



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

**Zaawansowane technologie
przemysłowe i ekologiczne
dla zrównoważonego
rozwoju kraju**

RAPORTY

**Edukacja
zawodowa mechatroników
w perspektywie 2020 roku**

**Janusz Moss
Sławomir Wiak**

2010

SPIS TRESCI

Wprowadzenie	str. 3
Część I - Janusz Moos	
Kształcenie w obszarze mechatroniki na poziomie przedakademickim	
	str. 4
Kształcenie w zawodach mechatronicznych	str. 5
Program edukacji mechatronicznej	str. 6
Wspomaganie techniczno- dydaktyczne edukacji mechatronicznej	str. 12
Działalność Regionalnego Ośrodka Edukacji Mechatronicznej w kontekście przemian w edukacji – studium przypadku	str. 20
Wnioskowanie na temat rozwiązań dydaktyczno-technicznych i rozwoju edukacji mechatronicznej	str. 32
Bibliografia	str. 35
Część II - Sławomir Wiak	
Kształcenie w obszarze mechatroniki w Polsce na poziomie akademickim	str. 36
Mechatronika w edukacji	str. 36
Edukacja w obszarze mechatroniki w Polsce i na świecie	str. 43
Wydział Mechatroniki – Politechnika Warszawska	str. 49
Wydział Mechatroniki – Wojskowa Akademia Techniczna	str. 49
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn – Politechnika Świętokrzyska	str. 50
Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki	
Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych	str. 51
Katedra Mechatroniki – Politechnika Białostocka	str. 56
Katedra Mechatroniki – Politechnika Śląska	str. 56
Katedra Robotyki i Systemów Mechatroniki – Politechnika Gdańska	str. 58
Katedra Robotyki i Mechatroniki – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie	str. 58
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny	str. 59
Podsumowanie	str. 59
Literatura	str. 60

WPROWADZENIE

Współczesne kierunki kształcenia umiejętności i rozwijania kompetencji, muszą odpowiadać potrzebom i trendom rozwoju nowoczesnej gospodarki wykorzystującej zaawansowane technologie. Szczególną rolę w zapewnieniu „zrównoważonego rozwoju” odgrywa mechatronika. Mówiąc o mechatronice mamy na myśli dyscyplinę nauki istniejącą na styku takich dziedzin jak: elektronika, informatyka, mechanika, automatyka, optyka, robotyka, programowanie i sterowanie procesami produkcyjnymi. Układy mechatroniczne występują praktycznie w każdym nowoczesnym wyrobie poczynając od zabawek, poprzez sprzęt gospodarstwa domowego, pojazdy, na aparaturze medycznej kończąc. Większość definicji określa mechatronikę jako kombinację mechaniki precyzyjnej, elektronicznego sterowania i systemowego myślenia przy projektowaniu produktów i procesów produkcyjnych. Produkty mechatroniki charakteryzują się wielofunkcyjnością, elastycznością, łatwością konfigurowania i adaptacji do zmieniających się warunków.

Projekt „Zaawansowane technologie przemysłowe i ekologiczne dla zrównoważonego rozwoju kraju” mocno akcentuje sprawy związane z rozwojem edukacji mechatronicznej, kształtowania umiejętności i kompetencji na różnych poziomach nauczania. Stan, stopień zorganizowania, zakres i jakość metod kształcenia prezentuję poniższy Raport „Edukacja zawodowa w perspektywie 2020 roku. Opracowanie składa się z dwóch części. Pierwsza część, której autorem jest pan Janusz Moos, pt. ” Kształcenie w obszarze mechatroniki w Polsce, na poziomie przedakademickim” poświęcona jest ocenie stanu edukacji mechatronicznej na poziomie szkół ponadgimnazjalnych i średnich technicznych. Opracowanie pana Sławomira Wiaka „ Kształcenie w obszarze mechatroniki w Polsce na poziomie akademickim”, koncentruje się na problemach związanych rozwojem i poziomem edukacji mechatronicznej na wyższych uczelniach oraz jego oceną pod kątem stopnia zaspokojenia potrzeb gospodarki.

Całość Raportu, stanowi ważny wkład w rozeznanie sytuacji aktualnej oraz stanowi podstawę do nakreślenia zadań stojących przed średnim i wyższym szkolnictwem zawodowym w zakresie mechatroniki, w najbliższej przyszłości.

Kazimierz Kubiak

CZEŚĆ I

KSZTAŁCENIE W OBSZARZE MECHATRONIKI W POLSCE NA POZIOMIE PRZEDAKADEMICKIM - Janusz Moos

Pierwsza koncepcja szkolnej edukacji mechatronicznej powstała w Łodzi w Wojewódzkim Centrum Kształcenia Praktycznego (aktualnie Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego) w 1996 roku. Zorganizowano wówczas pierwszą pracownię mechatroniczną dla potrzeb uczenia się, przez uczniów szkół zawodowych o kierunkach elektronicznych i mechanicznych, podstaw mechatroniki ze szczególnym uwzględnieniem pneumatyki, podstaw robotyki, sterowników programowalnych oraz pracownię projektowania i obsługi obrabiarek sterowanych numerycznie CNC (m. in. frezarka szwajcarskiej firmy MIKRON, tokarka TPS2ON, obrabiarki dydaktyczne firmy OBR USN). W latach 1997-2000 podjęto prace nad organizacją stanowisk techniczno-dydaktycznych dla potrzeb uczenia się podstaw mechatronicznych w powoływanych centrach kształcenia praktycznego. Istotną rolę w upowszechnianiu edukacji mechatronicznej odegrało Stowarzyszenie Dyrektorów i Nauczycieli Centrów Kształcenia Praktycznego oraz Sekcja Mechatroniczna Nauczycielskiego Zespołu Postępu Pedagogicznego w Wojewódzkim Centrum Kształcenia Praktycznego (aktualnie Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego).

Do prac o szczególnym znaczeniu dla upowszechnienia potrzeby tworzenia szkolnych systemów edukacji mechatronicznej należały:

- organizacja seminariów i konferencji krajowych, regionalnych oraz prezentacji wyposażenia techniczno – dydaktycznego,
- organizacja w Pracowni Programowania i Obsługi Obrabiarek Sterowanych Numerycznie CNC (Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego) cyklu kursów dla dyrektorów i nauczycieli wszystkich centrów kształcenia praktycznego w Polsce, zainteresowanych edukacją mechatroniczną,
- organizacja pierwszych procesów osiągania przez nauczycieli i uczących się kwalifikacji w zakresie podstaw mechatroniki oraz programowania maszyn numerycznych w zakresie toczenia i frezowania w neutralnym sterowaniu ISO, tworzenia rysunków CAD i przetwarzania ich na programy obróbkowe, konwersji programów w języku programowania ISO na dowolny typ sterowania maszyn (oprogramowanie firmy MTS - Mathematisch Technische Software - Entwicklung GmbH).

Z pierwszych prac nad monitorowaniem rynku pracy dla potrzeb edukacji mechatronicznej (wyniki prac Pracowni Monitorowania Rynku Pracy dla Edukacji w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego) wynikała konieczność zorganizowania w szkołach ponadgimnazjalnych, w tym w szkołach policealnych edukacji w zawodach obszaru mechatroniki.

W latach 1999 - 2000 zaprojektowano, w ramach powołanego Zespołu Programowego MEN ds. Szkoły Policealnej Nowego Typu, pierwsze programy kształcenia zadaniowego w systemie modułowym dla osiągania kwalifikacji zawodowych na podbudowie edukacji prozawodowej (liceum techniczne) w zakresie automatyki, komputerowego systemu projektowania, systemów zarządzania bazami danych, programowania obrabiarek CNC, robotyki i innych obszarów mechatroniki. Sygnalizowany model kształcenia był szczególnie

istotny dla budowania sprzężeń zwrotnych w układzie „SZKOŁA – RYNEK PRACY” ze względu na następujące założenia:

- osiągnięcie kwalifikacji ogólnozawodowych i ponadzawodowych w liceum technicznym umożliwi zorganizowanie edukacji w szkole policealnej w krótkich i zróżnicowanych cyklach uczenia się w zależności od rodzaju zawodu (kwalifikacji zawodowej),
- kwalifikacje podstawowe dla zawodu i specjalistyczne w szkole policealnej będą dostosowywane do potrzeb rynku pracy w wyniku udziału pracodawców w projektowaniu kwalifikacji specjalistycznych.

Istotnym kolejnym działaniem nad instytucjonalizacją edukacji mechatronicznej było przekształcenie liceum technicznego w liceum profilowane i utworzenie PROFILU MECHATRONICZNEGO. Założono, iż uczenie się w liceum o profilu mechatronicznym będzie prowadzone w systemie modułowym przez 642 godziny i umożliwi osiągnięcie kwalifikacji ogólnozawodowych w zakresie elektrotechniki, elektroniki i automatyki (230 godzin) oraz technologii, materiałoznawstwa, konstrukcji mechanicznych i komputerowego wspomaganie projektowania (416 godzin). Wśród umiejętności szczególnie ważnych dla procesu osiągania kwalifikacji mechatronicznych zaliczono, między innymi:

- łączenie, uruchamianie i obsługa podstawowych układów sterowania i regulacji,
- samodzielne rozwiązywanie prostych problemów dotyczących budowy i działania wybranych urządzeń elektronicznych oraz układów automatyki z wykorzystaniem literatury technicznej,
- korzystanie z użytkowego oprogramowania.

Dla potrzeb osiągnięcia kwalifikacji mechatronicznych na bazie liceum o profilu mechatronicznym zaprojektowano szkołę policealną dwusemestralną (432 godziny kształcenia w semestrze) umożliwiającą podjęcie pracy, między innymi, na stanowiskach: monter układów automatyki przemysłowej, operator urządzeń automatyki przemysłowej, operator zautomatyzowanych i zrobotyzowanych linii produkcyjnych w przemyśle elektromaszynowym. Wyróżniono następujące kwalifikacje do osiągnięcia w sygnalizowanej szkole policealnej:

- instalowanie i montowanie zespołów i elementów automatyki przemysłowej,
- diagnozowanie zespołów i elementów systemu sterowania,
- demontaż i naprawa elementów i urządzeń automatyki przemysłowej,
- konserwacja, regulacja i nadzór nad urządzeniami automatyki przemysłowej,
- wykonywanie prostych czynności regulacyjnych układów i urządzeń automatyki przemysłowej.

Planowano wówczas rozszerzenie układu kwalifikacji poprzez wyróżnienie kolejnych modułów: napęd i sterowanie pneumatyczne oraz hydrauliczne, sterowniki programowalne, wizualizacja procesów.

KSZTAŁCENIE W ZAWODACH MECHATRONICZNYCH

Kolejnym działaniem na rzecz edukacji mechatronicznej w średnim szkolnictwie zawodowym było wprowadzenie do polskiej klasyfikacji zawodów szkolnych dwóch zawodów mechatronicznych: **monter mechatronik** (kształcenie w zasadniczej szkole zawodowej), **technik mechatronik** (kształcenie w technikum).

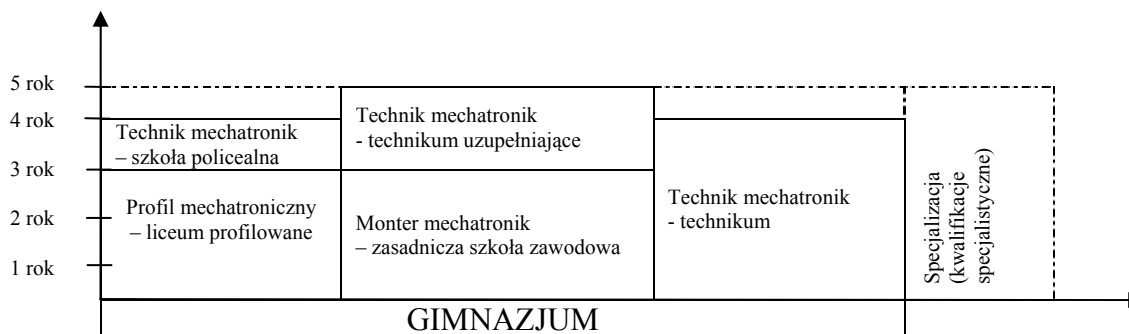
Od 2001 roku podjęto również organizację ogólnopolskiego konkursu mechatronicznego, promującego kształcenie w zawodach mechatronicznych. Do celów tego konkursu zaliczono:

- propagowanie wiedzy i kształtowanie umiejętności w zakresie mechatroniki oraz upowszechnianie w środowisku szkolnym nowoczesnych rozwiązań technicznych i metod kształcenia stymulujących samodzielne uczenie się,

- podniesienie poziomu efektywności kształcenia zawodowego poprzez ukształtowanie umiejętności wytwarzania pomysłów rozwiązań technicznych oraz weryfikacji tych pomysłów.

Organizatorami tych konkursów byli: Festo Didactic, Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego, Stowarzyszenie Dyrektorów i Nauczycieli Centrów Kształcenia Praktycznego.

Powyższe informacje o formalnej edukacji mechatronicznej można przedstawić w ujęciu struktury osiągania kwalifikacji w zawodzie monter mechatronika, technika mechatronika, a także kształtowania umiejętności przedzawodowych w liceum o profilu mechatronicznym.



Rys.1. Struktura edukacji mechatronicznej w szkolnictwie ponadgimnazjalnym

Kształcenie w zawodzie technika mechatronika jest prowadzone w Polsce w 178 szkołach (technikach), a kształcenie monterów mechatroników w 35 zasadniczych szkołach zawodowych. Liczby szkół prowadzących edukację mechatroniczną w poszczególnych województwach ilustruje następująca tabela:

Lp.	województwo	zawód	
		technik mechatronik	monter mechatronik
1.	Dolnośląskie	14	6
2.	Kujawsko-Pomorskie	8	0
3.	Lubelskie	7	2
4.	Lubuskie	11	2
5.	Łódzkie	15	4
6.	Małopolskie	12	1
7.	Mazowieckie	11	0
8.	Opolskie	10	2
9.	Podkarpackie	14	2
10.	Podlaskie	7	2
11.	Pomorskie	8	2
12.	Śląskie	26	2
13.	Świętokrzyskie	10	1
14.	Warmińsko-Mazurskie	7	1
15.	Wielkopolskie	15	6
16.	Zachodnio-Pomorskie	3	2
	Razem	178	35

Tab.1 Liczba szkół prowadzących edukację mechatroniczną w poszczególnych województwach

- **Robotyka** w siedmiu technikach;
- **Automatyzacja procesów produkcyjnych** w pięciu technikach;

- **Pneumatyczne i hydrauliczne układy mechatroniczne** w jednym technikum;
- **Programowanie i obsługa wtryskarek tworzyw sztucznych** w jednym technikum;
- **Programowanie i eksploatacja sterowników PLC** w jednym technikum.

Najwięcej kwalifikacji specjalistycznych o wymiarze mechatronicznym wprowadzono do procesów uczenia się w technikach w Białymstoku, Krakowie, Łodzi, Chrzanowie, Wałbrzychu.

Szczególnie ważne dla rozwoju edukacji mechatronicznej od 2000 roku było utworzenie w **centrach kształcenia praktycznego** stacji techniczno-dydaktycznych dla potrzeb osiągnięcia kwalifikacji mechatronicznych przez uczących się w różnych szkołach zawodowych położonych w powiecie objętych pracą edukacyjną danego Centrum Kształcenia Praktycznego (kwalifikacje ogólnozawodowe, podstawowe i specjalistyczne). W wielu centrach zorganizowano pracownie (laboratoria) mechatroniczne lub stanowiska poliwalentne umożliwiające tworzenie złożonych zestawów dydaktycznych środków pracy i wyposażonych w specjalistyczne oprogramowanie.

Interdyscyplinarny i transdyscyplinarny wymiar mechatroniki wskazuje na możliwość wprowadzenia specjalizacji mechatronicznej do procesów uczenia się nie tylko w zawodzie technika mechatronika, ale również do procesów uczenia się w innych branżach zawodowych. Na odnotowanie w niniejszej diagnozie edukacji mechatronicznej zasługują następujące specjalizacje (kwalifikacje specjalistyczne):

- **Mechatronik pojazdów samochodowych** w dziewięciu technikach;
- **Zastosowanie systemów elektronicznych w pojazdach samochodowych** w jednym technikum;
- **Operator obrabiarek CNC** w czternastu technikach;
- **Programista urządzeń mechatronicznych** w dwóch technikach;
- **Komputerowe wspomaganie projektowania** w trzech technikach;

W polskim systemie edukacji zawodowej usługi w zakresie edukacji mechatronicznej w obszarze powiatu (miasta na prawach powiatu) oferują uczącym się w szkołach zawodowych **CENTRA KSZTAŁCENIA PRAKTYCZNEGO** w: Bielawie, Bielsku-Białej, Biłgoraju, Dębicy, Elblągu, Ełku, Gdańsku, Grudziądzu, Gorzowie Wielkopolskim, Jaśle, Jastrzębiu Zdroju, Kaliszu, Kędzierzynie – Koźlu, Łodzi, Nowym Sączu, Opolu, Poznaniu, Pleszewie, Piotrkowie Trybunalskim, Pile, Przemyślu, Radomiu, Rzeszowie, Starachowicach, Siedlcach, Suwałkach, Szczecinie, Tarnowie, Warszawie, Wałbrzychu, Włocławku, Wodzisławiu Śląskim, Wysokich Mazowieckich, Wrocławiu, Zamościu, Żywcu (**łącznie 36 centrów kształcenia praktycznego**).

PROGRAM EDUKACJI MECHATRONICZNEJ

W latach 2002-2004 w ramach kontynuacji działań w projekcie PHARE 2000 „Krajowy system szkolenia zawodowego”, przygotowano programy kształcenia w systemie modułowym dla sześciu obszarów zawodowych edukacji mechatronicznej (poziom kształcenia w technikum):

- systemy pneumatyczne i elektropneumatyczne,
- systemy hydrauliczne i elektrohydrauliczne,
- sterowanie mikroprocesowe,
- montaż urządzeń mechatronicznych,
- przemysłowe systemy mechatroniki,
- serwis i naprawy systemów mechatronicznych.

Wyżej sygnalizowane prace programowe prowadzono na bazie koncepcji MODUŁÓW UMIEJĘTNOŚCI ZAWODOWYCH – MES rekomendowanej przez Międzynarodową Organizację Pracy (Modules of Employable Skills –MES).

W latach 2003-2004 w ramach projektu PHARE 2001 i PHARE 2002 opracowano cykl kursów w systemie zadaniowym – modułowym ukierunkowanych na osiągnięcie kwalifikacji zawodowych w zakresie różnych obszarów mechatroniki.

Kursy opracowane przez konsorcjum IMC Consulting LTD, Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego, Świętokrzyska Agencja Rozwoju Regionalnego, Wojewódzki Uniwersytet Robotniczy sp. z o.o. w Katowicach były adresowane do osób poszukujących zatrudnienia.

Na odnotowanie zasługują również prace nad organizacją osiągania kwalifikacji mechatronicznych w trybie pozaformalnym przez centra kształcenia praktycznego i inne organizacje edukacyjne w wyniku zawartych kontraktów z powiatowymi urzędami pracy.

W procesie modelowania edukacji mechatronicznej ważne miejsce zajmuje proces przygotowania w latach 2005-2008 programów modułowych, w tym dla kształcenia w zawodzie monter mechatronika i technika mechatronika.¹ Programy były opracowane w ramach projektu „Przygotowanie innowacyjnych programów kształcenia zawodowego”, którym zawiadywał Krajowy Ośrodek Wspierania Edukacji Zawodowej i Ustawicznej (centralna placówka Ministerstwa Edukacji Narodowej).

Projekt realizowało konsorcjum w składzie: Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego w Łodzi, a podwykonawcami były: Instytut Badań Edukacyjnych w Warszawie, Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Zachodniopomorskie Centrum Edukacyjne w Szczecinie, Centrum Doradztwa i Doskonalenia Nauczycieli w Szczecinie, Zespół Szkół Technicznych w Mikołowie.

Kształcenie według modułowego programu charakteryzuje się tym, że:

- cele kształcenia i materiał nauczania wynikają z przyszłych zadań zawodowych,
- przygotowanie ucznia do wykonywania zawodu odbywa się głównie poprzez realizację zadań zbliżonych do tych, które są wykonywane na stanowisku pracy,
- nie ma w nim podziału na zajęcia teoretyczne i praktyczne, występuje w nim prymat umiejętności praktycznych nad wiedzą teoretyczną,
- jednostki modułowe integrują treści kształcenia z różnych dyscyplin wiedzy,
- w szerokim zakresie wykorzystuje się zasadę transferu wiedzy i umiejętności,
- proces uczenia się dominuje nad procesem nauczania,
- programy nauczania są elastyczne, poszczególne jednostki można wymieniać, modyfikować, uzupełniać oraz dostosowywać do poziomu wymaganych umiejętności, potrzeb gospodarki oraz lokalnego rynku pracy,
- umiejętności opanowane, ukształtowane w ramach poszczególnych modułów dają możliwość wykonywania określonego zakresu pracy.

Modułowy program składa się z zestawu modułów kształcenia w zawodzie i odpowiadających im jednostek modułowych, umożliwiających kształtowanie umiejętności i postaw właściwych dla zawodu.

W programie został przyjęty system kodowania modułów i jednostek modułowych zawierających następujące elementy:

- 6 symbol cyfrowy zawodu według klasyfikacji zawodów szkolnictwa zawodowego,
- 7 symbol literowy oznaczający kategorię modułów:
 - O – dla modułów ogólnozawodowych,
 - Z – dla modułów zawodowych,
 - S – dla modułów specjalizacyjnych,
- 8 cyfrę arabską oznaczającą kolejny moduł lub jednostkę modułową.

¹ H. Bednarczyk, L. Łopacińska, S. Popis (red.), *Technik mechatronik*, Radom 2009

Przykładowy zapis kodowania modułu:

311[50].O1

311[50] – symbol cyfrowy zawodu: technik mechatronik

O1 – pierwszy moduł ogólnozawodowy

Przykładowy zapis kodowania jednostki modułowej:

311[50].Z1.02

311[50] – symbol cyfrowy zawodu: technik mechatronik

Z1 – pierwszy moduł zawodowy

02 – druga jednostka modułowa w module Z1.

W celu ukazania procesów osiągnięcia kwalifikacji mechatronicznych w systemie modułowym przedstawię niżej elementy programu kształcenia **technika mechatronika**.

