpieczone (kodowane) programowalne radiostacje (European Secured Software Defined Radio, ESSOR).
3.	Ustanowienie i zarządzanie bazą danych trujących środków bojowych (The Establishment and Management of a Common Database of B-agents).
4.	Bezzałogowy taktyczny pojazd lądowy (Unmanned Ground Tactical Vehicle, UGTV).
5.	Europejski pojazd przystosowany do działania w środowisku sieciocentrycznym (Network Enabled Armoured Fighting Vehicles).
6.	System aktywnej ochrony dla opancerzonych wozów bojowych (Active Protection System Study for Armoured Fighting Vehicles).
7.	Sieć tolerująca destrukcyjne oddziaływanie/zakłócenia (Military Disruption tolerant NETworks, MIDNET).
8.	Inteligentne radio dla dynamicznego zarządzania widmem (COgnitive RADio for dynamic Spectrum MANagement, CORASMA).
9.	Ustanowienie i zarządzanie wspólną bazą danych środków biologicznych (The Establishment and Management of a Common Database of B-agents, DATA BASE OF BIO AGENTS).
10.	System identyfikacji pojedynczego żołnierza (Soldier Centric Identification System).
11.	Broń nieśmiercionośna (Non-Lethal Weapon).
12.	Szybkie próbkowanie materiałów wybuchowych dla zdalnego wykrywania improwizowanych ładunków wybuchowych (Fast Sampling of explosives for standoff detection of IEDs, FaSap – X).
13.	Ochrona pojazdów lądowych przed Improwizowanymi Ładunkami Wybuchowymi. (Protection of land vehicles against IEDs).
14.	Bezzałogowe systemy morskie do walki minowej (Unmanned Maritime Systems for MCM, UMS).
15.	Architektura usługowa systemów taktycznych (TACTICal Service oriented

⁷ Jeden lub więcej krajów członkowskich EDA informuje Radę Sterującą EDA o woli ustanowienia Programu/Projektu Ad Hoc Kategorii B. Każde państwo członkowskie może przyłączyć się do Programu/Projektu. Projekty w ramach Programu Kategorii B są realizowane przez podmioty wszystkich państw, które utworzyły dla niego budżet, bądź też państwa te zlecają Agencji ogłoszenie *Call for Proposal* i wówczas kraje, które utworzyły budżet Projektu dokonują wyboru Wykonawcy.

	architecture, TACTICS).
16.	Program rozwoju sprzętu rozpoznania skażeń biologicznych (Biological Equipment Development and Enhancement Programme, BIO EDEP).
17.	Identyfikacja bojowa (Soldier Centric Identification Systems, SCIS).
18.	Broń nieśmiercionośna (Non Lethal Capabilities, NLC).

Rezultaty wymienionych w Tabeli Nr 5.1 projektów naukowo-badawczych i rozwojowych finansowanych z budżetu MON, które zostały zrealizowane w kraju oraz w Europejskiej Agencji Obrony (EDA) ze względu na zawartość tzw. „czułych informacji” charakteryzują się ograniczoną możliwością publikacji. Ponadto prace zrealizowane w Europejskiej Agencji Obrony podlegają zapisom dokumentu o nazwie: COUNCIL DECISION 2011/411/CFSP of 12 July 2011 defining the statute, seat and operational rules of the European Defence Agency and repealing Joint Action 2004/551/CFSP oraz późniejszym jego odpowiednikiem, co również ogranicza możliwość dysponowania tzw. Foreground Information (wiedzę wypracowaną w ramach realizacji projektów), a tym samym możliwość publikowania ich rezultatów.

W ramach swojej aktywności w MON uczestniczyłem również w formułowaniu zapisów ustaw o finansowaniu nauki i o Narodowym Centrum Badań i Rozwoju jak również Krajowego Programu Badań, w części dotyczącej obszaru bezpieczeństwa i obronności. Wprowadziłem do polskiego systemu prawnego pojęcie Poziomów Gotowości Technologicznej, które obecnie są powszechnie stosowane.

