



Profesor
EUGENIUSZ ŚWITOŃSKI



**DOKTOR HONORIS CAUSA
POLITECHNIKI LUBELSKIEJ**

POLITECHNIKA LUBELSKA



Profesor
EUGENIUSZ ŚWITOŃSKI

DOKTOR HONORIS CAUSA
POLITECHNIKI LUBELSKIEJ

Lublin 2013



**Uchwała Nr 14/2013/III
Senatu Politechniki Lubelskiej
z dnia 11 kwietnia 2013 r.**

***w sprawie nadania
prof. dr. hab. inż. Eugeniuszowi Świtońskiemu
tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej***

Działając zgodnie z § 23 ust. 2 pkt 5) Statutu Politechniki Lubelskiej, oceniając dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny jako wybitny, na podstawie opinii wyrażonej przez prof. dr. hab. inż. Marka Opielaka, promotora tego przewodu, oraz uwzględniając opinie Senatów: Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie oraz Politechniki Świętokrzyskiej, Senat Politechniki Lubelskiej

n a d a j e

prof. dr. hab. inż. Eugeniuszowi Świtońskiemu

tytuł

**DOKTORA HONORIS CAUSA
POLITECHNIKI LUBELSKIEJ.**

Przewodniczący
Senatu Politechniki Lubelskiej

R e k t o r

Prof. dr hab. inż. Piotr Kacejko

SUMMIS AUSPICIIS
SERENISSIMAE REI PUBLICAE POLONORUM
NOS
RECTOR ET SENATUS POLYTECHNICAE LUBLINENSIS
ET
DECANUS FACULTATIS MECHANICAE
NEC NON
PROMOTOR RITE CONSTITUTUS
CUM
UNANIMO CONSENSU SENATUUM
ACADEMIAE METALLURGICAE-AERARIAE CRACOVIENSIS
ET
POLYTECHNICAE SANCTAE CRUCIS KIELCENSIS

IN
CLARISSIMUM ET DOCTISSIMUM VIRUM
MEMBRUM CONSILII MECHANICAE ACADEMIAE SCIENTIARUM POLONAE
SCIENTIARUM TECHNICARUM DOCTOREM HABILITATUM, PROFESSOREM
ORDINARIUM
RATIONIS AC DISCIPLINAE MECHANICAE PERITUM
EUGENIUM ŚWITOŃSKI
QUI ARTEM MECHANICAM STUDIOSSIME COLUIT ADMODUMQUE AUXIT,
PRAECIPUE AUTEM MECHANICAM CENTRORUM CONTINUORUM, DYNAMIN
MACHINARUM, BIOMECHANICAM, METHODOS NUMERICAS ET OPTIMI STATUS
ADEPTIONIS
VIRUM DE INSTITUTIONE IUVENUM, QUI SE STUDIIS DEDERANT
POLYTECHNICIS, BENE MERITUM ITEMQUE AD COOPERATIONEM CUM
PROFESSORIBUS POLYTECHNICAE LUBLINENSIS MECHANICAE FACULTATIS
SEMPER PROMPTUM

DOCTORIS HONORIS CAUSA SCIENTIARUM TECHNICARUM

NOMEN AC DIGNITATEM, IURA AC PRIVILEGIA CONTULIMUS IN EIUSQUE REI
FIDEM HOC DIPLOMA SIGILLO POLYTECHNICAE LUBLINENSIS SANCIENDUM
CURAVIMUS

PETRUS KACEJKO
H. T. RECTOR MAGNIFICUS

MARCUS OPIELAK
PROMOTOR

SBYGNEUS PATER
H. T. DECANUS

LUBLINI, DIE XIII MENSIS MAII A. D. MMXIII

Prof. dr hab. inż. dr h.c. Marek Opielak

Lublin, dnia 25 marca 2013 r.

Instytut Transportu, Silników Spalinowych i Ekologii

Wydział Mechaniczny

Politechnika Lubelska

LAUDACJA

Dostojny Doktorze Honorowy!

Magnificencjo Rektorze!

Wysoki Senacie!

Szanowne Panie, Szanowni Panowie!

Mam ogromny zaszczyt i wielką przyjemność przedstawienia Państwu sylwetki mojego przyjaciela, wybitnego uczonego Profesora Eugeniusza Świtońskiego. Godność Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej nadawana jest osobom wybitnym, które swoją działalnością naukową, dydaktyczną i organizacyjną tworzą postęp cywilizacyjny, sprawiają, że świat rozwija się szybciej. W każdej społeczności zdarzają się ludzie wyjątkowi, tworzący dzieła ponadczasowe i do takich osobowości należy bez wątpienia nasz dzisiejszy Doktor Honorowy. Godność ta jest dla Profesora Eugeniusza Świtońskiego czwartym tak wymownym dowodem uznania przez środowiska polskich uczelni technicznych. Przypomnę, że ten zaszczytny tytuł otrzymał w 2007 roku na Politechnice Rzeszowskiej, w 2009 roku na Politechnice Śląskiej i w roku 2012 na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Dzisiaj dołączy do grona Honorowych Doktorów Politechniki Lubelskiej.

Nie jest zadaniem łatwym scharakteryzowanie wszechstronnych zasług Profesora, gdyż tych dokonań w rozwoju nauki polskiej i światowej, w obszarze badań naukowych i zastosowania ich wyników w praktyce przemysłowej oraz związanych z rozwojem młodej kadry naukowej jest bardzo dużo. Dokonania Profesora są znane w środowisku, a osiągnięcia tak rozległe, że pozwolę sobie przedstawić je w ogromnym skrócie.

Profesor Eugeniusz Świtoński po ukończeniu w 1963 roku studiów na Politechnice Poznańskiej rozpoczął pracę na Politechnice Śląskiej, gdzie przeszedł wszystkie szczeble awansu naukowego. W roku 1970 obronił pracę doktorską, a w 1980 roku uzyskał stopień naukowy doktora habilitowanego. Obie rozprawy został wyróżnione. Stanowisko profesora nadzwyczajnego na Politechnice Śląskiej otrzymał w 1991 roku, tytuł naukowy w 1995 roku, a w roku 1999 powołany został na stanowisko profesora zwyczajnego.

Naukowe zainteresowania Profesora związane są z mechaniką teoretyczną i stosowaną oraz budową i eksploatacją maszyn. Koncentrują się głównie na zagadnieniach drgań i stateczności nośnych elementów cienkościennych, takich jak płyty, pręty i powłoki. Badania Profesora dotyczyły także dynamiki wież wyciągowych i kombajnów węglowych. Bardzo ważnym osiągnięciem w dziedzinie nauki jest stworzenie i opracowanie jednolitej, spójnej metodyki modelowania oraz obliczeń statycznych i dynamicznych właściwości nośnych maszyn roboczych i pojazdów specjalnych. Równie istotne jest opracowanie w ujęciu mechatronicznym oryginalnej metodyki modelowania oraz algorytmów i programów obliczeniowych właściwości dynamicznych napędów maszyn. Na początku lat dziewięćdziesiątych Profesor Eugeniusz Świtoński rozpoczął prace naukowe i badania z zakresu rozwijającej się biomechaniki inżynierskiej, a zwłaszcza badanie obciążeń narządów ruchu człowieka.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt bardzo ścisłej współpracy Profesora z przemysłem, gdzie wdrożono bardzo wiele innowacyjnych rozwiązań Jego prac badawczych. Cechą charakterystyczną prac naukowych Profesora jest poszukiwanie nowatorskich rozwiązań każdego podjętego problemu badawczego, tworzenie nowych, użytecznych rozwiązań i ich transfer do praktyki przemysłowej. Należy także podkreślić, że Profesor wraz ze stworzonymi przez siebie zespołami badaczy uczestniczył w 35 poważnych pracach naukowo-badawczych zastosowanych w praktyce. Efektem tych prac było m.in. stworzenie szkoły naukowej i awanse wielu współpracowników. Profesor był promotorem 14 i recenzentem 22 prac doktorskich oraz kilkudziesięciu rozpraw habilitacyjnych i wniosków o tytuł naukowy profesora. Profesor Eugeniusz Świtoński opublikował ponad 250 oryginalnych artykułów naukowych oraz 13 podręczników akademickich i monografii. Jest twórcą 6 patentów i wielu zgłoszeń patentowych.

Działalność naukowa przyniosła Profesorowi Eugeniuszowi Świtońskiemu powszechne uznanie, jest ceniona w Polsce, jak też w wielu ośrodkach i organizacjach zagranicznych. O międzynarodowym uznaniu dorobku Profesora świadczą aktywne kontakty naukowe z wieloma liczącymi się ośrodkami naukowymi, m.in. w: Aachen, Brnie, Ostrawie, Moskwie czy też Kijowie. Jest członkiem komitetów redakcyjnych i naukowych szeregu liczących się czasopism naukowych krajowych i zagranicznych, jak np.: „Journal of Lithuanian Academy of Sciences”, „Przegląd Mechaniczny”, „International Journal Engineering Mechanics”, „Journal of Theoretical and Applied Mechanics” czy też „Modelowanie inżynierskie”. Był organizatorem ponad 80 międzynarodowych konferencji naukowych, bierze czynny i aktywny udział w pracach wielu komitetów naukowych międzynarodowych konferencji.

Profesor Eugeniusz Świtoński bardzo aktywnie uczestniczy w pracach wielu organizacji i komisji. Jest m.in. członkiem Komitetu Mechaniki i Komitetu Budowy Maszyn PAN, członkiem Komisji Górniczej PAN. Był członkiem Komisji Badań Naukowych piątej kadencji, członkiem Rady Nauki i Komisji Badań na rzecz Rozwoju Nauki, gdzie pełnił funkcję przewodniczącego Zespołu Nauk Technicznych, a także członkiem Zespołu ds. Obronności i Bezpieczeństwa w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Od roku 2007 jest członkiem Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów. Bierze udział w pracach wielu rad naukowych.

W Politechnice Śląskiej od roku 1981 Profesor Eugeniusz Świtoński pełnił funkcję zastępcy dyrektora Instytutu Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, jednocześnie kierując Zakładem Mechaniki Ogólnej. W latach 1987-1990 sprawował funkcję prodziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki. Od 1991 roku do dzisiaj pełni funkcję kierownika Katedry Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, a od 2010 roku jest dyrektorem, powołanego w Politechnice Śląskiej z Jego inicjatywy, Centrum Zaawansowanych Technologii Bezpieczeństwa i Obronności. Aktualnie pełni funkcję przewodniczącego Zespołu ewaluacji ds. oceny jakości naukowej i badawczo-rozwojowej jednostek naukowych.

Profesor Eugeniusz Świtoński jest również nauczycielem akademickim cenionym przez współpracowników i studentów. Opracował szereg programów nauczania, skryptów, stanowisk i instrukcji laboratoryjnych, przekazuje wychowankom wiedzę weryfikowaną w trakcie prowadzonych badań naukowych. Wypromował ponad 150 dyplomantów.

Za swoją rozległą działalność Profesor otrzymał wiele wyróżnień i nagród, wśród których znajdują się m.in. nagrody Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Rektora Politechniki Śląskiej. Został odznaczony m.in.: Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski, Złotym, Srebrnym i Brązowym Krzyżem Zasługi; Medalem Komisji Edukacji Narodowej; Medalem Jubileuszowym AGH; Medalem Honorowym Giorgio Agricoli TU VSB w Ostrawie; Złotym Laurem Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. W 2007 roku został Honorowym Członkiem Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej.

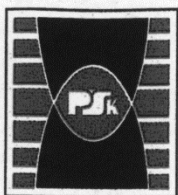
Szanowni Państwo!

Nie jestem w stanie w tym krótkim wystąpieniu opisać wszystkich osiągnięć Pana Profesora, istotnych dla rozwoju nauki polskiej i międzynarodowej. Jednakże jestem pewien, że wśród nas znajdują się osoby, które ze strony Pana Profesora doświadczyły wielu wyrazów życzliwości i pomocy, podobnie jak nasza Politechnika. Mam też pełne przekonanie,

że działalność Pana Profesora Eugeniusza Świtońskiego w dziedzinie naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej w pełni zasługuje na wyróżnienie najwyższą godnością akademicką.

Magnificencjo, Wysoki Senacie, Szanowni Państwo!

Przedstawione przeze mnie informacje w pełni uzasadniają decyzję Senatu Politechniki Lubelskiej o nadaniu Profesorowi Eugeniuszowi Świtońskiemu zaszczytnego tytułu Doktora Honoris Causa.



Politechnika Świętokrzyska

REKTOR

prof. dr hab. inż. Stanisław Adamczak, dr h.c.

R -206/13

Kielce, dnia 27 marca 2013r.

Jego Magnificencja

Prof. dr hab. inż. Piotr Kacejko

Rektor Politechniki Lubelskiej

Magnificencjo, Szanowny Panie Rektorze.

Uprzejmie informuję, że Senat Politechniki Świętokrzyskiej na posiedzeniu w dniu 20 marca 2013 r. pozytywnie zaopiniował wniosek Politechniki Lubelskiej dotyczący nadania tytułu doktora honoris causa prof. dr hab. inż. Eugeniuszowi Świtońskiemu.

Uchwałę podjęto na podstawie opracowanej i przedstawionej przez prof. dr hab. inż. Stanisława Adamczaka, dr h. c. opinii o dorobku naukowym, osiągnięciach i zasługach kandydata do tytułu doktora honoris causa.

W załączeniu przesyłam opinię i uchwałę Senatu Politechniki Świętokrzyskiej w przedmiotowej sprawie.

Z poważaniem

St. Adamczak

Załączniki:

- 1) Opinia dla Senatu Politechniki Świętokrzyskiej w sprawie wsparcia wniosku Politechniki Lubelskiej o nadanie tytułu doktora honoris causa profesorowi Eugeniuszowi Świtońskiemu.
- 2) Uchwała Senatu Politechniki Świętokrzyskiej nr 46/13 z dnia 20 marca 2013r. w sprawie zaopiniowania wniosku Politechniki Lubelskiej dotyczącego nadania tytułu doktora honoris causa prof. dr hab. inż. Eugeniuszowi Świtońskiemu.

prof. dr hab. inż. Stanisław Adamczak, dr h.c.
Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
Politechnika Świętokrzyska

Kielce, dn. 18 marca 2013 r.

OPINIA

**dla Senatu Politechniki Świętokrzyskiej
w sprawie wsparcia wniosku Politechniki Lubelskiej
o nadanie tytułu doktora honoris causa
profesorowi Eugeniuszowi Świtońskiemu**

Wprowadzenie

Dla każdej uczelni wyższej nadanie honorowego tytułu doktora honoris causa jest wydarzeniem szczególnym, zwłaszcza gdy tym wyróżnieniem obdarza się osobę o najwyższych osiągnięciach naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych, uczonego o wysokim autorytecie w świecie nauki i człowieka o najwyższych cechach moralno-etycznych.

Z wielką satysfakcją pragnę stwierdzić, że prof. dr hab. inż. Eugeniusz Świtoński spełnia wszystkie wyżej wymienione warunki, co postaram się w swojej recenzji w pełni uzasadnić.

Przedstawienie sylwetki i przebieg pracy zawodowej kandydata

Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Świtoński urodził się 7 sierpnia 1940 roku. Dyplom magistra inżyniera uzyskał w 1963 roku na Wydziale Mechanicznym Politechniki Poznańskiej. Wkrótce po jej ukończeniu podjął pracę zawodową w Politechnice Śląskiej na stanowisku asystenta stażysty, a następnie asystenta i starszego asystenta. Wynikiem jego działalności naukowej była rozprawa doktorska pt. „Drgania i stateczność prętów cienkościennych o zmiennym przekroju” obroniona na Wydziale Mechaniczno Technologicznym Politechniki Śląskiej. Stała się ona podstawą do przyznania mu stopnia doktora nauk technicznych. Uzyskanie stopnia doktora pozwoliło na zatrudnienie Prof. Eugeniusza Świtońskiego na stanowisku adiunkta a później na stanowisku docenta kontraktowego w Instytucie Mechaniki i Podstaw Konstrukcji

Maszyn na Wydziale Mechaniczno Technologicznym Politechniki Śląskiej i podjęcie przez Niego dalszej intensywniej działalności naukowej i dydaktycznej.

Efekty swojej pracy zamieścił w rozprawie habilitacyjnej pt. „Problemy dynamiki prętów cienkościennych”, która była podstawą do przeprowadzenia postępowania mającego na celu nadanie w 1980 roku stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie Mechanika przez rodzimy Wydział. Zarówno rozprawa doktorska jak i habilitacyjna zostały wyróżnione przez Radę Wydziału. Nieustająca aktywna działalność naukowo-dydaktyczna przyczyniła się do jego zatrudnienia w 1991 roku na stanowisku profesora w Katedrze Mechaniki Technicznej Politechniki Śląskiej, a ukoronowaniem jego drogi naukowej i zawodowej było nadanie w 1994 roku tytułu profesora nauk technicznych.

Ugruntowanie pozycji naukowej pozwoliło prof. Eugeniuszowi Świtońskiemu na samodzielną działalność w zakresie organizacji nauki, opiniowania i nadzorowania kierunków prac badawczych i działalności dydaktycznej. W tym obszarze wykazał się ogromną i niespotykaną aktywnością, do której przede wszystkim można zaliczyć: członkostwo w Komitecie Mechaniki PAN, pełniąc funkcję wiceprzewodniczącego Sekcji Dynamiki Układów działającej w ramach tego komitetu, członkostwo w Komisji Górniczej PAN, członkostwo w Zespole Maszyn Górniczych Komitetu Górnictwa PAN a także członkostwo w Komitecie Budowy Maszyn PAN. Pełnił także odpowiedzialne funkcje w centralnych organizacjach naukowych; był z wyboru członkiem Komitetu Badań Naukowych, który w 2005 roku został przekształcony w Radę Nauki przy Ministrze Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Od 2007 do 2012 roku pełni funkcję członka Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów Naukowych.

Profesor Eugeniusz Świtoński cieszy się od wielu lat ogromnym uznaniem środowiska naukowego, czego potwierdzeniem są pełnione funkcje a zwłaszcza te uzyskane w ramach bezpośredniego głosowania środowiska naukowego wywodzącego się z większości ośrodków akademickich.

Osiągnięcia w pracy naukowo-badawczej

Profesor Eugeniusz Świtoński jest wybitnym pracownikiem naukowym działającym w bardzo ważnych obszarach wiedzy, ściśle związanej z cywilizacyjną podstawą funkcjonowania współczesnego społeczeństwa odnoszące się do zagadnień budowy maszyn, głównie stateczności i stanem mechanicznym prętów cienkościennych i dynamiki maszyn górniczych. Do kręgu zainteresowań naukowych profesora należą również problemy biomechaniki dotyczące modelowania narządów ruchu człowieka, głównie kończyn dolnych.

Profesor był inicjatorem, autorem i koordynatorem metodyki modelowania i obliczeń statycznych i dynamicznych właściwości zespołów różnorodnych maszyn z zastosowaniem nowatorskiej teorii prętów cienkościennych. Metodyka ta znalazła szerokie zastosowanie przemysłowe.

Był również autorem oryginalnej metodyki modelowania oraz algorytmów i programów obliczeniowych do ustalenia stanów dynamicznych mechatronicznych napędów maszyn. Wymieniona metodyka posiada szerokie walory poznawcze i aplikacyjne, poprzez jej praktyczną weryfikację. Na szczególną uwagę zasługują nowatorskie badania naukowe dotyczące biomechanizmów. Do tych badań należy zaliczyć modelowanie lokomocji i obciążeń narządów ruchu człowieka pod kątem zmniejszenia liczby urazów.

Aktywna działalność naukowa prof. Eugeniusza Świtońskiego została udokumentowana ogromnym dorobkiem publikacyjnym obejmującym 12 monografii i ponad 200 artykułów naukowych i opublikowanych referatów, z których duża liczba znalazła się w renomowanych czasopismach, również tych znajdujących się na tzw. liście filadelfijskiej.

Profesor Eugeniusz Świtoński umiejętnie wykorzystuje swój dorobek naukowy w pracach na rzecz podmiotów gospodarczych. Wykonał olbrzymią liczbę prac, tj. 42, z czego w większości był kierownikiem.

Wymienione publikacje są konkretnym osiągnięciem zrealizowanych 11 projektów badawczych finansowanych przez Komitet Badań Naukowych, a także innych prac badawczo-rozwojowych wykonanych w różnych organizacjach naukowych i w podmiotach gospodarczych, co było podstawą otrzymania 4 patentów i przedstawienia dwóch zgłoszeń patentowych.

Szczególnie ważnym dokonaniem profesora jest utworzenie własnej ogólnopolskiej szkoły naukowej o imponujących osiągnięciach, do których należy zaliczyć 7 obronionych prac doktorskich przez młodych pracowników nauki reprezentujących nie tylko rodzimą uczelnię, ale także inne ośrodki naukowe, a nawet podmioty gospodarcze. W ramach tej szkoły profesor Eugeniusz Świtoński recenzował 19 wniosków o tytuł profesora, 29 rozpraw habilitacyjnych i 49 rozpraw doktorskich, a także przedstawiał opinie dotyczące innych awansów naukowych.

Wypromował również wielu doktorów habilitowanych, między innymi obecnego Dziekana Wydziału Mechaniczno Technologicznego Politechniki Śląskiej, prof. Arkadiusza Mężyka.

Działalność dydaktyczna i organizacyjna kandydata

Profesor Eugeniusz Świtoński jest znanym i cenionym nauczycielem akademickim prowadzącym bardzo szeroką działalność dydaktyczną w postaci wykładów, seminariów i ćwiczeń projektowych z przedmiotów ściśle związanych z jego działalnością naukową, tj. mechaniki teoretycznej i doświadczalnej, mechatroniki, a ostatnio biomechaniki. Szczególne osiągnięcia dotyczą kształcenia i promowania kadry inżynierskiej, gdyż był promotorem ponad 200 prac dyplomowych realizowanych również poza Politechniką Śląską. W obszarze działalności dydaktycznej wspomagał również inne uczelnie, m.in. Politechnikę Rzeszowską, Akademię Górniczo-Hutniczą, Politechnikę Lubelską. Potwierdzeniem aktywności dydaktycznej są opracowane i wydane podręczniki akademickie i skrypty, które dokumentują jego działalność badawczą. Natomiast zajęcia dydaktyczne prowadzone przez prof. Eugeniusza Świtońskiego stale są wzbogacane różnymi nowymi problemami, dzięki czemu stale podnosi poziom kształcenia.