Założenia programowo-organizacyjne kształcenia w zawodzie technika mechatronika

Opis pracy w zawodzie

Typowe stanowiska pracy

Absolwent szkoły kształcącej w zawodzie technika mechatronika może być zatrudniony w zakładach o zautomatyzowanym i zrobotyzowanym cyklu produkcyjnym, w zakładach prowadzących usługi w zakresie projektowania, serwisu, napraw urządzeń i systemów mechatronicznych na stanowiskach: konstruktora, technologa, mistrza, kierownika działu obsługi i napraw, specjalisty ds. zaopatrzenia, specjalisty ds. handlu sprzętem mechatronicznym powszechnego użytku, operatora i programisty CNC, diagnosty i serwisanta sprzętu mechatronicznego powszechnego użytku.

Zadania zawodowe

Do typowych zadań zawodowych technika mechatronika należą: projektowanie i konstruowanie urządzeń i systemów mechatronicznych, montaż i demontaż urządzeń i systemów mechatronicznych, programowanie i użytkowanie urządzeń i systemów mechatronicznych, diagnozowanie i naprawa urządzeń oraz systemów mechatronicznych.

Umiejętności zawodowe

W wyniku kształcenia w zawodzie absolwent szkoły powinien umieć:

- czytać i analizować dokumentację techniczną urządzeń i systemów mechatronicznych oraz ich elementów podzespołów,*
- opracowywać dokumentację techniczną urządzeń i systemów mechatronicznych,*
- obliczać parametry charakteryzujące urządzenia i systemy mechatroniczne,*
- wykonywać pomiary wielkości elektrycznych i nieelektrycznych oraz interpretować ich wyniki,*
- dobierać materiały i narzędzia do montażu oraz obsługi urządzeń i systemów mechatronicznych,*
- dobierać zespoły, podzespoły oraz elementy urządzeń i systemów mechatronicznych,*
- przygotowywać do montażu zespoły, podzespoły i elementy urządzeń i systemów mechatronicznych,*
- nastawiać parametry urządzeń i systemów mechatronicznych,*
- sprawdzać poprawność działania elementów, podzespołów, modułów urządzeń i systemów mechatronicznych,*
- instalować i obsługiwać systemy sieciowe transmisji danych stosowane w mechatronice,*
- instalować i użytkować oprogramowanie niezbędne do pracy urządzeń i systemów mechatronicznych,*

- instalować urządzenia mechatroniczne,
- montować i demontować urządzenia i systemy mechatroniczne,
- uruchamiać oraz wyłączać urządzenia i systemy mechatroniczne,
- projektować urządzenia i systemy mechatroniczne,
- programować urządzenia i systemy mechatroniczne,
- dozorować pracę urządzeń i systemów mechatronicznych,
- wykonywać podstawowe naprawy i regulację urządzeń oraz systemów mechatronicznych,
- sporządzać protokoły uszkodzeń, awarii oraz dokonanych napraw,
- prowadzić dokumentację techniczną, techniczno-ruchową urządzeń i systemów mechatronicznych,
- przestrzegać przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska,
- organizować stanowisko pracy zgodnie z wymaganiami ergonomii,
- prowadzić działalność gospodarczą,
- stosować przepisy prawa w zakresie wykonywanych zadań zawodowych,
- udzielać pierwszej pomocy w stanach zagrożenia zdrowia i życia,
- komunikować się z uczestnikami procesu pracy,
- współpracować w zespole,
- porozumieć się w języku obcym w zakresie wykonywanych zadań, korzystać z różnych źródeł informacji w celu doskonalenia się i aktualizowania wiedzy zawodowej.

Organizacja procesu kształcenia w zawodzie technika mechatronika

Proces kształcenia według modułowego programu dla zawodu technika mechatronika może być realizowany w czteroletnim technikum dla młodzieży i dla dorosłych (w formie stacjonarnej i zaocznej) oraz w szkole policealnej dla młodzieży i dla dorosłych (w formie stacjonarnej i zaocznej).

Program obejmuje kształcenie ogólnozawodowe, zawodowe i specjalizacyjne. Kształcenie ogólnozawodowe zapewnia orientację w zawodzie oraz ułatwia ewentualną zmianę zawodu. Kształcenie zawodowe ma na celu przygotowanie absolwenta szkoły do realizacji zadań na typowych dla zawodu stanowiskach pracy i stanowi podbudowę do uzyskania specjalizacji zawodowej. Kształcenie specjalizacyjne ma na celu dostosowanie absolwenta do potrzeb lokalnego i regionalnego rynku pracy.

Ogólne i szczegółowe cele kształcenia wynikają z podstawy programowej kształcenia w zawodzie.

Treści programowe zawarte są w dziewięciu modułach: dwóch ogólnozawodowych, sześciu zawodowych oraz w jednym specjalizacyjnym.

Moduły są podzielone na jednostki modułowe. Każda jednostka modułowa zawiera treści stanowiące pewną logiczną całość. Osiąganie szczegółowych celów kształcenia jednostek modułowych powinno zapewnić kształtowanie umiejętności pozwalających na wykonywanie określonego zakresy pracy. Czynnikiem sprzyjającym kształtowaniu umiejętności zawodowych powinno być wykonywanie ćwiczeń zaproponowanych w poszczególnych jednostkach modułowych.

Program modułu 311[50].O1 „Podstawy mechatroniki” składa się z ośmiu jednostek modułowych i obejmuje ogólnozawodowe treści kształcenia z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy ochrony przeciwpożarowej i ochrony środowiska, obwodów elektrycznych prądu stałego i przemiennego oraz układów analogowych i cyfrowych mikroprocesorowych, pneumatycznych i hydraulicznych.

Program modułu 311[50].O2 „Technologie i konstrukcje mechaniczne” składa się z czterech jednostek modułowych i obejmuje treści ogólnozawodowe dotyczące wykonywania

dokumentacji technicznej, dobierania materiałów konstrukcyjnych, konstruowania oraz wytwarzania elementów maszyn.

Programy modułów: 311[50].O1 „Podstawy mechatroniki” i 311[50].O2 „Technologie i konstrukcje mechaniczne” powinny być realizowane w pierwszej kolejności.

Program modułu zawodowego 311[50].Z1 „Proces projektowania urządzeń i systemów mechatronicznych” składa się z pięciu jednostek modułowych i zawiera treści dotyczące analizowania działania elementów oraz podzespołów urządzeń i systemów mechatronicznych, obliczania wielkości i parametrów charakteryzujących te urządzenia, dobierania elementów i podzespołów, sporządzania dokumentacji technicznej urządzeń i systemów mechatronicznych.

Program modułu 311[50].Z2 „Technologia montażu urządzeń i systemów mechatronicznych” składa się z trzech jednostek modułowych i obejmuje treści z zakresu montażu urządzeń i systemów mechatronicznych oraz ich wstępnego rozruchu.

Program modułu 311[50].Z3 „Proces programowania i użytkowania urządzeń i systemów mechatronicznych” składa się z trzech jednostek modułowych i obejmuje treści z zakresu instalowania specjalistycznego oprogramowania do programowania sterowników programowalnych, układów manipulacyjnych i robotów oraz do wizualizacji procesów, uruchamiania i użytkowania specjalistycznych programów, programowania sterowników w wybranych językach programowania, programowania układów manipulacyjnych i robotów, uruchamiania i monitorowania pracy urządzeń i systemów mechatronicznych oraz regulacji parametrów urządzeń i systemów.

Program modułu 311[50].Z4 „Technologia napraw urządzeń i systemów mechatronicznych” składa się z dwóch jednostek modułowych i obejmuje treści z zakresu diagnozowania stanu technicznego, lokalizowania usterek i uszkodzeń oraz naprawy urządzeń i systemów mechatronicznych.

Program modułu 311[50].Z5 „Język obcy zawodowy” składa się z czterech jednostek modułowych i dotyczy umiejętności posługiwania się językiem obcym w pracy zawodowej, w zakresie urządzeń mechatronicznych.

Program modułu 311[50].Z6 „Praktyka zawodowa” składa się z dwóch jednostek modułowych i obejmuje treści, które powinny umożliwić uczniom zastosowanie i pogłębienie zdobytej wiedzy i umiejętności zawodowych w rzeczywistych warunkach pracy.

Program modułu specjalizacyjnego 311[50].S1 „Proces programowania i użytkowania obrabiarek sterowanych numerycznie” składa się z trzech jednostek modułowych i obejmuje treści z zakresu podstaw obróbki CNC oraz programowania i użytkowania tokarek i frezarek CNC.

W zależności od potrzeb lokalnego i regionalnego rynku pracy szkoła może opracować i realizować również własny program modułu specjalizacyjnego, na przykład:

- 6 systemy transmisji danych,
- 7 automatyzacja procesów produkcyjnych,
- 8 programowanie robotów i manipulatorów przemysłowych,
- 9 urządzenia mechatroniczne powszechnego użytku,
- 10 mechatronika pojazdów samochodowych lub inny wynikający z lokalnych potrzeb i sytuacji na rynku pracy.

Ważnym elementem procesu modelowania systemu edukacji mechatronicznej było przygotowanie w latach 2005-2007 krajowych standardów kwalifikacji zawodowych dla 200 zawodów w tym dla zawodów mechatronicznych z polskiej klasyfikacji zawodów szkolnych. Krajowe standardy kwalifikacji zawodowych zostały opracowane w ramach projektu „Opracowanie i upowszechnienie krajowych standardów kwalifikacji zawodowych”, Sektorowego Programu Operacyjnego „Rozwój Zasobów Ludzkich”, współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego. Wykonawcą projektu było konsorcjum w składzie: Doradca Cosultans Ltd. w Gdyni, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut

Badawczy w Radomiu, Demos – Polska w Warszawie, Łódzkiego Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego. Podwykonawcami były instytuty: Instytut Badań Edukacyjnych w Warszawie, Instytut Pracy i Spraw Socjalnych w Warszawie, PBS DGA – pracownia Badań Społecznych w Sopocie.

Dla potrzeb standaryzacji kwalifikacji mechatronicznych zidentyfikowano **16 grup zadań zawodowych, między innymi, montowanie i demontowanie układów elektrycznych, pneumatycznych i hydraulicznych w urządzeniach i systemach mechatronicznych, badanie funkcji i nastawienie parametrów w układach mechatronicznych, programowanie układów, urządzeń i systemów mechatronicznych, prowadzenie diagnostyki zapobiegawczej, wyszukiwanie błędów, usuwanie awarii w urządzeniach i systemach mechatronicznych**, wyróżniono składowe kwalifikacji i ustalono standard wszystkich rodzajów kwalifikacji mechatronicznych.²

Kwalifikacje ponadzawodowe opisane są zbiorami umiejętności, wiadomości i cech psychofizycznych wspólnych dla branży lub sektora gospodarki, w której zawód funkcjonuje (np. branża budowlana, informatyczna). Kwalifikacje ponadzawodowe obejmują także kwalifikacje kluczowe, które definiuje się jako wspólne dla wszystkich zawodów. **Kwalifikacje ogólnozawodowe** są wspólne dla wszystkich zakresów pracy w zawodzie, czyli dla tzw. składowych kwalifikacji zawodowych. **Kwalifikacje podstawowe** dla zawodu są charakterystyczne dla jednej lub kilku (ale nie wszystkich) składowych kwalifikacji zawodowych. **Kwalifikacje specjalistyczne** także są charakterystyczne dla jednej lub kilku (ale nie wszystkich) składowych kwalifikacji zawodowych, ale ponadto są to umiejętności, wiadomości i cechy psychofizyczne rzadziej występujące w zawodzie, które wykonuje stosunkowo mała grupa pracowników wyspecjalizowanych w dość wąskiej działalności w ramach zawodu.

W Krajowym Standardzie Kwalifikacji Zawodowych zdefiniowano **pięć poziomów kwalifikacji**. Ich uporządkowanie według poziomów ma na celu ukazanie złożoności pracy, stopnia trudności i ponoszonej odpowiedzialności. Przyjęto nadrzędność wymagań stawianych pracownikom na stanowiskach pracy nad wymaganiami określonymi w podstawach programowych kształcenia w zawodzie i wynikającymi z nich wymaganiami programów nauczania oraz wymaganiami zewnętrznymi egzaminów potwierdzających kwalifikacje zawodowe.

Na poziomie pierwszym umieszcza się umiejętności towarzyszące pracom prostym, rutynowym, wykonywanym pod kierunkiem i pod kontrolą przełożonego. Najczęściej jest to praca wykonywana indywidualnie. Do wykonywania pracy na poziomie pierwszym wystarcza przyuczenie. Osoba wykonująca pracę ponosi za nią indywidualną odpowiedzialność za działania zawinione.

Poziom drugi wymaga samodzielności i samokontroli przy wykonywaniu typowych zadań zawodowych. Pracownik potrafi pracować w zespole pod nadzorem kierownika zespołu. Ponosi indywidualną odpowiedzialność za działania zawinione.

Na poziomie trzecim kwalifikacji zawodowych pracuje pracownik, który wykonuje złożone zadania zawodowe. Złożoność zadań generuje konieczność posiadania umiejętności rozwiązywania nietypowych problemów towarzyszących pracy. Pracownik potrafi kierować małym, kilku - lub kilkunastoosobowym zespołem pracowników. Ponosi odpowiedzialność zarówno za skutki własnych działań jak i za działania kierowanego przez siebie zespołu.

Poziom czwarty wymaga od pracownika umiejętności wykonywania wielu różnorodnych, często skomplikowanych i problemowych zadań zawodowych. Zadania te mają charakter techniczny, organizacyjny i specjalistyczny oraz wymagają samodzielności powiązanej z poczuciem ponoszenia wysokiej osobistej odpowiedzialności. Pracownik musi potrafić kierować zespołami średniej i dużej liczebności (od kilkunastu do kilkudziesięciu osób, podzielonymi na podzespoły).

² H. Bednarczyk (red. naukowa), *Polskie standardy kwalifikacji zawodowych*, Radom 2008, s. 60-64

Poziom piąty reprezentują pracownicy, którzy kierują organizacjami i podejmują decyzje o znaczeniu strategicznym. Potrafią diagnozować, analizować i prognozować złożoną sytuację gospodarczą i ekonomiczną oraz wdrażać swoje pomysły do praktyki organizacyjnej i gospodarczej. Są w pełni samodzielni, działający w sytuacjach przeważnie problemowych, ponoszący odpowiedzialność i ryzyko wynikające z podejmowanych decyzji i działań. Pracownicy ci ponoszą także odpowiedzialność za bezpieczeństwo i rozwój zawodowy podległych im osób i całej organizacji.

Edukacja mechatroniczna to również bogaty obszar działań dotyczących osiągnięcia kwalifikacji w ramach kształcenia ustawicznego dorosłych dla osób zmieniających kwalifikacje lub osób osiągających nowe kwalifikacje. Ten obszar działań w procesie modelowania systemu edukacji mechatronicznej został wyrażony programami modułowymi. Z celów kształcenia wynika podział programów na jednostki szkoleniowe, na przykład: montaż mechanicznych elementów i podzespołów urządzeń mechatronicznych (uczący się montuje elementy i podzespoły mechaniczne urządzeń mechatronicznych), montaż i demontaż napędów elektrycznych urządzeń mechatronicznych (uczący się montuje elementy i podzespoły mechaniczne urządzeń mechatronicznych), montaż i demontaż napędów elektrycznych urządzeń mechatronicznych (uczący się montuje i demontuje napędy elektryczne urządzeń mechatronicznych), montaż i demontaż elementów i podzespołów pneumatycznych w urządzeniach mechatronicznych, montaż i testowanie sterowników mikroprocesowych, czujników i przetworników (uczący się montuje sterowniki PLC, podłącza do nich czujniki, przetworniki i elementy sterujące oraz przeprowadza test sterownika), rozruch urządzeń mechatronicznych (uczący się uruchamia urządzenie mechatroniczne i dokonuje regulacji wszystkich jego parametrów). Wyżej sygnalizowane kształcenie trwa 140 godzin.

WSPOMAGANIE TECHNICZNO-DYDAKTYCZNE EDUKACJI MECHATRONICZNEJ

W ostatnich latach powstało w Polsce bogate instrumentarium dydaktyczne dla potrzeb organizowania i prowadzenia szkolnej edukacji mechatronicznej. Na odnotowanie zasługują pierwsze podręczniki dla uczących się w szkołach zawodowych pod redakcją dr hab. inż. Mariusza Olszewskiego „Podstawy Mechatroniki”, REA, 2007 i „Mechatronika”, REA, 2007, podręcznik „MECHATRONIKA” pod redakcją prof. dr hab. inż. Sławomira Wiaka oraz szczególnie ważne opracowanie dotyczące organizacji procesu uczenia się mechatroniki w systemie modułowym, a także zaprojektowanego standardu kwalifikacji dla zawodów mechatronicznych – Tom 212 Biblioteki Pedagogiki pracy „Technik Mechatronik” tom 1, 2 i 3 pod redakcją prof. dr hab. Henryka Bednarczyka, Ludmiły Łopacińskiej i Stanisława Popisa, Radom 2009; „Polskie standardy kwalifikacji zawodowych” pod redakcją naukową prof. dr hab. Henryka Bednarczyka, Radom 2008.

Dla potrzeb edukacji mechatronicznej produkowane są środki dydaktyczne, w tym dydaktyczne środki pracy umożliwiające kształtowanie umiejętności i osiągnięcie kwalifikacji zawodowych zgodnie z obowiązującą podstawą programową kształcenia w zawodach mechatronicznych, standardem kwalifikacji zawodowych i celami kształcenia w systemie zadaniowym-modułowym.

Wyroby światowych i krajowych firm dla potrzeb edukacji mechatronicznej funkcjonują w centrach kształcenia praktycznego i szkołach zawodowych, a stacje techniczno – dydaktyczne odwzorowujące najnowsze technologie w zakresie pneumatyki, hydrauliki, robotyki, automatyki, obrabiarek sterowanych numerycznie CNC i innych obszarów mechatroniki zostały zaprojektowane i zorganizowane w Regionalnym Ośrodku

Edukacji Mechatronicznej w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego.

W dalszej części niniejszego zapisu przedstawię kilka ważnych zestawów środków dydaktycznych spełniających wymagania poliwalentności, które charakteryzują wyposażenie techniczno – dydaktyczne dla edukacji mechatronicznej w polskich szkołach i placówkach kształcenia zawodowego.

Wspomaganie techniczno – dydaktyczne edukacji mechatronicznej przez Festo Didactic

Firma Festo – Dział Dydaktyki – oferuje placówkom dydaktycznym specjalistyczny sprzęt i oprogramowanie z zakresu mechatroniki. Jest to kompleksowa oferta pozwalająca na wyposażenie każdego laboratorium automatyki, robotyki i mechatroniki. Wieloletnie doświadczenia firmy w zakresie sprzedaży i użytkowania wyposażenia dydaktycznego umożliwiły opracowanie koncepcji wspierania techniczno – dydaktycznego edukacji mechatronicznej.³

Sprzęt i oprogramowanie zakupione ostatnio przez Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego są przykładem najbardziej zaawansowanego wyposażenia dydaktycznego z zakresu mechatroniki.

Głównym elementem tego wyposażenia są wielofunkcyjny zestaw **MultiFMS**, stanowiska regulacji procesów ciągłych **MPS PA Compact Workstation**, stanowiska z robotami przemysłowymi oraz stanowiska obrabiarek przemysłowych CNC.

Zestaw MultiFMS jest przykładem elastycznego systemu produkcyjnego (FMS – Flexible Manufacturing System) złożonym z dwóch autonomicznych podsystemów: **MPS506** oraz **MicroFMS–MTLR8**. Zestaw MultiFMS pozwala na realizację zadań dydaktycznych z zakresu sterowania programowalnego, komunikacji sieciowej, obróbki CNC, programowania robotów, harmonogramowania zadań produkcyjnych oraz wizualizacji i nadzorowania przebiegu procesu.

Podsystem MicroFMS złożony jest z dwóch dydaktycznych obrabiarek CNC firmy EMCO: tokarki – Turn55 i frezarki – Mill55, trzech taśmociągów o napędzie elektrycznym oraz 7-osioowego robota Mitsubishi Melfa RV-3SB. Wymiana detali pomiędzy obrabiarkami oraz taśmociągami jest realizowana przez robot umieszczony na elektrycznym napędzie liniowym traktowanym jako jego dodatkowa oś (stopień swobody).

Sterowanie każdej obrabiarki jest realizowane przez typowy komputer PC wyposażony w odpowiednią kartę sprzęgającą oraz w specjalny pulpit z wymiennymi płytami z elementami manipulacyjnymi. Dzięki możliwości wyboru odpowiedniej płyty oraz uruchomieniu właściwego programu komputer może pełnić rolę wybranego sterownika CNC np. Sinumerik, Fanuc, Heidenhain. Obraz na ekranie komputera oraz wygląd płyty i funkcje jej klawiszy są w pełni zgodne z wybranym standardem sterowania CNC.

Standardowe zadanie realizowane przez podsystem MicroFMS polega na pobraniu przez robot surowego detalu z transportera wyjściowego, przekazaniu do tokarce, następnie – frezarce, a na koniec – umieszczeniu na transporterze wyjściowym lub przekazaniu do podsystemu MPS506.

Podsystem MPS 506 jest modelem przemysłowej linii produkcyjnej. Składa się z kilku stanowisk – modułów, realizujących różne funkcje: transportu, kontroli, obróbki i magazynowania detali. Każde ze stanowisk wyposażone jest w indywidualny sterownik PLC S7-300 firmy Siemens. Stanowiska te powiązane są wspólnym systemem transportowym w postaci liniowych przenośników palet z przewożonymi detalami. Przenośniki liniowe o napędzie elektrycznym tworzą prostokątny tor, po którym palety przesuwają się w stałej pętli. Pobranie detalu za stanowiska na paletę lub przekazanie go z palety na stanowisko uzyskuje się dzięki blokowaniu ruchu wybranej palety w wybranej pozycji przy nieustannym

³ W. Morawski, *Nowe stanowiska techniczno – dydaktyczne dla potrzeb edukacji mechatronicznej*, na prawach rękopisu, Łódź 2010, s. 1-6

przemieszczaniu się taśmy toru napędowego. Praca przenośników liniowych jest sterowana przez jeden sterownik PLC S7-300 z dołączonymi poprzez sieć ASi urządzeniami wykonawczymi i czujnikami.

Nadzór nad pracą całości podsystemu MPS506 jest realizowany centralnie z komputera PC z uruchomioną specjalizowaną aplikacją programu Windows Control Center (WinCC) – profesjonalnego programu SCADA firmy Siemens. Sterowniki wszystkich stanowisk MPS połączone są do tego celu siecią Profibus.

Kolejnym stanowiskiem przeznaczonym do realizacji złożonych zadań dydaktycznych z zakresu mechatroniki jest MPS PA Compact Workstation.