Brałem udział w pracach nad zmianą systemu ustanawiania, realizacji i nadzoru realizacji prac badawczych i rozwojowych ustanawianych w obszarze obronności i bezpieczeństwa w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju.

Po zakończeniu zawodowej służby wojskowej w 2013 roku zostałem zatrudniony w Wojskowej Akademii Technicznej na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego w Katedrze Budowy Maszyn (od 2014 roku Instytut Budowy Maszyn) pełniąc funkcję Pełnomocnika Dyrektora Instytutu Budowy Maszyn Wydziału Mechanicznego Wojskowej Akademii Technicznej ds. Współpracy Naukowej oraz w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów na stanowisku Pełnomocnika Dyrektora ds. Projektów na Rzecz Obronności (od 2014 roku na stanowisku adiunkta).

W 2016 roku zostałem powołany przez Rektora-Komendanta Wojskowej Akademii Technicznej na stanowisko Dyrektora Instytutu Budowy Maszyn Wydziału Mechanicznego, które pełnię do chwili obecnej.

W latach 2014-2016 kierowałem pracą badawczą UGS-LIS/PIAP/MUT GMV 11439/13, European Defence Agency, EDA *"Unmanned Ground Systems Landscaping and Integration Study"*, 2014-2015, WAT, PIAP, GMV.

Uczestniczę w realizacji pracy badawczej PBR 15-132/2014/WAT finansowanej przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, „Platforma średnia (klasa 800 kg)” – projekt realizowany w NCBR na rzecz bezpieczeństwa i obronności państwa w ramach konkursu nr 4/2013 - jeden z sześciu złożonych przez konsorcjum w ramach programu nt.: *„Rodzina bezzałogowych platform lądowych (BPL) do zastosowań w systemach bezpieczeństwa i obronności”* oraz w realizacji projektu nt.: *„Wielozadaniowy, inżynieryjny pojazd o napędzie hybrydowym”*.

W latach 2015-2018 kierowałem pracą PBS nr 936/2016 pt.: *"Rozwój konstrukcji i technologii wytwarzania oraz efektywności systemów teleoperacji Bezzałogowych Platform Lądowych"*. Obecnie kieruję pracą PBS nr 23-893 pt.: *„Rozwój konstrukcji i technologii wytwarzania oraz efektywności systemów i narzędzi wsparcia działania Bezzałogowych Platform Lądowych”*.

Ponadto biorę udział w pracach Panelu AVT (Applied Vehicle Technology) NATO Science and Technology Organization (NATO STO) – współprzewodniczyłem wraz z przedstawicielem USA Grupie Roboczej AVT-241/RSM-022 nt.: *Technological and Operational Problems Connected with UGV Application for Future Military Operations* oraz brałem udział w pracach tzw. Exploratory Team AVT-ET-148 nt.: *Next-Generation NATO Reference Mobility Model (NRMM) Development* Panelu AVT (Applied Vehicle Technology). Jestem współautorem raportu z realizacji tego przedsięwzięcia. Uczestniczyłem w pracach Grupy Roboczej NATO STO AVT-248-RTG nt.: *Next-Generation NATO Reference Mobility Model (NG NRMM) Development*, która obejmowała swoimi działaniami również problematykę Bezzałogowych Platform Lądowych i w której były kontynuowane prace zrealizowane w pracach Grupy NATO STO AVT-ET-148. Działalność Grupy Roboczej AVT-248-RTG zakończyła się w grudniu 2018 roku. Został sformułowany raport na 518 stronach. Brałem też udział w pracach Grupy Roboczej AVT-308 nt.: *Cooperative Demonstration of Technology on Next-Generation NATO Reference Mobility Model Development*. Obecnie realizuję prace nad ustanowieniem projektu krajowego w oparciu o uczestnictwo w NATO STO AVT-248-RTG.