Za aktywną działalność dydaktyczną profesor został uhonorowany wieloma nagrodami i wyróżnieniami, takimi jak: 4 nagrody Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego i kilkanaście nagród Rektora Politechniki Śląskiej oraz wiele nagród przyznanych przez uczelnie krajowe i zagraniczne. Między innymi otrzymał godność doktora honoris causa Politechniki Rzeszowskiej, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i Politechniki Śląskiej.

Profesor Eugeniusz Świtoński, pomimo intensywnej pracy naukowej i dydaktycznej udziela się organizacyjnie i społecznie, szczególnie w Politechnice Śląskiej. Pełnił funkcje zastępcy dyrektora Instytutu Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn (1981-1991) oraz funkcję prodziekana Wydziału Mechaniczno-Technologicznego Politechniki Śląskiej (1987-1990). Wtedy to dał się poznać jako doskonały i prężny organizator, potrafiący połączyć aktywną naukową działalność z pracą na rzecz innych, a zwłaszcza na rzecz młodych pracowników nauki. To działanie pozwoliło stworzyć doskonałe warunki do rozwijania i budowania karier naukowych będących podstawą rozwoju Politechniki Śląskiej.

Od wielu lat profesor Eugeniusz Świtoński jest głównym inspiratorem i naukowym przewodniczącym corocznej konferencji naukowej „Modelowanie w mechanice”.

Wniosek końcowy

Uważam, że istnieją wszelkie podstawy, aby Wysoki Senat Politechniki Świętokrzyskiej wyraził pozytywną opinię o nadaniu przez Politechnikę Lubelską honorowego tytułu doktora honoris causa profesorowi Eugeniuszowi Świtońskiemu.

Opinia ta odnosi się do nauczyciela akademickiego, pracownika nauki o uznanym wysokim autorytecie, posiadającym wybitne osiągnięcia naukowe potwierdzone wieloma publikacjami, twórcy ogólnopolskiej szkoły naukowej, jak również do osoby posiadającej ogromny dorobek w zakresie opiniowania, organizowania i promowania polskiej nauki, poprzez członkostwo w Komitecie Badań Naukowych, wielu radach i Komitetach Naukowych PAN oraz Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów Naukowych.

REKTOR
St. Adameczak

prof. dr hab. inż. Stanisław Adameczak, dr h.c.

Uchwała Nr 46...../13
Senatu Politechniki Świętokrzyskiej
z dnia 20.05.2013 roku

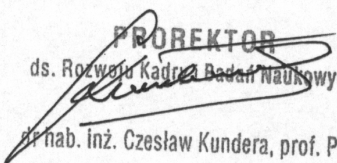
w sprawie zaopiniowania wniosku
Politechniki Lubelskiej
dotyczącego nadania tytułu doktora honoris causa
prof. dr hab. inż. Eugeniuszowi Świtońskiemu

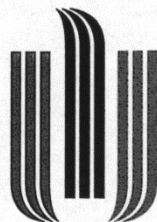
Na podstawie art. 62 ust. 1 ustawy z dnia 27 lipca 2005 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz. U. z 2012 poz. 572 j.t) w związku z § 19 pkt. 12 Statutu Politechniki Świętokrzyskiej uchwała się, co następuje:

§ 1. Senat Politechniki Świętokrzyskiej pozytywnie opiniuje wniosek Politechniki Lubelskiej dotyczący nadania tytułu doktora honoris causa prof. dr hab. inż. Eugeniuszowi Świtońskiemu na podstawie opracowanej i przedstawionej przez prof. dr hab. inż. Stanisława Adamczaka, dr h. c. opinii o dorobku naukowym, osiągnięciach i zasługach kandydata do tytułu doktora honoris causa.

§ 2. Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący obradom


PROREKTOR
ds. Rozwoju Kadr i Badań Naukowych
dr hab. inż. Czesław Kundera, prof. PŚk



AGH

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

prof. dr hab. inż.

Tadeusz Słomka

REKTOR

Rb-zor/O/31/2013

Kraków, dn. 03.04.2013

**Jego Magnificencja
Prof. dr hab. inż. Piotr Kacejko
Rektor Politechniki Lubelskiej**

Szanowny Panie Rektorze,

Uprzejmie informuję Pana Rektora, że Senat Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na posiedzeniu w dniu 27 marca 2013 roku w głosowaniu tajnym poparł wniosek o nadanie Panu Profesorowi Eugeniuszowi Świtońskiemu tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej.

W załączeniu przesyłam wyciąg z protokołu posiedzenia Senatu AGH oraz opracowaną przez prof. Janusza Kowala opinię o dorobku naukowym, osiągnięciach i zasługach prof. Eugeniusza Świtońskiego.

Z poważaniem
M. Słomka

Kraków 2013.04.02

Wyciąg z Protokołu

Posiedzenia Senatu AGH z dnia 27 marca 2013 r.

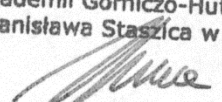
Ad. 8/

Prof. J. Kowal na wstępie poinformował, że ma niewątpliwą przyjemność i satysfakcję przedstawić opinię na temat dorobku zawodowego Pana Profesora Eugeniusz Świtońskiego-wybitnego uczonego, zasłużonego organizatora nauki, nauczyciela i opiekuna młodej kadry naukowej a przede wszystkim wspaniałego człowieka. Profesor jest postacią tak dobrze znaną w środowisku mechaników, w ośrodkach zajmujących się budową i eksploatacją maszyn, że nie jest łatwo scharakteryzować Jego postać, gdyż Jego bogata i długoletnia działalność ma wszelkie znamiona wszechstronności. Wieloletnia działalność naukowa Profesora Świtońskiego koncentruje się wokół zagadnień dynamiki ośrodków ciągłych ze szczególnym uwzględnieniem teorii powłok i prętów cienkościennych, stosowania i rozwoju metod numerycznych w analizie stereomechanicznej konstrukcji maszynowych oraz problemów dynamiki napędów. W ostatnich latach podjął badania z zakresu biomechaniki i konstrukcji sprzętu medycznego. Wyniki swoich prac Profesor przedstawił w 14 książkach i monografiach oraz w ponad 250 oryginalnych artykułach i opracowaniach naukowych. Dorobek aplikacyjny Profesora obejmuje kilkadziesiąt niepublikowanych prac naukowo-badawczych realizowanych w ramach problemów centralnie koordynowanych oraz wykonywanych na zamówienie przemysłu. Cechą charakterystyczną Jego prac naukowych jest nowatorskie podejście do każdego problemu, aktywność w kreowaniu nowych, użytecznych rozwiązań w transferze nowych technologii, a przede wszystkim tworzenie twórczej atmosfery w swoim otoczeniu. Wokół siebie zgromadził grono młodych ludzi i stworzył własną szkołę, wypromował 14 doktorów, spośród których wielu uzyskało już stopień doktora habilitowanego i kilku uzyskało tytuł profesora. Wartość tego dorobku polega nie tylko na konkretnych oryginalnych rezultatach, ale przede wszystkim należy podkreślić to, że prace prof. Świtońskiego znajdują

praktyczne zastosowania w przemyśle, jest autorem lub współautorem 9 patentów i wielu wdrożeń i od wielu lat współpracuje z przemysłem i gospodarką. Ważną i niezmiernie pożyteczną częścią bogatej i różnorodnej działalności Profesora jest Jego aktywność w zakresie organizacji nauki i dydaktyki. W czasie swojej pracy w Uczelni pełnił wiele funkcji, jest członkiem Komitetu Mechaniki oraz członkiem Komitetu Budowy Maszyn PAN, był Przewodniczącym Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej. W roku 2004 ogólnopolska społeczność naukowa wybrała Profesora Świtońskiego na członka Komitetu Badań Naukowych piątej kadencji. Działał tam jako członek Zespołu Mechaniki, Budownictwa i Architektury. Był również członkiem Zespołu Badań na Rzecz Rozwoju Gospodarki oraz Zespołu Roboczego ds. Produkcji Materialnej przy Ministrze nauki i Szkolnictwa Wyższego. Był także członkiem Zespołu Badań na Rzecz Obronności i Bezpieczeństwa. Przez dwie kadencje był Członkiem Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów Naukowych oraz Komisji Badań na Rzecz Rozwoju Nauki w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Pełnił tam funkcję Przewodniczącego Zespołu Nauk Technicznych. Działalność Profesora jest bardzo bogata, można by przytaczać jeszcze wiele innych Jego osiągnięć, jest Doktorem Honoris Causa AGH, również tym zaszczytem wyróżniła Go Politechnika Rzeszowska oraz Politechnika Śląska. Na zakończenie swojego wystąpienia prof. J. Kowal stwierdził, że gorąco popiera wniosek o nadanie Mu tego Tytułu przez Politechnikę Lubelską.

Wobec braku głosów w dyskusji w głosowaniu tajnym, w którym uczestniczyło 69 Senatorów (na 87 uprawnionych do głosowania) 68 głosów „za”, 0 głosów „przeciw”, 1 głos „wstrzymuję się” Senat podjął uchwałę nr 45/2013 w sprawie przyjęcia recenzji prof. Janusza Kowala do wniosku Politechniki Lubelskiej o nadanie Tytułu Doktora Honoris Causa prof. dr hab. inż. Eugeniuszowi Świtońskiemu.

REKTOR
Akademii Górniczo-Hutniczej
Im. Stanisława Staszica w Krakowie


prof. dr hab. inż. Tadeusz Słomka

Prof. dr hab. inż. Janusz Kowal
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Akademia Górniczo – Hutnicza im. St. Staszica

Kraków, 12 marzec 2013 roku

OPINIA

**dla Senatu Akademii Górniczo – Hutniczej w związku z postępowaniem o
nadanie prof. dr hab. inż. Eugeniuszowi Świtońskiemu godności
Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej**

Mam niewątpliwą przyjemność i satysfakcję przedstawić moją opinię na temat dorobku zawodowego Pana Profesora Eugeniusza Świtońskiego – wybitnego uczonego, zasłużonego organizatora nauki, nauczyciela i opiekuna młodej kadry naukowej oraz wspaniałego człowieka. Profesor Świtoński jest postacią tak dobrze znaną w naszym środowisku, a jego osiągnięcia są tak ewidentne, że uzasadnienie wniosku uważam za czysto formalną konieczność, wymaganą przez odpowiednie procedury i dlatego przedstawiam je w ogromnym skrócie. Nie jest bowiem łatwo scharakteryzować postać profesora, gdyż Jego bogata, długoletnia działalność ma wszelkie znamiona wszechstronności.

Profesor zwyczajny, doktor habilitowany inżynier Eugeniusz Świtoński urodził się 7 sierpnia 1940 roku w Drohiczynie. Studiował w Politechniki Poznańskiej, którą ukończył w 1963 roku. W tym samym roku podjął pracę zawodową w Politechnice Śląskiej, z którą związany jest zawodowo do dnia dzisiejszego. W 1970 roku uzyskał stopień naukowy doktora, a w 1980 roku doktora habilitowanego. Obie rozprawy, doktorska i habilitacyjna, zostały wyróżnione przez Radę Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej i nagrodzone indywidualnymi Nagrodami

Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki. Profesor Eugeniusz Świtoński został mianowany na stanowisko profesora nadzwyczajnego w Katedrze Mechaniki Technicznej Politechniki Śląskiej w 1991 roku. Tytuł naukowy profesora uzyskał w 1995 roku, a po zaledwie czterech latach został mianowany na stanowisko profesora zwyczajnego. Od 1991 roku do chwili obecnej kieruje Katedrą Mechaniki Stosowanej a od 1999 jest kierownikiem studium doktoranckiego. Jest inicjatorem powstania i założycielem, a od 2010 roku Dyrektorem Centrum Zaawansowanych Technologii Bezpieczeństwa i Obronności Politechniki Śląskiej.

Za wybitne osiągnięcia naukowe i organizacyjne oraz promowanie młodej kadry naukowej Senat Politechniki Rzeszowskiej w 2007 roku nadał Profesorowi Eugeniuszowi Świtońskiemu tytuł Doktora Honoris Causa. Tą godnością został również wyróżniony w swojej macierzystej uczelni, Politechnice Śląskiej w 2009 r. i w Akademii Górniczo – Hutniczej w 2012 roku.

Profesor Eugeniusz Świtoński jest cenionym i szanowanym przez studentów i doktorantów dydaktykiem. Prowadził wykłady na studiach magisterskich, podyplomowych i doktoranckich głównie z mechaniki ogólnej, wytrzymałości materiałów, mechaniki ośrodków ciągłych, mechaniki płynów, konstrukcji cienkościennych, statyki i stateczności konstrukcji oraz ustrojów nośnych, na kilku wydziałach różnych Uczelni jak: Politechnika Śląska, Politechnika Rzeszowska, Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Opolu. Ponadto jest autorem wielu opracowań, nowych programów studiów, podręczników akademickich i pomocy dydaktycznych. Opracowywał i modernizował programy studiów, uruchamiał nowe specjalności i związane z tym laboratoria. Był jednym z inicjatorów uruchomienia specjalności mechanika stosowana na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej. Jako prodziekan Wydziału przewodniczył komisji ds. planów studiów. Opracowywał plany studiów dla specjalności biomechanika i sprzęt medyczny. Bliska współpraca ze studentami, sposób prowadzenia zajęć i pomoc w rozwiązywaniu problemów dydaktycznych sprawiły, że Rada Uczelniana Zrzeszenia Studentów Polskich przyznała Mu dyplom „Złota kreda” za wybitne osiągnięcia w pracy z młodzieżą akademicką. Jest aktywnym propagatorem mechaniki uczestnicząc w pracach organizacji naukowych. Będąc członkiem Komisji Dydaktycznej Komitetu Mechaniki PAN brał udział w opracowywaniu raportu dotyczącego nauczania mechaniki w Polsce. Uczestniczył również w Komisji Dydaktycznej powołanej przez Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej. Za

działalność dydaktyczną otrzymał 4 Nagrody Rektora Politechniki Śląskiej. Jest promotorem 14 zakończonych rozpraw doktorskich i trzech będących w znacznym stopniu zaawansowania. Wypromował liczne grono dyplomantów na studiach magisterskich. Recenzował wiele rozpraw doktorskich i habilitacyjnych, jest również autorem licznych opinii w postępowaniach o nadanie tytułu naukowego profesora i zatrudnienia na stanowiskach profesora.

Wieloletnia działalność naukowa profesora Eugeniusza Świtońskiego koncentruje się wokół zagadnień dynamicznych mechaniki ośrodków ciągłych ze szczególnym uwzględnieniem teorii powłok i prętów cienkościennych, stosowania i rozwoju metod numerycznych w analizie stereomechanicznej konstrukcji maszynowych oraz problemów dynamiki napędów kombajnów węglowych. W ostatnich latach podjął badania z zakresu biomechaniki i konstrukcji sprzętu medycznego. Wyniki swoich prac profesor Eugeniusz Świtoński przedstawił w 14 książkach i monografiach oraz w ponad 250 oryginalnych artykułach i opracowaniach naukowych. Dorobek aplikacyjny Profesora obejmuje kilkadziesiąt niepublikowanych prac naukowo-badawczych realizowanych w ramach problemów centralnie koordynowanych oraz wykonanych na zamówienie przemysłu.

Pracę naukową rozpoczął studiami nad zagadnieniami teorii powłok i analizy drgań. Pierwsze prace dotyczyły badań teoretyczno – doświadczalnych stateczności powłok o kształcie hiperboloidy obrotowej poddanej ciągłemu obciążeniu zewnętrznemu przy jednoczesnym uwzględnieniu ciężaru własnego powłoki. Wyniki tych badań opublikowane w Archiwum Inżynierii Lądowej PAN, zostały wyróżnione trzecią nagrodą w Konkursie PTMTiS w 1966 roku.

Drugim obszarem, w którym prof. Świtoński zainicjował badania to dynamika wież wyciągowych oraz badania teoretyczne dotyczące stateczności i dynamiki prętów cienkościennych o zmiennym przekroju. Za te prace został wyróżniony nagrodami indywidualnymi Ministra Nauki Szkolnictwa Wyższego i Techniki.

Podjęte badania z zagadnień teorii powłok i prętów cienkościennych były inspirowane bezpośrednimi potrzebami przemysłu hutniczego, górniczego oraz kombinatu Urządzeń Mechanicznych BUMAR Łabędy. Zagadnienia teorii powłok realizowane były dla przemysłu hutniczego, zaś prętami cienkościennymi modelował kadłuby pojazdów specjalnych. Prace związane z modelowaniem ustrojów nośnych

maszyn roboczych z wykorzystaniem teorii prętów cienkościennych są w dalszym ciągu rozwijane.

Pobyt w 1970 roku na stażu naukowym w Wojskowej Akademii Technicznej oraz dalsza współpraca z prof. Janem Szmelterem stanowiły podstawę i ukierunkowanie do podjęcia przez Profesora badań w zakresie stosowania i rozwoju metod numerycznych w analizie stereomechanicznej konstrukcji maszynowych. Doświadczenia zdobyte podczas stażu naukowego, pozwoliły Mu na wprowadzenie metody elementów skończonych do dyskretyzacji ośrodka oraz opracowanie metody całkowania krokowego (metoda kolokacji) przy rozpatrywaniu zagadnień dynamicznych. Metodę tę zastosował do analizy stereomechanicznej prasy, analizy stanu naprężenia elementów wielkiego pieca, walców składnych oraz korpusów obrabiarek. Były to pierwsze próby zastosowania metody elementów skończonych w projektowaniu maszyn na Politechnice Śląskiej.

Na początku lat osiemdziesiątych Profesor podejmuje współpracę z przemysłem górniczym. Zaowocowała ona wieloma pracami dotyczącymi zagadnień dynamiki maszyn górniczych a w szczególności była to analiza wielkości sił dynamicznych w parach kinematycznych układów napędowych. Opracowany przez Niego model elektromechaniczny układu napędowego uwzględnia zarówno nieliniowości układu mechanicznego jak i elektrycznego. Przeprowadzając procedury optymalizacyjne udało się obniżyć maksymalne wartości sił dynamicznych od 20 do 50 %. Dalsze prace prowadzone pod kierownictwem Profesora doprowadziły do opracowania metod oceny stanu obciążenia kombajnów węglowych w czasie ich eksploatacji. Wynikiem przeprowadzonych badań są oryginalne algorytmy obliczeń i programy komputerowe. Prace prowadzone obecnie pod kierunkiem profesora zmierzają do optymalnego doboru cech konstrukcyjnych układu napędowego maszyny, określenia maksymalnych wielkości zużycia jej elementów w trakcie eksploatacji i oceny diagnostycznej stanu technicznego. W zakresie tej działalności prowadzone są badania dotyczące opracowania algorytmu kształtowania charakterystyk dynamicznych układów maszynowych zapewniających im pożądane cechy dynamiczne zmierzające do eliminacji drgań. W opracowanych algorytmach doboru parametrów dynamicznych układów zastosowane były metody optymalizacji z wykorzystaniem metod numerycznych. W zakresie badań dynamiki układów napędowych obroniono 7 rozpraw doktorskich pod kierunkiem prof. E. Świtońskiego, z których większość była wyróżniona. Aktualne kierunki badań prowadzonych przez

Profesora w tym obszarze, to zastosowanie optymalizacji cech dynamicznych układów maszynowych jako efektywnego narzędzia projektowego. Prace badawcze wykonane pod kierunkiem Profesora Eugeniusza Świtońskiego zawierają wiele nowych, oryginalnych koncepcji zarówno teoretycznych jak i doświadczalnych. Niektóre z nich mają pionierski charakter, a sam Profesor uważany jest za twórcę polskiej szkoły dynamiki elektromechanicznych układów napędowych. Wywodzi się z niej liczna grupa doktorów nauk technicznych i doktorów habilitowanych, spośród których są już profesorowie.

Inną dziedziną zainteresowań naukowych Profesora jest rozwijająca się bardzo intensywnie biomechanika inżynierska. Zaliczyć do nich można badania modelowe lokomocji i obciążeń narządów ruchu człowieka zainspirowane obserwowanym ciągłym wzrostem liczby urazów i osiągania pożądanych postępów w metodach nowoczesnej rehabilitacji. Również w tej dziedzinie posiada szereg publikacji, opracowań naukowo – technicznych i patentowych. Rozwija metody modelowania narządów ruchu człowieka opracowując modele fizyczne i matematyczne kończyn dolnych, programy symulujące ruch kończyn dolnych pod wpływem założonych sił mięśniowych, opracowanie modelu fizycznego stopy oraz przeprowadzenie weryfikacyjnych badań doświadczalnych. Zespół pod kierunkiem Profesora współpracuje z Centrum Rehabilitacji w Reptach Śląskich. Efektem utylitarnym tych prac jest oryginalny stół do pionizacji i podnoszenia chorego, na który zespół uzyskał patent.

Charakteryzując dalej ogólnie omawiany dorobek Profesora, warto wskazać na trzy istotne jego cechy:

1. Wymienione kierunki badawcze wynikają z aktualnych potrzeb społecznych i gospodarki, nie były realizowane jako oddzielne etapy, ale były wzbogacone o nowe oryginalne koncepcje i możliwości zastosowań. Bowiem praca naukowa Profesora odbiega od rutyny i przyczynkarstwa. Ma to ogromne znaczenie dla środowisk, z którymi Profesor współpracuje. Działalność ta jest bowiem nieustannym źródłem inspiracji i wyzwaniem dla tych środowisk.
2. Cechą charakterystyczną prac naukowych Profesora jest nowatorskie podejście do każdego problemu, aktywność w kreowaniu nowych użytecznych rozwiązań, transferze nowych technologii, a przede wszystkim tworzenie twórczej atmosfery w swoim otoczeniu.

3. Wartość tego dorobku polega nie tylko na konkretnych oryginalnych rezultatach, ale przede wszystkim na tym, że prace prof. Świtońskiego znajdowały praktyczne zastosowania w przemyśle. Jest autorem 9 patentów i wielu wdrożeń, od wielu lat współpracuje z przemysłem i gospodarką.

Charakteryzowany dorobek naukowy Profesora został przedstawiony w dużym zbiorze prac publikowanych w renomowanych czasopismach krajowych i zagranicznych oraz był prezentowany na prestiżowych międzynarodowych kongresach. Osiągnięcia te były inspiracją wielu prac innych autorów, były i są rozwijane w licznych zespołach naukowych.

Prof. E. Świtoński aktywnie współpracuje z wieloma ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą. Jego prace znalazły uznanie w świecie naukowym. Ma rozległe międzynarodowe kontakty naukowe, między innymi współpracuje blisko z ośrodkami w Aachen, Pilźnie, Ostrawie, Moskwie, Kijowie, Wilnie, Dniepropietrowsku i innych. Efektem współpracy są wspólne badania naukowe, wspólne publikacje, staże i seminaria naukowe.