Stanowisko to służy do regulacji procesów ciągłych. Regulacji mogą podlegać cztery wielkości: poziom wody, natężenie przepływu wody, temperatura wody oraz ciśnienie powietrza w zbiorniku zamkniętym. Urządzeniem spełniającym funkcję regulatora jest sterownik PLC S7-300 firmy Siemens. Dołączenie do sterownika sygnałów pomiarowych wszystkich czterech wymienionych wyżej wielkości oraz kilku urządzeń wykonawczych umożliwia swobodny wybór struktury algorytmu regulacji: od najprostszej regulacji jednopętlowej do dowolnej kombinacji regulacji skrośnych wszystkich zmiennych. Wykorzystanie sterownika PLC umożliwia też klasyczną regulację PID jak i zastosowanie nowoczesnych algorytmów predykcyjnych, sieci neuronowych, funkcji rozmytych itp. Programowanie sterownika, wizualizację przebiegu regulacji oraz symulację działania obiektu wraz z regulatorem umożliwia specjalizowany program dydaktyczny FluidLab.

Praktyczne zadania z zakresu robotyki umożliwiają stanowiska ze swobodnie programowanymi robotami firmy Mitsubishi, z których każdy współpracuje z określonym zestawem urządzeń pomocniczych. Możliwe jest współdziałanie robotów dzięki połączeniu ich sterowników siecią Profibus lub CCLink.

Podsumowaniem powiązania funkcji dydaktycznych z praktyką przemysłową są stanowiska profesjonalnych obrabiarek CNC: tokarki – Turn250 i frezarki – Mill250 firmy EMCO. Obrabiarki te są również, jak ich mniejsze odpowiedniki z zestawu MicroFMS, wyposażone w możliwość elastycznego wyboru systemu sterowania.

Dopełnieniem wyposażenia techniczno – dydaktycznego dla potrzeb edukacji mechatronicznej jest specjalistyczne oprogramowanie.

Wszystkie sterowniki PLC firmy Siemens mogą być programowane, nadzorowane i diagnozowane przez profesjonalne oprogramowanie STEP7 Simatic Manager. Nadzór nad przebiegiem procesu w zestawie MPS506 oraz na stanowisku MPS PA Compact Workstation umożliwia przemysłowy system SCADA, również firmy Siemens, WinCC. Programowanie sterownika stanowiska MPS PA Compact Workstation, wizualizację przebiegu regulacji oraz symulację działania obiektu wraz z regulatorem umożliwia specjalizowany program dydaktyczny FluidLab firmy Festo. Programowanie robotów, symulacja ich pracy, a także symulacja pracy poszczególnych stanowisk oraz wybranych zestawów stanowisk systemu MPS jest możliwa dzięki rozbudowanemu środowisku programowemu CIROS firmy Festo. Możliwe jest również profesjonalne projektowanie oraz symulacja pracy układów pneumatycznych i hydraulicznych. Umożliwia to bogaty w funkcje program dydaktyczno-przemysłowy FluidSim (w wersji P i H) firmy Festo. Najbardziej rozbudowanym środowiskiem programowym jest Mechatronic Assistant przeznaczony do uczenia się w zakresie praktycznie wszystkich dziedzin mechatroniki.

Centrum Robotyki Mitsubishi Electric w Łodzi

Dzięki współpracy firmy Mitsubishi Electric z Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego utworzone zostało Centrum Robotyki Mitsubishi Electric z siedzibą w Łodzi. Nowopowstała placówka wyposażona jest w wysokiej klasy sprzęt Mitsubishi: panele operatorskie HMI, sterowniki PLC, serwowzmacniacze, silniki oraz roboty przemysłowe najnowszej generacji, pracujące w sieci CC-Link. Centrum oferuje

szkolenia i seminaria dla nauczycieli, dyrektorów szkół zawodowych, uczących się w szkołach zawodowych i pracowników firm.⁴

Mitsubishi Electric należy do wiodących na świecie przedsiębiorstw branży elektrotechnicznej i elektronicznej. Koncern działa w ponad 120 krajach w zakresie automatyki przemysłowej, półprzewodników, produkcji i rozdziału energii, techniki komunikacyjnej i informacyjnej, elektroniki rozrywkowej, techniki budowlanej oraz techniki lotniczej i kosmicznej. Mitsubishi Electric stawia na innowacyjne produkty o wysokiej jakości – również w zakresie automatyzacji produkcji.

Mitsubishi Electric Europe B.V. jest całkowicie zależną spółką korporacji Mitsubishi Electric (Japonia), która szczyci się ponad 30-letnią historią w dziedzinie sprzedaży, usług serwisowych i wsparcia na potrzeby automatyki produkcji dla europejskiego rynku.

Mitsubishi Electric Europe B.V. Oddział w Polsce oferuje wysoce zaawansowane technologicznie produkty i rozwiązania z dziedziny automatyki przemysłowej:

- **sterowniki PLC** - nieustanny postęp techniczny w tej dziedzinie daje użytkownikowi możliwość skonfigurowania systemu zgodnie z jego indywidualnymi potrzebami, również w wymaganym przez niego miejscu i czasie. Obecnie linia sterowników MELSEC obejmuje: mikrosterowniki ALPHA, sterowniki kompaktowe serii FX, sterowniki modułowe serii Q, platforma iQ
- **panele operatorskie HMI** - firma oferuje szeroką gamę urządzeń do obsługi i wizualizacji systemów automatyzacji przemysłu. Seria produktów HMI zawiera pulpity graficzne, pulpity z przyciskami funkcyjnymi i ekranami dotykowymi z serii: GOT1000, MAC E oraz IPC1000
- **roboty przemysłowe** - zaawansowane roboty MELFA są synonimem szybkości, dokładności i kompaktowej formy, a także wysokiej żywotności urządzenia. Roboty są stosowane nie tylko w nakładochłonnych zastosowaniach przemysłowych, ale też do ochrony wykonywanych procesów pracy i zastępowania sił roboczych. Ponieważ oferują w swojej klasie wiodącą funkcjonalność, idealnie nadają się do aplikacji z wykorzystaniem małych i średnich robotów.
- **technologia serwo oraz motion** - wszystkie systemy sterowania ruchem Mitsubishi Electric są wyposażone w pakiety oprogramowania pozwalające na proste programowanie i konfigurację. Procesory ruchu przeznaczone są do realizacji wielosiowych systemów sterowania, w których elementem wykonawczym są serwonapędy połączone szybką siecią SSCNET umożliwiając dostosowanie się do specjalnych wymagań aplikacji. Przykładowo MR-E Super, opracowany przez Mitsubishi systemem serwo AC przeznaczony do ogólnych zastosowań, może pracować w różnych trybach sterowania, jak np. sterowanie położeniem lub w trybie wewnętrznej regulacji prędkości. Dlatego nadaje się do szerokiego zakresu zastosowań, jak dokładne pozycjonowanie i płynna regulacja obrotów w obrabiarkach i powszechnie stosowanych maszyn przemysłowych (np. maszyny pakujące, przetwarzające lub etykietujące).
- **przetwornice częstotliwości** - są kluczowym elementem systemów automatyki Mitsubishi Electric. Zakres dostępnych mocy zawiera się w przedziale od 0,2 do 630 kW, obejmując kilka serii przetwornic częstotliwości: FR-D700, FR-E700, FR-A700 oraz FR-F700. Ze względu na łatwość eksploatacji, przetwornica FR-D700 jest szczególnie użyteczna w prostych aplikacjach. Jest to właściwy wybór w przypadku zarówno prostych, jak i bardziej wyrafinowanych aplikacji. Typowymi zastosowaniami są układy napędowe podajników, taśmociągów, obrabiarek oraz drzwi i bram. FR-E700 jest ekonomicznym i niezwykle wszechstronnym rozwiązaniem dla szeregu aplikacji, począwszy od maszyn do przemysłu tekstylnego, systemów transportu materiałów, a skończywszy na napędach bramowych. Z kolei FR-F700

⁴ Ł. Sendecki, *Centrum Robotyki Mitsubishi Electric w Łodzi*, na prawach rękopisu, Łódź 2010, s. 1-3

to nowoczesne i inteligentne napędy, które mogą być bezproblemowo zintegrowane w kompletnych rozwiązaniach automatyzacji budynków. Nadają się szczególnie do pomp i wentylatorów oraz zastosowań o zredukowanym obciążeniu jakimi są na przykład urządzenia klimatyzacyjne w technice automatyzacji budynków i w przemyśle, w urządzeniach odsysających i nawiewowych oraz w technice odwadniania, pompach do wód gruntowych i pomp ciepłych. FR-A700 jest połączeniem zaawansowanej funkcjonalności, niezawodnej technologii z maksymalną wydajnością i dużą elastycznością. Przetwornice tej serii są niezastąpione w wymagających aplikacjach, takich jak: dźwigi, podnośniki, systemy wysokiego składowania, wirówki i nawijaki.

- **aparatura niskiego napięcia** – firma oferuje kompletną gamę aparatury łączeniowej od wyłączników powietrznych i kompaktowych do styczników magnetycznych i przekaźników termicznych.
- **sterowanie CNC** - wykonane z myślą o pełnej kompatybilności z technologiami na całym świecie. Seria M70 odziedziczyła wysoką dokładność - nano technologię sterowania naszej popularnej serii M700V, która to jest używana jako przykładowe kryterium dla ustalania nowych standardów w przemyśle.

Mitsubishi Electric Europe B.V. w Polsce ma swoje siedziby w Balicach, Pruszkowie oraz Wrocławiu. Firma posiada wykwalifikowany serwis, kadre inżynierską odpowiedzialną za wsparcie techniczne oraz szkolenia dla przemysłu automatyki. Główne obszary działania to wszystkie poziomy przemysłu ciężkiego i lekkiego oraz przemysłu elektromaszynowego.

Wykorzystanie systemu MTS w edukacji mechatronicznej

Firma MTS (skrót od pełnej nazwy: Mathematisch Technische Software-Entwicklung) zajmuje się tworzeniem systemów do uczenia się programowania i do programowania obrabiarek sterowanych numerycznie. Są to matematyczne systemy techniczne pozwalające na uczenie się programowania w większości języków sterowań maszyn dostępnych na rynku. Firma specjalizuje się w tworzeniu systemów CAD/CAM oraz CNC.

Głównymi celami działalności przedsiębiorstwa jest ciągłe udoskonalanie systemów dydaktycznych w formie pakietów oprogramowania, a z drugiej strony tworzenie oprogramowania na zlecenie wiodących producentów sterowań obrabiarek numerycznych.⁵

Oprócz samego systemu MTS oferuje także dostosowanie swojego oprogramowania do obsługi i programowania obrabiarek będących już w posiadaniu użytkowników bez względu na ich producenta. Przy zastosowaniu systemu MTS można bowiem zintegrować w logiczną całość dowolną pracownię obrabiarek. System pozwala na programowanie dowolnej maszyny poprzez tworzenie programu NC w neutralnych kodach ISO MTS i przetwarzanie ich za pomocą postprocesora na dowolnie wybrane sterowanie obrabiarki lub też pisanie w środowisku MTS programu bezpośrednio w wybranym języku maszyny przy wykorzystaniu tak zwanych kluczy programowych poszczególnych sterowań, czyli po prostu w języku sterowania danej maszyny.

Dzięki temu można dowolną pracownię obrabiarek unowocześnić poprzez zintegrowanie jej z systemem MTS.

System MTS pozwala na uczenie się programowania i programowanie:

- tokarek sterowanych numerycznie od tokarek programowanych w dwóch osiach aż do tokarskich centrów obróbkowych programowanych w pięciu osiach z zastosowaniem napędzanych narzędzi obrotowych frezarskich i wrzeciona przechwytyjącego.

⁵ R. Dubas, *MTS*, na prawach rękopisu, Łódź, 2010, s. 1-5

- frezarek sterowanych numerycznie od frezarek programowanych w trzech osiach, aż po pięcioosiowe pionowe centra obróbkowe z obrotowym i wychylnym stołem.

Ponadto MTS umożliwia tworzenie dokumentacji rysunkowej w formie elektronicznej i przetwarzanie rysunków na kody NC do sterowania obrabiarkami.

Użytkownik przystępujący do pracy ma możliwość wyboru na jakiej maszynie chce uczyć się programowania i z jakim sterowaniem.

Podstawowe cechy systemu MTS to możliwość:

- uczenia się programowania dowolnej tokarki lub frezarki sterowanej numerycznie w dowolnym języku sterowania;
- zastosowania postprocesorów wszystkich powszechnie stosowanych sterowań obrabiarek umożliwiających automatyczne przetwarzanie programów pisanych w neutralnych kodach NC MTS na kody tych sterowań maszynowych oraz możliwość bezpośredniego programowania w dowolnym, wybranym przez użytkownika języku programowania (bezpośrednio, bez konieczności przetwarzania postprocesorem);
- zapisu kształtu 3D wykonanego na tokarce lub frezarce detalu oraz wykorzystanie tego kształtu do dalszej obróbki na innej obrabiarence;
- programowania dialogowego z wykorzystaniem opracowanych dydaktycznie masek dialogowych, gdzie użytkownik na podstawie nowoczesnej grafiki i opisu, ma możliwość wpisywania wartości adresów opisujących funkcje, instrukcje i cykle obróbkowe;
- programowania dialogowego w trybie interaktywnym pozwalające na wpisywanie do systemu jednego bloku NC i obserwację reakcji modelu maszyny na dany wpis. Akceptacja bloku i wprowadzanie kolejnego lub korekta, o ile pojawiają się błędy matematyczne, geometryczne lub kolizja;
- doboru właściwego kształtu i przestrzeni obrabiarki, na której uczy się programowania;
- kontroli detalu na dowolnym etapie programowania (wymiarowanie, przekroje, chropowatość i inne).

System MTS jest systemem kompletnym umożliwiającym zaprogramowanie detalu począwszy od pomysłu i rysunku, poprzez program NC w dowolnym języku do transmisji programu na obrabiarkę i jego wykonanie.

System umożliwia programowanie warsztatowe obróbki wielostronnej i obróbki kompletnej z wykorzystaniem modułów: TopMill (frezowanie) i TopTurn (toczenie) dla wybranego sterowania CNC.

MTS obecny w Polsce od kilkunastu lat współpracuje z większością szkół prowadzących edukację mechatroniczną oraz z centrami kształcenia praktycznego.

W ramach projektu współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Łódzkiego na lata 2007 – 2013 system MTS najnowszej generacji został zainstalowany w pracowniach obrabiarek sterowanych numerycznie w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego w Łodzi. To pilotażowy projekt w ramach którego MTS pozwala na uczenie się programowania tokarek i tokarskich centrów obróbkowych programowanych w pięciu osiach oraz frezarek i frezarskich centrów obróbkowych programowanych w pięciu osiach.

Programy tworzone w systemie MTS służą do obsługi obrabiarek firmy Emco ze sterowaniem Sinumerik 840, Fanuc 21 oraz Heidenhain.

W bieżącym roku firma MTS wprowadziła na rynek swój najważniejszy system do uczenia się programowania i do programowania obrabiarek w najnowszej wersji 7(4), ale też poszerzyła ofertę standardową o następujące dodatkowe elementy:

- System MTS CNC CAD/CAM:
CNC - Symulator toczenia i frezowania z obligatoryjnym modulem 3D. Toczenie w **pieciu** osiach z wrzecionem przechwytyjącym i obrotowymi narzędziami i frezarskimi i frezowanie w **pieciu** osiach do obróbki wielostronnej z obrotowym i wychylnym stołem.
- Moduł TopFix. Interaktywny modułowy system mocowania przedmiotu obrabianego na stole frezarskiego centrum obróbkowego.
- Moduł NCTest. Moduł egzaminacyjny, pozwalający na samodzielne przygotowanie i realizację egzaminu sprawdzającego umiejętności programowania na bazie własnych lub obcych programów. Do realizacji na komputerze lub w formie wydruku papierowego (z dodatkowym bezpłatnym modulem NCPrint).

Wyposażenie techniczno-dydaktyczne dla potrzeb edukacji przedzawodowej w zakresie robotyki prowadzonej w ramach Akademii Młodych Twórców

Uczący się w trybie pozaformalnym w Akademii Młodych Twórców, prowadzonej przez Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego, programują i testują działanie robotów mobilnych (z wykorzystaniem zestawów Lego Mindstorms NXT) oraz programują roboty przemysłowe firmy Mitsubishi. Program zajęć został podzielony na moduły dotyczące: robotów mobilnych, przemysłowych, sztucznej inteligencji, sieci neuronowych oraz ich wykorzystania w robotyce. Uczący się realizują autorskie projekty mające na celu zbudowanie własnego mobota (ang. MOBOT – MOBILE roBOT) oraz zgłębiają tajniki programowania w językach: NXC i LeJOS (pozwalających ożywić skonstruowane roboty), a także w języku MELFA BASIC IV (wykorzystywanym do programowania robotów przemysłowych).⁶

W procesie edukacji mechatronicznej przedzawodowej wykorzystywana jest seria zestawów Lego Mindstorms produkowanych przez Lego Group, która łączy klocki Lego (głównie z serii Lego Technic) z czujnikami elektronicznymi, serwomechanizmami (zamknięty układ sterowania przemieszczeniem) i komputerową jednostką centralną pozwalającą między innymi na konstruowanie robotów oraz na ich odpowiednie oprogramowywanie. W trakcie zajęć wykorzystywany jest graficzny język programowania LEGO Mindstorms NXT Software pozwalający zgłębiać tajniki programowania, strukturę algorytmów i „ożywiać” zbudowane konstrukcje.

Wyższy etap tej edukacji to poważniejsze wyzwania i bardziej skomplikowane projekty. Dlatego też podczas zajęć wykorzystywane są zestawy LEGO Mindstorms NXT wzbogacone o dodatkowy zestaw Education Resource Set. To dodatkowe 671 części, między innymi przekładnie pasowe, gaśienice, mechanizm różnicowy, które pozwolą na realizację najbardziej wymyślnych projektów. Ponadto uczący się mają do dyspozycji 3 silniki i 4 czujniki, akcelerometr oraz kompas, dla potrzeb realizacji bardziej zaawansowanych konstrukcji. Jak wcześniej wspomniano jedną z najważniejszych zalet zestawów LEGO Mindstorms jest możliwość programowania i „ożywiania” zaprojektowanych konstrukcji. Do realizacji pomysłów uczących się są wykorzystywane różne narzędzia. Poczynając od prostych, intuicyjnych, graficznych języków programowania jak NXT Software, aż do języków zbliżonych swoją składnią do tych używanych w „dorosłej” praktyce programistycznej jak NQC. Do programowania kostki służy specjalne, dołączone do zestawu oprogramowanie o niezbyt wyszukanej nazwie – LEGO Mindstorms NXT Software v 1. Oparte jest ono na technologii stworzonej przez firmę National Instruments, znanego światowego producenta elektroniki pomiarowej i oprogramowania do zbierania danych pomiarowych. Uczniowie instalują je na komputerze przed podłączeniem kostki NXT. Bardzo

⁶ S. Szaruga, *Kształtowanie umiejętności w zakresie podstaw robotyki*, na prawach rękopisu, Łódź 2010, s. 5-7

proste przykładowe programy mogą być tworzone z poziomu menu kontrolera NXT. Do pisania bardziej skomplikowanych wykorzystywanych jest wiele środowisk systemowych działających na komputerach klasy PC przy wykorzystaniu interfejsów USB i/lub Bluetooth zarówno do ładowania programów oraz do komunikacji sterownika z komputerem.

Do oryginalnego zestawu Lego Mindstorms NXT dołączane jest także proste środowisko graficzne – NXT-G. Tworzenie programów w tym środowisku programowania robotów polega na przeciąganiu z dostępnej palety bloków poleceń na przygotowany arkusz. Komendy łączy ścieżka reprezentująca watek główny programu. Przypomina to projektowanie schematów blokowych. Drugim z kolei programem wykorzystywanym na zajęciach jest program ROBOTC oparty na języku typu „C” umożliwiający pisanie programów na kostkę NXT w tym języku. Jest bardzo rozbudowany i oferuje wiele opcji m.in.:

- możliwość synchronizacji dwóch silników w celu jazdy po torze prostym – zaawansowana kontrola serwomotorów algorytmem PID umożliwiającym wykonywanie precyzyjnych obrotów silnikiem o zadaną liczbę stopni (pozwala wykonywać robotem dokładne skręty),
- wyświetlania na ekranie LCD kostki NXT własnej grafiki i tekstu,
- odtwarzania własnej muzyki i efektów dźwiękowych z głośnika NXT,
- komunikacji z innymi robotami lub urządzeniami poprzez Bluetooth.

Środowisko programistyczne ROBOTC posiada, podobnie jak NXT-G funkcję przeciągania bloków, z tym, że w ROBOTC przeciąga się tekst (kod), który następnie można edytować.

Na zajęciach kończących pierwszy okres kształcenia w zakresie robotyki, członkowie AMT poznali język NXC czyli Not Exactly C będący językiem programowania podobnym również do języka C przeznaczonym jednakże do programowania NXT. Język NXC jest do tego stopnia podobny do C, że po jego przyswojeniu, uczeń może szybko zacząć programować w C++, C#, czy php lub innym środowisku popularnie używanym w informatyce.

Obecnie uczniowie przystąpili do uczenia się programowania robotów mobilnych w języku LeJOS. Jest to wysokopoziomowy, darmowy, oparty o licencje open source język programowania zbudowany na języku Java oferujący m.in.: obiektowo zorientowany język programowania, możliwość tworzenia wątków, tablice, w tym wielowymiarowe, rekurencje, synchronizacje, obsługę wyjątków, zaimplementowane większość klas z pakietów Java.lang i Java.util, bardzo dobrą dokumentację.

W myśl zasady „napisz raz, uruchamiaj wszędzie”, programy napisane w Javie można uruchamiać na wielu urządzeniach, np. telefonach komórkowych, mobilnych robotach, czy komputerach z różnymi systemami operacyjnymi przy użyciu wirtualnej maszyny Javy.

W Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego funkcjonują również profesjonalne roboty przemysłowe zgrupowane w dwóch pracowniach. W pierwszej mamy możliwość poznania tajników programowania w środowisku języka Melfa Basic, budując wirtualne środowisko pracy robotów i uruchamiając program na fizycznym robocie przemysłowym. W drugiej pracowni roboty przemysłowe zlokalizowane są na tzw. elastycznej linii produkcyjnej. Jedne pobierają elementy z taśmy transportowej i „podają” je obrabiarkom CNC w celu dalszej obróbki. Inne zajmują się montażem elementów z kilku detali, które podnoszą z taśmy transportowej bądź z odpowiednich magazynów. Niektóre z nich można dostosować do swoich potrzeb zmieniając końcówkę uchwytu manipulatora.