Podczas spotkań Panelu AVT w 2018 roku, w Turynie, Włochy oraz w Atenach, Grecja przedstawiłem propozycję utworzenia nowej aktywności, która na Sesji Plenarnej Panelu AVT, w grudniu 2018 roku, w Atenach została zatwierdzona przez Członków Głosujących jako AVT-ET-196 nt.: *Technology Trends in Manned and Unmanned Armoured Ground Vehicle*. Zostałem wyznaczony na współprzewodniczącego a Polskę wyznaczono na Kraj Wiodący (Lead Nation).

Od 2019 roku jestem również członkiem tzw. Exploratory Team AVT-ET-194 Panelu AVT NATO STO nt.: *Mobility Assessment Methods and Tools for Autonomous Military Ground Systems*.

Od 2016 roku zostałem ponownie Przedstawicielem Polski w Radzie ds. Nauki i Technologii Obronnych NATO-wskiej Organizacji ds. Nauki i Technologii Obronnych (Science and Technology Board of NATO Science and Technology Organization, NATO STO). Obecnie pełnię też funkcję Członka Głosującego Panelu Technologii Pojazdów, Applied Vehicle Technology, AVT NATO STO.

W dowód uznania za dwudziestoletnią działalność w NATO Science and Technology Organization, NATO STO otrzymałem od Głównego Naukowca NATO (NATO Chief Scientist), Przewodniczącego Rady Nauki i Technologii NATO STO list w podziękowaniu za zasługi dla środowiska naukowego Polski i NATO (w załączeniu).

W 2014 roku uczestniczyłem w organizacji i realizacji Międzynarodowych Warsztatów Robotów Wojskowych ELROB 2014, (23-27 czerwiec 2014 r.).

Uczestniczę też w pracach Polskiej Platformy Technologicznej Systemów Bezzałogowych i uczestniczyłem w opracowaniu Statutu Polskiej Platformy Technologicznej Systemów Bezzałogowych.

Brałem udział w pracach nad ustanowieniem Programu Sektorowego INNOSBZ Strategiczna Agenda Badawcza opracowanego przez Polską Platformę Technologiczną Systemów Bezzałogowych oraz Polski Instytut Technologii we współpracy z Polską Platformą Bezpieczeństwa Wewnętrznego oraz opracowaniem Studium Wykonalności tego Programu Sektorowego.

W ramach działalności krajowej uczestniczyłem w pracach nad ustanowieniem Narodowego Programu Systemów Bezzałogowych/Narodowej Strategii Robotyzacji.

W ramach działalności międzynarodowej brałem udział w pracach nad ustanowieniem programu Europejskiej Agencji Obrony nt.: *IED Detection Programme*.

Uczestniczyłem również w pracach nad sformułowaniem dokumentu: *Policy Guidance - Autonomy in Defence Systems* opracowywanego w ramach programu z udziałem 19 państw NATO i UE pod auspicjami MCDC (*Multinational Capability Development Campaign*) pod przewodnictwem NATO Headquarters Supreme Allied Commander Transformation (HQ SACT). W ramach kontynuacji ostatniej inicjatywy jestem przedstawicielem Wojskowej Akademii Technicznej w pracach dotyczących aspektów użycia autonomicznych pojazdów lądowych.

Podsumowując, w latach 1998-2003 uczestniczyłem w realizacji 9 prac naukowo-badawczych. Natomiast w latach 2004-2013, pracując w MON, uczestniczyłem w zarządzaniu po stronie rządowej (zamawiającego) 57 programami i projektami realizowanymi w kraju i za granicą. W latach 2013 – 2015 kierowałem pracą naukowo-badawczą realizowaną w Europejskiej Agencji Obrony (EDA) na temat: *Unmanned Ground Systems Landscaping and Integration Study, UGS-LIS/PIAP/MUT GMV 11439/13*. Obecnie kieruję zespołem realizującym jedną krajową pracę naukowo-badawczą oraz dwoma zespołami realizującymi dwa projekty badawcze realizowane w EDA w ramach Programu *IEDDET (Improvised Explosives Devices Detection)* nt.: *UGV stand-off multi-sensor platform for IED component detection (MUSICODE)*, nr B 1465 GEM3 GP/MUSICODE oraz *Vehicle Mounted Early Warning for Indirect Indicators for IEDs (VMEWI3)*, nr B 1465 GEM3 GP/VMEWI3, w okresie 2017 – 2020 rok.