Ważną i niezmiennie pożyteczną częścią bogatej i różnorodnej działalności prof. Eugeniusza Świtońskiego jest jego aktywność w zakresie organizacji nauki i dydaktyki. W okresie pracy na Uczelni pełnił wiele funkcji: vice Dyrektora Instytutu Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, prodziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej, kierownika Katedry Mechaniki Stosowanej. Jako aktywny propagator mechaniki, w latach 1998 do 2002 był przewodniczącym Zarządu Głównego PTMTS. Jest członkiem Senatu Politechniki Śląskiej. Aktywnie działa w komitetach naukowych PAN, jest członkiem Komitetu Mechaniki i Komitetu Budowy Maszyn PAN, v-ce przewodniczącym sekcji dynamiki układów Komitetu Mechaniki PAN, członkiem Komisji Górniczej PAN, członkiem zespołu Maszyn Górniczych Komitetu Górnictwa PAN i wielu innych. W 2007 roku Prof. E. Świtoński został Członkiem Honorowym Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej. Był i jest wybieranym członkiem oraz przewodniczącym wielu Rad Naukowych np. Przewodniczącym Rady Naukowej OBR OBRUM i Elektromed". Profesor Świtoński jest stałym recenzentem i członkiem wielu komitetów redakcyjnych czasopism naukowych w kraju i za granicą, m.in.: Journal of Lithuanian Academy of Science Transport, Quartely AGH Mechanics, International Journal

Engineering Mechanics (Czechy), Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Przegląd Mechaniczny. Nauka Innowacje Technika i innych.

Osiągnięcia i pozycja naukowa prof. Świtońskiego spotykały się i spotykają z licznymi wyrazami uznania w postaci prestiżowych nagród, godności oraz członkostwa towarzystw naukowych. Za działalność naukową otrzymał pięć nagród Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, w tym indywidualną za całokształt dorobku, kilkanaście nagród Rektora Politechniki Śląskiej, został odznaczony Brązowym, Srebrnym i Złotym Krzyżem Zasługi, Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski oraz Medalem Komisji Edukacji Narodowej, Medalem Jubileuszowym AGH i Medalem Honorowym Georgio Agricoli Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie, Złotym Laurem Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego. Uzyskał również wyróżnienia branżowe jak honorowy tytuł „Zasłużony dla OBR Urządzeń Mechanicznych OBRUM i Statuetkę „Złoty Partner 2008” za wybitne osiągnięcia w rozwoju kadry naukowej Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG w Gliwicach.

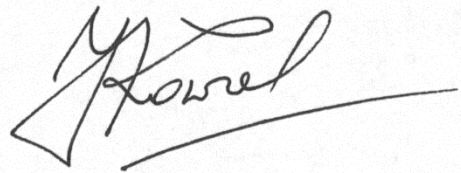
W 2004 roku ogólnopolska społeczność naukowa wybrała Prof. Świtońskiego na członka Komitetu Badań Naukowych piątej kadencji. Działał w związku z tym jako członek Zespołu Mechaniki, Budownictwa i Architektury. Równocześnie Minister Nauki i Informatyzacji powołał Go na członka Zespołu Badań na Rzecz Obronności i Bezpieczeństwa. Był członkiem Komisji Badań na Rzecz Rozwoju Gospodarki, członkiem Zespołu Roboczego do spraw Produkcji Materialnej oraz ponownie członkiem Zespołu Badań na Rzecz Obronności i Bezpieczeństwa.

W 2006 roku zostaje wybrany do Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów gdzie pracował przez dwie kadencje do 2012 roku. W czerwcu 2008 roku, Profesor zostaje wybrany do Komisji Badań na Rzecz Rozwoju Nauki w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego. W komisji tej pełnił funkcję Przewodniczącego Zespołu Nauk Technicznych. Jest inicjatorem powstania i założycielem, a od 2010 roku Dyrektorem Centrum Zaawansowanych Technologii Bezpieczeństwa i Obronności Politechniki Śląskiej.

Ta bogata, różnorodna i efektywna praca naukowa, dydaktyczna, organizacyjna i innowacyjna Prof. Eugeniusza Świtońskiego jest niezwykle użyteczna społecznie i nosi wszelkie znamiona wybitności. Nie mniej ważna jest Jego postawa wobec ludzi, stosunek zarówno do młodych pracowników nauki jak i do doświadczonych o bogatym dorobku naukowym, profesorów. Tym, co Go wyraźnie

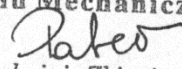
wyróżnia jest Jego życzliwość, empatia, które zjednują Mu sympatię i przychyłność środowiska. Daje mi to głębokie przeświadczenie, że jest On osobą, która w pełni zasługuje na wszelkie honory. Nadanie Mu godności Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej, będzie stanowiło wyraz najwyższego uznania Jego twórczych dokonań i owocnej współpracy z pracownikami tej znakomitej uczelni.

Wniosek Politechniki Lubelskiej uważam za w pełni uzasadniony i wnoszę do Senatu Akademii Górniczo – Hutniczej o wyrażenie pełnego poparcia dla przyznania Profesorowi Eugeniuszowi Świtońskiemu tytułu i godności DOCTORA HONORIS CAUSA.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Kowal', with a long horizontal line extending from the end of the signature.

UCHWAŁA WM/17/12/13
RADY WYDZIAŁU MECHANICZNEGO
POLITECHNIKI LUBELSKIEJ
z dnia 28 listopada 2012 roku

W uznaniu szczególnych zasług w staraniach o uzyskanie uprawnień do nadawania stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria produkcji oraz za wieloletnią twórczą współpracę ze środowiskiem naukowym Wydziału Mechanicznego, Rada Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej na posiedzeniu w dniu 28 listopada 2012 roku podjęła uchwałę w sprawie wystąpienia z wnioskiem do Senatu PL o nadanie tytułu doktora honoris causa prof. dr. hab. inż. Eugeniuszowi Świtońskiemu oraz wyznaczenie promotora w osobie prof. dr. hab. inż. Marka Opielaka.

DZIEKAN
Wydziału Mechanicznego

prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater



**Uchwała Nr 50/2012/IX
Senatu Politechniki Lubelskiej
z dnia 28 grudnia 2012 r.**

***w sprawie wszczęcia postępowania o nadanie
prof. dr. hab. inż. Eugeniuszowi Świtońskiemu
tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej***

Na podstawie § 23 ust. 2 pkt 18) Statutu Politechniki Lubelskiej
Senat u c h w a l a, co następuje:

§ 1.

Senat Politechniki Lubelskiej, po zapoznaniu się z działalnością i dorobkiem naukowym *prof. dr. hab. inż. Eugeniusza Świtońskiego*, postanawia wszcząć postępowanie o nadanie Mu tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej oraz ustanawia *prof. dr. hab. inż. Marka Opielaka* promotorem tego przewodu.

W związku z powyższym Senat Politechniki Lubelskiej postanawia zwrócić się o opinie wspierające do Senatów wymienionych poniżej uczelni:

- 1) Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie,
- 2) Politechniki Świętokrzyskiej.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podpisania przez Rektora Politechniki Lubelskiej.

Przewodniczący
Senatu Politechniki Lubelskiej

Piotr Kacejko

Rektor

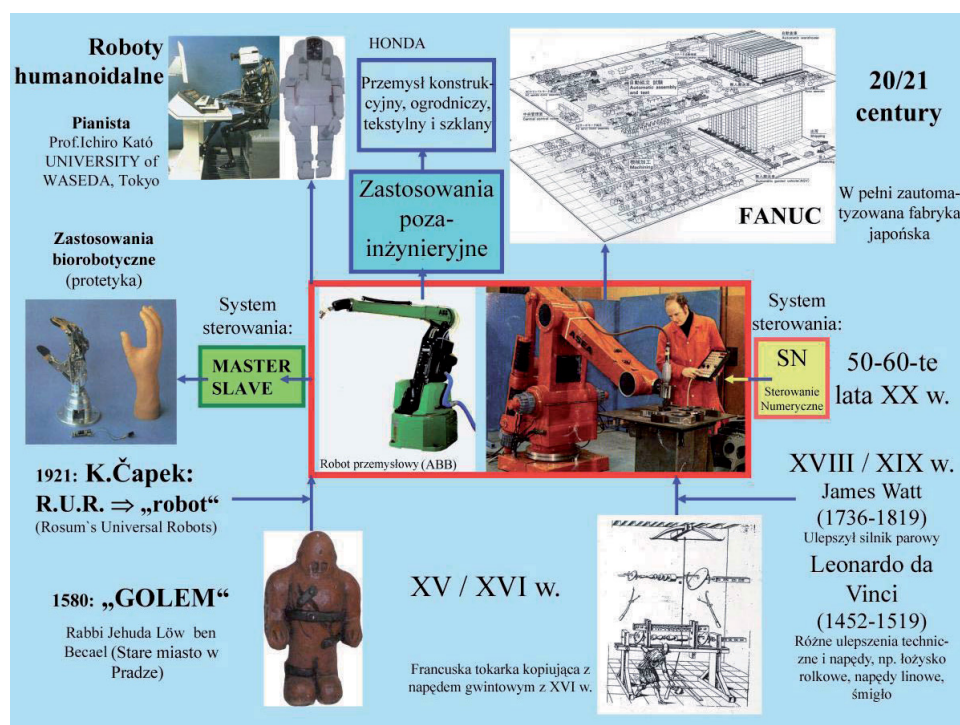
Prof. dr hab. inż. Piotr Kacejko

Wstęp

Sklonność do angażowania humanoidów lub maszyn przypominających organizmy żywe w służbę człowiekowi jest niemal tak stara jak sama ludzka kultura. Historia konstruowania ruchomych figurek sięga starożytnego okresu bizantyjskiego. Już w „Iliadzie” Homera wspomniane jest, że Hefajstos, jeden z olimpijskich bogów, zatrudnił w swoim domu pokojówki wykute ze szczerzego złota. W 400-365 r. p. n. e. Archytas stworzył drewniany model pingwina. Mówiono, że w miejscu wnętrzości pingwina umieszczony został mały balon. Heron z Aleksandrii, znany mechanik i budowniczy figurek napędzanych parą wodną i siłą pochodzącą z rozszerzalności cieplnej pewnych substancji, np. rtęci, konstruktor zautomatyzowanych elementów sceny, mechanizmów otwierających drzwi świątyni itp. używał do sterowania pary wodnej i rozgrzanego powietrza. Ciekawe i jednocześnie wyjątkowe mechaniczne konstrukcje sztucznych ludzi, powstałe w 18. wieku związane są z biorobotyką. Mniej więcej w 1738 r. francuski mechanik Jacques de Vaucanson skonstruował praktycznie działającego robota – flecistę, zdolnego zagrać 12 utworów muzycznych. Robot ten generował dźwięki, wydmuchując powietrze przez usta do głównego otworu fletu i zmieniał ich tony, umieszczając palce nad pozostałymi otworami instrumentu. W historii rozwoju automatyki nie zabrakło wielkiego artysty i technika Leonarda da Vinci (1452-1519). By przywitać króla Ludwika XII w Mediolanie, skonstruował mechanicznego lwa, który podszedł do królewskiego tronu i pozdrowił go unosząc łapę.

Jednak gwałtowny rozwój techniki nastąpił po odkryciu wielu praw i zasad fizyki, a w szczególności mechaniki: zasady dynamiki Isaaca Newtona, zasady Jeana d'Alemberta, zasady najmniejszego działania Williama Hamiltona, prawa Michaela Faradaya, Ampera, Aleksandra Volty, Gustawa R. Kirchhoffa i innych. Powstawały nowe wynalazki: żarówka, telefon, silnik parowy i elektryczny oraz wiele innych, odkrywanych do chwili obecnej. Rozwój ten wyzwolił nowe dyscypliny techniczne, takie jak elektrotechnika, mechanika, budowa maszyn, budownictwo, automatyka i inne. Dyscypliny te koncentrowały się mocno w obszarze własnych specjalistycznych zagadnień, do których opisu stosuje się powszechnie fizykę i matematykę, często mocno zaawansowaną. Brakuje im całościowego obrazu techniki, która ma służyć i pomagać człowiekowi w pracy i życiu codziennym. Lukę tę wypełniło nowe uogólniające podejście do techniki, które ujmuje dyscyplina nazwana mechatroniką. Pomimo że rozwój historyczny przemysłowych maszyn rozpoczął się znacznie wcześniej, przełom XV w. i XVI w. jest tutaj przyjęty jako okres początkowy. Można zaobserwować zarówno rzeczywisty rozwój maszyn przemysłowych, wliczając w to ich stopniowe ulepszanie i mechanizacje, jak i rozwój koncepcji sztucznego istnienia (Golem) w kierunku robotów Čapka ze sztuki „R.U.R.“. Te dwa kierunki łączą się przez wynalezienie sterowania numerycznego (SN) w połowie XX

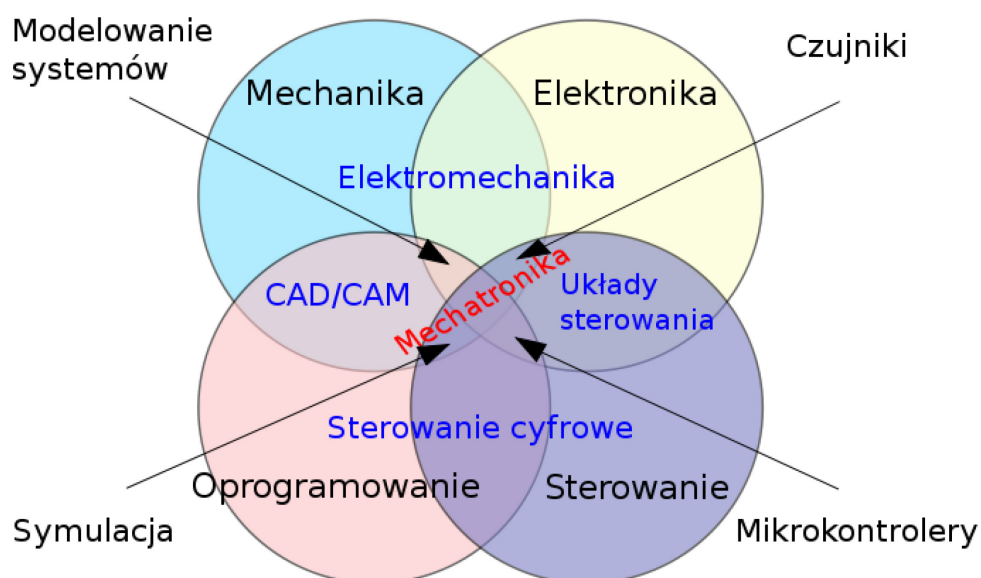
W chwili obecnej nastąpiło przenikanie się poszczególnych dyscyplin, tj. mechaniki i mechaniki precyzyjnej, elektroniki, informatyki, automatyki, robotyki, telekomunikacji, fotoniki oraz układów napędowych. Należało zatem określić nowe uogólniające podejście do techniki zapewniające zmianę wzorca techniki i nauk technicznych. Powstała nauka zwana mechatroniką, która zapewnia całościowe podejście do problemów i produktów techniki. Tak więc powstały nowe mechanizmy i urządzenia mechaniczne wyposażane w układy regulacyjne, które ostatnio zastąpione zostały mikroprocesorowymi układami sterowania, często wykorzystującymi technologie w skali mikro i nano, zwane urządzeniami mechatronicznymi.



Mechatronika jest jedną z młodszych dziedzin nauki i techniki, zaczęła się dynamicznie rozwijać dopiero w latach osiemdziesiątych. Uważa się, że pierwszym mechatronicznym urządzeniem była obrabiarka sterowana numerycznie. Mechatronika zaczęła pojawiać się coraz częściej w naszym życiu codziennym, np. w postaci automatycznie otwieranych drzwi, aparatów fotograficznych z autofokusem, automatów sprzedających, drukarki laserowej lub atramentowej, kserokopiarki, systemów przeciwpoślizgowych, odtwarzaczy CD czy poduszki powietrznej w technice samochodowej. Wiele wyrafinowanych układów mechatronicznych znalazło szerokie zastosowanie w przemyśle samochodowym,

np. systemy nawigacji, które tak niedawno były rzadkością, instaluje się już w pojazdach seryjnych.

Słowo mechatronika pojawiło się po raz pierwszy w roku 1969 w Japonii. Zostało wprowadzone przez T. Mori z japońskiej firmy Yaskawa. Do wczesnych lat 80. XX wieku termin mechatronika oznaczał mniej więcej tyle co elektryfikowany mechanizm. W połowie lat 80. XX wieku w Europie przez mechatronikę zaczęto rozumieć nową dziedzinę, która zapełniła lukę, jaka istniała wówczas między inżynierią mechaniczną a elektroniką. W kolejnych latach definiowano mechatronikę na różne sposoby. Zgodnie z definicją przyjętą przez International Federation for the Theory of Machines and Mechanism, mechatronika jest "synergiczną kombinacją mechaniki precyzyjnej, elektronicznego sterowania i systemowego myślenia przy projektowaniu produktów i procesów produkcyjnych". Mechatronikę można dziś określić jako dziedzinę inżynierii, która stanowi połączenie inżynierii mechanicznej, elektrycznej, komputerowej, automatyki i robotyki, służącą projektowaniu i wytwarzaniu nowoczesnych urządzeń.

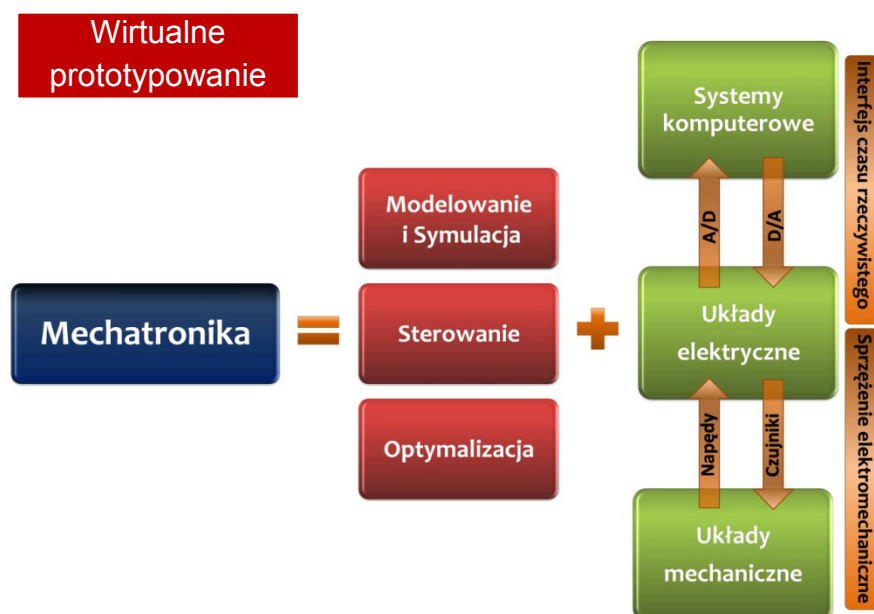


Rys. 2. Mechatronika jako synergia różnych dziedzin techniki

Produkty mechatroniki powinny cechować się wielofunkcyjnością, elastycznością i możliwością łatwego konfigurowania, a także adaptacyjnością i prostotą obsługi. Przedmiotem zastosowań mechatroniki jest między innymi wytwarzanie:

- układów sterowania pojazdami,
- zaawansowanych urządzeń powszechnego użytku oraz elektroniki użytkowej,
- urządzeń automatyki i robotyki, w tym robotów przemysłowych,
- obrabiarek sterowanych numerycznie,
- aparatury medycznej,
- mikrosystemów,
- narzędzi do pomiarów w zakresie nano,
- nowoczesnych zabawek.

Zadaniem mechatroniki nie jest naprawa konkretnego elementu mechanicznego bądź elektrycznego, lecz jego zdiagnozowanie oraz jak najszybsza wymiana i regulacja. Obecnie mechatronika to także filozofia projektowania, tworząca spójne podejście do projektowania inżynierskiego, co obrazuje rys. 3.



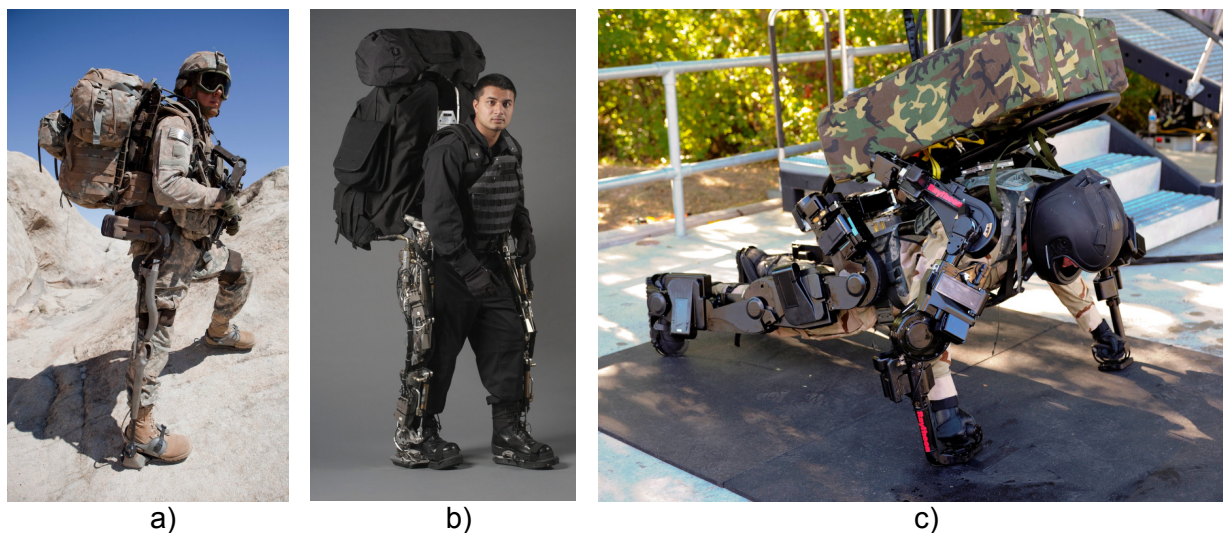
Rys. 3. Proces projektowania mechatronicznego

Z urządzeniami mechatronicznymi spotykamy się na co dzień, często nawet nie zdając sobie z tego sprawy. Zaliczają się do nich między innymi: cyfrowy aparat fotograficzny, kamera video, nowoczesna drukarka komputerowa, czy też inteligentnie działający robot kuchenny lub pralka automatyczna, a także w sektorze usług konsumpcyjnych – przy produkcji nowoczesnych komputerów, gadżetów, zabawek, sprzętu AGD, RTV i elektroniki użytkowej oraz w przemyśle do mikrosystemów oraz narzędzi i wysoce precyzyjnych pomiarów – także w skali nano. Nie dziwi dziś nikogo, że „martwe” urządzenie domaga się od użytkownika zmiany baterii lub wymiany taśmy, wypisując odpowiedni komunikat na ciekłokrystalicznym ekranie, czy włożenia papieru do podajnika drukarki, sygnalizując ludzkim głosem: - włóż papier, włóż papier, włóż papier. Szczególne nasycenie urządzeń mechatronicznych można zauważyć w przemyśle motoryzacyjnym. Wystarczy spojrzeć na urządzenia nowoczesnego samochodu. To komputer steruje wtryskiem paliwa, "aktywnym" zawieszeniem i klimatyzacją. W układzie kierowniczym można spotkać hydrauliczne serwomechanizmy, których zadaniem jest ułatwienie kierowcy manewrów na zatłoczonym parkingu. Nie można również zapomnieć o systemach bezpieczeństwa: poduszkach powietrznych i układach stabilizacji toru jazdy/hamowania TCS i ABS umożliwiających kontrolowanie samochodu nawet na śliskiej nawierzchni. Innym przykładem może być badanie trzeźwości kierowcy, zasiadającego za kierownicą pojazdu przez urządzenie, które nie pozwoli mu uruchomić samochodu wówczas, gdy wykryje większą od dopuszczalnej zawartość

alkoholu w jego oddechu. Wreszcie, kto wie czy nie najważniejsze - zautomatyzowane linie produkcyjne, obrabiarki o parametrach użytkowych, bez których nie można się dzisiaj obejść.