Uczniowie będą więc mieli możliwość zapoznania się z programowaniem sterowników PLC, programowaniem obrabiarek CNC, zaawansowanym programowaniem robotów przemysłowych, budowania i programowania rozproszonych systemów mechatronicznych wykorzystując sieci przemysłowe oraz będą mieli okazję zapoznania się z problemami jakie mogą wynikać podczas stosowania takich urządzeń w procesach technologicznych.

DZIAŁALNOŚĆ REGIONALNEGO OŚRODKA EDUKACJI MECHATRONICZNEJ W KONTEKŚCIE PRZEMIAN W EDUKACJI – STUDIUM PRZYPADKU

W 2010 roku powstał w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego pierwszy Regionalny Ośrodek Edukacji Mechatronicznej, którego działalność zorientowano na organizowanie procesów osiągania kwalifikacji mechatronicznych dla uczących się w różnych szkołach zawodowych i dla dorosłych w ramach zaprojektowanych kursów specjalistycznych.

Planowanie i zorganizowanie działalności Regionalnego Ośrodka Edukacji Mechatronicznej wynikało z założeń przemian w edukacji w obliczu mechatronizacji techniki. Te założenia można zakwalifikować do następujących grup tematycznych:

- 1) Zapewnienie jakości procesów edukacyjnych zorientowanych na uzyskiwanie przez uczących się efektów uczenia się
- 2) Organizacja edukacji mechatronicznej jako systemu uczenia się poprzez wykonywanie projektów (zadań zawodowych) .

Aktualnie dokonywane zmiany w edukacji zawodowej znakomicie korespondują z istotą edukacji mechatronicznej – edukacji interdyscyplinarnej dotyczącej analizy, syntezy i realizacji zintegrowanych urządzeń mechaniczno-elektronicznych (systemów mechatronicznych) służących do zmieniania stanu materiałów i energii (technika mechatroniczna zorientowana jest przede wszystkim na metodę, inaczej niż to ma miejsce w technikach klasycznych – mechanicznej, elektrycznej czyli elektronicznej – zorientowanych przede wszystkim na produkt)⁷.

Te zmiany „edukacyjne” wynikają przede wszystkim z idei Europejskich i Polskich Ram Kwalifikacji, zaleceń Parlamentu Europejskiego, a także potrzeb rynku pracy. Szczególnie ważne dla tych ZMIAN są treści dokumentów dotyczące strategii organizacji procesów uczenia się przez całe życie oraz ustanowienia głównych celów polityki na rzecz uczenia się przez całe życie, między innymi: promowanie innowacyjności i kreatywności, ułatwianie transferu osiągniętych kwalifikacji i osiąganie nowych kwalifikacji, w tym ich aktualizacji⁸. Istotę ZMIAN najlepiej sygnalizuje stwierdzenie, iż „w centrum zainteresowania polityki edukacyjnej na rzecz uczenia się przez całe życie stawiana jest osoba UCZĄCA SIĘ, a nie instytucja lub system edukacyjny”⁹.

Te stwierdzenia korelują z potrzebą marginalizowania paradygmatu w edukacji wynikającego z **przekazywania wiedzy** jako produktu „od nauczyciela do nauczania” i oczekiwania nauczyciela przekazania jemu przez ucznia przyswojonej wiedzy w celu oceny poziomu jej przyswajania. Ten paradygmat „nauczania”, a w konsekwencji „przekazywania wiedzy przez nauczyciela” implikuje metody ukierunkowane na przyswajanie gotowych informacji oraz w konsekwencji informuje o przeładowaniu szkoły formalnym, werbalnym nauczaniem i dominowaniu w niej statystycznej kultury edukacji¹⁰.

⁷ M. Gawrysiak, *Analiza systemowa urządzenia mechatronicznego*, Białystok 2003, s.19

⁸ m.in. *zalecenia Parlamentu Europejskiego z 23.04.2008 w sprawie ustanowienia Europejskich Ram Kwalifikacji i strategii uczenia się przez całe życie*

⁹ S. Sławiński, *Europejskie i Krajowe Ramy Kwalifikacji*, podstawowe informacje, Warszawa 2009, s.4

¹⁰ *Ważne są rozważania na temat sygnalizowanego paradygmatu w edukacji* prof. Stanisława Dylaka, Bogusława Śliwerskiego, Łukasza Turskiego, Wiktora Osiatyńskiego (m.in. dyskusja „Gazeta Wyborcza

Rewolucja informatyczna, lawinowe przemiany w technologiach i technikach pracy, a w efekcie przemiany w organizacji pracy wymagają dostosowania EDUKACJI do rzeczywistości zewnętrznej i planowania rozwoju systemu edukacji na bazie antycypowanej rzeczywistości, a więc urealnienia ZMIAN EDUKACYJNYCH z pełnym uwzględnieniem paradygmatu w edukacji wynikającego z założeń pedagogiki konstruktywistycznej.

Ten paradygmat to:

- uczenie się uczenia się,
- samodzielne pobieranie przez uczącego się informacji dla potrzeb rozwiązywania zadań – problemów,
- **wytwarzanie wiedzy** przez uczących się w wyniku wykonywania przez nauczyciela czynności sterowniczych, a w szczególności czynności wynikających z pełnionych ról tutora, facylitator – mentora, coacha, doradcy, trenera,
- **uczenie się pracy w grupie**, w tym grupowego rozwiązywania zadań zawodowych.

Skrótowo charakteryzowany paradygmat „konstruktywistyczny” znakomicie ukazuje projektowaną edukację mechatroniczną jako proces uczenia się w grupie poprzez rozwiązywanie zadań, a w szczególności ukazuje tę edukację jako egzemplifikację wyżej sygnalizowanych ZMIAN w edukacji.

Mechatronika wyznacza konieczność pracy w grupach różnych specjalistów. Wyraziście ilustruje to poprzez wybrany przykład Marek Gawrysiak, „W samochodzie osobowym obok części i napędów mechanicznych, mamy dziś ponad 100 napędów elektrycznych, hydraulicznych lub pneumatycznych i około 50 mikroprocesorów. Końca tego rozwoju nie widać. Pozostawienie tych zadań tylko „czystemu” mechanikowi, elektronikowi, czy informatykowi niewiele pomoże. Powinni oni pracować w **zespole** i umieć porozumiewać się. Informatyk i elektronik powinni znać podstawową wiedzę z zakresu budowy maszyn, dopiero wtedy można bowiem w zespole racjonalnie decydować i oceniać wspólne pomysły i rozwiązania. Wiedzę specjalistyczną należy przetworzyć w wynik pracy zespołu”¹¹

Z pełnym przekonaniem eksponuję więc stwierdzenie M. Gawrysiaka, iż MECHATRONIKA STAJE SIĘ TECHNIKĄ OGÓLNA – swego rodzaju metatechniką wiążącą także dyscypliny jak budowę maszyn, elektrotechnikę, automatykę, elektronikę i informatykę, a edukacja mechatroniczna oprócz wymiaru interdyscyplinarnego ma również wymiar transdyscyplinarny.

Już z tych rozważań wynika, iż specjalizacja mechatroniczna i inne elementy edukacji mechatronicznej mogą być wdrażane do praktyki edukacji zawodowej dotyczącej wielu branż (zawodów) oraz, że sygnalizowane wymiary edukacji mechatronicznej znakomicie korespondują z podstawowymi założeniami praktyki edukacyjnej dotyczącej uczenia się przez całe życie, odnoszącej się do osoby uczącej się i do założeń pedagogiki konstruktywistycznej.

Konkretyzując to wnioski w kategoriach ZMIANY trzeba edukację mechatroniczną rozważać w następujących wymiarach dydaktycznych:

1. Tworzenie warunków do organizacji uczenia się poprzez wykonywanie zadań zawodowych charakteryzujących interdyscyplinarny sens mechatroniki (uczenie się w systemie modułowym – zadaniowym, integracja teorii i praktyki, zbliżenie procesu kształcenia do rzeczywistego procesu pracy, organizacja procesu uczenia się w jednostkach modułowych).
2. Monitorowanie rynku pracy w zakresie mechatroniki, określanie kwalifikacji zawodowych mechatronicznych aktualnie ważnych dla przedsiębiorstw i istotnych w najbliższej przyszłości, transportowanie rzeczywistych zadań zawodowych wyznaczających czynności pracownicze do edukacji mechatronicznej.

1.09.2004, artykuł prof. S. Dylaka w pracy „Pedagogika w pokoju nauczycielskim” red. prof. K. Kruszewski, 2000)

¹¹ M. Gawrysiak, op. cit., s.4

3. Organizacja uczenia się poprzez wykonywanie przez uczących się PROJEKTÓW, a więc stosowanie przez organizatorów procesów edukacyjnych metod projektowych wraz z uczeniem się we współpracy.
4. Kształtowanie umiejętności samodzielnego uczenia się w ramach prowadzonej edukacji mechatronicznej poprzez pełnienie przez nauczycieli ról autorskich, w tym roli facylitatora – coacha, trenera, doradcy, a więc również przygotowanie nauczycieli do wykonywania czynności wspierających procesy samodzielnego uczenia się.
5. Stosowanie w praktyce edukacyjnej procedur i zasad koncepcji konstruktywistycznej w procesach uczenia się – osiągania przez uczących się kwalifikacji zawodowych w zakresie mechatroniki, w tym sterowania czynnościami uczenia się na drodze indukcyjnej, od zadania zawodowego (działania praktycznego) do uogólnienia (procedury postępowania, algorytmy, twierdzenia, zasady i in).
6. Kształtowanie gotowości uczącego się do wielokrotnego zmieniania i doskonalenia kwalifikacji zawodowych – mechatronicznych, osiąganie wysokich poziomów elastyczności i mobilności zawodowej.
7. Kształtowanie umiejętności manipulacyjno-motorycznych w ramach szkolnej edukacji przedzawodowej, które umożliwiają diagnozowanie predyspozycji uczących się w gimnazjach do dalszego uczenia się w szkołach zawodowych.
8. Organizowanie kształcenia zdalnego, w tym stosowania metod webquest w procesie pobierania informacji z INTERNETU podczas rozwiązywania zadań.

Edukację mechatroniczną jej stan aktualny i dalszy rozwój, w tym rozwój Regionalnego Ośrodka Edukacji Mechatronicznej trzeba rozważać w kontekście założeń polityki edukacyjnej dotyczącej uczenia się przez całe życie, odnoszącej się do osoby uczącej się. Wśród tych założeń, które mają szczególne znaczenie dla edukacji mechatronicznej, trzeba wyróżnić następujące:

- tworzenie warunków do uznawania efektów uczenia się w **formalnym** – prowadzonym przez instytucję edukacyjną lub szkoleniową, w trybie **pozaformalnym** (doksztalcanie, doskonalenie ukształtowanych umiejętności, uczenia się w ramach edukacji „obok szkoły”, „poza szkołą” poprzez, na przykład, udział w kursach, warsztatach i innych zajęciach edukacyjnych organizowanych przez pracodawców i stowarzyszenia) i w trybie **nieformalnym** uczenia się (poza instytucjami edukacyjnymi, bez udziału nauczyciela - samouczenie się, doświadczenie osiągnięte w procesie pracy zawodowej);
- równorzędne traktowanie **efektów uczenia się** uzyskanych niezależnie od **miejsca, czasu uczenia się i sposobu - trybu uczenia się** (formalny, pozaformalny lub nieformalny tryb uczenia się);
- określanie **kwalifikacji** jako formalnego wyniku procesu **oceny i walidacji**, czyli potwierdzenia, iż dana osoba ucząca się osiągnęła efekty uczenia się zgodnie z określonymi standardami;
- promowanie idei uczenia się przez całe życie, w tym eksponowanie wartości uczenia się w różnych sytuacjach i okresach życia (faza wzrostu, faza poszukiwań, faza wczesnej dojrzałości zawodowej, faza konsolidacji obejmująca różne rodzaje aktywności zawodowej - od 65 roku życia i faza identyfikacji nowych możliwości działania w formie selektywnego uczestnictwa i obserwatora – od 65 roku życia), w tym uczenia się **poprzez praktykę**.

Z sygnalizowanych założeń wynika, iż najważniejsze jest to, co dana osoba **wie i potrafi wykonać (co umie)**, a nie w jakiej instytucji (szkole, instytucji pozaszkolnej), czego i jak długo uczyła się.

Sygnalizowane założenia znakomicie „konsumuje” edukacja mechatroniczna jako swoista edukacja mechatroniczna (interdyscyplinarny i transdyscyplinarny wymiar mechatroniki), która wyznacza cele edukacyjne, odmienne od „odtworzenia i kultywowania” na rzecz

wytwarzania przez uczących się wiedzy i orientowania edukacji dla zdatności do działania¹². Właśnie termin „zdatność” znakomicie informuje o wewnętrznych stanach umysłu osiągniętych dzięki **uczeniu się** (kategorie wyników uczenia się są tożsame z kategoriami zdatności)¹³.

Edukacja mechatroniczna w wymiarze interdyscyplinarnym staje się wartościowym przykładem edukacji dla zdatności do działania. Składnikami tej edukacji dla zdatności są: wiedza (deklaratywna, proceduralna, kontekstowa, faktograficzna), umiejętności jako zdolności do wykonywania zadań (kognitywne, praktyczne), doświadczenie (osiągnięte w szkole, poza szkołą, przed szkołą), cechy osobowe. Edukacja mechatroniczna jako również edukacja metatechniczna i edukacja dla zdatności do działania powinna łączyć ze sobą następujące podsystemy edukacji: edukacja dla samodzielności, edukacja dla zatrudnienia, edukacja dla własnego rozwoju, edukacja dla życia, edukacja dla świata, edukacja dla przyjemności¹⁴.

Jednym z najważniejszych modeli edukacyjnych, który orientuje system kształcenia na uczącego się, a nie na nauczyciela jest model szkoły jako miejsca uczenia się, a nie miejsca nauczania przez nauczyciela, model, w którym dominują **metody projektowe (uczenie się poprzez wykonywanie projektów)**, metody synektyczne umożliwiające wytwarzanie przez uczących się pomysłów rozwiązań problemów i metod weryfikacji tych pomysłów oraz inne metody zorientowane na uczenie się poprzez wykonywanie zadań pobranych z rzeczywistego procesu pracy zawodowej (uczenie się w **systemie modułowym**).

Dokonywane zmiany w systemie edukacji zawodowej trzeba więc rozważać w kontekście najważniejszej odpowiedzi Unii Europejskiej na współczesne wyzwania cywilizacyjne sformułowanej w formie zaleceń Parlamentu Europejskiego i Rady dotyczących Europejskich Ram Kwalifikacji, które stanowią bazę informacyjną do tworzenia Polskich Ram Kwalifikacji.

W kraju podjęto prace nad RAMAMI KWALIFIKACJI w 2008 roku w ramach projektu Ministerstwa Edukacji Narodowej „Opracowanie bilansu kwalifikacji i kompetencji dostępnych na rynku pracy w Polsce oraz modelu Krajowych Ram Kwalifikacji”. Cele tych prac zostały sformułowane następująco:

- ułatwienie i stymulowanie, a docelowo dokonanie w Polsce przejścia z obecnego systemu edukacji (skupiającego główną uwagę na treściach, których ma się nauczać) do systemu koncentrującego się na szeroko rozumianych efektach uczenia się,
- utworzenie systemu dogodnego dla realizacji idei uczenia się przez całe życie (ocena i walidacja uzyskanych efektów uczenia się również w trybie pozaformalnym i nieformalnym).

Podstawowym elementem sygnalizowanych Ram Kwalifikacji jest układ ośmiu poziomów kwalifikacji, które stanowią ważne odniesienie umożliwiające porównywanie kwalifikacji osiągniętych w różnych krajach. Wyróżnione poziomy obejmują wszystkie obszary edukacji i wszystkie zakresy osiągniętych kwalifikacji bez względu na miejsce i czas procesu ich osiągania oraz odnoszą się wyłącznie do efektów uczenia się opisanych deskryptorami, czyli stwierdzeniami określającymi efekty uczenia się odpowiadające danemu poziomowi kwalifikacji.

Komponentami każdej kwalifikacji są:

- 1) wiedza – zbiór praktyk, faktów, zasad i teorii, w tym: wiedza deklaratywna – wiedzieć co? (fakty i koncepcje), wiedza proceduralna – wiedzieć jak? (procedury, metody), wiedza kontekstowa – wiedzieć dlaczego?, wiedza faktograficzna;

¹² por. M. Gawrysiak, *Edukacja mechatroniczna*, Radom 1998, s. 40

¹³ Do kategorii zdatności zalicza się wg K. Kruszewskiego *umiejętności intelektualne* (rozróżnienia, pojęcia konkretne, pojęcia abstrakcyjne-definicyjne, reguły proste, reguły nadrzędne – rozwiązywanie problemów), strategie poznawcze, informacje werbalne umiejętności motoryczne, postawy; por. M. Gawrysiak, op.cit., s.40

¹⁴ M. Gawrysiak, op. cit., s. 38

- 2) umiejętności jako zdolności do wykonywania zadań – rozwiązywania problemów, w tym:
 - a. umiejętności kognitywne (myślenie logiczne, intuicyjne, kreatywne),
 - b. umiejętności praktyczne (zręczność – sprawność, korzystanie z metod, materiałów, narzędzi, instrumentarium);
- 3) kompetencje – połączenie wiedzy, umiejętności, wartości etycznych (zawodowych, osobistych, społecznych), **postaw** i zachowań potrzebnych do życia w zmieniającym się środowisku.

Sygnalizowane deskryptory poziomu kwalifikacji (ogólne stwierdzenia opisujące efekty uczenia się mają charakter „generyczny”, czyli wskazują na najbardziej istotną wiedzę – umiejętność „wspólną” dla wielu efektów uczenia się (tworzą ramy do opisu efektów uczenia się wymaganych do nadania kwalifikacji na określonym poziomie), na przykład: deskryptor drugiego poziomu „podstawowa wiedza faktograficzna w danej dziedzinie pracy lub nauki”, (wiedza), „podstawowe umiejętności praktyczne lub kognitywne potrzebne do korzystania z istotnych informacji ...” będzie w opisie dla danej dziedziny (mechatroniki) szczegółowo omówiony.

W celu przybliżenia istoty deskryptorów generycznych przedstawiam przyjęte w Europejskich Ramach Kwalifikacji deskryptory poziomów efektów uczenia się dla wszystkich rodzajów uczenia się w systemie formalnym, pozaformalnym i nieformalnym i w wszystkich obszarów edukacji (kształcenie ogólne i zawodowe).

Poziomy	Wiedza	Umiejętności	Kompetencje
1	Podstawowa wiedza ogólna	Podstawowe umiejętności wymagane do realizacji prostych zadań	Praca lub nauka pod bezpośrednim nadzorem w zorganizowanym kontekście
2	Podstawowa wiedza faktograficzna w danej dziedzinie pracy lub nauki	Podstawowe umiejętności praktyczne lub kognitywne potrzebne do korzystania z istotnych informacji w celu realizacji zadań i rozwiązywania rutynowych problemów przy użyciu prostych zasad i narzędzi	Praca lub nauka pod nadzorem, o pewnym stopniu autonomii
3	Znajomość faktów, zasad, procesów i pojęć ogólnych w danej dziedzinie pracy lub nauki	Zestaw umiejętności kognitywnych i praktycznych potrzebnych do realizacji zadań i rozwiązywania problemów poprzez wybieranie i stosowanie podstawowych metod, narzędzi, materiałów i informacji	Ponoszenie odpowiedzialności za realizację zadań w pracy lub nauce Dostosowywanie własnego zachowania do okoliczności w rozwiązywaniu problemów
4	Faktograficzna i teoretyczna wiedza w szerszym kontekście danej dziedziny pracy lub nauki	Zakres umiejętności kognitywnych i praktycznych potrzebnych do generowania rozwiązań określonych problemów w danej dziedzinie pracy lub nauki	Samodzielna organizacja w ramach wytycznych dotyczących kontekstów związanych z pracą lub nauką, zazwyczaj przewidywalnych, ale podlegających zmianom Nadzorowanie rutynowej pracy innych, ponoszenie pewnej odpowiedzialności za ocenę i doskonalenie działań związanych z pracą lub nauką

Poziomy	Wiedza	Umiejętności	Kompetencje
5	Obszerna, specjalistyczna, faktograficzna i teoretyczna wiedza w danej dziedzinie pracy lub nauki i świadomość granic tej wiedzy	Rozległy zakres umiejętności kognitywnych i praktycznych potrzebnych do kreatywnego rozwiązywania abstrakcyjnych problemów	Zarządzanie i nadzór w kontekstach pracy i nauki podlegających nieprzewidywalnym zmianom Analizowanie i rozwijanie osiągnięć pracy własnej oraz innych osób
6	Zaawansowana wiedza w danej dziedzinie pracy i nauki obejmująca krytyczne rozumienie teorii i zasad	Zaawansowane umiejętności, wykazywania się biegłością i innowacyjnością potrzebną do rozwiązania złożonych i nieprzewidywalnych problemów w specjalistycznej dziedzinie pracy lub nauki	Zarządzanie złożonymi technicznymi lub zawodowymi działaniami lub projektami, ponoszenie odpowiedzialności za podejmowanie decyzji w nieprzewidywalnych kontekstach związanych z pracą lub nauką Ponoszenie odpowiedzialności za zarządzanie rozwojem zawodowym jednostek i grup
7	Wysoce wyspecjalizowana wiedza, której część stanowi najnowszą wiedzę w danej dziedzinie pracy lub nauki, będąca podstawą oryginalnego myślenia lub badań Krytyczna świadomość zagadnień w zakresie wiedzy w danej dziedzinie oraz na styku różnych dziedzin	Specjalistyczne umiejętności rozwiązywania problemów potrzebne do badań lub działalności innowacyjnej w celu tworzenia nowej wiedzy i procedur oraz integrowania wiedzy z różnych dziedzin	Zarządzanie i przekształcanie kontekstów związanych z pracą lub nauką, które są złożone, nieprzewidywalne i wymagają nowych podejść strategicznych Ponoszenie odpowiedzialności za przyczynianie się do rozwoju wiedzy i praktyki zawodowej lub za dokonywanie przeglądu strategicznych wyników zespołów
8	Wiedza na najbardziej zaawansowanym poziomie w danej dziedzinie pracy lub nauki oraz na styku różnych dziedzin	Najbardziej zaawansowane i wyspecjalizowane umiejętności i techniki, w tym synteza i ocena, potrzebne do rozwiązywania krytycznych problemów w badaniach lub działalności innowacyjnej oraz do poszerzania i ponownego określania istniejącej wiedzy lub praktyki zawodowej	Wykazywanie się znaczącym autorytetem, innowacyjnością, autonomią, etyką naukową i zawodową oraz trwałym zaangażowaniem w rozwój nowych idei i procesów w najważniejszych kontekstach pracy zawodowej lub nauki, w tym badań

Zmiany w edukacji zawodowej w kontekście Europejskich i Polskich Ram Kwalifikacji będą ukierunkowane na implementację modelu uzyskiwania efektów uczenia się przez uczących się w trybie formalnym, pozaformalnym i nieformalnym, umożliwienie uczącym się w szkołach ogólnokształcących dla dorosłych osiągnięcie kwalifikacji zawodowych, zorientowanie edukacji policealnej na procesy osiągania kwalifikacji zawodowych w formach kursowych oraz na tworzenie, we współpracy z pracodawcami, **ośrodków oceny i walidacji uzyskanych efektów uczenia się oraz nadawania kwalifikacji zawodowych.**

Istotne dla ZMIAN w edukacji zawodowej są planowane „zasady przejścia” umożliwiające uczącym się przechodzenie do innych typów szkół w przypadku niedokończenia z przyczyn losowych kształcenia w gimnazjum, liceum ogólnokształcącym

lub technikum (przejście do tej samej – na której poprzestano – klasy gimnazjum lub liceum dla dorosłych, a także w przypadku zakończenia edukacji na którejkolwiek klasie zasadniczej szkoły zawodowej do przejścia do przynajmniej drugiej klasy liceum dla dorosłych). Zakłada się również wysokie poziomy indywidualizacji procesów uczenia się w gimnazjach i liceach dla dorosłych (m. in. dowolnie przyspieszone tempo klasyfikowania).