Ponadto, w Wojskowej Akademii Technicznej zostałem powołany do udziału w pracach Interdyscyplinarnego Zespołu Zadaniowego do spraw negocjacji z podmiotami zewnętrznymi warunków współpracy realizowanej w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez podstawowe jednostki organizacyjne Wojskowej Akademii Technicznej.

Byłem członkiem Rady Programowej Centrum Zaawansowanych Technologii Bezpieczeństwa i Obronności Politechniki Śląskiej oraz jestem członkiem Rady Naukowo-Programowej czasopisma *Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe*, wydawanego przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Mechanicznych "OBRUM" sp. z o.o. w Gliwicach.

W 2016 roku zostałem członkiem Senatu Wojskowej Akademii Technicznej i Wiceprzewodniczącym Senackiej Komisji ds. Rozwoju i Współpracy.

Od 2017 roku jestem członkiem komisji Wydziału Mechanicznego Wojskowej Akademii Technicznej do spraw oceny jakości prac dyplomowych.

W 2017 roku zostałem członkiem Rady Dyrektorów I.A.A.R.C. (*Board of Directors of International Association for Automation and Robotics in Construction*).

W 2017 roku zostałem powołany na członka Rady Naukowej Wojskowego Instytutu Techniki Inżynieryjnej im. prof. Józefa Kosackiego we Wrocławiu.

Podczas rozpoczęcia roku akademickiego 2017-2018 na Wydziale Mechanicznym Wojskowej Akademii Technicznej wygłosiłem wykład inauguracyjny na temat: „Bezzałogowe platformy lądowe - stan aktualny oraz tendencje rozwojowe w kontekście współczesnych i przyszłych ich zastosowań”.

Podczas posiedzenia Rady Naukowej Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Urządzeń Mechanicznych "OBRUM" sp. z o.o., które odbyło się w dniu 04 grudnia 2018 roku, w Gliwicach, wygłosiłem referat nt.: „Wybrane zagadnienia dotyczące działań podejmowanych w kraju, NATO i UE, w obszarze nauki i technologii obronnych”.

Podczas 58. Sympozjonu "Modelowanie w Mechanice", zorganizowanego przez Wydział Mechaniczny-Technologiczny Politechniki Śląskiej, w Ustroniu, w dniach 23-27 lutego 2019 roku wygłosiłem referat zamawiany nt.: „NATO-wski System Przewidywania Przejezdności Platform Lądowych po Bezdrożach”.

Ponadto wykonałem recenzje artykułów do czasopisma *Automation in Construction* nt.: *Robotic Autonomous Systems for Earthmoving with Military Applications* oraz *Development of a Cognitive Untunneling Multi-View System Based on Visual Momentum and Saliency for Teleoperators of Heavy Machines*.

5.3. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych

Od 1989 roku (z przerwą na realizację zawodowej służby wojskowej w Ministerstwie Obrony Narodowej w latach 2004-2013) do chwili obecnej pracując w Wydziale Mechanicznym Wojskowej Akademii Technicznej aktywnie uczestniczę w realizacji zadań dydaktycznych, naukowo-badawczych oraz w działalności publikacyjnej, którą również realizuję pracując od 2013 roku w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów PIAP. W 1991 r. zostałem dopuszczony do prowadzenia wykładów, ćwiczeń i zajęć laboratoryjnych z przedmiotu: Dźwigi i urządzenia transportowe. Od 1992 r. prowadziłem wykłady i ćwiczenia z przedmiotu: Eksploatacja wojskowych pojazdów mechanicznych, a od 1994 r.: Zapis konstrukcji, a w roku akademickim 2002/2003 prowadziłem również ćwiczenia z przedmiotu: Podstawy konstrukcji maszyn, wykłady, ćwiczenia, zajęcia laboratoryjne i pracownię problemową z przedmiotu: Maszyny fortyfikacyjno-drogowe oraz wykłady i ćwiczenia z przedmiotu: Podstawy budowy i eksploatacji maszyn inżynieryjnych. W latach 1992-2003 przeprowadziłem ponad 3000 godzin zajęć dydaktycznych.