W ciągu ostatnich kilku lat niezwykle popularna stała się biomechatronika, wykorzystująca naszą wiedzę o organizmach żywych do projektowania wszelkiego rodzaju maszyn. Tak powstały wspomagające niepełnosprawnych egzoszkielety (rys. 4) czy supernowoczesne protezy zintegrowane z systemem nerwowym człowieka. Innym dynamicznym kierunkiem rozwoju mechatroniki jest mikromechatronika, czyli projektowanie i produkcja maszyn tak małych, iż często trudno dostrzec je gołym okiem. Przykładowo: nanoroboty przeszukujące ludzkie ciało w poszukiwaniu chorych komórek i leczące je precyzyjną aplikacją lekarstwa. Magia XXI wieku.

Szczególnie ogromny postęp obserwuje się w projektowaniu i wytwarzaniu urządzeń mechatronicznych wykorzystywanych dla ochrony i bezpieczeństwa kraju. Do końca ubiegłego wieku następował wyraźny transfer wiedzy technicznej ze sfery wojskowej do cywilnej, ale zmiany w sytuacji geopolitycznej, zmniejszenie zagrożenia konfliktem militarnym oraz przemiany gospodarcze i wzrost konkurencji na rynkach światowych spowodowały gwałtowny rozwój cywilnych badań naukowych oraz prac badawczo-rozwojowych i zmniejszenia nakładów na programy wojskowe. Często wyniki cywilnych prac naukowych i badawczo-rozwojowych stwarzają możliwości ich równoczesnych aplikacji militarnych. Pojawiło się pojęcie technologii dualnych, czyli takich, które mogą znaleźć zastosowanie zarówno militarne, jak i cywilne.



Rys. 4. Przykładowe rozwiązania egzoszkieleatów wspomagających i zwiększających możliwości człowieka w zadaniach militarnych, ratowniczych itp.. a) HULC Human Universal Load Carrier – Uniwersytet w Berkeley, b) BLEEX - Berkeley Lower Extremity Exoskeleton, c) XOS 2 firmy Raytheon

W ostatnich latach, szczególnie w zaawansowanych technologicznie krajach, duża część rozwiązań technicznych wykorzystywanych w produkcji sprzętu wojskowego wywodzi się z cywilnych prac badawczo-rozwojowych. Kierunek i zakres przepływu technologii pomiędzy sferą cywilną i wojskową zależy od obszaru tematycznego,

jednak najczęściej wojsko wdraża cywilne rozwiązania techniczne z zakresu elektroniki i informatyki. Należy jednak podkreślić, że wiele specjalistycznych obszarów badawczych jest i będzie ściśle zarezerwowanych dla laboratoriów wojskowych (np. nowe systemy uzbrojenia, technologie stealth itp.).

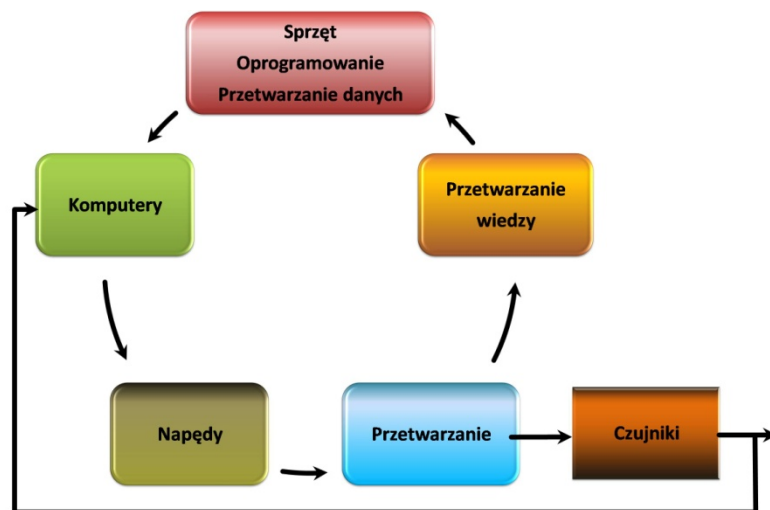
Udział cywilnych technologii w rozwoju produktów o przeznaczeniu militarnym zmienia podejście do sposobu projektowania, wytwarzania oraz eksploatacji sprzętu wojskowego, jednocześnie umożliwiając osiągnięcie wysokich parametrów taktyczno-technicznych. Wykorzystanie gotowych, opracowanych do zastosowań cywilnych podzespołów skraca cykl badawczo-rozwojowy nowego sprzętu, umożliwia redukcję kosztów opracowania i wdrożenia gotowego produktu, a także obniża koszty wytworzenia i eksploatacji dzięki użyciu znacznie tańszych podzespołów i komponentów produkowanych seryjnie.

Struktura systemu mechatronicznego

Struktura systemu mechatronicznego realizująca określone zadania składa się z czterech podsystemów:

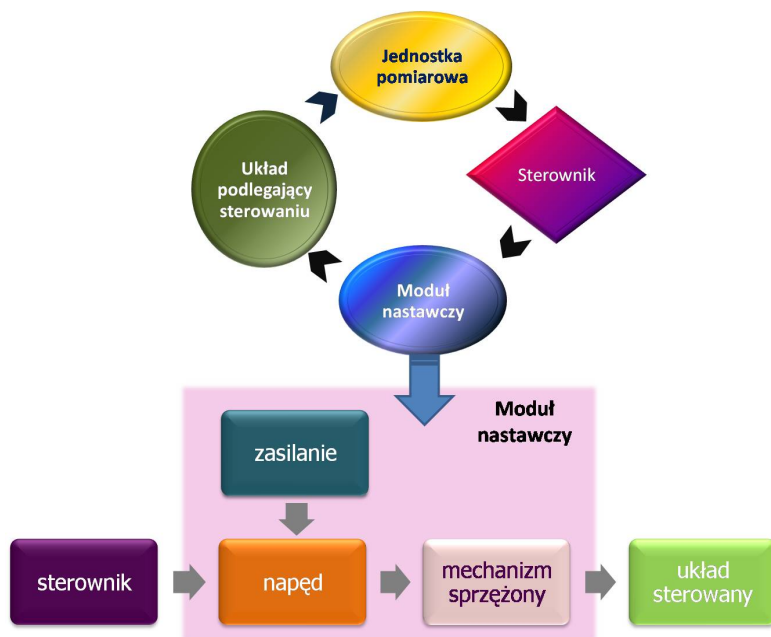
- sensorycznego (sensor subsystem) – zbierającego dane o działaniu systemu,
- sterującego (control subsystem) – elektronicznego układu przetwarzającego dane docierające z systemu sensorycznego i wytwarzającego dane dla systemu wykonawczego realizując zadanie sterowania,
- wykonawczego (actuator subsystem) – zmieniającego nastawy elementów wykonawczych,
- łączącego (linkage subsystem) – przesyłającego dane między wyżej wymienionymi podsystemami.

Integracja w ramach systemów mechatronicznych polega na połączeniu układów mechanicznych oraz elektrycznych i elektronicznych z oprogramowaniem (przetwarzanie informacji). Integracja sprzętowa wynika z założeń przyjętych do projektowania systemu mechatronicznego jako systemu całościowego i połączenia czujników, urządzeń uruchamiających oraz mikrokomputerów do systemu mechanicznego. Integracja oprogramowania opiera się głównie na zaawansowanych funkcjach kontroli oraz systemach przetwarzania i obróbki danych. Na rys. 5 przedstawiono schemat procesu integracji sprzętowej i programowej. Projektowanie mechatroniczne może osiągnąć wspaniałe rezultaty, jeśli jest efektywnie zintegrowane ze strategią zarządzania w ramach projektowania współbieżnego. Korzyści płynące z wdrożenia systemu mechatronicznego to przede wszystkim większa wydajność, wyższa jakość, pewność produkcyjna uzyskana poprzez wprowadzenie „inteligentnych” systemów samokorygujących.



Rys. 5. Integracja sprzętowa i programowa

Integracja komponentów sprzętowych polega na kompleksowym, współbieżnym projektowaniu systemu mechatronicznego, polegającym na łączeniu funkcji poszczególnych jego bloków na etapie doboru cech konstrukcyjnych i parametrów użytkowych. Aktuatory, sensory i mikrokomputer sterujący wbudowywane są w strukturę mechatroniczną, stając się integralną częścią systemu. Integracja oprogramowania pozwala na implementację w systemie funkcji diagnostycznych, optymalizacyjnych i adaptacyjnych bazujących na podstawie parametrów wejściowych, wyników pomiarów oraz dostępnej bazy wiedzy o procesie. Baza wiedzy może obejmować m.in.: modele analityczne i statystyczne procesu oraz informacje o parametrach funkcjonalnych.



Rys. 6. Struktura systemu mechatronicznego

Współczesny system mechatroniczny to złożony technicznie układ sterowania, zbudowany z następujących, podstawowych, jednostek funkcjonalnych:

- obiekt podlegający kontroli,
- moduł pomiarowy,
- układ sterujący,
- moduł nastawczy.

Blok pomiarowy może stanowić zarówno pojedynczy sensor, jak i zespół dodatkowych komponentów, takich jak:

- filtr,
- wzmacniacz,
- modulator,
- układ kondycjonujący sygnał pomiarowy.

Układ sterujący rejestruje sygnały elektryczne pochodzące z modułu pomiarowego i zgodnie z opracowanym algorytmem sterującym wysyła sygnały do układu wykonawczego. Układ wykonawczy składa się natomiast z aktuatorów i niezależnego źródła energii, np. źródła napięcia.

Sterowanie w mechatronice

Najszybciej rozwijającymi się obecnie elementami układów mechatronicznych są urządzenia przetwarzające i układy sterujące, co spowodowane jest głównie rozwojem techniki mikroprocesorowej. Na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych, kiedy wprowadzono tyrystory wyłączalne typu GTO oraz tranzystory mocy IGBT, rozpoczęła się znacząca produkcja przemienników częstotliwości stosowanych do zasilania silników prądu przemiennego. Konstrukcja współczesnego przemiennika częstotliwości umożliwia w prosty sposób uruchomienie regulowanego napędu z silnikiem prądu przemiennego (najczęściej trójfazowym). Nowoczesny napęd elektryczny tworzy co najmniej 5 urządzeń, które wskazano w schemacie przetwarzania energii elektrycznej na mechaniczną (rys. 7.).

Dobre funkcjonowanie układu mechatronicznego zapewnia jego sterowanie zarówno poszczególnych podzespołów jak i całego układu mechatronicznego. Sterowanie polega na takim oddziaływaniu na dany obiekt, w tym przypadku na układ mechatroniczny, aby osiągnąć określony cel jak w najkrótszym czasie i przy minimalnym zużyciu energii. Samo sterowanie nie wiąże się zwykle bezpośrednio z wydatkiem energii, związane jest natomiast z pewną informacją w postaci sygnału. Natomiast efekt sterowania może wiązać się ze zmianami energii albo przemianami materii – szerzej to ujmując, ze zmianami stanu (właściwości) obiektu. Obiekt, na który oddziałuje się podczas sterowania, nazywany jest obiektem sterowania. W układzie sterowania wyróżnia się co najmniej: obiekt sterowania i element sterujący czyli sterownik – może to być regulator automatyczny albo inny czynnik, zwykle ludzki jak to ma miejsce w przypadku sterowania ręcznego. Sterowanie może być więc realizowane przy pomocy człowieka – sterowanie ręczne lub za pomocą

specjalnie skonstruowanego urządzenia (sterownika, regulatora) - sterowanie automatyczne. W sterowaniu automatycznym układ sterowania nazywany jest układem sterowania automatycznego, choć słowo „automatycznego” często traktowane jest domyślnie i przez to pomijane.



Rys. 7. Schemat blokowy nowoczesnego napędu elektrycznego

Sterowanie może odbywać się w różnych układach. W ogólności można wyróżnić trzy rodzaje układów sterowania:

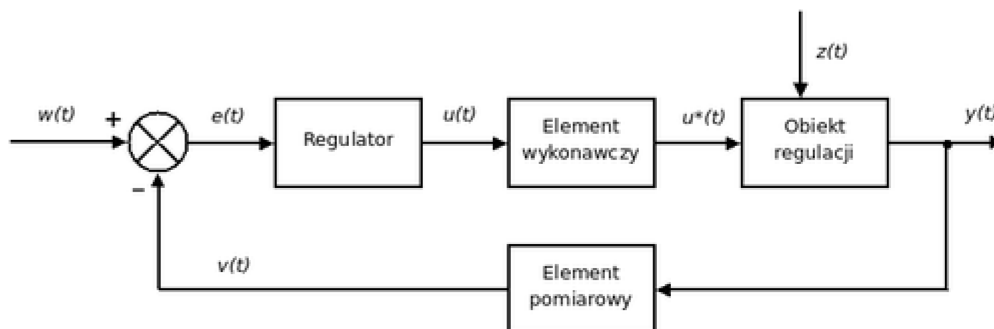
- z otwartą pętlą sprzężenia, czyli bez sprzężenia (tzw. układ otwarty),
- ze sprzężeniem w przód,
- ze sprzężeniem zwrotnym, czyli ze sprzężeniem w tył (tzw. układ zamknięty).

Sterowanie w układzie otwartym jest sensowne tylko wówczas, gdy dla danych sygnałów sterujących możemy przewidzieć odpowiednio dokładnie powstające skutki sterowania. Takie sterowanie w wielu zastosowaniach jest skuteczne i wystarczające. W praktyce jednak na układ sterowania (sterowany obiekt i sterownik) oddziałują zakłócenia zewnętrzne, ponadto sam obiekt sterowany wykazuje pewną zmienność (przez co ewentualny jego opis albo model nie jest zwykle dokładny). Dlatego też, aby poprawić skuteczność sterowania w takich warunkach, wprowadza się do układu sprzężenie. Pewną poprawę sterowania (czasami wystarczającą) daje już sprzężenie w przód, ale znacznie lepsze efekty przynosi zastosowanie sprzężenia zwrotnego (najczęściej jest to sprzężenie zwrotne ujemne). Jednak wadą układów z ujemnym sprzężeniem zwrotnym jest konieczność pojawienia się zakłóceń na wyjściu sterowanego obiektu. Dlatego w przypadku mierzalnych sygnałów zakłóceń lepsze efekty daje, wraz z zamkniętą pętlą od wartości sterowanej, sterowanie w otwartej pętli od zakłóceń (sprzężenie w przód).

Sterowanie a regulacja

Regulacja jest w zasadzie synonimem sterowania, jednak w języku polskim, ściśle rzecz biorąc, odróżnia się te dwa terminy i o regulacji mówi się tylko wówczas, gdy

sterowanie zachodzi w układzie zamkniętym z pętlą sprzężenia zwrotnego (w domyśle ujemnego) – a układ taki nazywa się układem regulacji (sterownik w takim układzie jest regulatorem, a cały układ z automatycznym regulatorem nazywa się układem regulacji automatycznej). W takim sensie sterowanie jest pojęciem szerszym, a regulacja – pewnym rodzajem sterowania, czyli pojęciem węższym. Takie rozróżnienie nie występuje na przykład w języku angielskim, gdzie w różnych kontekstach używany jest jedynie termin „control” (co znaczy między innymi: sterowanie, regulacja).



Rys. 8. Schemat układu regulacji

Układ regulacji składa się z elementu porównującego (sumator), regulatora, elementu wykonawczego (np. zawór, siłownik), obiektu sterowania oraz układu pomiarowego (np. czujnik, przetwornik).

Element porównujący oblicza różnicę między wartością sygnału zadanego $w(t)$ a wartością sygnału zwrotnego $v(t)$ otrzymaną poprzez układ sprzężenia zwrotnego z sygnału wyjściowego $y(t)$ otrzymaną z układu pomiarowego w sterowanym obiekcie. Otrzymany w układzie sumujący sygnał $e(t)$, zwany uchybem, jest przekazywany do regulatora, który przekształca go w sygnał sterowania $u(t)$ do elementu wykonawczego, oddziałującego na obiekt, podając sygnał na jego wejściu $u^*(t)$ (tzw. *wymuszenie*). Na regulowany obiekt działać mogą zakłócenia $z(t)$.

Opis układów regulacji

W odniesieniu do układów regulacji mówi się o ich analizie i syntezie oraz o modelowaniu, symulacji i identyfikacji. Formułując model matematyczny układu regulacji, stosuje się wielkości zmienne i parametry. Dla układów regulacji (obiektów, członów, elementów) określa się zwykle wejścia, wyjścia i ewentualnie ich stan. Najprostszy opis układów (obiektów, członów, elementów) regulacji to opis typu wejście-wyjście (w postaci odpowiedniego równania różniczkowego, transmitancji lub całki spłotowej). Alternatywą jest opis za pomocą równań stanu, które w odróżnieniu od opisu typu wejście-wyjście ujmują w sobie także opis stanu układu. W przeciwieństwie do opisu typu wejście-wyjście opis równaniami stanu nie jest jednoznaczny. Za klasyczny uznaje się opis z wykorzystaniem transmitancji

operatorowej. Transmitancja w przeciwieństwie do równań stanu zakłada domyślnie zerowy stan początkowy. Określa ogólne własności stacjonarnego układu liniowego, ale tylko o jednym wejściu i jednym wyjściu. Dla układu wielowymiarowego o n wejściach i m wyjściach można określić $m \times n$ transmitancji wiążących każde wyjście z każdym wejściem, jednak w praktyce opis układów wielowymiarowych za pomocą transmitancji nie jest wygodny. Transmitancją nie można też opisać układów nieliniowych i układów niestacjonarnych. W porównaniu z opisem typu wejście-wyjście opis równaniami stanu daje dużo więcej informacji o modelowanym obiekcie, o jego sposobie funkcjonowania, o tym, co się dzieje wewnątrz obiektu. Z powyższych względów w nowoczesnej teorii sterowania popularność zyskał opis z wykorzystaniem równań stanu, którym można opisać układy nieliniowe, układy niestacjonarne i który lepiej nadaje się do opisu układów wielowymiarowych. W układach dyskretnych równania różniczkowe, transformata Laplace'a, transformata Fouriera (stosowane dla układów ciągłych) zastępowane są odpowiednio przez równania różnicowe, transformatę Z i dyskretną transformatę Fouriera. Również równania stanu przybierają tu odpowiednią postać dyskretną. W układach stochastycznych do opisu wykorzystuje się pojęcia z zakresu teorii estymacji i teorii filtracji. Ponadto w układach, których działanie jest zakłócanie sygnałami losowymi, stosuje się szerszą klasę modeli układów dynamicznych, do której zaliczyć można model AR, model ARMA i model ARMAX. W układach o parametrach rozłożonych stosuje się równania różniczkowe cząstkowe. Układów o parametrach rozłożonych nie można opisać równaniami stanu ani macierzą transmitancji. W przypadku stacjonarnym do układów tych można stosować opis transmitancyjny.

Poniższa tabela przedstawia opisy (modele), jakie można stosować dla odpowiednich układów:

typ układu\opis	równania stanu	transmitancja operatorowa	macierz transmitancji
układ liniowy, stacjonarny, o parametrach skupionych	tak	tak	tak
układ liniowy, niestacjonarny, o parametrach skupionych	tak	nie	nie
układ liniowy, stacjonarny, o parametrach rozłożonych	nie	tak	nie
układ liniowy, niestacjonarny, o parametrach rozłożonych	nie	nie	nie

Opis złożonych układów regulacji

Do opisu układów regulacji, w których można wyróżnić elementarne składowe obiekty (człony), stosuje się zazwyczaj opisy graficzne: schematy blokowe i grafy przepływu sygnałów.

W układzie regulacji można wyróżnić następujące człony układów regulacji: człon proporcjonalny, człon całkujący, człon różniczkujący, człon inercyjny, człon całkujący z inercją, człon różniczkujący z inercją, człon opóźniający, człon oscylacyjny. W członach tych parametrami są czas różniczkowania, czas całkowania, stała czasowa, stała opóźniająca i współczynnik wzmocnienia.

W odniesieniu do regulatorów człony te wchodzi odpowiednio w skład: regulatora P, regulatora I, regulatora PI, regulatora PD i regulatora PID.

Wyróżnia się następujące charakterystyki układów regulacji (lub ich członów): charakterystyki statyczne i charakterystyki dynamiczne oraz charakterystyki czasowe i częstotliwościowe. Korzystając z odpowiednich charakterystyk, przeanalizować można między innymi stan nieustalony i stan ustalony. Analizę układów regulacji prowadzi się też, badając przebiegi linii pierwiastkowych.