Uczący się po uzyskaniu efektów uczenia się będzie mógł uzyskać kwalifikację zawodową w ośrodku oceny i walidacji efektów uczenia się w ramach edukacji szkolnej, po ukończeniu kursów w trakcie szkolnego uczenia się, w trakcie wykonywania pracy zawodowej (uczenie się w trybie nieformalnym), po ukończeniu kursów w ramach edukacji dorosłych, po uzyskaniu efektów uczenia się na „otwartym” rynku pracy lub za granicą.

Szkoła zawodowa – najważniejsze miejsca uzyskania efektów uczenia się, które umożliwiają osiągnięcie kwalifikacji zawodowych, jest szczególnie wartościowym elementem procesu kariery edukacyjnej i zawodowej.

Osiągnięcie kwalifikacji zawodowych – mechatronicznych umożliwia podjęcie pracy zawodowej, a ukończenie szkoły umożliwia również osiągnięcie wyższych poziomów kwalifikacji mechatronicznych w szkołach wyższych (m.in. w politechnikach prowadzących edukację mechatroniczną).

Dla potrzeb rozwiązań dydaktycznych w systemie edukacji mechatronicznej i w odniesieniu do sygnalizowanych przemian w edukacji zawodowej szczególnie istotna jest (wyżej sygnalizowana) organizacja uczenia się poprzez wykonywanie zadań zawodowych. Istota kształcenia zadaniowego-modułowego znakomicie ogniskuje wszystkie najważniejsze i konieczne przeobrażenia w czynnościach pedagogicznych nauczycieli i czynnościach zarządczych dyrektorów szkół ukierunkowanych na wytwarzanie wiedzy przez uczących się i uczenie się poprzez wykonywanie zadań zawodowych.

W procesie kształcenia modułowego – zadaniowego dominuje tok indukcyjny „od identyfikacji zadania zawodowego do uogólnienia”. Zadania zawodowe transportowane z rzeczywistego procesu pracy do procesu kształcenia zawodowego określają sytuację wejściową tego procesu. Identyfikacja tego zadania wywołuje potrzebę uczącego się do samodzielnego pobrania informacji (z różnych źródeł, między innymi z internetu, katalogów i poradników, od nauczyciela – organizatora procesu kształcenia) koniecznych do rozwiązania zadania.

Sterowanie procesem uczenia się na drodze „od zadania do uogólnienia (program działania podczas rozwiązywania zadań określonego typu, algorytm postępowania, zasada i in.)” określa przebieg czynności pedagogicznych nauczyciela i czynności uczącego się.

Z wielu definicji pojęcia „moduł” i wielu koncepcji modułowej budowy programów kształcenia, funkcjonujących w różnych krajach i przedstawianych przez różne instytucje i organizacje, między innymi przez Międzynarodową Organizację Pracy, wybrano następujące: „moduł jest zwartą i samodzielną jednostką kształcenia, która posiada precyzyjnie sformułowane cele”, „moduł umiejętności kwalifikacyjnych określa minimum niezbędnych umiejętności i umożliwia ich kształtowanie”, „moduł zawiera informacje o celach, które charakteryzują się jednoznacznością i mierzalnością”, „poziom ukształtowanych umiejętności jest mierzalny”, „treść modułów można transformować”, „uczestnik szkolenia może osiągać zdefiniowane cele i odczuwać oraz uzyskiwać potwierdzenie, iż osiąga kwalifikacje zawodowe”.

Podstawą kategorię dydaktyczną programów kształcenia modułowego – zadaniowego stanowi JEDNOSTKA MODUŁOWA, której nazwa jest tożsama z nazwą zadania zawodowego. Jednostka modułowa pracy stanowi odrębną całość, jest samoistnym wycinkiem pracy i nie podlega dalszym podziałom. Rezultatem kształcenia w jednostce modułowej programu jest osiągnięcie kwalifikacji (umiejętności, wiadomości, cechy psychofizyczne) potrzebnych do wykonania zadania zawodowego (jednostki modułowej pracy).

Cele kształcenia w jednostkach modułowych są odpowiedziami na pytanie „co uczyć się będzie umiał po zorganizowanym procesie kształcenia?”. Każda jednostka modułowa zawiera kilka umiejętności wynikowych. Pierwszy obszar treściowy jednostki zawiera więc umiejętności wynikowe, czyli zapis w terminologii behawioralnej. Powyższe założenie uzasadnia brak odnotowywania w opisie tych wiadomości i umiejętności, które powinny być przyswojone i ukształtowane podczas procesu kształcenia w jednostce modułowej. Takie podejście do formułowania wyłącznie umiejętności wynikowych szczególnie wzmacnia potrzebę wyróżnienia oceny diagnostycznej (badanie poziomu wiadomości i umiejętności niezbędnych do podjęcia kształcenia w module), oceny formatywnej (badanie poziomu wiadomości i umiejętności w trakcie procesu kształcenia w jednostce modułowej) i oceny sumującej (badanie poziomu umiejętności wynikowych).

Program kształcenia modułowego stanowi więc układ jednostek modułowych odpowiednio konfigurowanych. Zmiana treści zadania zawodowego, wynikająca z przemian technologicznych i technik pracy to wymiana jednostki modułowej bez potrzeby zmiany całego programu kształcenia.

W planowanych pracach organizacji edukacji mechatronicznej w Regionalnym Ośrodku Edukacji Mechatronicznej założono, iż uczyć się – osiągający mechatroniczne kwalifikacje zawodowe będą wykonywać, między innymi, następujące projekty – zadania zawodowe w ramach wyróżnionych jednostek modułowych: montaż i demontaż układów sterowania pneumatycznego i elektropneumatycznego, montaż i demontaż układów sterowania hydraulicznego i elektrohydraulicznego, montaż i demontaż układów sterowania stycznikowo – przekaźnikowego, montaż i demontaż układów sterowania z wykorzystaniem sterowników PLC (laboratorium podstaw mechatroniki), montaż i demontaż urządzeń i systemów mechatronicznych, rozruch urządzeń i systemów mechatronicznych, konserwacja urządzeń i systemów mechatronicznych, naprawa urządzeń i systemów mechatronicznych, projektowanie urządzeń i systemów mechatronicznych, programowanie i obsługa układów automatycznej regulacji, obsługa oprogramowania specjalistycznego w zakresie programowania i wizualizacji procesów przemysłowych (laboratorium urządzeń mechatronicznych), obsługa obrabiarek sterowanych numerycznie, programowanie obrabiarek sterowanych numerycznie, obsługa oprogramowania specjalistycznego do programowania i symulacji działania obrabiarek sterowanych numerycznie (laboratorium programowania obrabiarek sterowanych numerycznie), montaż robotów Mitsubishi, eksploatacja robotów Mitsubishi, obsługa oprogramowania specjalistycznego do programowania i symulacji pracy robotów (laboratorium robotyki).

Do najważniejszych celów sygnalizowanego kształcenia zadaniowego-modułowego dla potrzeb osiągania przez uczących się **kwalifikacji mechatronicznych** należą:

- 1) Szybkie przystosowanie szkolnych systemów kształcenia do potrzeb rynku na nowe kwalifikacje zawodowe poprzez wymianę JEDNOSTEK MODUŁOWYCH w przypadku zmian w technologiach i technikach pracy (zmiana treści zadań zawodowych) i poprzez projektowanie kwalifikacji specjalistycznych przez pracodawców, które charakteryzuje duża zmienność.
- 2) Organizacja aktywnego uczenia się w wyniku stosowania metody projektów i innych metod stymulujących aktywność uczestników procesu uczenia się poprzez wykonywanie zadań zawodowych. Metoda projektów umożliwia ukształtowanie najważniejszych umiejętności wynikających z celów kształcenia w modułach, między innymi: samodzielnego wytwarzania pomysłów rozwiązań problemów (rozwiązywanie zadań zawodowych) i metod weryfikacji tych pomysłów; korzystania z tekstowych i pozatekstowych źródeł informacji, analizowania informacji w celu ich selekcji i syntetyzowania informacji poprzez ich scalanie; korelowania informacji i ich porządkowania z różnych punktów widzenia, konstruowania przedmiotowo-manipulacyjnego, samodzielnego planowania pracy zorientowanej na wykonywanie zadania; indywidualnego i grupowego podejmowania decyzji, prezentowania własnych

- 3) Znaczące wartości dydaktyczne mają poszczególne etapy postępowania w ramach stosowanej metody projektów, to jest: rozbudzenie zainteresowania uczących się tematyką wynikającą z modułowych programów kształcenia zawodowego i sugerowanie treści problemów do rozwiązania, zawieranie kontraktów z uczącymi się, analiza proponowanych tematów projektów i ustalenie zakresu prac; wykonywanie zaplanowanych czynności (realizacja projektu w ramach kształcenia formalnego i pozaformalnego), opracowanie raportu, prezentacja – obrona rozwiązań; badanie poziomu ukształtowanych umiejętności.



Rys. 1. Istota metody projektów w edukacji zawodowej - mechatronicznej

Treść projektu może dotyczyć, między innymi, urządzenia technicznego, modelu matematycznego procesu lub obiektu technicznego, a ogólnie konstruowania umysłowego bądź przedmiotowo-manipulacyjnego. Powinna ona być powiązana z jednostką modułową programu stanowiącą samodzielny wycinek procesu dydaktycznego (zadanie), którego rezultatem jest osiągnięcie kwalifikacji potrzebnych do wykonywania zadania zawodowego (jednostki modułowej pracy), a więc do wykonywania produktu, usługi lub do podjęcia decyzji.

Uczący się realizujący projekt mogą pracować w laboratorium szkolnym, pracowniach centrów kształcenia praktycznego, bibliotekach, firmach przemysłowych i usługowych, pracowniach informatycznych w ramach kształcenia formalnego i pozaformalnego lub mogą brać udział w konsultacjach prowadzonych przez nauczycieli tutorów i mentorów.

Istotne w procesie osiągania celów kształcenia w modułach (jednostkach modułowych) są również inne metody ukierunkowane na samodzielne dochodzenie do wiedzy i rozwiązań zadań zawodowych. Należą do nich między innymi:

- sesja pomysłów – „burza mózgów” (brainstorming),
- dyskusja panelowa,
- dyskusja wielokrotna, dyskusja wielokrotna limitowana, dyskusja 66,
- tworzenie wspólnego plakatu, graficznego obrazu dyskusji,
- metoda ról,
- metody sytuacyjne (analiza zdarzeń, przypadków),
- inne gry dydaktyczne i inne metody odroczonego wartościowania,
- procedura U,
- metody synektyczne.

- 4) Wysokie poziomy indywidualizacji kształcenia w wyniku:
 - organizowania zbiorowości uczących się w zespoły zadaniowe oraz inspirowanie podziału pracy i reguł współdziałania,
 - wspierania integracji społecznej zespołu zadaniowego oraz stosowanie skutecznych technik rozpoznawania i rozwiązywania konfliktów interpersonalnych, a także konfliktów grupowych,
 - organizowania kształcenia zindywidualizowanego (praca w grupach, zajęcia wyrównawcze pozaformalne, konsultacje indywidualne, perswazja, kontrakty, naprowadzenia,
 - pełnienie przez nauczycieli ról facylitatorów i mentorów.
- 5) Osiąganie kwalifikacji ułatwiających transport umiejętności, w tym uczenie:
 - uczenia się,
 - pracy samodzielnej,
 - podejmowania decyzji,
 - kreatywności,
 - odpowiedzialności.

Przygotowanie uczącego się do samodzielnego uczenia się jest jednym z najważniejszych założeń pracy szkoły innowacyjnej wdrażającej do praktyki edukacyjnej model kształcenia zadaniowego – modułowego. Samodzielne uczenie się może być urzeczywistnione w procesie organizowania kształcenia w poszczególnych jednostkach modułowych (indywidualny tok kształcenia) lub w procesie rekwaliifikowania swoich umiejętności, który wynika z przemian w technologiach i technikach pracy zawodowej.

- 6) Integracja kształcenia praktycznego i teoretycznego, integracja pracy zawodowej i edukacji poprzez wyróżnienie jednostek modułowych (zadań zawodowych transformowanych na zadania dydaktyczne), traktowanie zawodu jako układu zadań zawodowych (lub układu kwalifikacji zawodowych) oraz poprzez sterowanie przez nauczyciela procesów poznawczych i wytwarzania wiedzy (rozwiązywania zadań) na drodze „zadanie zawodowe → uogólnienia” (uczenie się poprzez wykonywanie czynności ukierunkowanych na wykonywanie zadania zawodowego).

W omawianym systemie kształcenia zadaniowego nie występują przedmioty. Moduły kształcenia zawodowego tworzone z układu jednostek modułowych (zadań zawodowych) tworzą więc plan kształcenia zawodowego.

Kształcenie modułowe zorientowane na uczenie się poprzez wykonywanie zadań zawodowych wywołuje wartościowe procesy edukacyjne stymulujące aktywność uczących się (samodzielne pobieranie informacji potrzebnych do wykonania danego zadania zawodowego, tworzenie zespołów zadaniowych, kontrakty edukacyjne).

Edukacja mechatroniczna w szkołach i placówkach (między innymi centra kształcenia praktycznego) jest i będzie prowadzona na bazie funkcjonujących i nowych podstaw programowych. Ważnym materiałem orientującym w procesie osiągania przez uczących się kwalifikacji mechatronicznych są opracowane standardy kwalifikacji zawodowych dla edukacji mechatronicznej¹⁵.

Standard kwalifikacji zawodowych jako norma dla wykonania zadań składających się na dany zawód powinna stanowić dla organizatorów i prowadzących procesy edukacyjne ważny instrument zmian w szkolnym systemie kształcenia zawodowego.

Standardy ZMIENIAJĄ się w wyniku przemian w technologiach i technikach pracy oraz generują ZMIANY ze względu na swoją strukturę, wymuszającą przyporządkowanie umiejętności, przyswajanych wiadomości niezbędnych dla procesu kształtowania umiejętności i niezbędnych cech psychofizycznych zadaniom zawodowym.

Te ZMIANY trzeba rozważać i je ustalać w wyniku modelowania procesów kształtowania umiejętności wykonywania zadań zawodowych „transportowanych” do szkoły

¹⁵ H. Bednarczyk, L. Łopacińska, S. Popis (red.), op. cit., s. 9÷317

jako zadania dydaktyczne (programowe). Dwie kategorie „zдания zawodowe” i „умієтності” ukazują konieczne powiązanie szkoły (kształtowanie umiejętności) ze środowiskiem pracy (zдания zawodowe składające się na zawód) oraz wyznaczają poprzez standard kwalifikacji ponadzawodowych (funkcjonalnych, kluczowych dla rozwoju zawodowego, społecznego, osobowościowego), ogólnozawodowych, podstawowych dla zawodu i specjalistycznych (wykonywanie wyspecjalizowanych zadań, których dynamika znacząco zależy od zmian w procesach pracy zawodowej) zmiany w szkolnych systemach edukacji wynikających z trójczłonowej relacji: CZŁOWIEK – OBYWATEL – PRACOWNIK, eksponowanej przez PEDAGOGIKĘ PRACY i stanowiącej drogowskaz dla przygotowania uczących się do pełnienia ról w życiu zawodowym i społecznym.

Wszystkie zajęcia edukacyjne ukierunkowane na osiągnięcie przez uczących się kwalifikacji zawodowych mechatronicznych mają więc bogatą bazę informacyjną: sygnalizowane standardy kwalifikacji zawodowych, programy kształcenia zadaniowego – modułowego wraz z pakietami edukacyjnymi dla nauczycieli i dla uczniów. Na podstawie tych materiałów normujących i wspomagających zarządzanie procesami edukacyjnymi można opracować programy kursów i warsztatów ukierunkowanych na osiągnięcie różnych kwalifikacji mechatronicznych (częstkowych i złożonych) w trybie formalnym (szkolnym) i pozaformalnym.

Wszystkie zajęcia edukacyjne w Regionalnym Ośrodku Edukacji Mechatronicznej zakwalifikowano do następujących grup tematycznych: układy sterowania pneumatycznego i elektropneumatycznego, układy sterowania hydraulicznego i elektrohydraulicznego, układy sterowania stycznikowo-przełącznikowego, układy sterowania ze sterownikami PLC, urządzenia i systemy mechatroniczne, programowanie i wizualizacja procesów przemysłowych, układy automatycznej regulacji, podstawy robotyki, programowanie i symulacja pracy robotów, projektowanie form wtryskowych i obsługa wtryskarek, elektroniczne układy sterowania silnikami spalinowymi, elektroniczne i elektryczne układy pojazdów samochodów, programowanie i obsługa obrabiarek sterowanych numerycznie.

Wszystkie zajęcia edukacyjne – formalne i pozaformalne są adresowane do uczących się w szkołach prowadzących kształcenie w zawodach mechatronicznych, do uczących się w szkołach prowadzących kształcenie w innych zawodach technicznych (specjalizacja zawodowa w zakresie wybranych obszarów mechatroniki), do osób podejmujących pracę zawodową lub pracujących (osiągnięcie nowej kwalifikacji zawodowej lub doskonalenie osiągniętej wcześniej kwalifikacji zawodowej), do członków Akademii Młodych Twórców skupiającej młodzież uzdolnioną technicznie.

W Regionalnym Ośrodku Edukacji Mechatronicznej zorganizowano 10 laboratoriów wyposażonych w stacje techniczno-dydaktyczne odwzorowujące najnowsze technologie, również dopiero wprowadzane do przemysłu.

Stacje techniczno-dydaktyczne w laboratorium podstaw mechatroniki zawierają, między innymi, urządzenia do ćwiczeń jako urządzenia przemysłowe przystosowane do celów edukacyjnych. W laboratoriach urządzeń mechatronicznych funkcjonuje zautomatyzowana linia produkcyjna serii FMS 500 wyposażona w stanowiska współpracujące poprzez wspólny moduł transmisyjny. Dodatkowo linia wyposażona jest w obrabiarki sterowane numerycznie firmy EMCO i robot Mitsubishi. W laboratorium robotyki funkcjonują stacje techniczno-dydaktyczne z robotami 6-osiowymi i 4-osiowymi, a w laboratoriach obrabiarek sterowanych numerycznie (6 obrabiarek) stanowiska dydaktyczne wyposażone w symulatory procesu toczenia i frezowania, specjalistyczne oprogramowanie CAD/CAM, zintegrowany system do uczenia się programowania i obsługi obrabiarek CNC w zakresie toczenia i frezowania z możliwością symulacji 3D i modułem TopCAM, pionowe centrum obróbcze CNC, stacje techniczno-dydaktyczne z tokarką i frezarką EMCO, sterowanymi systemami Sinumeric 840D oraz Fanuc 21 (z dodatkową osią C). Laboratoria diagnostyki samochodowej zawierają stacje techniczno-dydaktyczne do badania czynników pojazdów samochodowych, badania podzespołów elektromaszynowych współczesnych pojazdów, badania właściwości

wielopunktowych układów wtryskowych, diagnozowania stanu technicznego współczesnych pojazdów i in. Laboratorium przetwórstwa tworzyw sztucznych wyposażono w stację techniczno-dydaktyczną zawierającą wtryskarkę firmy Battenfeld z najnowocześniejszym układem komputerowego sterowania procesem wtrysku tworzywa sztucznego i specjalistycznym oprogramowaniem do kompleksowego projektowania form wtryskowych. Z wyżej wymienionymi laboratoriami współpracuje laboratorium kształcenia na odległość z platformą e-learningową i edytorami kursów.

Wnioskowanie na temat rozwiązań dydaktyczno-technicznych i rozwoju edukacji mechatronicznej

Dla potrzeb edukacji mechatronicznej w polskim szkolnictwie zawodowym przygotowano bogate instrumentarium techniczno-dydaktyczne, które tworzą:

- podstawy programowe kształcenia w zawodach mechatronicznych,
- programy kształcenia w systemie modułowym, w tym opisy zawodów, programy kształcenia w modułach – jednostkach modułowych, opisy procesów uczenia się poprzez wykonywanie zadań zawodowych, pakiety edukacyjne wspomagające pracę nauczyciela i pakiety dla uczniów,
- standardy kwalifikacji zawodowych (technik mechatronik, monter mechatronik), w tym standardy kwalifikacji ponadzawodowych, ogólnozawodowych i podstawowych dla zawodu,
- stanowiska techniczno-dydaktyczne dla potrzeb osiągania kwalifikacji mechatronicznych (pracownie mechatroniczne), w 36 centrach kształcenia praktycznego, w tym Regionalny Ośrodek Edukacji Mechatronicznej w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego,
- stanowiska techniczno-dydaktyczne dla potrzeb osiągania kwalifikacji mechatronicznych ogólnozawodowych i wybranych kwalifikacji podstawowych dla zawodu w szkołach prowadzących kształcenie w zawodach mechatronicznych.

Kształcenie w zawodzie technika mechatronika zorganizowano w 178 szkołach w Polsce, a w zawodzie montera mechatronika w 35 szkołach.

W szkołach prowadzących kształcenie w zawodzie technika mechatronika zaprojektowano specjalizacje zawodowe (kwalifikacje specjalistyczne).

Dla potrzeb doskonalenia umiejętności zawodowych nauczycieli organizujących procesy edukacji mechatronicznej w szkołach i centrach kształcenia praktycznego zorganizowano od 1996 roku Krajowe konferencje mechatroniczne we współpracy z Stowarzyszeniem Dyrektorów i Nauczycieli Centrów Kształcenia Praktycznego, seminaria, spotkania warsztatowe, spotkania zespołów zadaniowych i innowacyjnych (łącznie ponad 70 spotkań).