W 1994 roku odbyłem Kurs Edukacji Pedagogicznej.

W 2001 r. w ramach już wspomnianego NATO Advanced Fellowships Programme uczestniczyłem zarówno w realizacji prac badawczych jak również w prowadzeniu zajęć dydaktycznych. Skutkowało to tym, że po powrocie ze Stanów Zjednoczonych, w roku akademickim 2002/2003 zostałem służbowo skierowany na kurs języka angielskiego (500 godzin) przygotowujący do prowadzenia działalności naukowej i dydaktycznej w języku angielskim. Obecnie wykorzystuję tę zdolność do prowadzenia zajęć w języku angielskim zarówno ze studentami krajowymi jak i zagranicznymi.

Po ponownym zatrudnieniu na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego w Wojskowej Akademii Technicznej, od 2013 roku prowadzę zajęcia z przedmiotów: Maszynoznawstwo, Maszyny i Urządzenia Dźwigowe i Transportu Bliskiego, Maszyny i Urządzenia Przeladunkowe i Transportu Bliskiego, *Engineering Systems in Mobile Applications* (dla studentów studiów magisterskich), *Hydraulic Systems in Mobile Applications* (w ramach programu ERASMUS). Dla realizacji zajęć w języku angielskim w całości, osobiście przygotowałem program i materiały wykorzystywane w procesie dydaktycznym. Łącznie w latach 2013-2018 przeprowadziłem 1382 godziny dydaktyczne.

Obecnie przygotowuję się do prowadzenia dwóch nowych przedmiotów: „Mobilność terenowa załogowych i bezzałogowych platform lądowych” (w języku polskim) oraz „*Cranes and Transportation Equipment*” (w języku angielskim).

W latach 1999-2003 byłem kierownikiem 5 prac dyplomowych, 4 projektów przejściowych oraz 2 prac końcowych na studiach podyplomowych. Wykonałem 8 recenzji prac dyplomowych. Kierowałem 2 praktykami studenckimi. Natomiast w latach 2013-2017 byłem kierownikiem 6 prac dyplomowych. Wykonałem 1 recenzję pracy dyplomowej. Podczas swojej działalności dydaktycznej wielokrotnie byłem członkiem Komisji Egzaminu Dyplomowego.

Jestem współautorem skryptu: St. Konopka, J. Krasuski, F. Kuczmarski, W. Kulkowski, R. Lutostański, T. Muszyński, T. Przychodzień, A. Wojnowski, **J. Wrona** (10%): „Podstawy Budowy i Eksploatacji Maszyn Inżynierijno-Budowlanych” – WAT, Warszawa, 2002 r. (str. 413).

W 2016 roku, po wyznaczeniu na stanowisko Dyrektora Instytutu Budowy Maszyn Wydziału Mechanicznego Wojskowej Akademii Technicznej czynnie uczestniczę w rozwijaniu bazy dydaktycznej Instytutu. Jestem inicjatorem budowy Centrum Robotów Mobilnych WAT (ok. 3000 m²) będącej w fazie realizacji, którego działalność będzie wspierała zarówno proces dydaktyczny jak i badań naukowych. Dbam o rozwój naukowy i dydaktyczny kadry kierowanego Instytutu jednocześnie pozyskując młodych pracowników nauki zarówno cywilnych jak i wojskowych.

Jako Dyrektor Instytutu Budowy Maszyn jestem opiekunem specjalności: maszyny inżynierijne, maszyny inżynierijno – budowlane i drogowe. W 2016 roku zainicjowałem uruchomienie międzywydziałowych studiów I-szego stopnia na kierunku Automatyka i Robotyka o specjalności „Budowa i sterowanie bezzałogowych platform i robotów”. Kierunek będzie prowadzony przez dwie jednostki organizacyjne Wojskowej Akademii Technicznej tj. Wydział Mechatroniki i Lotnictwa oraz Wydział Mechaniczny. Kolejny etap działań obejmowałby studia wojskowe I-szego i II-giego stopnia, których program zostanie opracowany w uzgodnieniu i przy wsparciu MON w pozyskaniu robotów będących na wyposażeniu wojska i odpowiednim wsparciu kadrowym.