Własności układu regulacji

Z układami regulacji związane są takie pojęcia jak osiągalność, sterowalność, stabilizowalność, odtwarzalność, obserwowalność, wykrywalność. W dobrze zaprojektowanym układzie regulacji wartość uchybu w stanie nieustalonym powinna być jak najmniejsza, natomiast w stanie ustalonym powinna być równa 0. W przypadku układów optymalnych dąży się najczęściej do optymalizacji (minimalizacji lub maksymalizacji) pewnej miary (wskaźnika jakości, kryterium sterowania) przy spełnieniu pewnych ograniczeń. Oczekuje się też często, że układ regulacji będzie niewrażliwy na zmiany parametrów i zakłócenia.

Klasyfikacja układów regulacji

Ze względu na przyjęty cel sterowania rozróżniamy następujące układy:

Układy stabilizacji (układy regulacji stałowartościowej) – w procesie regulacji mają za zadanie utrzymać stałą (w czasie) wartość wielkości wyjściowej mimo zmian wielkości wejściowej i działających na układ zakłóceń.

Układy śledzące (nadażne) – działają w taki sposób, aby sygnał wielkości wyjściowej nadażał za zmianami wielkości wejściowej, tzn. aby $y(t) = w(t)$. Zmiany sygnałów wejściowych nie są znane ani przewidywalne: są losową funkcją czasu. Układy te są również nazywane serwomechanizmami.

Układy programowalne – są odmianą układów śledzących, z tą różnicą, że sygnał wejściowy $w(t)$ jest z góry określoną (znaną) funkcją czasu.

Układy optymalne – struktura i parametry regulatora określone są na podstawie obliczonego ekstremum przyjętego wskaźnika jakości (tzw. kryterium kosztów), a sygnał sterujący optymalizuje ten wskaźnik. Sterowanie optymalne zasadniczo ma charakter dynamiczny (to znaczy dotyczy podejmowania decyzji w odniesieniu do pewnego przedziału czasu). Przykładem takiego układu może być układ sterowania ciągiem silników tak, aby samolot osiągnął określony pułap, przy minimalizacji wskaźnika jakości, którym jest zużycie paliwa.

Układy przełączające – regulacja odbywa się na zasadzie załączania lub wyłączania odpowiednich urządzeń procesu w odpowiedniej kolejności (sekwencji), a rolę regulatora pełni najczęściej układ logiczny. Rozróżnia się dwie grupy układów: kombinacyjne i sekwencyjne. Mówiąc krótko, układy kombinacyjne to takie, w których stan sygnałów wyjściowych w danej chwili zależy tylko od stanu sygnałów wejściowych w danej chwili. Układy sekwencyjne to takie, w których stan sygnałów wyjściowych w danej chwili zależy od stanu sygnałów wejściowych w danej chwili oraz od stanu sygnałów wyjściowych w chwili poprzedniej

Biorąc pod uwagę sposób działania algorytmu sterowania (lub regulatora) układy dzielimy na:

- **Układy regulacji kaskadowej** – w regulacji kaskadowej dwa regulatory pracują tak, że jeden z nich steruje nastawami drugiego.
- **Układy regulacji ekstremalnej** – układy, w których wielkości regulowane przybierają wartości ekstremalne (maksymalne lub minimalne), ale raz dobrane nastawy regulatora (wartość zadana) nie mają zastosowania w całym zakresie zmienności parametrów regulowanego obiektu i dlatego trzeba je korygować na bieżąco. Poszukiwanie ekstremum odbywa się bezpośrednio na *obiekcie* (co odróżnia takie układy od układów adaptacyjnych, gdzie poszukiwanie ekstremum odbywa się na *modelu*).
- **Układ regulacji z modelem** – układy z algorytmem uwzględniającym model referencyjny.
- **Układy adaptacyjne** – układy, mające zdolność do samoczynnego nastrajania parametrów (np. układu pomiarowego lub regulatora) do zmieniających się parametrów obiektu lub występujących zakłóceń. W tym między innymi:
- **Układy sterowania dualnego**
- **Układy ze sterowaniem powtarzalnym**
- **Układy sterowania z uczeniem iteracyjnym**
- **Układy regulacji odpornej** – w porównaniu ze sterowaniem adaptacyjnym metodyka sterowania odpornego jest statyczna; nie polega więc na adaptacji regulatora do zmian w pomiarach, regulator projektowany jest do pracy z założeniem, że pewne zmienne będą nieznane, ale, na przykład, ograniczone.
- **Układy stochastyczne** – sterowanie stochastyczne przypomina w pewnym sensie sterowanie odporne z tym, że w sterowaniu stochastycznym zakłada się, że choć pewne zmienne będą nieznane (niepewne), to znane są ich opisy stochastyczne (na przykład dane są gęstości prawdopodobieństwa lub można je estymować); w układach stochastycznych występują wielkości przypadkowe (losowe), stosuje się estymację (zob. też teoria estymacji, estymator, regresja) w tym: filtrację (zob. filtr Wienera i filtr Kalmana), predykcję i wygładzanie; przeciwieństwem układów stochastycznych są **układy deterministyczne**, w których sygnały są zdeterminowanymi funkcjami czasu.

Z punktu widzenia liniowości układu wyróżniamy:

- **Układy liniowe** – można je opisać za pomocą równań liniowych algebraicznych, różniczkowych, różnicowych lub całkowych. Układy liniowe spełniają zasadę superpozycji.
- **Układy nieliniowe** – układ zawierający przynajmniej jeden element nieliniowy jest układem nieliniowym. W praktyce każdy układ jest nieliniowy, lecz w przybliżeniu zakłada się jego liniowość lub linearyzuje się jego nieliniową charakterystykę. Robi się to zwłaszcza wtedy, gdy działanie procesu ogranicza się do niewielkiego obszaru wokół pewnego punktu pracy. Do analizy układów nieliniowych oprócz linearyzacji w punkcie pracy stosuje się między innymi metodę funkcji opisującej oraz analizę na płaszczyźnie fazowej, a do badania stabilności takich układów między innymi metody Lapunowa.

Ze względu na charakter sygnałów układy dzielimy na:

- **Układy ciągłe** – wszystkie sygnały (wejściowe i wyjściowe) są funkcjami ciągłymi w czasie i mogą przybierać dowolną wartość z obszaru swojej zmienności (zob. sygnał ciągły, sygnał analogowy). Układy te opisuje się zwykle równaniami różniczkowymi.
- **Układy dyskretnie** – układ jest dyskretny, jeżeli przynajmniej jeden jego sygnał ma charakter dyskretny, tzn. przyjmuje tylko określone wartości dla określonych argumentów (zob. sygnał dyskretny, sygnał cyfrowy). Układy takie opisuje się zwykle równaniami różnicowymi. Przy przetwarzaniu sygnałów ciągłych (analogowych) na dyskretnie (cyfrowe) mamy do czynienia z próbkowaniem i kwantyzacją. Przy przetwarzaniu sygnału dyskretnego na ciągły należy pamiętać o twierdzeniu Kotelnikowa-Shannona i warunku Nyquista.
- Układy przejawiające w swym zachowaniu zarówno cechy układów ciągłych jak i dyskretnych nazywamy **układami hybrydowymi**.

Biorąc pod uwagę charakter układu, możemy podzielić je na:

- **Układy statyczne (bezinercyjne)** – wyjście w danej chwili czasu zależy tylko od wejścia (brak stanu nieustalonego). Układy te składają się tylko z elementów rozpraszających energię i opisuje się je równaniami algebraicznymi.
- **Układy dynamiczne** – układy, w których wyjście nie jest jednoznacznie funkcją wejścia i zależy dodatkowo od charakteru procesu przejściowego (inercyjności) i stanu układu w chwili początkowej. Opisuje się je równaniami różniczkowymi lub różnicowymi.

W zależności od liczby wejść i wyjść rozróżniamy:

- Układy o jednym wejściu i jednym wyjściu.
- Układy o wielu wejściach lub wielu wyjściach.

Podział ze względu na liczbę zmiennych niezależnych:

- Układy jednowymiarowe
- Układy wielowymiarowe

Podział z uwagi na czasowy charakter parametrów:

- **Układy stacjonarne** – parametry układu nie ulegają zmianie w czasie (lub ich zmiany są pomijalne)
- **Układy niestacjonarne** – parametry układu ulegają zmianie w czasie

Podział z uwagi na przestrzenny charakter parametrów:

- Układy o parametrach skupionych
- Układy o parametrach rozłożonych

Podział ze względu na zmienność struktury:

- **Układy o stałej strukturze** – takie, które w czasie swojego działania nie zmieniają liczby sygnałów pomiędzy poszczególnymi członami.
- **Układy o zmiennej strukturze** – układy niespełniające powyższej zasady.

Rozróżnienie (układów o złożonej strukturze) z uwagi na sposób realizacji sterowania:

- Układy scentralizowane (w których regulator nadrzędny zbiera i wysyła sygnały sterujące do wielu urządzeń pomiarowych i wykonawczych),
- Układy zdecentralizowane (oparte na niezależnych od siebie regulatorach sterujących złożonym obiektem sterowania),
- Układy rozproszone (oparte na regulatorach, które mogą wymieniać ze sobą informacje, sterując złożonym obiektem sterowania) – nie należy mylić takich układów z komputerowymi rozproszonymi systemami sterowania, w których rozproszenie oznacza zasadniczo rozproszenie przetwarzania danych (przy jednoczesnym ujęciu wszystkich urządzeń sterowniczych w jeden system),
- Układy hierarchiczne koordynowane (oparte na regulatorach, które, sterując złożonym obiektem sterowania, mogą wymieniać ze sobą informacje poprzez układ koordynujący),
- Układy hierarchiczne jedno- i wielowarstwowe,
- Układy wieloagentowe – powstałe na bazie informatycznych systemów wieloagentowych,
- Układy sieciowe.

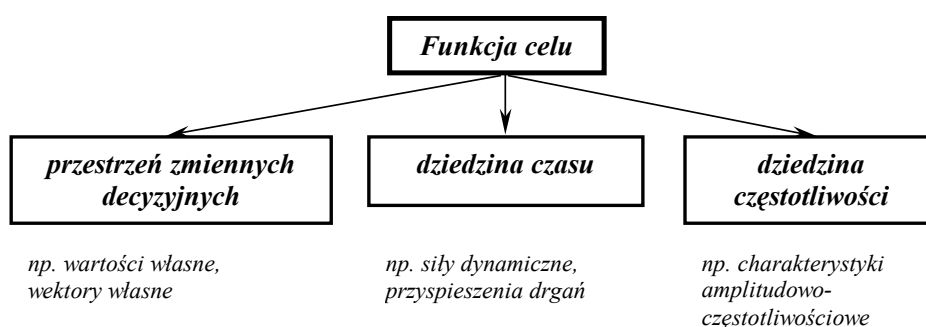
Modelowanie mechanizmów układów mechatronicznych

Jednym z podstawowych układów systemu mechatronicznego jest układ mechaniczny, który w ogólnym przypadku tworzy różnego rodzaju mechanizmy. Elementy mechaniczne projektowane są do eksploatacji przy dużych prędkościach operacyjnych i dużej dokładności pozycjonowania, a jednocześnie minimalnej masie, co wiąże się ze zmniejszeniem sztywności. W takim przypadku istotną rolę odgrywają zjawiska dynamiczne w parach kinematycznych mechanizmu i odkształcalność strukturalna elementów mechanicznych. Modele fizyczne tych układów odgrywają zatem istotną rolę w badaniach symulacyjnych pracy systemu

mechatronicznego. Do wyznaczania cech dynamicznych takich obiektów stosuje się najczęściej następujące metody:

- metodę elementów skończonych,
- metodę sztywnych elementów skończonych,
- metodę hybrydową, będącą połączeniem dwóch powyższych metod.

Niezwykle ważnym elementem w procesie doboru cech dynamicznych układu mechatronicznego jest optymalizacja. Metody optymalizacji stanowią cenne narzędzie wspomagające w procesie projektowo-konstrukcyjnym. Są szczególnie użyteczne w przypadkach, gdy konieczne jest zapewnienie wysokich parametrów eksploatacyjnych oraz wysokiej trwałości i niezawodności przy jednoczesnym spełnieniu ograniczeń wynikających z warunków technicznych i warunków bezpieczeństwa. Jednym z głównych czynników decydujących o trwałości i niezawodności układu są jego parametry dynamiczne. Efektywny dobór tych własności może być wspomagany przez zastosowanie metod optymalizacji.



Rys. 9. Funkcje celu wykorzystywane do optymalizacji charakterystyk dynamicznych

Najczęściej stosowaną funkcją celu w optymalizacyjnych badaniach własności dynamicznych jest funkcja opisująca wartości własne układu λ_i :

$$\psi = \lambda_i(\mathbf{b}) \quad (1)$$

Poszukuje się takiego zbioru zmiennych decyzyjnych, który zapewni pożądane wartości częstości drgań swobodnych bądź wektorów własnych. Optymalny dobór tych wartości polega na „odstrajaniu” układu od częstotliwości rezonansowych, czyli zmianie wybranych częstości oraz zapewnieniu odpowiedniego „odstępu” pomiędzy nimi. Zagadnienie to zazwyczaj wiąże się z optymalizacją funkcji celu w dziedzinie częstotliwości.

Proces optymalizacji funkcji celu zależnych od częstotliwości dotyczy zagadnień kształtowania odpowiedzi dynamicznych układu. Wykorzystuje się w tym celu np. funkcje przejścia oraz krzywe rezonansowe. Optymalizacja w tym przypadku dotyczy minimalizacji całek funkcji odpowiedzi częstotliwościowych lub wartości amplitud, odpowiadających wybranym częstościom. Przykładowe zadanie optymalizacji funkcji

celu, opisującej współczynnik wzmocnienia amplitud dla wybranego zakresu częstotliwości, ma następującą postać:

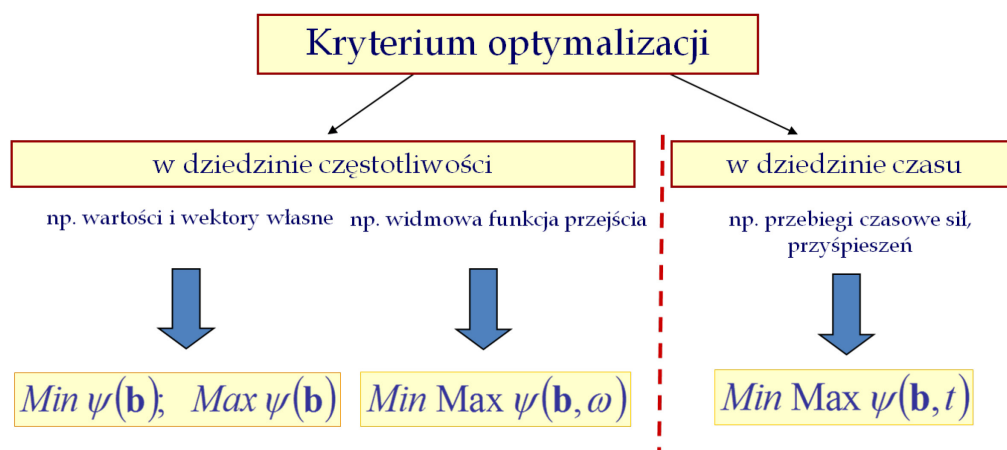
$$\text{Min } \psi = \mu_{\max}(\mathbf{b}, \omega) \quad (2)$$

gdzie: μ - obliczona wartość współczynnika wzmocnienia amplitudy.

Proces optymalizacji prowadzić można również dla funkcji celu opisanych w dziedzinie czasu. W tym przypadku występują trudności związane z koniecznością analizowania funkcji celu zmiennej w czasie. Wymaga to numerycznego rozwiązywania różniczkowych równań ruchu układu. Tak sformułowane zadanie umożliwia jednak uwzględnienie w obliczeniach zjawisk rozpraszania energii, stanu obciążenia zewnętrznego oraz wpływu sprzężenia pomiędzy napędem elektrycznym i mechanizmem. Metoda taka może być stosowana przy minimalizacji amplitud drgań mechatronicznych układów dynamicznych w stanach nieustalonych (rozruch, nagła zmiana obciążenia), umożliwiając zapewnienie minimalnego czasu osiągnięcia stanu ustalonego. Cel badań może być zrealizowany przez minimalizację maksymalnych wartości chwilowych przebiegów przyspieszeń lub oddziaływań dynamicznych w parach kinematycznych, np.:

$$\text{Min } \psi = P_{\max}(\mathbf{b}, t) \quad (3)$$

gdzie: P - obliczona wartość siły dynamicznej w wybranej parze kinematycznej układu.



gdzie: $\mathbf{b}$ - zespół zmiennych decyzyjnych, ω - częstość kołowa, t - czas

Rys. 10. Metody optymalizacji układu

Omawiane zadania optymalizacji, opisane zarówno w dziedzinie czasu, jak i częstotliwości, są zadaniami typu *MinMax*, w których minimalizuje się wartości maksymalne funkcji celu. Do poszukiwania optymalnych parametrów dynamicznych układów wygodnie jest zastosować metody sekwencyjnego programowania liniowego

oraz sekwencyjnego programowania kwadratowego. Rozważane zadania optymalizacji można zatem sformułować w postaci:

$$MinMax \psi(\mathbf{b}) \quad (4)$$

Rozpoczynając obliczenia, nie wiadomo, w którym kroku obliczeń pojawią się wartości maksymalne. W każdej iteracji należy zatem najpierw znaleźć wartość maksymalną, a następnie optymalne wartości zmiennych decyzyjnych. Wyniki zastosowań metod optymalizacyjnych do rozwiązywania wyżej opisanych zagadnień wskazują na wysoką efektywność metod sekwencyjnego programowania kwadratowego i sekwencyjnego programowania liniowego z ruchomymi ograniczeniami. Jednym ze sposobów rozwiązania zadania optymalizacji typu *MinMax* jest przekształcenie go w zagadnienie typu *Min*. Zmienną ψ_{max} traktuje się wtedy jako dodatkową niewiadomą poddaną dodatkowym ograniczeniom. Najważniejsze ograniczenie polega na tym, że wartość funkcji celu w każdym kroku obliczeń nie może przekraczać ψ_{max} . Jednocześnie dla bardzo małego przyrostu parametru można założyć liniowy przyrost funkcji celu w otoczeniu $\mathbf{b}$. W ten sposób zadanie optymalizacji zostanie zamienione w sekwencję zadań optymalizacji liniowej. W metodzie sekwencyjnego programowania kwadratowego funkcję celu przybliża się funkcją kwadratową, wykorzystując jej gradient oraz hesjan. Ze względu na trudności wyznaczania hesjanu obecnie stosuje się metody zmiennej metryki, w których macierz ta (lub macierz do niej odwrotna) przybliżana jest w kolejnych krokach iteracji. Do rozwiązywania omawianych zagadnień stosuje się np. algorytm BFGS, który cechuje się dobrą zbieżnością i efektywnością numeryczną.

W ostatnim okresie można zaobserwować szybki rozwój metod sztucznej inteligencji i ich zastosowań w procesie optymalizacji. Spośród nich na szczególną uwagę zasługują algorytmy genetyczne i ewolucyjne, zwane metodami heurystycznymi. Heurystyka nie gwarantuje znalezienia rozwiązania optymalnego, chociaż „dobra” metoda heurystyczna generuje w krótkim czasie rozwiązanie niewiele różniące się od optymalnego, a więc w pełni zadowalające z praktycznego punktu widzenia. Głównymi zaletami tych metod, wskazywanymi przez użytkowników, są:

- prostota zastosowania,
- możliwość prowadzenia optymalizacji przy znajomości jedynie wartości funkcji celu, co pozwala uniknąć złożonej analizy wrażliwości,
- wysokie prawdopodobieństwo osiągnięcia optimum globalnego,
- prosta postać funkcji celu, gdyż nie musi mieć ciągłych pochodnych,
- prostota łączenia zadań optymalizacji ciągłej i dyskretniej.

Spośród wad takiego podejścia wymienia się najczęściej:

- brak matematycznego dowodu, że osiągnięte rozwiązanie jest rozwiązaniem optymalnym,
- długi czas obliczeń,
- niemożność dokładnego wyznaczenia wartości optymalnej

Urządzenia mechatroniczne w systemach bezpieczeństwa i obronności

Bezpieczeństwo narodowe to ogół warunków i instytucji chroniących suwerenność państwa, życie i zdrowie obywateli oraz mienie i majątek narodowy. To stan lub warunki, w których zapewniona jest ochrona narodu i terytorium państwa przed atakiem nieprzyjaciela; zapewnienie stabilnego i harmonijnego rozwoju państwa oraz realizacji jego strategicznych interesów politycznych i ekonomicznych.

Do ważnych interesów narodowych Polski należy zagwarantowanie trwałego i zrównoważonego rozwoju cywilizacyjnego oraz gospodarczego kraju, stworzenie warunków do wzrostu dobrobytu społeczeństwa, do rozwoju nauki i techniki oraz do należytej ochrony dziedzictwa narodowego i tożsamości narodowej, a także środowiska naturalnego.

Zgodnie z przyjętą strategią Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej istotnym elementem gospodarczej sfery bezpieczeństwa Polski jest rozwój przemysłu obronnego. Wymaga on uwzględnienia charakteru i intensywności powiązań z pozostałymi gałęziami gospodarki oraz z możliwościami naukowo-technicznymi. Rozwój ten musi pozostawać w symbiozie z potrzebami obronnymi, określonymi w programach modernizacji sił zbrojnych, a także być w zgodzie z przyjętymi zobowiązaniami sojuszniczymi w NATO. W tym celu niezbędne jest podjęcie działań na rzecz zwiększenia konkurencyjności przemysłu obronnego oraz rozwój jego zdolności eksportowych. Nowe wyzwania, które stoją przed przemysłowym potencjałem obronnym, wymagają zintensyfikowania działalności badawczo-rozwojowej na potrzeby obronności, a także zapewnienia ścisłej współpracy producentów uzbrojenia i sprzętu wojskowego z jednostkami badawczo-rozwojowymi. W celu koordynacji prac w tym zakresie została powołana Europejska Agencja Obrony (EDA), której celem jest działanie na rzecz poprawy zdolności obronnych UE, wspieranie badań, koordynowanie zamówień, rządów krajów członkowskich, w zakresie uzbrojenia i przemysłu obronnego UE. Agencja jest organizacją międzyrządową i spełnia cztery podstawowe funkcje: określanie wymagań dotyczących rozwoju zdolności operacyjnych, promowanie i koordynacja procesu unifikacji wymagań wojskowych, wsparcie dla wspólnych prac badawczo-rozwojowych oraz proponowanie programów wielonarodowych w zakresie współpracy zbrojeniowej w Europie. Ważną rolę unowocześnienia wyposażenia wojska odgrywać będzie zastosowanie komputerowych technik wspomagających projektowanie oraz najnowszych osiągnięć techniki w procesie projektowo-konstrukcyjnym i wytwarzaniu wojskowych urządzeń i pojazdów specjalnych z wykorzystaniem urządzeń mechatronicznych.