W ramach działalności Akademii Młodych Twórców, skupiającej uzdolnioną młodzież, utworzono Sekcję Mechatroniki, a w ramach Nauczycielskiego Zespołu Postępu Pedagogicznego – zespół zadaniowy ds. Edukacji Mechatronicznej (prace Łódzkiego Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego).

Wielu szkołom (klasom) organizującym kształcenie w zawodach mechatronicznych patronują przedsiębiorstwa.

Mechatronizacja techniki powoduje znaczące zapotrzebowanie rynku pracy na osoby, które osiągnęły po ukończeniu kształcenia szkolnego kwalifikacje mechatroniczne. Potwierdzają to liczne prognozy, które wskazują, iż zawody mechatroniczne są zawodami przyszłości¹⁶

Jak wynika z danych uzyskanych w oparciu o projekt analityczno-badawczy: „Jaki pracownik – jaki zawód? Analiza internetowych i prasowych ofert pracy”, który realizowany był od listopada 2009 roku do kwietnia 2010 roku w Obserwatorium Rynku Pracy dla Edukacji w ŁCDNiKP, zawody: mechatronika, automatyka, elektronika, operatora CNC, należały do grupy zawodów częściej poszukiwanych przez pracodawców w ramach takich sekcji jak: „produkcja”, „instalacja, utrzymanie, serwis” oraz „inżynieria, konstrukcja,

¹⁶ Więcej na ten temat: Rogut A., Piasecki B., (2008) , Delphi. Technologie przyszłości, Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania, Łódź; Kuras L., Stempień J., (2010); Prognoza zatrudnienia w województwie łódzkim na lata 2010-2014, ŁCDNiKP, Łódź; Stoczek K., (2010), Kim zostać po studiach? Zawody przyszłości, www.kariera.com.pl

technologia”. Stosowane przez pracodawców nazewnictwo zawodów nie zawsze odpowiada nazewnictwu przyjętemu w *Polskiej Klasyfikacji Zawodów i Specjalności na potrzeby rynku pracy*, co niejednokrotnie utrudnia prawidłową identyfikację danej oferty pracy. Dopiero szczegółowa analiza treści ogłoszenia pozwala określić rzeczywiste zapotrzebowanie pracodawcy na kwalifikacje pracownika¹⁷.

Zapotrzebowanie pracodawców na kwalifikacje mechatroniczne obrazuje tabela nr 2.

Sekcja „Produkcja”	Sekcja „Instalacja, utrzymanie, serwis”	Sekcja „Inżynieria, konstrukcja, technologia”
Nazwa zawodu		
Automatyk-elektromechanik-mechatronik	Technik automatyk ds. automatycznego magazynu wysokiego składowania	Projektant w branży automatyki
Programista CNC	Specjalista ds. automatyki i elektroniki	Automatyk w dziale utrzymania ruchu
Operator CNC	Elektryk-automatyk	Technolog – programista CNC
Elektromechanik	Mechanik	Mechatronik
Technik automatyk		Elektronik

TAB 2. Zapotrzebowanie pracodawców na kwalifikacje mechatroniczne wg dokonanej analizy internetowych i prasowych ofert pracy przez Obserwatorium Rynku Pracy dla Edukacji w ŁCDNiKP w 2010 r.

Z danych Ministerstwa Pracy i Polityki Społecznej można określić zapotrzebowanie na kwalifikacje mechatroniczne.

Lp.	Nazwa zawodu, specjalności	Liczba ofert pracy zgłoszonych do Powiatowych Urzędów Pracy w Polsce	
		I półrocze 2009	I półrocze 2010
1.	Elektromonter układów pomiarowych i automatyki	12	40
2.	Elektromechanik pojazdów samochodowych	514	655
3.	Elektromechanik urządzeń chłodniczych	44	57
4.	Elektromonter zakładowy	1398	1386
5.	Elektromonter instalacji elektrycznych	1258	1054
6.	Elektromonter maszyn elektrycznych	73	81
7.	Inżynier automatyki i robotyki	53	80
8.	Inżynier elektronik	57	76
9.	Mechanik automatyki przemysłowej i urządzeń precyzyjnych	38	78
10.	Monter elektronik – układy elektroniczne automatyki przemysłowej	44	59
11.	Monter mechatronik	1	17
12.	Monter podzespołów i zespołów elektronicznych	706	732
13.	Operator automatycznej linii obróbki skrawaniem	22	46
14.	Operator obrabiarek sterowanych numerycznie	254	459
15.	Operator robotów i manipulatorów przemysłowych	1	4
16.	Technik mechatronik	3	25
17.	Technik elektronik	345	492
18.	Technik informatyk	957	1101

¹⁷ L. Kuras, *Mechatronizacja rynku pracy – zapotrzebowanie na kwalifikacje mechatroniczne*, na prawach rękopisu, Łódź 2010, s. 3-6

Lp.	Nazwa zawodu, specjalności	Liczba ofert pracy zgłoszonych do Powiatowych Urzędów Pracy w Polsce	
		I półrocze 2009	I półrocze 2010
19.	Technik elektryk	595	769
20.	Technik mechanik	384	486
21.	Pozostali monterzy elektroniki	127	366
22.	Pozostali technicy elektrycy	31	84

TAB 3. Zapotrzebowanie na specjalistów według zawodów i specjalności w obszarze mechatronicznym i zawodach pokrewnych w końcu pierwszego półrocza 2009 i 2010 w Polsce

Na rosnące dzisiaj i prognozowane w przyszłości coraz wyższe zapotrzebowanie na specjalistów mechatroników wskazuje Zbigniew Gnutek, jeden z autorów „Prognozy rynku pracy i zapotrzebowania na kwalifikację”: *W Polsce, podobnie jak w innych krajach, zawód mechanika będzie łączony z innymi umiejętnościami. Już obecnie daje się zauważyć potężne wzmocnienie zawodu mechanika poprzez informatyzację. Będzie ona dotyczyć zarówno projektowania, jak i wytwarzania oraz użytkowania maszyn. Rozwijać się będzie mechatronika, a w odniesieniu do procesów i maszyn energetycznych „energotronika”¹⁸. W innym miejscu tego samego raportu prof. Gnutek zauważa, że: w przyszłości, w obszarze technologii mechanicznych i dotyczących budowy maszyn da się wyróżnić wiele nowych kierunków, takich jak:*

- *Automatyzację procesów wytwórczych,*
- *Unifikację podzespołów,*
- *Powstanie nowych energo- i materiałoszczędnych technik wytwarzania.*

Szczególną uwagę trzeba w tym miejscu zwrócić na pierwszą, spośród wskazanych prognozowaną zmianę. Dalsza automatyzacja procesów wytwórczych będzie wymagała nowych umiejętności. Choć niektóre z tradycyjnych dzisiaj zawodów z obszaru mechaniki będą istniały w przyszłości w takiej samej (bądź podobnej do dzisiejszej) formie, to w zdecydowanej większości przemiany technologiczne będą w sposób rewolucyjny wpływały na zmianę profilu określonego zawodu. Dalsza informatyzacja i robotyzacja pracy to tylko kwestia czasu. Mechatronizacja procesów produkcji, to bowiem nie odległa wizja, lecz oczywista konsekwencja rozwoju technologicznego.

Przywołane opinie, wskazujące na prognozowany wzrost zapotrzebowania na kwalifikacje mechatroniczne obrazują generalny pogląd wyrażany przez specjalistów zajmujących się rynkiem pracy. Zgodnie z nim, kwalifikacje tego rodzaju określane są mianem kwalifikacji przyszłości, co oznacza, że będą one szczególnie cenionymi na rynku pracy. Sformułowania takie jak: <<listę nowych zawodów z dużą przyszłością otwiera mechatronik [www.wokolkariery.pl], dla osoby poszukującej pracy niezwykle ważne jest posiadanie wiedzy o nowych możliwościach zatrudnienia, dlatego wychodząc naprzeciw tym potrzebom przedstawiamy krótką charakterystykę zawodów przyszłości: Fundraiser, Mechatronik, Mystery klient... [www.wup.lublin.pl], eksperci projektu prognozują, że w tej branży poszukiwani będą nadal ci, których już dziś brakuje: teleinformatycy i mechatronicy, a także eksperci sieciowi, specjalizujący się w projektowaniu, wdrażaniu i administrowaniu sieci komputerowych [www.podlaskie.srefabiznesu.pl]>> to tylko przykłady opinii potwierdzających rolę i znaczenie mechatroniki w najbliższej przyszłości¹⁹.

¹⁸ L. Kuras, op. cit

¹⁹ L. Kuras, op. cit s.6.

BIBLIOGRAFIA

1. Bednarczyk H., Łopacińska L., Popis s. (red.): *Technik mechatronik*, tom 1,2,3, Radom 2009
2. Bednarczyk H., Jaszczyk T., Woźniak J.: *Polskie standardy kwalifikacji zawodowych*, Radom 2008
3. Chmielecka E. (red.): *Od Europejskich do Krajowych Ram Kwalifikacji*, Warszawa 2009
4. Dylak S.: *Nauczycielskie ideologie pedagogiczne a kształcenie nauczycieli* [w:] *Pedagogika w pokoju nauczycielskim* K. Kruszewski (red.), Warszawa 2000
5. Gawrysiak M.: *Edukacja metatechniczna*, Radom 1998
6. Gawrysiak M.: *Analiza systemowa urządzenia mechatronicznego*, Białystok 2003
7. Kwiatkowski E., Ciepucha E., (red.): *Monitorowanie rynku pracy dla edukacji*, Łódź 2011
8. Moos J. (red.): *Modelowanie kształcenia modułowego*, Łódź 2001
9. Moos J. (red.): *Innowacje pedagogiczne w praktyce edukacyjnej*, Łódź 2006
10. Moos J.: *Kształcenie zawodowe w układzie szkoła – gospodarka* [w:] *Partnerstwo dla edukacji*, red. B. Piasecki, K. Kubiak, Łódź 2009
11. Moos J. (red.): *Lider w edukacji*, Łódź 2010
12. Moos J. (red.): *Przemiany w edukacji zawodowej*, Łódź 2010
13. Moos J., Sienna M. (red.): *Zmiany w kształceniu zawodowym w obliczu wyzwań rynku pracy*, Łódź 2008
14. Olszewski M. (red.): *Podstawy mechatroniki*, Warszawa 2006
15. Olszewski (red.): *Mechatronika*, Warszawa 2007
16. Osiatyński W., Turski Ł.: *Dyskusja „Gazeta Wyborcza” 01.09.2004*
17. Piasecki B., Kubiak K. (red.): *Mechatronika. Przewodnik przedsiębiorcy*, Łódź 2008
18. Saryusz – Wolski T.: Referat na temat Europejskich Ram Kwalifikacji, na prawach rękopisu, seminaria organizowane w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego 2009,2010
19. Sławiński S.: *Europejskie i Krajowe Ramy Kwalifikacji. Podstawowe informacje*, Warszawa 2010
20. Symela K.: *Zasady wdrażania i oceny modułowych programów szkolenia dorosłych*, Warszawa 1997
21. Wiak S. (red.): *Mechatronika*, tom 1, Łódź 2009
22. *Założenia projektowanych zmian, Kształcenie zawodowe i ustawiczne*. Informator MEN, Warszawa 2010
23. www.koweziu.edu.pl i szkolnictwo.pl, www.paiz.gov.pl

CZEŚĆ II

KSZTAŁCENIE W OBSZARZE MECHATRONIKI W POLSCE NA POZIOMIE AKADEMICKIM - Sławomir Wiak

CZEŚĆ II

Sławomir Wiak

Kształcenie w obszarze mechatroniki w Polsce na poziomie akademickim

Mechatronika w edukacji

Mechatronika jest nową, wciąż rozwijającą się dziedziną nauki, w związku z tym, nie ma jeszcze jasnych i jednolitych opracowań dydaktycznych mówiących jak należy uczyć przyszłych mechatroników. Niewątpliwie należy rozważyć następujące umiejętności absolwenta mechatroniki XXIV:

- myślenie w abstrakcyjnych kategoriach w związku z zachowaniem się systemów,
- twórcze poszukiwanie alternatywnych rozwiązań w zakresie funkcja-realizacja (różne systemy dla określonej funkcji lub różne funkcje dla określonego systemu),
- myślenie w ujęciu informacja-sterowanie-praca systemu i jego właściwe działanie,
- umiejętność tworzenia jednolitych modeli dynamicznych systemów dla analogicznych zjawisk fizycznych.

Powyższe przedstawienie umiejętności studenta-mechatronika jest oczywiście bardzo ogólne, w kolejnych rozdziałach zostanie dokładniej określone, czym powinien kierować się proces dydaktyczny w kreowaniu nowych mechatroników, i po jakie metody można sięgnąć. Wspomniane będzie również, jak przystosować dotychczasowe programy nauczania do kształcenia studentów w kierunku mechatroniki.

Nowoczesne kształcenie inżyniera nie może być ograniczone tylko do jednego obszaru techniki. Współczesne wykształcenie inżyniera musi być wielokierunkowe. Kształcenie na kierunku Mechatronika spełnia to wymaganie stawiane absolwentowi Uczelni, gdyż uczy systemowego myślenia. Absolwenci kierunku uzyskują w czasie studiów wiedzę potrzebną do twórczego działania w zakresie projektowania i eksploatacji systemów mechatronicznych.

Mechatronika wymaga zmiany filozofii w podejściu do projektowania i wytwarzania systemów mechatronicznych, jako multifunkcyjnych produktów o złożonej strukturze wewnętrznej, ale o jednolitych właściwościach funkcjonalnych. Połączenie nowoczesnych technologii projektowania i wytwarzania Inteligentnych Systemów i Mikrosystemów oraz Mechatroniki stwarza nowe możliwości wytwarzania produktów, które działają inteligentnie w zmieniającym się środowisku, produktów, które mogą komunikować się z człowiekiem za pomocą dedykowanych języków.

Wykształcenie na kierunku **Mechatronika** umożliwi zdobycie umiejętności projektowania, modelowania, programowania, badania oraz obsługi systemów wyposażonych w zintegrowane inteligentne systemy sterowania. Cechą charakterystyczną systemów mechatronicznych jest ich modułowa struktura, zawierająca zespoły mechaniczne,

elektromechaniczne, elektroniczne oraz mikroprocesorowe układy sterowania. Systemy mechatroniczne wyposażone w systemy czujników (sensorów) dają możliwości rejestracji sygnałów i programowania układów przetwarzających te sygnały. Integralną częścią tego typu inteligentnych mechatronicznych mikrosystemów są zespoły komunikacyjne i urządzenia wykonawcze. Zróżnicowany charakter sygnałów (mechaniczne, elektryczne, optyczne, biologiczne, chemiczne, itp.) oraz szeroki zakres zastosowań systemów mechatronicznych (przemysł, technika, medycyna, multimedia i inne, w tym przemysł informatyczny, motoryzacyjny, kosmiczny i zbrojeniowy) powoduje, że specyfiką Mechatroniki jest interdyscyplinarność.

Mówiąc o definicji mechatroniki należy przytoczyć dwie przykładowe filozofie sformułowane przez J. Turowskiego: "*Mechatronika jest nową zintegrowaną (synergiczną) techniką o nierozłącznym, organicznym powiązaniu mechaniki, elektroniki, informatyki i elektrodynamiki technicznej, w układach i maszynach elektrycznych, które nie mogą działać samoistnie bez wewnętrznego sprzężenia obwodów elektrycznych i magnetycznych z elementami elektronicznymi i vice-versa*" oraz Prof. G. Rzevskiego "*Mechatronika jest nową dyscypliną w zakresie inżynierii związaną z projektowaniem, wytwarzaniem i eksploatacją maszyn zdolnych do inteligentnych zachowań*".

Cele kierunku / specjalizacji Mechatronika

Celem kierunku bądź specjalizacji Mechatronika można określić w uogólnieniu poprzez wyszczególnienie, czym musi charakteryzować się przyszły mechatronik, a zatem opisać profil przyszłego absolwenta mechatroniki. W uproszczeniu scharakteryzowano poniżej co praktycznie powinien potrafić przyszły projektant-mechatronik.

Mechatronik musi [III]:

- być w stanie efektywnie funkcjonować w środowisku multidyscyplinarnym, wnosząc jednocześnie własną specjalistyczną wiedzę w system mechatroniczny,
- posiadać wiedzę o możliwościach i ograniczeniach jakie posiadają konstrukcje mechatroniczne, technologie sensorów, aktuatory i systemy sterowania,
 - być w stanie elastycznie dochodzić do ostatecznych wniosków, nawet, jeśli jest możliwe kilka rozwiązań danego problemu,
 - posiadać wiedzę o kosztach, jakości, bezpieczeństwie i możliwości produkcji w przemyśle,
 - dobrze operować wiedzą z zakresu marketingu, rozliczania budżetu, inwestowania, zarządzania projektem, oraz posiadać umiejętność pisanie i wygłaszania prezentacji,
- posiadać wystarczającą i adekwatną do zajmowanego stanowiska wiedzę w różnych obszarach mechatroniki (począwszy od dziedzin mechanicznych, kinetyki, dynamiki, znajomości maszyn, trybologii, wibroakustyki, metodologii projektowania, metod obliczeniowych takich, jak metoda elementów skończonych, następnie przedmiotów elektrotechnicznych takich jak modelowanie i symulacja, automatyka, aktuatory i sensory, obwody elektroniczne, maszyny i aparaty elektryczne, sprzęt komputerowy, następnie dziedziny informatyczne, czyli programowanie, sieci komputerowe, oprogramowanie, a skończywszy na dziedzinach matematycznych takich, jak teorie systemów i sterowania, statystyka, teoria prawdopodobieństwa),
 - posiadać podstawową wiedzę we wszystkich tych dziedzinach, aby móc efektywnie pracować, jako partner (lub kierownik), w multidyscyplinarnym zespole mechatroników, będącymi specjalistami w jednej bądź w kilku z tych dziedzin, a jednocześnie samemu posiadać specjalistyczną wiedzę związaną z jednym lub kilkoma z powyższych obszarów mechatroniki.

Podczas nauki mechatroniki, studenci powinni już od samego początku doświadczyć „prawdziwego świata” bycia projektantem i osobą znajdującą się na technologiach produkcji, aby w ostatecznym celu zadowolić konsumenta przyszłych produktów. Zasadniczą charakterystyką inżyniera mechatroniki i klucz do sukcesu w mechatronice jest zachowaniem równowagi pomiędzy dwoma umiejętnościami [XXV]:

- modelowanie (fizyczne i matematyczne), analiza (symulacje numeryczne), projektowanie sterowania (analogowego i cyfrowego) dynamicznych systemów fizycznych,
- eksperymentalna ocena poprawności modelowania i analizy (ponieważ bez doświadczalnej weryfikacji wynik modelowania i symulacji w najlepszym przypadku może być niedokładny, a w najgorszym całkowicie niepoprawny) i zrozumienie kluczowych kwestii w implementacji sprzętu komputerowego.

Organizacja programu nauczania

Zazwyczaj nie jest możliwe całkowite przeorganizowanie programów nauczania, alternatywą, zatem wydaje się tworzenie specjalności mechatroniki na podwalinach podstawowych przedmiotów zgodnych z dotychczasowym programem nauczania. Głównymi celami takiej specjalności byłyby następujące elementy [III]:

Poszerzać (horyzonty).

Student wybierający specjalność mechatroniczną powinien zebrać swoją dotychczasową wiedzę i umiejętności potrzebne, aby mógł działać, jako członek zespołu projektowania mechatronicznego. Dotychczasowa wiedza powinna stanowić dla studenta obszerne tło dla jego nowych działań.

Pogłębiać wiedzę.

Kolejnym elementem oprócz poszerzania wiedzy studenta powinno być również pogłębianie podstawowych przedmiotów, aby podnieść je do poziomu właściwego dla kształcenia mechatronicznego.

Łączyć.

Trzecim celem jest połączenie wyuczonych przedmiotów, za pomocą praktycznie wykonanych projektów, najlepiej w rzeczywistym środowisku przemysłowym.

Zarządzanie itp.

Ostatecznie program nauczania powinien być nakierowany na pogłębianie i poszerzanie wiedzy i umiejętności w zakresie zarządzania projektem, przeprowadzania zebrań, tworzenia i wygłaszanie prezentacji, sposobów komunikacji, itp.

Często podkreślane jest wykorzystanie praktyczne umiejętności studentów w rzeczywistym środowisku przemysłowym, co jest obecnie w warunkach polskich często mało realne.

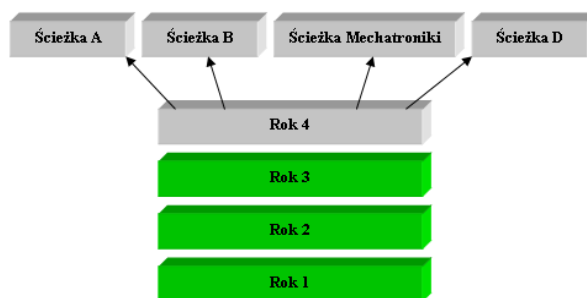
Wydaje się, że jedyną alternatywą jest wykonywanie przez studentów określonego złożonego projektu (projektów). W każdym z takich zespołów kierowanych przez koordynatora wymagany byłby szczegółowy podział ról w zakresie obowiązków w danym projekcie.

Przystosowania zasobów dydaktycznych

Metody przystosowania zasobów dydaktycznych do nauczania mechatroniki zależą przede wszystkim od dotychczas istniejącej struktury na danej uczelni lub jednostce. Jednym z najprostszych sposobów jest zachowanie dotychczas istniejącej struktury programowej nauczania w pierwszych latach nauki na uczelni wyższej (ewentualnie z małymi zmianami), a następnie na ostatnich latach nauczania (czwarty lub piąty rok studiów) stworzenie specjalności związanej z mechatroniką (Rys. 1.1). Jest to oczywiście możliwe tylko na wydziałach, których dotychczasowy, ogólny profil miał ścisły związek z mechatroniką.

Pewną naturalną propozycją w tym przypadku mogłoby też prowadzenie dodatkowych kursów mechatronicznych przez te jednostki.