W 2016 roku otrzymałem Nagrodę Ministra Obrony Narodowej za osiągnięcia dydaktyczne w 2015 roku.

Od 2017 roku jestem członkiem komisji Wydziału Mechanicznego Wojskowej Akademii Technicznej do spraw oceny jakości prac dyplomowych.

Na spotkaniu Panelu AVT NATO STO, które odbyło się w Turynie, Włochy, w dniach 16-20 kwietnia 2018 roku zainicjowałem rozmowy z przedstawicielem USA o współpracy Wojskowej Akademii Technicznej z wybraną przez Amerykanów uczelnią wojskową w obszarze realizacji przedsięwzięcia dydaktycznego o nazwie:

Transatlantic NATO Master of Science Program in High Mobility Vehicle Engineering (MS-HMVE).

5.4. Elementy doskonalenia zawodowego

- 12.06.2001 - 01.12.2001 – staż naukowy w ramach *NATO Advanced Fellowships Programme, w Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA*
- 27.02.2001 - 03.03.2006 – kurs przeprowadzony przez *The Naval Postgraduate School, Monterey, California, On Behalf Of The Government Of The United States Of America* w Wojskowym Instytucie Łączności w Zegrzu na temat *Requirements Generation, International Defense Acquisition Resource Management Program*
- 04.04.2011 - 08.04.2011 – kurs doskonalący "Dobre praktyki zarządzania jednostką w oparciu o standardy kontroli zarządczej dla sektora finansów publicznych, a wymogi ustawy o finansach publicznych w tym zakresie", Akademia Obrony Narodowej, Warszawa
- 27.09.2018 szkolenie nt.: „Stosunek pracy pracowników uczelni w świetle ustawy 2.0 – analiza porównawcza i dostosowanie istniejących stosunków pracy do nowej ustawy.

5.5. Uzyskane nagrody, wyróżnienia i odznaczenia

- 1990 Brązowy Medal Za Zasługi Dla Obronności Kraju
- 1990 Brązowy Medal Siły Zbrojne W Służbie Ojczyzny
- 1994 Srebrny Medal Za Zasługi Dla Obronności Kraju
- 1999 Nagroda Rectorska III stopnia J.M. Rektora Wojskowej Akademii Technicznej za pracę doktorską nt.: "Wpływ podparcia na obciążenia osprzętu roboczego i przemieszczenia podwozia koparki jednoznaczniowej"
- 1999 Brązowy Krzyż Zasługi
- 2000 Srebrny Medal Siły Zbrojne W Służbie Ojczyzny
- 2002 laureat konkursu o stypendium naukowe, organizowanego przez NATO w ramach *Advanced Fellowships Programme*. Półroczny staż zrealizowany w *Purdue University* w *West Lafayette*, w *Indianie*, w *Stanach Zjednoczonych* w charakterze *visiting scholar*
- 2003 Złoty Medal Za Zasługi Dla Obronności Kraju
- 2003 Wyróżnienie Honorową Nagrodą Rectorską za: Opracowanie pomocy dydaktycznych do przedmiotu „Podstawy budowy i eksploatacji maszyn inżynierskich” (wyróżnienie zespołowe)



2005 Srebrny Krzyż Zasługi

2009 Złoty Medal Siły Zbrojne W Służbie Ojczyzny

2011 Złoty Krzyż Zasługi

2014 Nagroda Dziekańska, Dziekana Wydziału Mechanicznego Wojskowej Akademii Technicznej „Za opracowanie konstrukcji i systemów sterowania bezzałogowymi platformami lądowymi”

2016 Nagroda Ministra Obrony Narodowej za osiągnięcia dydaktyczne w roku 2015