Specyfika stanu obciążenia struktury pojazdów i urządzeń wojskowych (np. penetracja pancerza rdzeniem pocisku, analiza oddziaływania na kadłub fali uderzeniowej od wybuchu miny itp.) powoduje, że klasyczne obliczenia stereomechaniczne w zakresie statyki czy dynamiki nie są wystarczające. Obliczenia takie muszą uwzględniać duże odkształcenia, impulsowe obciążenia i procesy

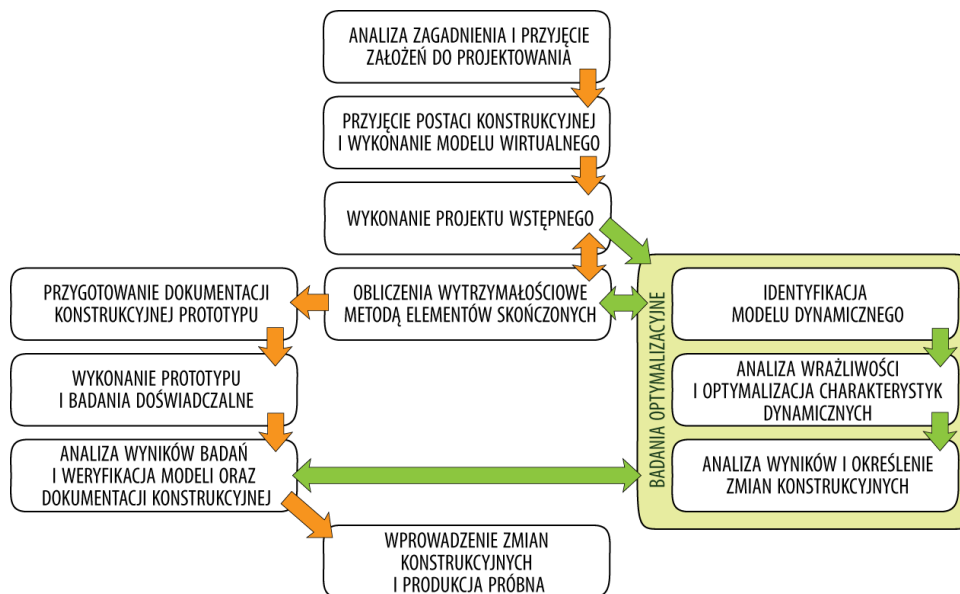
szybkozmienne w czasie. Możliwości takie posiada specjalizowane oprogramowanie wykorzystujące MES np. LS-Dyna, MSC.Marc, itp.

Dostępne na rynku komercyjne oprogramowanie w zakresie komputerowego wspomagania projektowania i obliczeń numerycznych umożliwia realizację wielu etapów procesu projektowo-konstrukcyjnego urządzeń wojskowych, w tym:

- modelowanie przestrzenne i sporządzanie dokumentacji płaskiej,
- analizę kolizji elementów i błędów konstrukcyjnych z wykorzystaniem modeli wirtualnych,
- statyczne obliczenia wytrzymałościowe,
- analizę modalną,
- analizę dynamiki pojazdu w ujęciu modeli wielocłonowych,
- analizę zderzeń,
- integrację systemów mechatronicznych i optymalizację układu,
- analizę oddziaływania wybuchów min, IED oraz przebicia pancerza przez pociski,
- tworzenie interaktywnych modeli w środowisku wirtualnej rzeczywistości,
- tworzenie interaktywnej dokumentacji techniczno-ruchowej i materiałów szkoleniowych.

Opracowując założenia projektowe i dokumentację prototypu, określa się strukturę układu oraz jego cechy geometryczne. Na tej podstawie można przeprowadzić identyfikację modelu oraz estymację jego parametrów, a w dalszym etapie prac także optymalizację ze względu na zapewnienie pożądanych własności dynamicznych. W tym kontekście mechatroniczne podejście do zagadnień projektowania, wspomagane często metodami szybkiego prototypowania, umożliwia znaczne skrócenie i obniżenie kosztów procesu wytwarzania złożonego technicznie produktu. Proces projektowo-konstrukcyjny w ujęciu mechatronicznym powinien zatem zawierać następujące etapy:

- analiza problemu i opracowanie założeń projektu,
- opracowanie systemu zarządzania projektem,
- modelowanie wirtualne w zakresie systemów mechatronicznych,
- obliczenia numeryczne w zakresie modeli stereomechanicznych i dynamicznych,
- optymalizacja układu mechatronicznego z uwzględnieniem wewnętrznych sprzężeń,
- sporządzenie dokumentacji konstrukcyjnej,
- integracja systemów i budowa prototypu,
- badania prototypu.



Rys. 11. Schemat procesu projektowania systemu mechatronicznego

Poszczególne etapy projektowania nie są realizowane sekwencyjnie, lecz zachodzą na siebie lub realizowane są równolegle (np. w zakresie poszczególnych podsystemów), a ponadto w wielu miejscach występują wzajemne sprzężenia pomiędzy nimi. Schemat procesu projektowania systemu mechatronicznego przedstawiono na rys. 11.

Szczególne nasycenie urządzeń mechatronicznych można zauważyć w projektowaniu i produkcji pojazdów wojskowych. Przykładowy proces rozwoju i powstawania nowoczesnych pojazdów specjalnego przeznaczenia pokazano, w sposób uproszczony, na rys. 12. Podstawowym kierunkiem prac badawczo-rozwojowych jest ograniczenie masy pojazdów, co wiąże się m.in. z możliwością transportu lotniczego, przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego poziomu ochrony załogi i wysokich parametrów eksploatacyjnych.



Rys. 12. Elementy procesu projektowo-konstrukcyjnego pojazdu specjalnego

W stosunku do pojazdów specjalnych Europejska Agencja Obrony określiła 130 technologii dotyczących rozwoju przyszłych pojazdów opancerzonych, a jako priorytetowe uznano następujące:

- napęd hybrydowy (mobilność),
- aktywne zawieszenie pojazdów (mobilność),
- aktywna ochrona (osłona),
- lekkie pancerze (osłona),
- elektronizacja pojazdu (mobilność, osłona, rażenie),
- modułowa budowa pojazdów i integracja systemów.

Ostatni z kierunków dotyczy ujednolicenia rozwiązań pojazdów bojowych w celu zmniejszenia kosztu ich zakupu i użytkowania oraz obniżenia kosztów modernizacji.

Wnioski z rezultatów zastosowania pojazdów specjalnych we współczesnych operacjach wojskowych wskazują, że przyszłe pojazdy wojskowe powinny wykorzystywać zarówno kołowy układ jezdny - w zakresie pojazdów lekkich i średnich, jak również gąsienicowy - w zakresie pojazdów średnich i ciężkich. Nowoczesny pojazd wojskowy powinien posiadać następujące cechy:

- modułową budowę i integrację podzespołów z innymi pojazdami,
- wysoką mobilność,
- możliwości transportu lotniczego (gabaryty i masa),
- wysoki poziom osłoności przez:
- szybko montowany pancerz dodatkowy,
- zabezpieczenie przeciwminowe dna pojazdu,
- możliwość montażu dodatkowego wyposażenia (przystosowanie do walk w mieście i terenie górzystym, systemy aktywnej samoobrony),
- wysoki poziom przeżywalności i komfortu załogi.

W ostatnich latach, ze względu na trudności konstrukcyjne i znaczne ograniczenie masy całkowitej pojazdu, mniejszą uwagę przywiązuje się do zapewnienia pływerności pojazdu.

Układ napędowy jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na przeżywalność pojazdu na polu walki. Nowoczesne układy napędowe o kompaktowej, małogabarytowej konstrukcji umożliwiają znaczne zmniejszenia masy pojazdu poprzez zmniejszenie przedziału silnikowego i skrócenie kadłuba, co skutkuje znacznym obniżeniem masy pancerza. Ponadto wysoki współczynnik mocy do masy pojazdu zwiększa jego mobilność i polepsza charakterystyki trakcyjne. Bardzo istotnym czynnikiem, ze względu na wykrywalność pojazdu, jest poziom hałasu oraz poziom i rozkład temperatury elementów układu napędowego. We współczesnych pojazdach wojskowych, zarówno kołowych, jak i gąsienicowych, stosuje się różne rodzaje układów napędowych, które ogólnie można podzielić, ze względu na sposób przeniesienia mocy, w sposób następujący:

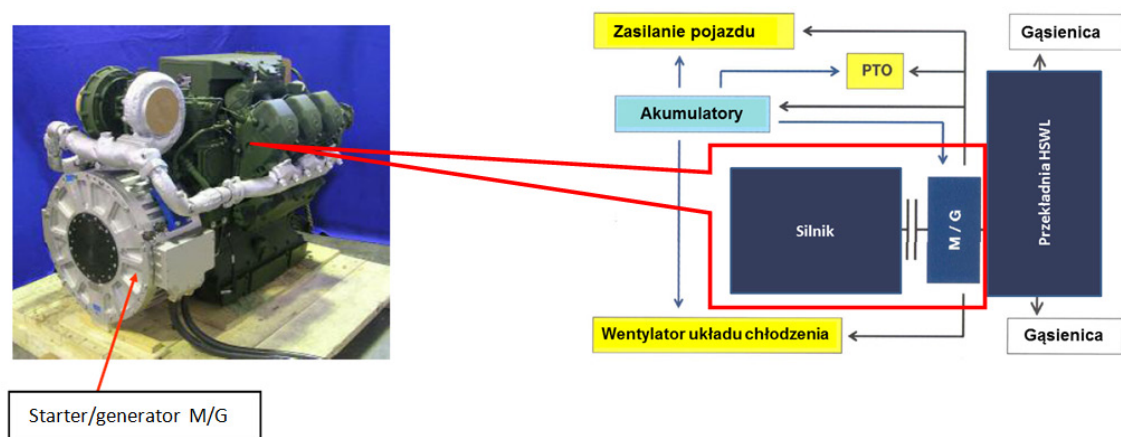
- mechaniczne,
- hydromechaniczne,
- elektromechaniczne,
- elektryczne.

Napęd mechaniczny jest rozwiązaniem najprostszym, historycznie najczęściej stosowanym, łatwym w eksploatacji, ale najbardziej absorbującym kierowcę podczas ruchu w trudnym terenie. W celu zwiększenia komfortu obsługi pojazdu w nowoczesnych rozwiązaniach stosuje się hydromechaniczne automatyczne skrzynie biegów, a w pojazdach gąsienicowych hydromechaniczne skrzynie biegów z hydrostatycznymi mechanizmami skrętu.

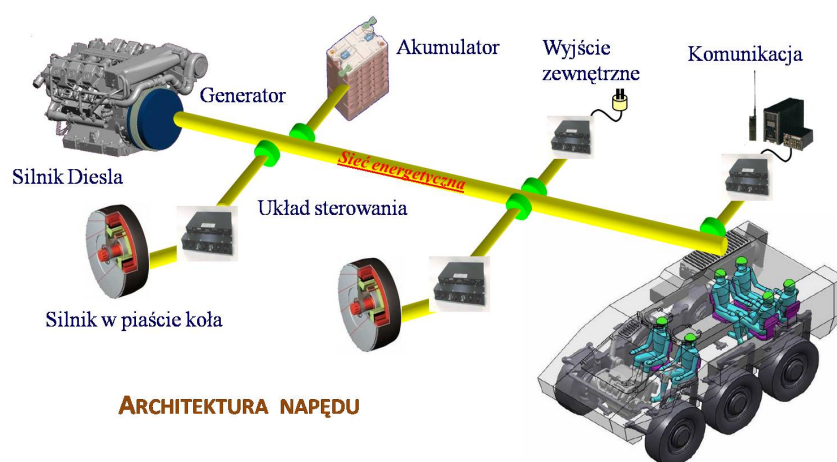


Rys. 13. Pojazdy o napędzie spalinowo-elektrycznym: a) francuski czołg St. Chamond - 1916 rok, b) szwedzki pojazd SEP w wersji kołowej i gąsienicowej –2008 rok

W ostatnich latach natomiast następuje ponowne zainteresowanie napędem elektromechanicznym i elektrycznym w zastosowaniu do sprzętu wojskowego. Napędy te są „czystsze” oraz posiadają wyższą sprawność od napędów hydromechanicznych. Idea elektromechanicznego przeniesienia mocy nie jest nowa, gdyż pierwszy czołg z takim napędem produkowany seryjnie zbudowano już podczas pierwszej wojny światowej. Ponowne próby podjęli Niemcy w czasie drugiej wojny światowej, jednak problemy techniczne i niski poziom technologiczny ówczesnych napędów elektrycznych spowodował zarzucenie tego pomysłu na długie lata. Renesans tego typu napędów nastąpił w latach 90. XX wieku i był związany z rozwojem elektroniki oraz technologii wytwarzania silników z magnesami trwałymi. Na szczególną uwagę w zakresie zastosowania napędów elektromechanicznych zasługuje, zakończony w 2008 roku, wspomniany już wcześniej szwedzki program SEP, dotyczący modułowych pojazdów kołowych i gąsienicowych z napędem hybrydowym o wysokim stopniu integracji podzespołów (rys. 13b). Napędy elektromechaniczne bądź elektryczne stosowane mogą być zarówno w pojazdach kołowych, jak i gąsienicowych (rys. 12 ÷ 14). W tym drugim przypadku znaczne osiągnięcia w zakresie „elektryfikacji” pojazdów gąsienicowych posiadają Niemcy, którzy w największym stopniu wdrożyli tę technologię do produkcji seryjnej.



Rys. 14. Hybrydowy układ napędowy firmy RENK z silnikiem napędowym MTU zintegrowanym ze starterem/generatorem i przekładnią HSWL, opracowany do napędu gąsienicowych pojazdów wojskowych



Rys. 15. Architektura napędu hybrydowego kołowego pojazdu wojskowego

Zastosowane rozwiązania napędów gąsienicowych bazują na integracji hydromechanicznych przekładni typu HSWL z silnikami elektrycznymi wspomagającymi pracę układu. Pojazd napędzany jest silnikiem spalinowym zintegrowanym z maszyną elektryczną typu starter/generator. Przykładem takiego napędu o dużej mocy jest napęd w nowym niemieckim pojeździe gąsienicowym PUMA. W pojazdach kołowych rozwijane są głównie rozwiązania z silnikami elektrycznymi w kołach pojazdu, co zapewnia m.in. znaczne zwiększenie przestrzeni ładunkowej wewnątrz kadłuba (rys. 15). W USA opracowano szereg pojazdów wojskowych o napędzie hybrydowym, spośród których najbardziej zaawansowane projekty to RST-V i LUV (rys. 16). Ostatnio Amerykanie zaprezentowali dwa kolejne wojskowe pojazdy z napędem hybrydowym, w tym nową „elektryczną” wersję opancerzonego transportera kołowego STRYKER.



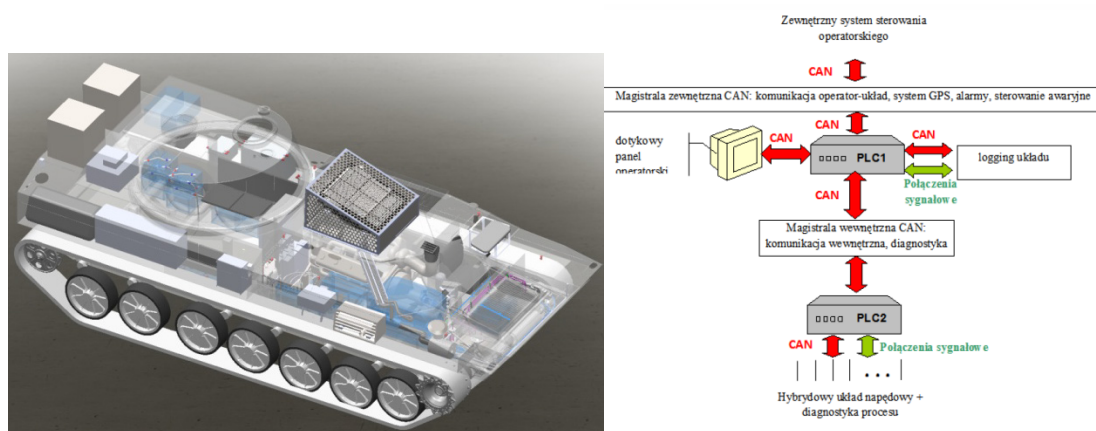
Rys. 16. Pojazdy kołowe prod. USA o napędzie hybrydowym: a) rozpoznawczy RST-V,
b) lekki pojazd użytkowy o wysokiej mobilności LUV

Zakres zastosowań urządzeń mechatronicznych w technice wojskowej jest bardzo obszerny, dlatego w tym wykładzie ograniczymy się w głównej mierze do wybranych prac badawczo-rozwojowych realizowanych przez Katedrę Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej lub przy jej udziale. Tematyka ta obejmuje m.in. zagadnienia:

- modelowania i dynamiki napędów hybrydowych w pojazdach specjalnych,
- urządzeń mechatronicznych w szybkobieżnych pojazdach wojskowych,
- modelowania i optymalizacji półaktywnych układów zawiesznień ciężkich szybkobieżnych pojazdów gąsienicowych,
- biomechaniki oraz ochrony życia i zdrowia członków załogi pojazdu.

Badania nad zastosowaniem technologii napędów elektrycznych i hybrydowych w pojazdach wojskowych prowadzone są w kraju m.in. w Wojskowej Akademii Technicznej, Politechnice Śląskiej i kilku innych ośrodkach badawczych. Obecnie rozwijana jest grupa pojazdów z klasycznym napędem, przystosowanym do wdrożenia technologii hybrydowej. Przykładem pojazdu gąsienicowego napędzanego silnikiem spalinowym zintegrowanym ze starterem/generatorem, o znacznym stopniu elektryfikacji wyposażenia pokładowego, jest demonstrator wozu bojowego opracowany w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Urządzeń Mechanicznych OBRUM sp. z o.o. w Gliwicach (rys. 17a). Politechnika Śląska jest natomiast liderem projektu rozwojowego i wykonawcą napędu hybrydowego oraz sieci CAN w projekcie dotyczącym budowy demonstratora technologii autonomicznej platformy gąsienicowej (masa do 16t) do zadań logistycznych i bojowych według standardów współczesnego pola walki (rys. 17b). Integrowany i poddawany obecnie badaniom pojazd wykorzystuje podwozie typu 2S1 i wyposażony jest w silnik spalinowy o mocy 200kW, a także dodatkowy agregat prądotwórczy o mocy chwilowej 125kW wraz z przekładnią elektromechaniczną opracowaną przez pracowników Wydziału Mechanicznego Technologicznego. Wyniki projektu, w tym badania poligonowe demonstratora technologii, umożliwiają ocenę przydatności i kosztów wdrożenia napędów hybrydowych szeregowych i równoległych, a także półaktywnych systemów zawiesznień i autonomicznego sterowania w pojazdach gąsienicowych. Projekt realizowany był w ramach konsorcjum naukowo-przemysłowym w składzie:

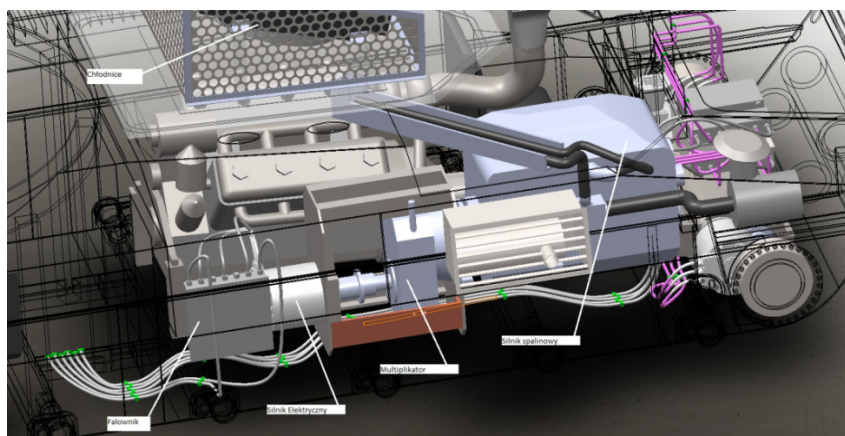
Politechnika Śląska, WASKO S.A., Akademia Górniczo-Hutnicza oraz Huta Stalowa Wola. Zespół w Politechnice Śląskiej obejmuje pracowników Katedry Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej oraz Instytutu Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania Wydziału Mechanicznego Technologicznego, jak również Instytutu Elektrotechniki i Informatyki Wydziału Elektrycznego. Dotychczas przeprowadzone badania modelowe wskazują na wysoką efektywność zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych układu napędowego i mechanizmów skrętu pojazdu, zapewniając jednocześnie pojazdowi możliwość płynnej, bezstopniowej zmiany kierunku jazdy. Opracowany i zaimplementowany w środowisku MATLAB/SIMULINK model dynamiczny układu napędowego demonstratora pojazdu gaśnicowego zawiera: model silnika spalinowego, modele silników elektrycznych, akumulatorów oraz przekładni głównej.



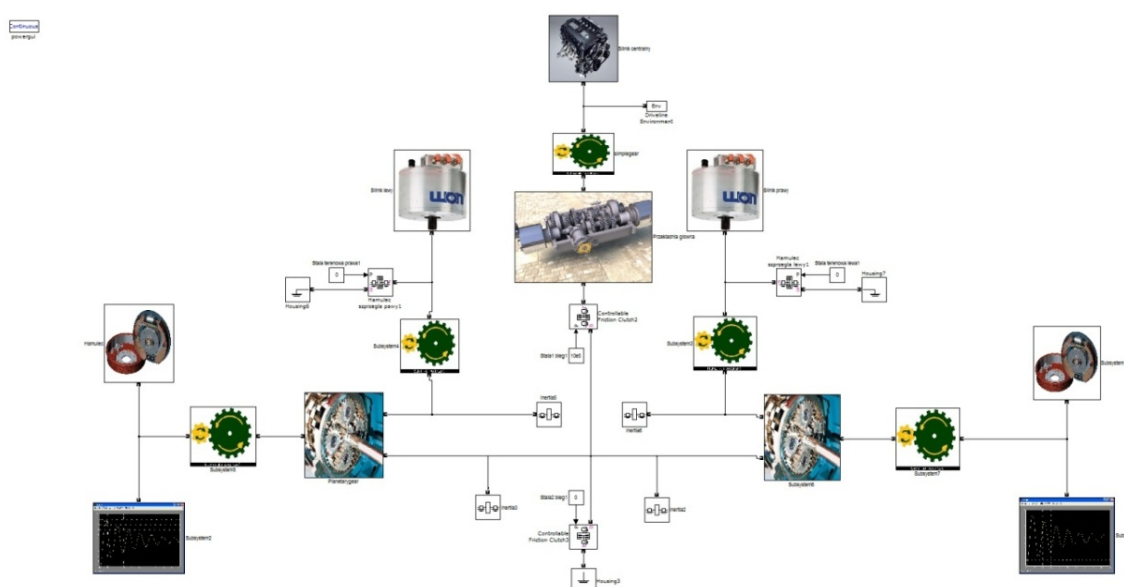
Rys. 17. Demonstrator gaśnicowego pojazdu specjalnego o napędzie hybrydowym:
a) model wirtualny, b) ogólny schemat sieci CAN

Badania symulacyjne umożliwiły określenie charakterystyk trakcyjnych hybrydowego pojazdu gaśnicowego. Interfejs graficzny opracowanego modelu został przedstawiony na rys. 19. Umożliwia on łatwą modyfikację i właściwy dobór parametrów dynamicznych elementów nowego układu napędowego.