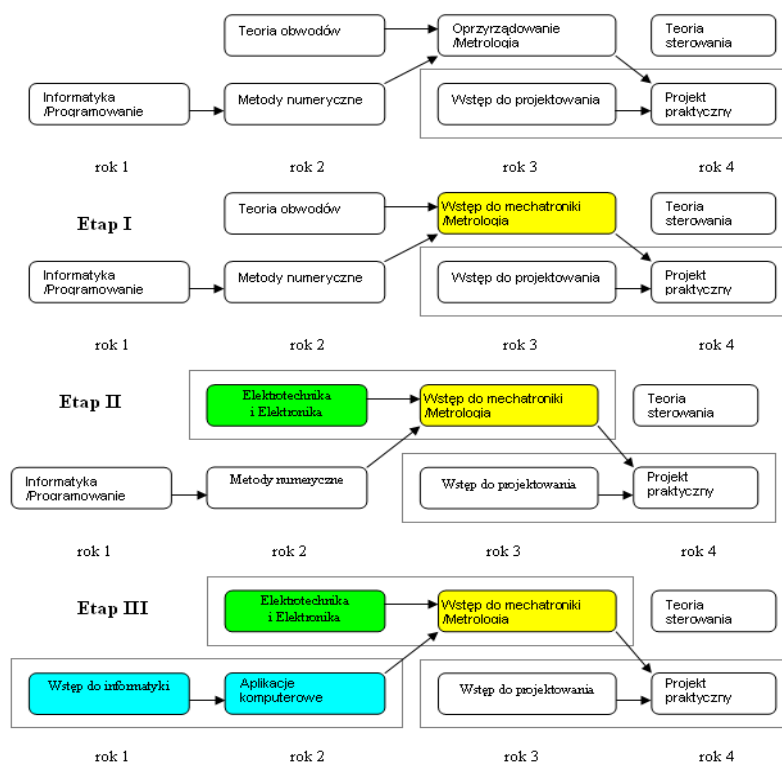
O wiele bardziej skomplikowaną metodą jest reorganizacja całego procesu nauczania i od pierwszych lat nauki studenta uwzględnienie koncepcji mechatroniki w kolejnych etapach edukacji. Zmiany takie wymagają zazwyczaj kilkuletniego okresu przejściowego, jednak w efekcie już w początkowej fazie nauki można kształtować cechy przyszłego mechatronika, takie jak na przykład umiejętność efektywnej pracy w zespole. Niewątpliwie ta dość kosztowna reorganizacja powinna być przeprowadzona w jednostkach, których profil znacznie odbiega od kształcenia mechatronicznego.



Rys. 1.1 Diagram kształcenia mechatroników przy zachowaniu istniejącej struktury programowej [IV].

Na Rys. 1.2 przedstawiono reorganizację struktury tradycyjnego programu nauczania związanego z mechaniką w kierunku mechatroniki przeprowadzoną w Colorado State University. Na schematach zacienione bloki określają ognisko zmian w danym etapie przekształceń, bloki objęte linią przerywaną oznaczają przedmioty silnie ze sobą powiązane, które wzajemnie się uzupełniają, a strzałki kolejność przedmiotów, oraz jaki przedmiot powinien być bazą do kolejnego przedmiotu. Oczywiście na schematach przedstawiono jedynie podstawowe przedmioty powiązane z reorganizacją. Pierwszy etap zmian był związany z zamianą tradycyjnego przedmiotu z oprzyrządowania wzbogaconym programem pod nazwą Wstęp do Mechatroniki, w którym postawiono nacisk na podstawowe elementy mechatroniki (architekturę systemów mechatronicznych, sensory, aktuatory, elektronikę cyfrową i analogową itd.).

W kolejnym kroku modernizacji, rozszerzono przedmiot Teoria Obwodów o wiedzę związaną z elementami i układami elektronicznymi, dzięki czemu można było łatwiej we Wstępie do Mechatroniki wprowadzać materiał związany z elektroniką. W trzecim kroku tradycyjną informatykę powiązaną dotychczas przede wszystkim z programowaniem zastąpiono Wstępem do Informatyki, w którym oprócz programowania zaczęto uczyć praktycznego wykorzystania arkuszy kalkulacyjnych i zaawansowanych aplikacji obliczeniowych (MathCAD, Matlab) z wykorzystaniem metod numerycznych. W tym kroku zaproponowano również przedmiot Aplikacje Komputerowe, w którym kontynuowano prace z przedmiotu Wstęp do Informatyki. W ostatnim kroku przyjęto, że pozostałe przedmioty powinny wspierać, przedmiot główny, jakim jest Wstęp do Mechatroniki, a na roku ostatnim student powinien wykonać praktyczny projekt z uwzględnieniem teorii sterowania.



Rys. 1.2 Przykład kolejnych faz reorganizacji dotychczasowego programu w kierunku mechatroniki [XXVI].

Ogólny koszt przekształcenia, bądź wykreowania nowej specjalności, jest związany ze stworzeniem odpowiedniego zaplecza dydaktycznego, takiego jak laboratoria, wyposażenie pracowni komputerowych w odpowiednie oprogramowanie itp.. Wymagane jest również od kadry dydaktycznej przygotowanie całkiem nowych programów nauczania. Jest także rzeczą niezbędną przekonanie kadry do nowego podejścia do metod i środków nauczania, uwzględniających specyfikę studiów mechatronicznych. Przedstawione powyżej stopniowe przekształcenie struktury programu nauczania umożliwiło reorganizację przy jednoczesnym daniu czasu na modernizację laboratoriów i doksztalceniu się kadry dydaktycznej.

Metody kształcenia mechatroników

Metody kształcenia mechatroników powinny być jak najbardziej adekwatne do samego kierunku nauczania. Należy zatem na każdym kroku podkreślać multidyscyplinarność mechatroniki oraz umiejętność pracy w grupie. Cały czas poszukuje się także nowych, jak najlepiej odpowiadających potrzebom studenta metod wykorzystywanych podczas toku nauczania. Poniżej przedstawiono kilka pomysłów, które można wykorzystać przy tworzeniu kierunku lub specjalizacji Mechatronika.

Środowisko nauczania mechatroniki

Środowisko wokół studenta podczas pracy odgrywa niewątpliwie olbrzymią rolę w procesie uczenia się. Często atmosfera i struktura nauki, na przykład w laboratorium, jest znacznie ważniejsza niż wyposażenie tego laboratorium. Interesujący sposób prowadzenia zajęć laboratoryjnych, a także wiele innych ciekawych rozwiązań w kursie mechatroniki zaproponowano w pracy [XXVII] ze Stanford University. Laboratoria otworzone siedem dni w tygodniu, 24 godziny na dobę. Do prowadzenia laboratorium wykorzystano nie tylko asystentów, ale również tak zwanych trenerów-ochotników, którymi są studenci ze starszych lat, którzy ukończyli już dany kurs. Korzyści z wykorzystania trenerów-ochotników są

wielorakie, przede wszystkim dają dodatkową pomoc w prowadzeniu laboratorium i pomoc kursantom. Jednak zyski wynikające z takiej współpracy wykraczają poza samą bezpośrednią pomoc w laboratorium. Ci ochotnicy wnoszą swój zaraźliwy entuzjazm do przerabianego materiału, a jednocześnie ucząc „nowych studentów” znakomicie nie tylko utrwalają dotychczas opanowany materiał, ale również dzięki konwersacji z innymi, współpracy z rozwiązywaniu kolejnych problemów, tworzą sprzężenie zwrotne i uczą się nawzajem. Taka ścisła współpraca między studentami jest niezwykle adekwatna do samego przedmiotu nauki, jakim jest mechatronika, która w swojej genezie wymaga interdyscyplinarnej współpracy podczas kreowania nowych produktów lub procesów.

Laboratorium będące podstawą do takich zajęć musi oczywiście mieć możliwość dość swobodnego kreowania pracy, jaką student powinien wykonać. Student może być odpowiedzialny za pisanie własnego oprogramowania, sterowaniem określonym procesem, optymalizację określonego urządzenia, które powinno spełniać podane wymagania, budowanie urządzeń mechatronicznych (np. robotów) itp.. W polskich warunkach całodobowe laboratoria dostępne ze sprzętem są raczej w sferze marzeń, ale wykorzystanie studentów ze starszych lat w pomocy młodszemu jest całkiem realne, pod warunkiem zaproponowania ciekawych i twórczych zagadnień do opracowania przez studentów, na przykład w postaci tzw. prac przejściowych.

Nauczanie wirtualne

Interesująca jest propozycja ze Szwajcarii nauczania wirtualnego mechatroniki realizowanego dla studentów, inżynierów z przemysłu, jak również dla osób prywatnych za pomocą Internetu. Sposób nauczania jest określany w czterech kolejnych krokach: [XXVIII]

Krok 1:

Uczenie indywidualne, za pomocą sieci internetowej, podstaw mechatroniki.

Krok 2:

Dwudniowe wspólne spotkanie w Swiss Federal Institute Technology w Lozannie (EPFL) lub w Zurychu (ETHZ) i budowa prostych modeli symulacyjnych w interdyscyplinarnych zespołach.

Krok 3:

Eksperymenty z aktuatorami i sensorami, podczas których kursanci otrzymują zestawy do eksperymentów, przy czym badania są realizowane za pomocą komputera, do którego podłącza się poprzez porty kolejne urządzenia.

Krok 4:

Projektowanie i wirtualna symulacja robotów.

Krok 5:

Współzawodnictwo: studenci spotykają się (EPFL lub ETHZ), tworzą zespoły i z dostarczonych elementów budują rzeczywistego robota. Doświadczenia i kody programów z kroku 4 są tu wykorzystywane w praktyce. Ten etap trwa kilka dni i kończy zawodami między zespołami, w których startują stworzone roboty, w różnych dyscyplinach, np. budowanie wieży z klocków, sortowanie przedmiotów itd.

Trzeba zwrócić uwagę, że nauczanie wirtualne jest bardzo często rozważane jako element nauczania mechatroniki (na przykład XXIX). Także w Polsce, Politechnika Warszawska od 17 września 2001 rozpoczęła Zaoczne Studia Inżynierskie Na Odległość, między innymi na Wydziale Mechatroniki. Do prowadzenia kształcenia na odległość został powołany

specjalny ośrodek (Ośrodek Kształcenia Na Odległość OKNO www.okno.pw.edu.pl)²⁰.
XXX

Kształcenie modułowe

W procesie monitorowania treści kształcenia, dostosowanych do oczekiwań rynku pracy konieczna jest ścisła współpraca podmiotów edukacyjnych z podmiotami rynku pracy oraz prowadzenia systematycznych badań rynku z analizą czynności zawodowych, wybiegających zdecydowanie naprzód, stanowiących inwestycję w przyszłość [XXXI]. Aby osiągnąć taki stan, programy kształcenia mechatroniki powinny posiadać zmodularyzowaną strukturę. Jednym z podstawowych narzędzi, służących osiągnięciu zakładanych celów jest niewątpliwie wykorzystanie w programach nauczania kształcenia modułowego.

Multidyscyplinarny charakter mechatroniki oraz jej ciągły rozwój, wymusza poszukiwanie efektywnych metod kształcenia oraz elastycznego traktowania programów nauczania na etapie ich projektowania i wdrażania. Moduły są jedną z metod doboru treści kształcenia i zespołem metod oraz systemem środków dydaktycznych.

Moduł może być rozumiany jako autonomiczna (niezależna) pod względem organizacyjnym i metodycznym część programu nauczania, zdefiniowana zbiorem logicznie powiązanych treści kształcenia, które doprowadzają uczących się do osiągnięcia kwalifikacji i kompetencji wymaganych na rynku pracy. [XXXI]

W powszechnym rozumieniu modularyzacja oznacza, że cały program jest podzielony wewnętrznie, na samodzielne jednostki szkoleniowe, w których w ostatniej fazie odbywa się ocena końcowa nabytych kompetencji.

Cechami każdego wyodrębnionego w programie nauczania modułu jest [XXXI]:

- **mierzalność**, umożliwiającą sprawdzenie czy wyznaczony modułem zakres treści kształcenia przekłada się na konkretne umiejętności i wiadomości uczących się. Oznacza to, że wymagania określone w module stanowią dla nas miarę nabytych kompetencji;
- **wymiennosc**, polegająca na adekwatnym do potrzeb uczących się i oczekiwań rynku pracy dobieraniu oraz aktualizację treści kształcenia skwantyfikowanych jako moduły, które składają się na całość programu nauczania. Cecha ta, wskazuje na otwartość programu na zmiany;
- **powtarzalność**, gwarantuje wykorzystanie modułu w różnych konfiguracjach, układach i formach nauczania, i uczenia się w systemie szkolnym i pozaszkolnym;
- **elastyczność**, zapewnia dużą indywidualizację kształcenia poprzez podział strukturalny treści kształcenia zawodowego na elementy zwane modułami.

Mechatronik – inżynier „ogólny”, czy też wąski specjalista?

Niewątpliwie bardzo trudno odpowiedzieć na pytanie, czy uczelnie powinny kształcić mechatroników jako inżynierów o ogólnym wykształceniu, dobrze przygotowanym do pracy w zespole, który dopiero w danej firmie ewentualnie doksztalca się w danej specjalności, jak to jest w modelu japońskim, czy też pójść w kierunku drugiego rozwiązania, czyli kształcenie już na uczelniach mechatroników, którzy na bazie przedmiotów podstawowych wybierają na dalszych latach nauki wąską specjalizację.

W pierwszym przypadku wykształcony mechatronik ogólny powinien elastycznie przystosowywać się do określonego stanowiska, miałby też dużo większy wybór rodzaju pracy po studiach, co w dobie bezrobocia i zmianach w polskich firmach niewątpliwie odgrywa znaczącą rolę. W Polsce jednak, w przeciwieństwie do Japonii, firm albo nie stać, albo nie wyrażają one chęci do tworzenia specjalistycznych szkoleń wewnątrzzakładowych.

²⁰ Również inne polskie uczelnie mają w swojej ofercie nauczanie wirtualne, np.: Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie i Wyższa Szkoła Humanistyczna w Łodzi powołały do życia Polski Uniwersytet Wirtualny (www.puw.edu.pl).

Choć w tym w przypadku, uczelnie wyższe być może mogłyby z pewnością pomóc, oferując specjalistyczne studia podyplomowe. Pamiętać trzeba również, że kształcąc jedynie ogólnie przyszłych mechatroników można się w przyszłości spodziewać deficytu dobrych specjalistów w danej dziedzinie.

Sposób kształcenia mechatroników wiąże się również z możliwościami dydaktycznymi danej uczelni. Jest pewne, że jednostka będąca na przykład związana z mechaniką w swoim planie studiów dla kierunków lub specjalności mechatronicznych zaproponuje przedmioty przede wszystkim związane z mechaniką. Jest to związane z możliwościami posiadanej kadry dydaktycznej, jak również dostępnymi laboratoriami. Zaproponowanie kierunku, bądź specjalności edukacji ogólnej na dobrym poziomie wiąże się z dużymi kosztami i nie jest zadaniem łatwym, także dla kadry dydaktycznej, od której wymaga się ustawicznego dokształcania. Ukierunkowanie się w wąskiej specjalności jest zatem dużo wygodniejsze dla jednostek.

Jeśli chodzi o tendencje światowe w tematyce inżynier ogólny, czy specjalista, to w krajach europejskich i Ameryki Północnej przeważa przekonanie o potrzebie nowego pokolenia inżynierów, mających szersze podstawy ogólne, ale również dysponujących specjalistyczną wiedzą w jakiejś dyscyplinie oraz wykazujących zdolności do pracy w zespołach multidyscyplinarnych. [1]

Być może, dobrym rozwiązaniem byłoby, gdyby uczelnie polskie uważnie obserwując rynek pracy, jak również starając się przewidzieć kierunki jego rozwoju, płynnie dostosowywały swój program nauczania do potrzeb tego rynku. Pewnym ideałem byłoby również lepsze przygotowanie mechatroników do zakładania własnych, małych, kilkusobowych firm, które poszukiwałyby dla siebie niszy, w której mogłyby się ulokować na rynku. Firmy te mogłyby nawet oferować swoje produkty lub usługi większym przedsiębiorstwom. Zakres usług związanych z mechatroniką jest ogromny: komputerowe wspomaganie projektowania, programowanie maszyn, tworzenie systemów pomiarowych itp.

Niewątpliwie mechatronika jako rozległa dziedzina nauki wymaga interdyscyplinarnych metod nauczania. Ogromny zasób wiedzy jaki powinien posiadać współczesny inżynier do stworzenia na przykład produktu mechatronicznego jest praktycznie niemożliwy do opanowania i swobodnego posługiwania się nim. Ucząc specjalistów z danej dziedziny, należy pamiętać, aby już od początku swojej nauki byli przyzwyczajani do kreatywnego myślenia. Posiadali również ogólną wiedzę na temat innych bliskich im dziedzin, co ułatwi im w razie potrzeby sięgnięcie po nie, a przede wszystkim umożliwi owocną współpracę ze specjalistami z tych innych dziedzin. Osiągnięcie powyższych efektów nie jest proste, ale można je osiągnąć wykorzystując nowoczesne metody nauczania, takie jak efektywne wykorzystanie Internetu w nauczaniu wirtualnym lub wprowadzenie koncepcji nauczania modułowego, która jest zorientowana na studenta, jego potrzeby i preferencje.

Edukacja w obszarze mechatroniki w Polsce i na świecie

Olbrzymi sukces przemysłu mechatronicznego w projektowaniu, rozwoju i wprowadzaniu na rynek produktów i systemów mechatronicznych może zostać przypisany do znakomitej strategii rozwoju produktów i ścisłego związku tej strategii z japońskim systemem edukacji technicznej i systemu szkoleń. Produkty mechatroniczne niewątpliwie różnią się od tradycyjnych produktów elektronicznych, w związku z czym potrzebne jest inne podejście do strategii projektowania, wytwarzania i wprowadzaniu takiego produktu na rynek. Strategie te japońskie przedsiębiorstwa opanowały dużo lepiej niż ich europejscy i amerykańscy konkurenci. Cztery główne elementy charakteryzujące japońskie podejście do produktów mechatronicznych to:

- szybka reakcja na działanie konkurencji,
- skracanie cyklu produkcji,
- podkreślanie konkurencyjności własnych produktów,
- ostrożne podejście w stosunku do nowych rynków.

W Japonii, skrócenie czasu między projektowaniem, a wprowadzaniem na rynek produktu mechatronicznego jest uzyskane przede wszystkim dzięki wykorzystaniu multidyscyplinarnych zespołów inżynierów, którzy pod uwagę w fazie projektowania biorą zarówno wymagania rynku, jak i technologię produkcji.

Powyższe podejście do mechatroniki w Japonii, kraju narodzenia się tej filozofii, spowodowało, że już w połowie lat siedemdziesiątych w przybliżeniu około osiemdziesięciu procent produktów i procesów można określić w swojej istocie jako mechatroniczne.

Japoński przemysł bardzo szybko ruszył w kierunku mechatroniki, w związku z tym powstał nacisk na uniwersytety, aby kształciły potrzebnych inżynierów. Większość uniwersytetów japońskich prowadzi zajęcia z mechatroniki i niewątpliwie przewodzi również w dziedzinie badań mechatronicznych.

Trzeba zwrócić uwagę, że w Japonii kooperacja uniwersytetów z przemysłem w kursach mechatronicznych jest traktowana, jako niezbędny element w procesie nauczania.

Od roku 1983 w Toyohashi University regularnie prowadzone są kursy mechatroniczne, a w Tohoku University Wydział Inżynierii Precyzyjnej przemianował się na Wydział Mechatroniki i Inżynierii Precyzyjnej. Edukacja w kierunku mechatroniki jest tu postrzegana jako potrzebna i jako dobra inwestycja na przyszłość. Japońscy pedagodzy postrzegają inżyniera-mechatronika, jako specjalistę, który oprócz wiedzy opartej na bazie mechaniki, posiada wiedzę i umiejętności w zakresie mikroprocesorów, oprogramowania, elektroniki, aktuatorów i sterowania.

Większość japońskich przedsiębiorstw uznaje, że pracownik kształci się przede wszystkim w danym przedsiębiorstwie, co jest oparte na szkoleniach wewnątrzzakładowych. W związku z tym uniwersytety mają za zadanie kształcić inżynierów z ogólnymi umiejętnościami, którzy następnie będą kontynuować naukę na szkoleniach w swoich przedsiębiorstwach. Sytuacja taka, wzmocniona popularną strategią rotacji stanowisk, powoduje, że w Japonii jest duża liczba inżynierów o ogólnych umiejętnościach, brak natomiast wystarczającej liczby specjalistów.

Kształtowanie inżynierów w Japonii zależy w dużej mierze od przedsiębiorstw, przy czym jedno z przedsiębiorstw stawiają na kształcenie jak najbardziej ogólne i szkolenie do pracy w multidyscyplinarnych zespołach w ramach rozwoju produktów i systemów mechatronicznych, drugie natomiast co raz częściej zwracają uwagę na potrzebę specjalistycznych kursów związanych z mechatroniką.

Duża część inżynierów w Europie nadal posiada jedynie szczerpkowe wyobrażenie o koncepcji mechatroniki i jej filozofii. Na szczęście coraz więcej ośrodków uniwersyteckich, jak również różnych sektorów przemysłu zaczyna zdradzać zainteresowanie mechatroniką.

Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.

W połowie lat osiemdziesiątych, w **Danii**, *Danish Mechatronic Association* doprowadziło do ujednoczenia pojęcia mechatroniki jako pojęcia ściśle związanego z projektowaniem technicznym. Pionierami w nauczaniu mechatroniki w **Danii** były między innymi *Institute for Engineering Design* (IED) i *Institute of Product Development* (IPU) przy *Technical University of Denmark* (DTH) w Lyngby. IED prowadzi zarówno kursy dla studentów, którzy realizują projekty dostarczone przez przemysł, jak również prowadzi kilka różnych szkoleń dla przemysłu. Głównym tematem zainteresowania IED jest projektowanie mechatroniczne. VI

W **Finlandii**, w 1985 roku została utworzona *Mechatronics Group* z zamiarem ulepszania zdolności produkcyjnych w różnych sektorach przemysłu. Kolejne seminaria i spotkania miały za zadanie zwiększyć wiedzę na temat mechatroniki i zaowocowały programem badań, w którym uczestniczyły cztery uniwersytety, *Technical Centre Research* i pewna ilość przedsiębiorstw. **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**

W **Holandii**, w *University of Twente* zorganizowano *Mechatronics Research Centre Twente* (MRCT) w 1989, (mimo, że początkowo nie oferowano kursu z zakresu mechatroniki dla studentów) koordynując działalności trzech wydziałów: Mechaniki, Elektrotechniki i Informatyki. MRCT powstał dzięki staraniom ministerstwa edukacji, które na ten cel przeznaczyło 1,25 miliona euro. W roku 1998 MRCT przekształcił się w *Drebbel Research Institute for Mechatronics*²¹ o bardziej formalnym statusie i od roku 2001 w

²¹ Więcej informacji o *Drebbel Research Institute for Mechatronics* na stronie <http://www.drebbel.utwente.nl>

University of Twente prowadzone są dwa międzynarodowe, dwuletnie kursy mechatroniki VIII.