Efektem przeprowadzonych badań symulacyjnych było m.in. określenie optymalnych parametrów napędu i wytypowanie odpowiednich podzespołów służących do integracji demonstratora. Napęd został zaprojektowany tak, aby w trakcie skrętu pojazdu następował odzysk energii po stronie gaśnicy zabieganej. Odzyskana energia przekazywana jest na stronę zabiegającą, tym samym zapewniając elektromechaniczną rekuperację mocy. Nadmiar odzyskiwanej energii wykorzystywany jest do ładowania baterii akumulatorów.



Rys. 18. Układ napędowy demonstratora pojazdu o napędzie hybrydowym



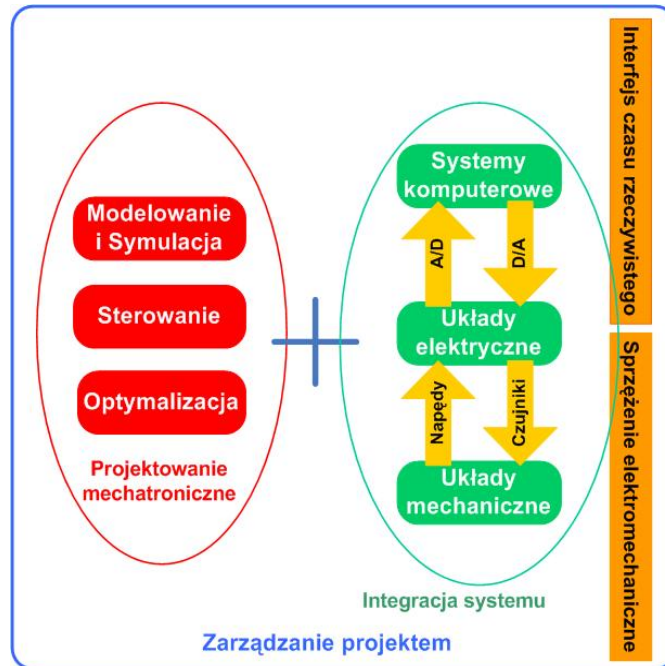
Rys. 19. Model napędu hybrydowego demonstratora technologii opracowany w środowisku SIMULINK

Innym przykładem zrealizowanego projektu było opracowanie uniwersalnej, pływającej platformy gaśnicowej z przeznaczeniem dla wojsk lądowych, służb ratowniczych oraz realizacji innych zadań specjalnych, umożliwiające bezzałogowe, autonomiczne działanie w strefach bezpośredniego zagrożenia życia lub zdrowia ludzi. Realizacja projektu wymagała zarówno integracji wielu układów złożonego systemu mechatronicznego, jakim jest pojazd wojskowy, jak również synchronizacji działań prowadzonych przez kilka zespołów badawczych pracujących w różnych ośrodkach badawczych oraz pracy specjalistów z różnych obszarów techniki.

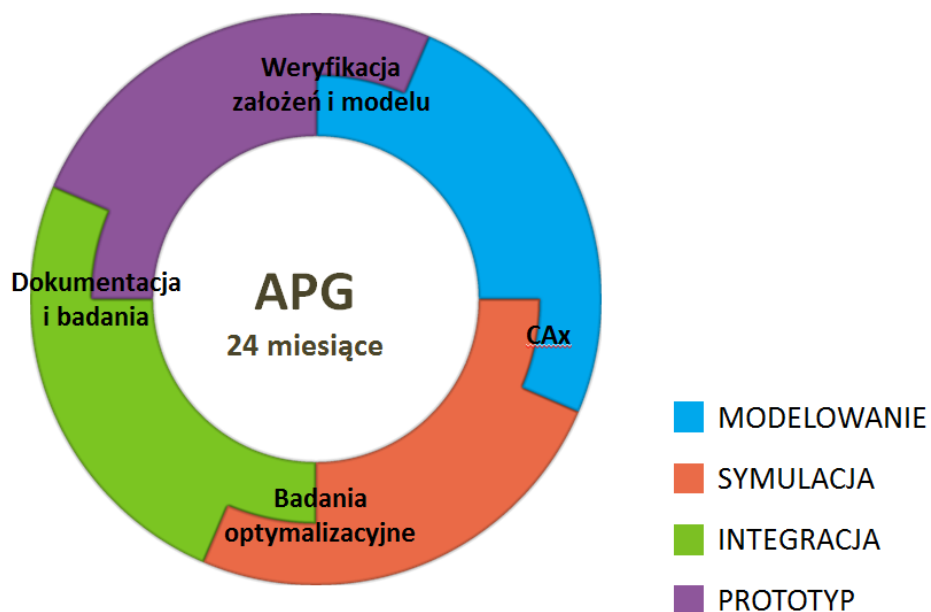
Projekt realizowany był w ramach konsorcjum naukowo-przemysłowego, w którego skład weszły:

- Politechnika Śląska w Gliwicach jako lider konsorcjum, którego zakres prac obejmował opracowanie ogólnej koncepcji pojazdu, zaprojektowanie i wykonanie hybrydowego układu napędowego oraz sterowania,

- Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, która wykonała projekt układu zawieszenia oraz napinacza gąsienicy,
- WASKO S.A. jako wykonawca autonomicznego oraz zdalnego układu kierowania i przyrządów sterowniczych w kabinie kierowcy,
- HSW – Centrum Produkcji Wojskowej realizujące integrację wymienionych w powyższych zadaniach podzespołów na bazie podwozia pojazdu 2S1.



Rys. 20. Ogólny schemat podejścia mechatronicznego w zastosowaniu do opracowania platformy gąsienicowej



Rys. 21. Ogólny schemat projektowania mechatronicznego w zastosowaniu do autonomicznej platformy gąsienicowej (APG)

W procesie realizacji projektu przyjęto podejście mechatroniczne do projektowanego układu. Zastosowano system projektowania równoległego ze znacznym udziałem środków komputerowego wspomagania projektowania 3D (rys. 20). Jedyną platformą projektowania był system komputerowego wspomagania projektowania CAD SolidWorks, wykorzystywany przez poszczególne zespoły badawcze. Opracowane modele wirtualne wykorzystano następnie do analiz numerycznych wytrzymałości kadłuba oraz do analizy dynamicznej zawieszenia pojazdu. Integracja na poziomie modeli wirtualnych była wstępem do budowy demonstratora technologii. Wyniki badań demonstratora stanowiły podstawę weryfikacji założeń i modeli oraz docelowej konfiguracji pojazdu.



Rys. 22. Etapy rozwojowe demonstratora technologii w trakcie procesu projektowania mechatronicznego

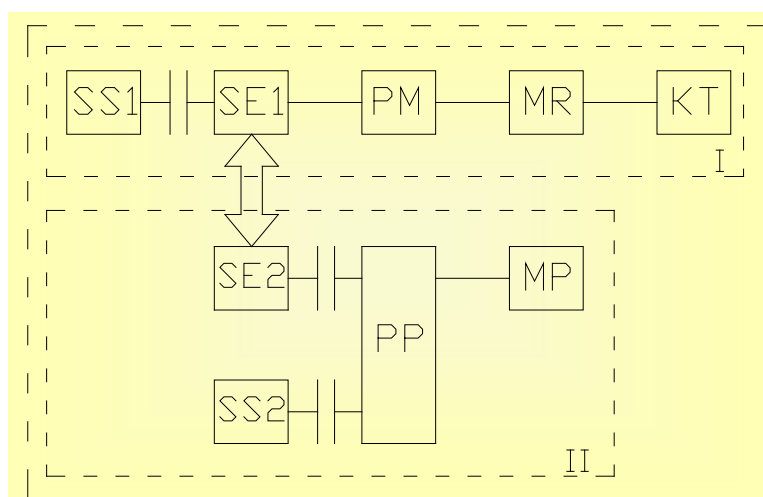
Opracowana w wyniku realizacji projektu platforma gaśnicowa o napędzie hybrydowym zapewnia możliwość załogowego lub bezzałogowego (z wykorzystaniem kamer i czujników GPS) sterowania pojazdem gaśnicowym o masie do 16 t. Platforma posiada sterowanie po zadanej trajektorii ruchu w trybie bezzałogowym z możliwością bezprzewodowej interwencji operatora. Konieczne było zatem opracowanie układu napędowego i mechanizmów skrętu, które zapewnią precyzyjne, bezstopniowe i ciągłe sterowanie torem jazdy. Opracowano, wykonano i przebadano spalinowo-elektryczny napęd hybrydowy zawierający silniki elektryczne z magnesami trwałymi oraz półaktywne zawieszenia z elementami o zmiennej charakterystyce tłumienia i układ napinania gaśnicy. Masa i gabaryty opracowanego pojazdu umożliwiają dostosowanie do wymagań transportu lotniczego za pomocą samolotów HERCULES C-130. Pojazdy zbudowane z wykorzystaniem uniwersalnej, autonomicznej platformy gaśnicowej będą mogły być wykorzystywane do zaopatrywania walczących oddziałów w sprzęt i amunicję, do nakładania i dezaktywacji pól minowych, ewakuacji rannych z bezpośrednich rejonów

zagrożenia, rozpoznawania brodów, przepraw i mostów, wykonywania przejść w zaporach inżynieryjnych, itp. Ponadto platforma stanowić może bazę do zabudowy sprzętu dla cywilnych służb ratowniczych likwidujących skutki klęsk żywiołowych (powodzie, pożary lasów) oraz innych zadań specjalnych realizowanych w strefach bezpośredniego zagrożenia życia lub zdrowia ludzi. Przy budowie demonstratora pojazdu wykorzystano zmodernizowane podwozie 2S1 (będące wersją rozwojową podwozia S-70) wraz z układem jezdny. Proponowane do zastosowania rozwiązania konstrukcyjne zapewniają wysoki poziom technologiczny pojazdu. Efektem końcowym realizacji projektu jest demonstrator technologii integrujący poszczególne podukłady oraz model wirtualny produktu końcowego.

Opracowany w ramach projektu badawczego demonstrator technologii cechuje:

- zastosowanie hybrydowego elektromechanicznego układu napędowego z możliwością uzyskania dowolnego promienia skrętu,
- zastosowanie półaktywnego systemu zawieszenia oraz napinania gąsienicy zwiększającego możliwość sprawnego pokonywania trudnego terenu przy wysokich prędkościach jazdy,
- możliwość sterowania pojazdem przy użyciu pulpitu zdalnego,
- możliwość realizacji autonomicznego trybu jazdy według zadanej trajektorii

Kolejnym tematem projektu rozwojowego było opracowanie algorytmów i programów sterowania napędem hybrydowym mającym zastosowanie w wózkach widłowych. Projekt był realizowany przez zespół pracowników naukowych Politechniki Śląskiej z Katedry Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej Wydziału Mechanicznego Technologicznego i Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Przemysłowej Wydziału Elektrycznego. Prace związane z wykonaniem prototypowych silników elektrycznych powierzono Branżowemu Ośrodkowi Badawczo-Rozwojowemu Maszyn Elektrycznych KOMEL w Katowicach.



Rys. 23. Ogólny schemat napędu hybrydowego wózka widłowego

SS1 – pierwszy silnik spalinowy, SS2 – drugi silnik spalinowy, PM – przekładnia mechaniczna, MR – mechanizm różnicowy, KT – koła trakcyjne, SE1, SE2 – silnik elektryczny, PP – przekładnia planetarna, MP – mechanizm podnoszenia, I – układ jezdny wózka, II – układ podnoszenia

W celu weryfikacji badań numerycznych oraz zastosowanych w nich algorytmów sterowania zaprojektowano stanowisko badawcze symulujące działanie wózka widłowego o napędzie hybrydowym w określonych warunkach pracy. W procesie projektowania przyjęto następujące założenia:

- możliwa symulacja mechanizmu jazdy wózka widłowego
- możliwa symulacja mechanizmu podnoszenia wózka widłowego
- możliwość sterowania przepływem mocy
- odzysk energii do baterii akumulatorów oraz superkondensatorów
- kompaktowe gabaryty.

Proces projektowania układu mechanicznego stanowiska badawczego został zrealizowany za pomocą oprogramowania SolidWorks. Poszczególne komponenty elektryczne dobrano za pomocą opracowanego modelu w środowisku Simulink. Ze względu na brak możliwości użycia silników spalinowych w pomieszczeniach zamkniętych zdecydowano się na odwzorowanie ich charakterystyk za pomocą silników indukcyjnych sterowanych wektorowo.



Rys. 24. Stanowisko badawcze hybrydowego wózka widłowego

Strategia sterowania zaproponowanym układem hybrydowym jest skierowana na minimalizację jednostkowego zużycia paliwa przez silnik spalinowy. Optymalizacja algorytmiczna bazuje na analizie map sprawności urządzeń napędowych i źródeł


```

graph TD
    Q1{Jaki jest stopień naładowania baterii akumulatorów SOC (powyżej 80% ?)}
    Q2{Jaki jest stopień naładowania baterii akumulatorów SOC (powyżej 40% ?)}
    Q3{Czy jest możliwy odzysk energii ?}
    
    Q1 -- TAK --> Q3_1{Czy jest możliwy odzysk energii ?}
    Q1 -- NIE --> Q2
    Q2 -- TAK --> Q3_2{Czy jest możliwy odzysk energii ?}
    Q2 -- NIE --> Q3_3{Czy jest możliwy odzysk energii ?}
    
    Q3_1 -- TAK --> A1[SOCzbyt wysoki  
Wykonaj:  
SE1=0 [kW]  
SE2=0 [kW]  
SP1=0 [kW]]
    Q3_1 -- NIE --> A2[SOC wysoki  
Tryb elektryczny  
Wykonaj:  
SE1=Ns/2 [kW]  
SE2=Ns/2 [kW]  
SP1=0 [kW]]
    
    Q3_2 -- TAK --> A3[Rekuperacja energii  
Praca generatorowa  
Wykonaj:  
SE1=0 [kW]  
SE2=Ns [kW]  
SP1=0 [kW]]
    Q3_2 -- NIE --> A4[SOC w normie  
Tryb równoległy  
Wykonaj:  
SE1=Ns/3 [kW]  
SE2=Ns/3 [kW]  
SP1=Ns/3 [kW]]
    
    Q3_3 -- TAK --> A5[Rekuperacja energii  
Praca generatorowa  
Wykonaj:  
SE1=0 [kW]  
SE2=Ns [kW]  
SP1=0 [kW]]
    Q3_3 -- NIE --> A6[SOC zbyt niski  
Tryb równoległy  
Wykonaj:  
SE1=Ns/4 [kW]  
SE2=Ns/4 [kW]  
SP1=Ns/2 [kW]]

```

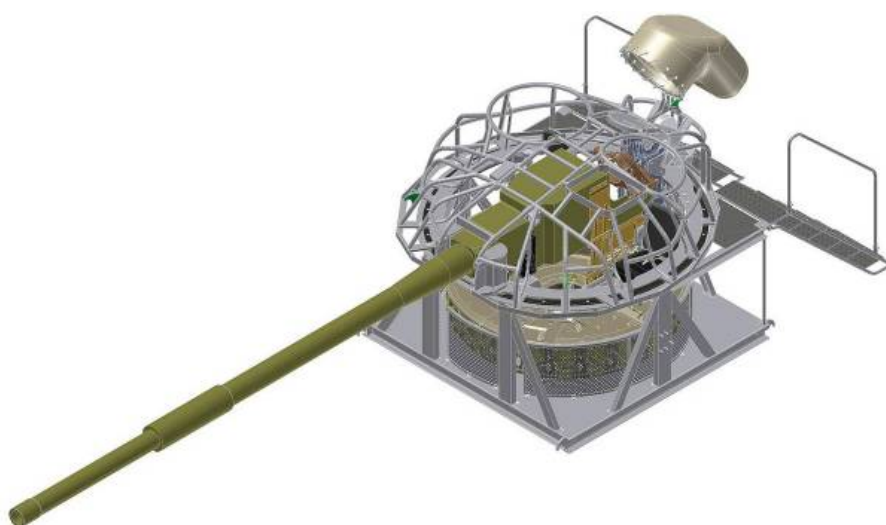
Wyniki badań potwierdziły celowość podjęcia tematu i wykazały możliwość odzysku energii w procesach przeładunkowych oraz transportowych z wykorzystaniem zaproponowanego rozwiązania hybrydowego napędu spalinowo-elektrycznego.

Kolejnym zadaniem realizowanym przez pracowników Politechniki Śląskiej wspólnie z Instytutem Badawczym BOBRME „Komel” był projekt pt. „Nowa generacja urządzeń pokładowych, zwiększających przeżywalność wojskowych pojazdów lądowych”. Zakres projektu obejmował cztery główne zagadnienia:

- modernizacja automatu załadowania,

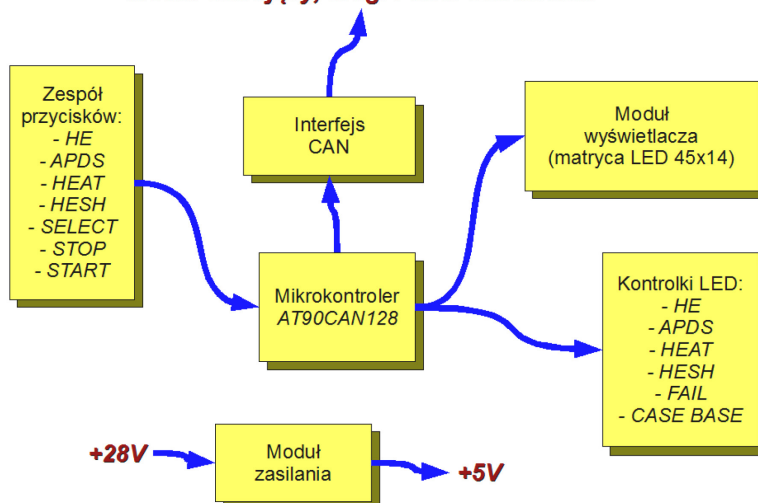
- opracowanie dodatkowego zespołu prądotwórczego APU (*Auxiliary Power Unit*),
- opracowanie nowego pulpitu (tablicy) kierowcy,
- opracowanie systemu chwilowego odłączania wentylatora głównego w sytuacjach zagrożenia w celu zwiększenia przyspieszenia czołgu.

W ramach zadania, modernizacja automatu, załadowania, opracowano algorytmy sterowania poszczególnymi urządzeniami. Model 3D automatu załadowania przedstawiono na rys. 25, natomiast rys. 26 i 27 przedstawiają schemat blokowy panelu sterowania i modułu sterującego. Pulpit wyposażony jest w cztery przyciski wyboru rodzaju pocisku, przycisk wyboru trybu pracy SELECT oraz przyciski START i STOP. Dodatkowo pulpit posiada dwie kontrolki (FAIL i CASE BASE) oraz wyświetlacz matrycowy 14x45 punktów.



Rys. 26. Model 3D automatu załadowania

Moduł Sterujący, drugi Panel Sterowania

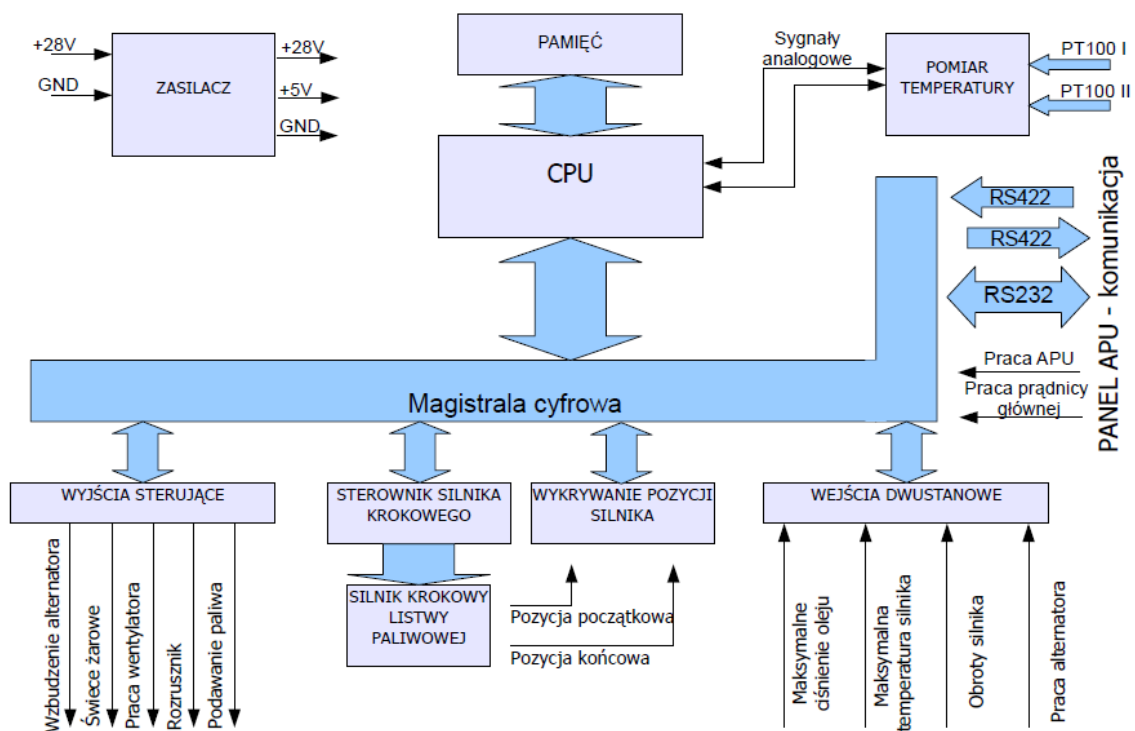


Rys. 27. Schemat blokowy jednego panelu sterowania automatu załadowania



Rys. 28. Pulpit sterowania AZ

W drugim zdaniu projektu opracowano dodatkowy zespół prądotwórczy APU (*Auxiliary Power Unit*), który przeznaczony jest do zaopatrywania czołgu w energię elektryczną w przypadkach, gdy nie pracuje główny silnik spalinowy pojazdu i pojemność energetyczna akumulatorów może być niewystarczająca. Schemat blokowy układu sterowania dodatkowym zespołem prądotwórczym APU przedstawia rys. 28.



Rys. 29. Schemat blokowy układu sterowania dodatkowym zespołem prądotwórczym APU

Wnioski

W pracy przedstawiono i omówiono podstawowe zagadnienia związane z modelowaniem i optymalizacją na etapie projektowania i budowy układów mechatronicznych ze szczególnym uwzględnieniem urządzeń mechatronicznych w systemach bezpieczeństwa i obronności.

Mechatronika należy obecnie do jednej z najbardziej rozwijających się gałęzi współczesnej nauki i techniki. Projektowanie bez uwzględnienia konieczności synergicznego połączenia wielu dziedzin wiedzy inżynierskiej nie pozwala na spełnienie wymagań stawianych nowoczesnym urządzeniom. Wspomaganie struktur mechanicznych systemów mechatronicznych przez nowoczesną elektronikę, informatykę oraz sterowanie, pozwala na ciągły wzrost jakości życia. Szczególne spektakularne są zastosowania mechatroniki w procesie rehabilitacji i ochrony życia człowieka. Jest to możliwe m.in. dzięki miniaturyzacji i integracji urządzeń mechatronicznych, co czyni je łatwiejszymi do implementacji w wielu układach biomechatronicznych, zmniejszając ich gabaryty oraz uciążliwość dla pacjenta. Pomimo gwałtownego rozwoju, mechatronika jako interdyscyplinarna dziedzina nauki, nie powoduje zahamowania rozwoju dziedzin składowych. Wręcz przeciwnie, postęp w jednej z dyscyplin składowych wymusza konieczność synergicznego dostosowania poziomu innych dziedzin.

Przykłady zastosowań urządzeń mechatronicznych przedstawiono w końcowej części pracy. Omówiono tylko wybrane układy mechatroniczne, których badania i wykonanie demonstratorów realizowano w Katedrze Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej lub przy jej udziale. Pokazano m.in. wpływ układu sterowania na dynamikę całego układu mechatronicznego i jego eksploatację oraz metody wyznaczania cech dynamicznych układów mechatronicznych.

Podsumowując, należy stwierdzić, że projektowanie mechatronicznych układów napędowych z zadanymi własnościami dynamicznymi jest zagadnieniem złożonym, wymagającym formułowania skomplikowanych interdyscyplinarnych modeli matematycznych. Korzyści płynące z wdrożenia systemu mechatronicznego to przede wszystkim większa wydajność, wyższa jakość, pewność produkcyjna uzyskana poprzez wprowadzenie „inteligentnych” systemów samokorygujących. Należy jednakże podkreślić, że efekty te można uzyskać już na etapie projektowania systemu mechatronicznego, wykorzystując nowoczesne technologie i metody projektowania, ze szczególnym uwzględnieniem metod optymalizacyjnych.

Literatura

1. Ambrosio J.: Elastic-Plastic Large Deformation of Flexible Multibody Systems in Crash Analysis. Ph. D. Dissertation, University of Arizona, Tucson, Arizona. 1991
2. Arabas J.: Wykłady z algorytmów ewolucyjnych. Warszawa: WNT, 2001.
3. Badania własne pracowników Katedry Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej.
4. Bernatt J.: Obwody elektryczne i magnetyczne maszyn elektrycznych wzbudzanych magnesami trwałymi. Katowice: Wyd. BOBRME Komel, 2010.
5. Brinson L. C.: One Dimensional Constitutive Behavior of Shape Memory Alloys: Thermomechanical Derivation with Non-constant Material Functions and Redefined Martensite Internal Variable. „Journal of Intelligent Material Systems and Structures” 1993, 4, p. 229–242.
6. Clay W.: CRS Report for Congress Improvised Explosive Devices (IEDs) in Iraq and Afghanistan: Effect and Countermeasures; 28 August 2007.
7. Dacko A.: Dynamika struktury obciążonej falą uderzeniową, Biuletyn WAT, 2004 nr 1.
8. Fallet R.: Mine explosion and blast effect on vehicle analysis of the potential damages on passengers 2nd European HyperWorks Technology Conference, Strasbourg September 30th – October 1st , 2008.
9. Findeisen W.: Poradnik inżyniera automatyka. Warszawa: WNT, 1969.
10. Gamota D., Filisko F.: Dynamic Mechanical Studies of Electrorheological Materials: Moderate Frequencies. „Journal of Rheology” 1991, 35, p. 399–425.
11. Gessing R.: Podstawy automatyki. Gliwice: Wyd.Pol. Śl., 2001
12. Gildenhuys C.: The Future of Light and Medium Armour in the Land Operational Environment for the South African Army, Conference Materials at 8th Annual Light and Medium Armoured Vehicles 2-6 February 2009 London.
13. Glinka T., Świtoński E.: Modelowanie i optymalizacja mechatronicznych układów napędowych. „Vibrations in Physical Systems” 2006, Vol. XXII, Poznań 2006, s. 23–36.
14. Glinka T.: Electric Motors with Permanent Magnets. „Przegląd Elektrotechniczny” 2008, nr 7, s. 1–7.
15. Goldberg D. E.: Algorytmy genetyczne i ich zastosowania. Warszawa: WNT, 1998.
16. Graham C. Goodwin, Stefan F. Graebe, Mario E. Salgado: Control System Design, Prentice Hall, 2001
17. Gzik M., Świtoński E., Tejszerska D., Wolański W., Potkova P., Alshammari N. K.: Wpływ parametrów kinematycznych na zachowanie kierowcy podczas wypadku zderzenia przodem i tyłem samochodu. „Modelowanie Inżynierskie” 2006, nr 32, s. 187-192
18. Hönlinger M., Glauch U., Steger G.: Modelling and simulation in the design process of armored vehicles, Paper at the RTO AVT Symposium on “Reduction of Military Vehicle Acquisition Time and Cost through Advanced Modelling and Virtual Simulation”, April 2002 Paris, France, published in RTO – MP – 089.

19. http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/2027.42/58392/1/cqi_1.pdf 04.04.2010
20. <http://www.army-technology.com/projects/sep/>
21. Jakubiec M.: Energooszczędność i kompatybilność w napędach elektrycznych. Katowice: Wyd. BOBRME Komel, 2005.
22. Jalón J., Bayo E.: Kinematic and Dynamic Simulation of Multibody Systems: The Real-Time Challenge. New York: Springer-Verlag, 1994.
23. Jureczko M.: Metody optymalizacji – przykłady zadań z rozwiązaniami i z komentarzami. Gliwice: Wyd. Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, 2009.
24. Kania E.: „Projektowanie środków ochrony przeciwwminowej pojazdów specjalnych”, Górnictwo Odkrywkowe 4/2010, str. 272 – 276, Wrocław 2010 Poltegor – Instytut;
25. Kania E.: Development tendency of landmine protection devices, Modelling and Optimization of Physical Systems 8, p. 67-72, Gliwice 2009.
26. Kargus R.G., Frydman T.H. L.A.: Methodology for establishing the mine/IED resistance capacity of vehicle seats for crew protection, www.asc2008.com/manuscripts/F/FP-17.pdf 02.04.2010.
27. Kciuk S., Machoczek T., Świtoński E.: Numerical analysis and experimental studies of a prototype magnetorheological fluid damper, ZN KMS nr 31/2006 Modelling and optimization of physical systems, p. 85-88. Gliwice 2006, Wisła 16-18.06.2006.
28. Kciuk S., Mężyk A., Mura G.: Modelling of tracked vehicle dynamics, Journal of KONES, 2010,
29. Kciuk S., Turczyn R., Kciuk M.: Experimental and numerical studies of MR damper with prototype magnetorheological fluid, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering; Vol. 39, Issue 1.
30. Klein W.: Optymalizacja cech dynamicznych układów redukcji drgań z materiałów inteligentnych. Rozprawa doktorska. Gliwice 2008.
31. Kurz M.: Optymalizacja cech konstrukcyjnych manipulatora do rehabilitacji kończyn. Rozprawa doktorska. Gliwice 2009.
32. Kuś W.: Sterowanie wektorowe silników AC. „Elektronika Praktyczna” 2000nr 9, s. 51–56.
33. Leonowicz M.: Wykorzystanie cieczy reologicznych jako materiałów inteligentnych. „Inżynieria Materiałowa” 2004, 2, s.70–72.
34. LORD Corporation, <http://www.lord.com/>
35. Makris N., Burton S., Taylor D.: Electrorheological Damper with Annular Ducts for Seismic Protection Applications „Smart Materials and Structures”1996, 5, p. 551–564.
36. Materiały informacyjne firmy IBD Ingenieurbüro, www.ibd-deisenroth.de.
37. Materiały informacyjne firmy Magnet Motors.
38. Materiały informacyjne firmy RENK.
39. Materiały z posiedzeń Zespołu Naukowo-Przemysłowego przy Radzie Uzbrojenia MON www.znp.wat.edu.pl.

40. Mężyk A., Kciuk S., Klein W.: Modelling of mechatronic vibroisolation system; Transfer of innovation to the interdisciplinary teaching of mechatronics for the advanced technology needs; OW, Opole 2009.
41. Mężyk A.: Koncepcja budowy polskiej platformy opancerzonej XXI wieku. OBRUM sp. z o.o., VI Międzynarodowa konferencja i wystawa „Nowoczesne technologie dla bezpieczeństwa kraju i jego granic”, Warszawa maj 2010.
42. Mikulic D., Stojakovic V., Gasparic T.: Modelling of all protected vehicles. 4th DAAAM International Conference on Advanced Technologies for Developing Countries, September 21 – 24, 2005, Slavonski Brod, Croatia.
43. Morawiec H., Lelątko J., Gigla M., Lekston Z., Goryczka T., Stróż D.: Stopy metali wykazujące pamięć kształtu i ich zastosowanie. „Inżynieria Materiałowa” 2004, 2, s. 87–94.
44. Multarzyński M. J.: Nie tylko pancerz chroni. Wyposażenie pojazdów opancerzonych i minoodpornych na Eurosatory 2008, Nowa Technika Wojskowa, Sierpień 2008r.
45. Narloch M., Duda S. : Vibroisolation of Patient's Bearing Equipment for Persons who Need Stabilization during Transportation by Automotive Vehicles. Zesz. Nauk. Kat. Mech. Stos. Pol.Śl. 2006, nr 31.
46. Neunheimer H.: Electric Drive Technology for Tracked Vehicles. Journal of Battlefield Technology Vol. 1 No. 2, 1998.
47. Nikravesh P.: Computer – Aided Analysis of Mechanica Systems. Prentice-Hall, 1988.
48. Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia. Red. Z.Mierczyka. Wydawnictwo WAT, Warszawa 2008.
49. Powell J.: Modelling the Oscillatory Response of an Electrorheological Fluid. „Smart Materials and Structures”1994, 3, p. 416–438.
50. Qi Chang: A Magic Cube Approach for Crashworthiness and Blast Protection Designs of Structural and Material Systems;
51. Reinecke JD, Snyman IM, Ahmed R, Beetge FJ: Vehicle landmine protection validation testing, A CSIR Defence, Peace, Safety and Security, PO Box 395, Pretoria, 0001.
52. RTO Technical Report TR – HJN - 090 TECHNICAL REPORT TR-HFM-090 Test Methodology for Protection of Vehicle Occupants against Anti-Vehicular Landmine Effects.
53. Rutkowski L.: Metody i techniki sztucznej inteligencji. Warszawa: PWN, 2005.
54. Schwartz M.: Encyclopedia of Smart Materials. New York: John Wiley & Sons, 2002.
55. Shabana A.: Dynamics of Multibody Systems. New York: John Wiley & Sons, 1989.
56. Spencer B.F., Dyke S.J., Sain M.K., Carlson J.D.: An Experimental Study of MR Dampers for Seismic Protection. “Smart Materials and Structures” 1998, Vol. 7, No. 5, p. 693-703.

57. Spencer Jr., Dyke S., Sain M., Carlson J.: Phenomenological Model of a Magnetorheological Damper. „Journal of Engineering Mechanics”1997, 123, p. 230–238.
58. Sprawozdanie z realizacji etapów projektu rozwojowego nr R00004805 - „Autonomiczna uniwersalna platforma gasienicowa do zadań logistycznych i bojowych według standardów współczesnego pola walki” 2008-2010.
59. Stuart J. McGuigan and Peter J. Moss, A Review of Transmission Systems For Tracked Military Vehicles. Journal of Battlefield Technology Vol. 1 No. 3, 1998.
60. Śnieżek A., Mężyk A., Michnik R.: Analiza dynamiki i kinematyki chodu prawidłowego. „Aktualne Problemy Biomechaniki” 2007, z. 1, s. 191–196.
61. Świtoński E. i in.: Modelowanie mechatronicznych układów napędowych. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2004. Monografia nr 70.
62. Świtoński E., Mężyk A., Duda S., Kciuk S.: Prototype magnetorheological fluid damper for active vibration control system. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol. 21-1, Gliwice 2006.
63. Świtoński E., Mężyk A.: Selection of Optimum Dynamic Features for Mechatronic Drive Systems. “Automation in Construction” 2008 Vol. 17, Iss. 3, p. 251–256.
64. Świtoński E., Tejszerska D. i In.: Laboratorium mechaniki ogólnej. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 1998.
65. Świtoński E.: Mechatronika w budowie maszyn i projektowaniu sprzętu rehabilitacyjnego. Wykład z okazji nadania tytułu Doktora Honoris Causa Politechniki Śląskiej. Gliwice 2009.
66. Świtoński E.: Modelowanie mechatronicznych układów napędowych. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2004. Monografia nr 70.
67. Tabiei A., Nilakantan G.: Reduction of Crew Injury caused by Acceleration from Mine Blast / IED http://www.feainfo.com/showcase/tabiei_nov_2006.pdf 04.04.2010r.
68. Takagi T.: Present State and Future of the Intelligent Material and Systems in Japan. “Journal of Intelligent Material Systems and Structures” 1999, 10, p. 575–581.
69. Technical Manufacturing Corporation, <http://www.techmfg.com>
70. Tejszerska D., Świtoński E. i In.: Biomechanika inżynierska – zagadnienia wybrane: laboratorium. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2004.
71. Tejszerska D., Świtoński E., Gzik M.: Biomechanika narządu ruchu człowieka. Monografia. Radom: Wyd. Nauk. ITE-PIB, 2011.
72. Tylikowski A.: Inteligentne materiały w konstrukcjach inżynierskich. „Inżynieria Materiałowa”2004, 2, s.101.
73. Uhl T. (red.): Projektowanie mechatroniczne: zagadnienia wybrane. Radom: Wyd. Inst. Technologii Eksploatacji, 2005.
74. Walentynowicz J., Future of hybrid propulsion system for combat vehicles. Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 13, No. 3.
75. Walentynowicz J., Propulsion motors for combat vehicles. Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 13, No. 4.

76. Wang D.H., Liao W.H.: Semiactive Controllers for Magnetorheological Fluid Dampers. "Journal of Intelligent Material Systems and Structures" 2005, Vol. 16, No. 11-12, p. 983–993.
77. Wen, Y.: Method for Random Vibration of Hysteretic Systems. „Journal of the Engineering Mechanics Division" 1976, 102, p. 249–263.
78. Williams K., Clennan S., Durocher R., St – Jean B., Tremblay J: Validation of a Loading Model for Simulating Blast Mine Effect on Armoured Vehicles, 7 th International LS – DYNA Users Conference.
79. Williams K., Fillion – Gourdeau F.: Numerical simulation of Light Armoured Vehicle Occupant Vulnerability to Anti Vehicle Mine Blast, 7th International LS – DYNA Users Conference.
80. Williams K., Poon K.: A numerical analysis of the effect of surrogate anti-tank mine last on the M113, DREV TM-2000-007, Defence Research Establishment Centre de Recherches pour la defence valcartier, Quebec, March 2004 Canada.
81. Williams K., Chiu G., Bernhard R.: Dynamic Modelling of a Shape Memory Alloy Adaptive Vibration Absorber. „Journal of Sound and Vibration" 2005, 280, p. 211–234.
82. www.army-technology.com/project/sep
83. www.icasulaities.org.
84. www.znp.wat.edu.pl/doc/2009.06.24/I/04_WAT-KMiIS.pdf.
85. Василий Чобиток , Техника и Вооружение №7 за 2005 год / Броне-сайт, июль 2006.
86. bleex.me.berkeley.edu

PODZIĘKOWANIE

Z wielkim wzruszeniem i jednocześnie z pewnym zażenowaniem stoję tu teraz przed Państwem, by podziękować za ogromny zaszczyt, który mnie dziś spotyka. Obdarowanie mnie najwyższą godnością akademicką, tytułem doktora honoris causa, to wydarzenie, które nie zdarza się codziennie. Należy do tych wyjątkowych chwil, które nosi się w pamięci do końca życia i które w chwilach zwątpienia stają się światelkiem przewodnim, przypominającym o sensie życia i pracy. Takie chwile przywracają tracone czasem przekonanie, że praca dla ludzi i wśród ludzi jest wartością najwyższą. Doktorat honoris causa jest bowiem ukoronowaniem działalności naukowej, podsumowaniem pewnego etapu życia, a może nawet całej drogi życia i to nie tylko w aspekcie naukowym. Niewiele przecież można osiągnąć samemu, a to, co się naprawdę zdobywa, ma znaczenie dopiero wtedy, gdy jego owoce są dzielone z innymi. I taka właśnie sytuacja jest dzisiaj moim udziałem, stąd więc moje wzruszenie i moja wdzięczność za zauważenie mojej pracy i jej wyników. Czuję ogromne wzruszenie i jednocześnie olbrzymią satysfakcję, że to właśnie Politechnika Lubelska – uczelnia o uznanym autorytecie naukowym – przyznaje mi ten tytuł. Jestem głęboko wdzięczny za to wyróżnienie, które jest dla mnie bezcenne.

Bardzo serdecznie dziękuję Jego Magnificencji Rektorowi Politechniki Lubelskiej prof. dr. hab. inż. Piotrowi Antoniemu Kacejko i Wysokiemu Senatowi Politechniki Lubelskiej za uznanie dla mojej pracy i stwierdzenie, że wyniki mojej działalności naukowej zasługują na tę najwyższą godność akademicką.

Słowa podziękowania kieruję pod adresem inicjatorów dzisiejszej uroczystości: Dziekana Wydziału Mechanicznego prof. dra hab. inż. Zbigniewa Stanisława Patera, prof. dra hab. inż. Marka Opielaka – promotora w procedurze nadania mi tytułu i godności doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej, a także wszystkich członków Rady Wydziału Mechanicznego. To Wasze przekonanie, że moja działalność naukowa jest godna tak wysokiego wyróżnienia akademickiego sprawiła, że mogłem odebrać dzisiaj z rąk Jego Magnificencji Rektora ten jedyny w swoim rodzaju, nieporównywalny z niczym, dyplom doktora honoris causa. Serdecznie dziękuję recenzentom mojego dorobku naukowego – prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Adamczakowi z Politechniki Świętokrzyskiej i prof. dr. hab. inż. Januszowi Kowalowi z Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie. Senaty tych Uczelni, po zapoznaniu się z opiniami recenzentów dotyczącymi mojego dorobku naukowego, pozytywnie odniosły się do wniosku Politechniki Lubelskiej.

Obecna chwila jest w pewnym stopniu podsumowaniem mojej drogi zawodowej i nie mogę w takim momencie nie wspomnieć o ludziach, którzy mnie w jakiś sposób ukształtowali, którym winien jestem wdzięczność i pamięć. Moim wychowawcą i mentorem był Profesor Stanisław Bodaszewski z Politechniki Śląskiej, dzięki któremu wszedłem na ścieżkę naukową. Natomiast Profesorowie Oswald Mateja z Politechniki Opolskiej i Jan Szmelter z Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie byli tymi, którzy z zainteresowaniem i dużą życzliwością śledzili moje pierwsze poczynania na niwie naukowej i popierali badania w dziedzinie mechaniki teoretycznej i stosowanej. Fascynowała mnie szczególnie dynamika ośrodków ciągłych oraz dynamika mechatronicznych układów napędowych i tym właśnie zagadnieniom pozostałem wierny do dzisiaj.

Serdecznie dziękuję pracownikom macierzystej Katedry Mechaniki Stosowanej Politechniki Śląskiej. To właśnie współpraca z Nimi, z ambitnymi i życzliwymi mi ludźmi, przyczyniła się do mojego spektakularnego sukcesu i spowodowała, że dzisiejszy dzień jest dla mnie tak wyjątkowy.

Nieocenione jest dla mnie wsparcie rodziny. Dlatego szczególne słowa serdecznego podziękowania kieruję do moich najbliższych: do mojej Małżonki Barbary, do moich dzieci – Katarzyny i Adama oraz ich bliskich. Dziękuję im za cierpliwość w znoszeniu cięższych chwil spowodowanych niejednokrotnie moją nieobecnością, a nawet izolacją, doceniam ich oddanie i pomoc. Dziękuję Wam z całego serca.

Nie byłbym tym, kim jestem i nie odniósłbym sukcesów, gdyby nie ludzie, z którymi pracowałem i pracuję, gdyby nie przyjaciele, którzy mnie wspierali. Zdaję sobie z tego doskonale sprawę. Nie żyję przecież na bezludnej wyspie, a kontakt z innymi ludźmi jest mi potrzebny jak powietrze. Nie potrafię i nie chcę żyć bez ludzi, są dla mnie inspiracją i kotwicą. Czerpię od nich wiele i – mogę powiedzieć z całą stanowczością, z pełnym przekonaniem – mój dzisiejszy triumf to także ich zasługa. To dzięki Wam, moi przyjaciele, jestem tutaj dzisiaj, pełen euforii, zachwytu i wdzięczności i Wam dziękuję gorąco. Zaszczytny tytuł doktora honoris causa należy również do Was.