W **Szwajcarii**, *Department Mechanical and Industrial Engineering* przy *Swiss Federal Institute of Technology* w Zurychu w prowadził kurs mechatroniki już w 1984. Kurs ten nadal jest prowadzony jako element nauczania mechaniki.

Katholieke Universiteit Leuven (Belgia) prowadzi jednoroczną specjalizację od 1986 roku i oferuje możliwość zdobycia tytułu *mechatronika w inżynierii elektromechanicznej* od 1989. Uniwersytet ten jest bardzo aktywny w sferze prowadzonych badań związanych z mechatroniką.

Johannes Kepler Universität Linz (Austria), od 1990, także oferuje program mechatroniczny, ze wsparciem przemysłu, który umożliwia zdobycie tytułu magistra w ciągu pięciu lat.

W **Niemczech**, określa się, że historia mechatroniki rozpoczyna się we wczesnych latach dziewięćdziesiątych, kiedy w *Universities of Applied Sciences* w Bochum wprowadzono na stałe program związany z mechatroniką (1993). Program ten w kolejnych latach rozrastał się i cieszył się coraz większym zainteresowaniem. Również inne uniwersytety, po Bochum, zainteresowały się mechatroniką. Są to między innymi *University of Applied Sciences*, Kiel (1996), *University of Applied Sciences*, Brandenburg (1999), *University of Applied Sciences*, Augsburg (2000). W **Niemczech** trwały intensywne prace związane z ujednoczeniem programu związanego z mechatroniką. W roku 2002 opublikowano wytyczne do mechatronicznego (Richtlinie VDI 2206: Entwicklungsmethodik für Mechatronische Systeme). Norma ta prezentuje metodyczne oraz systemowe podejście do procesu projektowo –konstrukcyjnego urządzeń mechatronicznych, a w szczególności prezentuje metodyczne podejście do planowania i realizacji projektów systemów według tzw. V-modelu (Vorgehensmodell für Planung und Durchführung Systemprojekte). Ze względu na stosunkowo ubogi zakres piśmiennictwa z dziedziny metodyki kształcenia konstruktorów mechatroników, wytyczne VDI 2206 mogą z dużym pożytkiem wesprzeć dydaktykę mechatroniczną na poziomie wyższym V. Stworzenie wspólnego programu nauczania mechatroniki mogłoby lepiej przygotowywać przyszłych mechatroników na rynek globalny.

University of Dundee z **Wielkiej Brytanii** jako pierwszy ustanowił stanowisko Profesora z Mechatroniki. Stanowisko to było sponsorowane przez przemysł. W ślad za *University of Dundee* poszły również *Loughborough University of Technology*, *De Montfort University* i *Cranfield University*. Od 1990 roku *Lancaster University* oferuje kurs z mechatroniki. Ten uniwersytet jest również bazą dla *Mechatronics Design Centre* sponsorowanego przez *Science and Engineering Research Council*. W roku 1990 *Loughborough University of Technology* uruchomił kurs pod nazwą *Mechatronics and Optical Engineering*, a w roku 1994 uruchomił kurs o nazwie *Mechatronic Product Design*. W 1992 roku *University of Dundee* przyłączył się do uniwersytetów, które w pełnym wymiarze czasowym proponowały kurs mechatroniki na studiach magisterskich. *De Montfort University* (dawniej *Leicester Polytechnic*) wprowadził kurs *European Mechatronics* oraz utworzył *Mechatronics Research Group* aby koordynować badania naukowe w kierunku mechatroniki. *The University of Hull* wprowadził natomiast kurs mechatroniki w 1992 roku.

Powyższy opis europejskich pionierów w Europie w dziedzinie mechatroniki nie jest oczywiście pełny, obecnie natomiast istnieją już w Europie jednostki dydaktyczne (wydziały, instytuty), które bezpośrednio przedstawiają się jako jednostki mechatroniczne. Z roku na rok jest ich coraz więcej. Reasumując, początki mechatroniki w Europie to przede wszystkim przełom lat osiemdziesiątych i lat dziewięćdziesiątych. Bardzo często, powstałe kierunki mechatroniczne były wynikiem współpracy uniwersytetów z przemysłem, bądź instytucjami rządowymi. W Europie istnieją silne tendencje do utworzenia jednolitego programu mechatroniki i standaryzacji jej nauczania.

Warto także zaznaczyć, że w większości krajów Unii Europejskiej na uniwersytetach realizowane jest kształcenie modułowe zapoczątkowana w USA przez J. Dewey'a, a nie kształcenie przedmiotowe X. Kształcenie takie opiera się na idei integracji wiedzy i umiejętności z wyraźnym nastawieniem na kształtowanie umiejętności, pozwala na integrację wiedzy z różnych dyscyplin naukowych, programy kształcenia są elastyczne,

poszczególne jednostki można wymieniać, modyfikować, uzupełniać oraz dostosowywać do poziomu uzyskiwanych kwalifikacji, wymagań i potrzeb gospodarki oraz lokalnego rynku pracy. W kształceniu modułowym proces uczenia się dominuje nad procesem nauczania, student jest podmiotem w procesie kształcenia i może podejmować decyzje dotyczące kształcenia w zależności od własnych potrzeb i możliwości. XI

Rozpoznając potrzeby w kształceniu inżynierów mechatroników Japońskie i Europejskie szkoły wyższe dosyć wcześnie zaczęły proponować kursy mechatroniki na różnych poziomach i w różnych wariantach. Natomiast, ocenia się, że w Stanach Zjednoczonych edukacja przyszłych inżynierów przez długi czas była pozostawała nieczuła na szybki wzrost przemysłowy na świecie. Za przykładem Japonii i Europy, rozumiejąc znaczenie mechatroniki, American Society of Mechanical Engineers zorganizowało w latach dziewięćdziesiątych specjalne sympozjum związane tylko z mechatroniką. W odpowiedzi na wzrastające potrzeby i konkurencyjny nacisk ze strony bieżącej i przyszłej technologii, fundacja National Foundation Science stworzyła program Coalitions Education Engineering (Koalicja Edukacji Inżynierów), aby zainicjować systemową reformę edukacji inżynierów. Jeden z pierwszych kursów o nazwie Mechatronika został rozwinięty przez National Coalition Foundation Science – SYNTHESIS i wdrożony przez większość szkół koalicji [18]. Jednakże w Stanach Zjednoczonych rozwój kursów mechatronicznych proponowanych przez szkolnictwo wyższe był stosunkowo powolny i wprowadzane kursy charakteryzowały się raczej teoretycznym traktowaniem mechatroniki. Pierwsze kursy bezpośrednio określane, jako mechatroniczne pojawiły się dopiero na początku i w połowie lat dziewięćdziesiątych.

Obecnie w Stanach Zjednoczonych edukacja związana z mechatroniką znacznie się poprawiła. Stało się to między innymi dzięki sponsorowaniu nowych dziedzin i technologii przez takie instytucje jak DARPA²², NASA²³, NSF²⁴ i DoD²⁵, oraz ścisłej współpracy z przemysłem i laboratoriami rządowymi. Powstały centra i ośrodki edukacji oraz badań związanych z mechatroniką i systemami inteligentnymi, np.:

- The Center for Intelligent Material Systems and Structures (Virginia Tech),
- Smart Materials and Structures Research Center (University of Maryland),
- Smart Structures Laboratory (Vanderbilt University),
- Smart Structures Lab (Auburn University),
- Intelligent Systems Center (University of Missouri-Rolla),
- The Mechatronics Center (North Carolina State University),
- The Mechatronics Center (Georgia Tech).

Niewątpliwą mocną stroną Stanów Zjednoczonych jest fakt, że za pomocą Internetu około 200 uczelni USA jest ze sobą połączonych, współpracując z rządem oraz przemysłem w celu tworzenia i wprowadzenia nowoczesnych, zaawansowanych, technologii i aplikacji. Inną silną stroną edukacji w Stanach Zjednoczonych jest ugruntowany tam już modułowy charakter studiów, który preferuje aktywizujące metody nauczania, które z jednej strony wyzwalają aktywność ucznia, kreatywność i zdolność do samooceny, z drugiej zaś zmieniają rolę nauczyciela-instruktora, który staje się doradcą i partnerem organizującym proces dydaktyczny.

Trzeba zwrócić uwagę, że zarówno w Europie, jak i w Stanach Zjednoczonych bieżący system edukacji inżynierów jest skierowany do kreowania przede wszystkim inżyniera specjalisty.

Polski przemysł nie jest nastawiony na kształtowanie swych pracowników na kursach wewnętrznozakładowych na wzór Japonii. Oczekuje raczej, że absolwent będzie już w znacznej części wykształcony w danej specjalności. Nie ogranicza to oczywiście

²² DARPA (ang. Defense Advanced Research Projects Agency) - agencja federalna prowadząca badania dla Departamentu Obrony Stanów Zjednoczonych.

²³ NASA (ang. National Aeronautics and Space Administration) - Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej, wydział administracji rządowej USA zajmujący się amerykańskim programem kosmicznym oraz rozwojem techniki lotniczej.

²⁴ NSF (ang. National Science Foundation) - niezależna agencja rządowa Stanów Zjednoczonych powołana w 1950 roku mająca na celu wspomaganie postępu nauki.

²⁵ DoD (ang. Department of Defense) - Departament Obrony Stanów Zjednoczonych

zaistnienia przez szkoły wyższe na rynku specjalistycznych kursów organizowanych dla osób już pracujących w przemyśle.²⁶

W Polsce mechatronika jako dziedzina nauczania pojawiła się w latach dziewięćdziesiątych²⁷. Jest jednakże rzeczą oczywistą, że wiele przedmiotów z zakresu tematycznego mechatroniki były uwzględniane o wiele wcześniej, ale dopiero w połowie lat dziewięćdziesiątych pojawił się pierwszy wydział określający się jako typowo mechatroniczny (*Wydział Mechatroniki na Politechnice Warszawskiej*). W kolejnych latach pojawiały się kolejne jednostki, które albo wprowadzały do swoich programów kierunki bądź specjalności mechatroniczne albo jednoznacznie deklarowały swój ścisły związek z mechatroniką zmieniając swoją dotychczasową nazwę. Aktualnie mechatronika jest obecna już w kilkunastu krajowych wyższych uczelniach, w tym: Politechnice Łódzkiej, Politechnice Poznańskiej.

Ponieważ MEN nie opracowało jeszcze ścisłych standardów nauczania dla kierunku/specjalności „Mechatronika”, uczelnia oferująca ten kierunek/specjalność ustala je na bazie łączenia standardów nauczania dla poniższych kierunków (w zależności od dominujących profili). W tabeli 1 przedstawiono przykłady kilku jednostek organizacyjnych używających w nazwie terminu mechatronika, a poniżej przedstawiono szerzej kilka najbardziej znaczących jednostek w Polsce z tej grupy, jak również wspomniano o kilku konferencjach mechatronicznych organizowanych w Polsce lub współorganizowanych przez polskie jednostki naukowo-dydaktyczne poza granicami Polski. Kierunki i specjalności w zakresie mechatroniki prowadzi również szereg innych uczelni w Polsce, m.in.: Politechnika Poznańska (specjalizacja Mechatronika powstała w roku 1998 z inspiracji Zakładu Podstaw Konstrukcji Maszyn na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu), Politechnika Wrocławska, AGH Kraków, Politechnika Rzeszowska. Należy zwrócić uwagę również na Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu (jednostka badawczo-rozwojowa utworzona w 1994 roku) i istniejący tam Zakład Mechatroniki, który realizuje prace naukowo-badawcze i wdrożeniowe w obszarze mechatroniki: badania struktur systemów mechatronicznych, projektowania systemów mechatronicznych, zastosowania technologii mechatronicznych do modernizacji obiektów technicznych.

Tabela 1 Niektóre z jednostek dydaktycznych przedstawiających się jednoznacznie jako „mechatroniczne” w Polsce

Uczelnia	Wydział	Jednostka
Akademia Techniczno-Humanistyczna Bielsko-Biała http://www.ath.bielsko.pl/	Wydział Budowy Maszyn i Informatyki	Katedra Podstaw Budowy Maszyn - Zakład Mechatroniki
Akademia Techniczno-Rolnicza im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy http://www.atr.bydgoszcz.pl/	Wydział Mechaniczny	Katedra Podstaw Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
Politechnika Białostocka http://www.pb.bialystok.pl/	Wydział Mechaniczny	Katedra Mechatroniki
Politechnika Łódzka http://www.p.lodz.pl/	Wydział Elektrotechniki i Elektroniki	Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych

²⁶ Ograniczając się do regionu łódzkiego, trzeba zwrócić uwagę na wzrastającą potrzebę kształcenia przyszłych mechatroników w tym regionie. Już teraz określa się w Polsce Łódź jako stolicę AGD. Bosh-Siemens produkuje tu pralki i zmywarki, Indesit – kuchenki, Philips przeniósł tu z Irlandii centrum finansowe. Łódź niedługo będzie miała największą powierzchnię przemysłową w Polsce, 1.5 mln m². (gazeta Metro, 1-3 lipca 2005)

²⁷ Niniejsza praca dotyczy przede wszystkim szkolnictwa wyższego, trzeba jednak zwrócić uwagę, że mechatronika pojawia się również w Polsce jako element szkolenia zawodowego. W ostatnich latach Ministerstwo Edukacji Narodowej i Sportu zatwierdziło podstawy programowe kształcenia ogólnozawodowego w liceach o profilu mechatronicznym. Pojawiły się także podręczniki ułatwiające nauczanie na tym poziomie edukacyjnym.

Politechnika Śląska http://www.polsl.pl/	Wydział Elektryczny	Katedra Mechatroniki
Politechnika Świętokrzyska http://www.tu.kielce.pl/	Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn	Centrum Laserowych Technologii Metali Katedra Fizyki Katedra Inżynierii Eksploatacji Katedra Mechaniki Katedra Metaloznawstwa i Technologii Materiałowych Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn Katedra Pojazdów i Sprzętu Mechanicznego Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii Katedra Termodynamiki i Mechaniki Płynów Samodzielny Zakład Automatyki i Robotyki Samodzielny Zakład Wytrzymałości Materiałów
Politechnika Warszawska http://www.pw.edu.pl	Wydział Mechatroniki	Instytut Automatyki i Robotyki Instytut Inżynierii Precyzyjnej i Biomedycznej Instytut Metrologii i Systemów Pomiarowych Instytut Mikromechaniki i Fotoniki Zakład Mechaniki Stosowanej
Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego http://www.wat.edu.pl/	Wydział Mechatroniki	Instytut Elektromechaniki Instytut Systemów Mechatronicznych Instytut Techniki Lotniczej

W Polsce koncepcja kształcenia modułowego jest coraz bardziej znana. Na uwagę zasługują programy o budowie modułowej opracowane w ramach programów PHARE /IMPROVE, programy szkolenia dorosłych opracowane w ramach projektu Banku Światowego. Obecnie w Polsce poglądy na temat kształcenia modułowego krystalizują się i zmierzają do usuwania sprzeczności i niejasności zarówno w terminologii, jak również w procedurach i technikach projektowania oraz narzędzi kształcenia XI.

Mechatronikę można w Polsce studiować na (wg. zasobów internetowych):

- Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie
- Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej
- Dolnośląskiej Wyższej Szkole Przedsiębiorczości i Techniki w Polkowicach
- Politechnice Gdańskiej
- Politechnice Koszalińskiej
- Politechnice Łódzkiej
- Politechnice Lubelskiej
- Politechnice Opolskiej
- Politechnice Poznańskiej
- Politechnice Rzeszowskiej
- Politechnice Częstochowskiej
- Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym – Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
- Politechnice Śląskiej w Gliwicach
- Politechnice Świętokrzyskiej w Kielcach – Zakład Mechatroniki
- Politechnice Warszawskiej

- Wydział Mechatroniki (dawniej Wydział Mechaniki Precyzyjnej)
- Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych (kierunek Mechatronika)
- Politechnice Wrocławskiej
- Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie – Wydział Mechatroniki
- Wyższej Szkole Mechatroniki w Katowicach
- Wyższej Szkole Gospodarki w Bydgoszczy
- Politechnice Krakowskiej
- Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Nowym Sączu
- Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
- Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie
- Uniwersytecie Lubelskim w Lublinie

Wydział Mechatroniki - Politechnika Warszawska XIV

Wydział Mechatroniki na Politechnice Warszawskiej (wcześniej Wydział Mechaniki Precyzyjnej utworzony w 1962 roku) powstał w 1996 roku. Obecnie Wydział Mechatroniki jest jednym z większych Wydziałów w Politechnice Warszawskiej. Zatrudnia ponad 200 pracowników (w tym połowa to pracownicy naukowo-dydaktyczni). W skład Wydziału wchodzi pięć samodzielnych jednostek organizacyjnych. Prowadzi działalność dydaktyczną i naukową w zakresie następujących zagadnień technicznych:

- automatyzacja i robotyzacja procesów przemysłowych,
- biocybernetyka i inżynieria biomedyczna,
- projektowanie elementów i urządzeń precyzyjnych,
- metody i techniki wytwarzania sprzętu precyzyjnego i elektronicznego,
- metrologia, systemy pomiarowe i inżynieria jakości,
- fotonika i techniki optyczne,
- techniki multimedialne.

Wydział Mechatroniki prowadzi szeroką współpracę z ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą. Jest współorganizatorem międzynarodowych seminariów, konferencji i warsztatów m.in. od 1990 roku organizuje cykliczną międzynarodową konferencję naukową MECHATRONICS.

Działalność naukową prowadzoną na Wydziale Mechatroniki obejmuje wg klasyfikacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego następujące dyscypliny naukowe:

- budowa i eksploatacja maszyn – w dyscyplinie tej Wydział posiada uprawnienia do nadawania stopnia doktora i stopnia doktora habilitowanego
- biocybernetyka i inżynieria biomedyczna – również z uprawnieniami do nadawania stopnia doktora i stopnia doktora habilitowanego
- automatyka i robotyka - z uprawnieniami do nadawania stopnia doktora.

Poza tym działalność naukowa Wydziału koncentruje się w obszarach związanych z takimi dyscyplinami naukowymi jak; mechanika, informatyka, elektronika, elektrotechnika i fizyka.

Wydział Mechatroniki - Wojskowa Akademia Techniczna XV

W wyniku restrukturyzacji Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego utworzonej w 1951 r., z początkiem roku 2003 Wydział Uzbrojenia i Lotnictwa (wcześniej Wydział Elektromechaniczny) zmienił nazwę na Wydział Mechatroniki.

W skład Wydziału Mechatroniki wchodzi:

- Instytut Techniki Uzbrojenia
- Instytut Systemów Mechatronicznych
- Instytut Techniki Lotniczej
- Wydział kształci na potrzeby Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej oraz Wojsk Lądowych oficerów z wyższym wykształceniem technicznym oraz prowadzi

ogólnodostępne studia zaoczne na kierunku mechatronika. Wydział prowadzi kształcenie studentów na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych na kierunkach:

- Mechatronika
- Lotnictwo i kosmonautyka
- Inżynieria bezpieczeństwa.

Zakres badań naukowych wydziału ukierunkowany jest głównie na potrzeby obronności i obejmuje problemy, które są obiektem zainteresowania zarówno Sił Zbrojnych RP, jak i terenowych organów samorządowych oraz podmiotów gospodarczych.

Działalność naukowo - badawcza obejmuje realizację programów i prac badawczych w niżej wymienionych kierunkach naukowych:

- technika uzbrojenia (inteligentna amunicja, materiały wybuchowe, balistyka wewnętrzna, zewnętrzna i końcowa, technologie wytwarzania i remontu uzbrojenia),
- technika lotnicza,
- bezpieczeństwo w systemach techniki lotniczej,
- technika raketowa (konstrukcja i modernizacja urządzeń radiolokacyjnych, systemów sterowania, układów określania współrzędnych),
- technika mikrofalowa,
- systemy antropotechniczne (diagnostyka techniczna),
- inteligentne systemy mechatroniczne.

W ramach sformułowanych wyżej podstawowych dziedzin zainteresowań, pracownicy Wydziału zajmują się badaniami podstawowymi i stosowanymi w zakresie mechaniki, elektroniki oraz budowy i eksploatacji maszyn, a także wykonują szereg prac naukowo-badawczych i usługowych na potrzeby wojska i przemysłu obronnego - współpracując z wieloma cywilnymi i wojskowymi uczelniami oraz instytutami naukowo-badawczymi. Wydział w pracach dydaktycznych, naukowo-badawczych oraz badaniach doświadczalnych wykorzystuje własną bazę materiałową w skład, której wchodzi 11 laboratoriów specjalistycznych; lotnicza eskadra techniczna i parki sprzętu uzbrojenia raketowego i klasycznego - umożliwiające prowadzenie badań doświadczalnych w warunkach eksploatacyjnych; warsztaty - stanowiące zaplecze do wykonywania modeli i prototypów przeznaczonych do badań eksperymentalnych.

Wydział oferuje interdyscyplinarne wykształcenie techniczne z naciskiem na umiejętności absolwentów w zakresie wszechstronnego wykorzystania metod komputerowych w działalności inżynierskiej. Wydział posiada wysoko kwalifikowaną kadrę naukową. Zatrudnia między innymi 14 profesorów, 7 doktorów habilitowanych oraz 52 doktorów nauk technicznych. Rada Wydziału posiada uprawnienia do nadawania stopni naukowych doktora i doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w zakresie dyscypliny mechanika oraz wnioskowania o nadanie tytułu profesora.

Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn - Politechnika Świętokrzyska XVI

Z utworzonej w 1965 roku Kielecko-Radomskiej Wieczorowej Szkoły Inżynierskiej, która następnie ewoluowała w 1967 w Kielecko-Radomską Wyższą Szkołę Inżynierską, w 1974 roku powstaje Politechnika Świętokrzyska, kształcąca na trzech kierunkach studiów w ramach trzech wydziałów:

- Wydział Budownictwa Lądowego - kierunek budownictwo,
- Wydział Elektrotechniki - kierunek elektrotechnika,
- Wydział Mechaniczny - kierunek mechanika.

W roku 1999 (powstały w 1974 r.) Wydział Mechaniczny Politechniki Śląskiej zmienił swoją nazwę na Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn. W skład Wydziału wchodzi obecnie następujące jednostki organizacyjne:

- Centrum Laserowych Technologii Metali

- Katedra Maszyn Ciepłych
- Katedra Mechaniki
- Katedra Metaloznawstwa i Technologii Materiałowych
- Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn
- Katedra Pojazdów i Sprzętu Mechanicznego
- Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii.

Wydział posiada uprawnienia do doktoryzowania w trzech dyscyplinach: automatyka i robotyka, mechanika oraz budowa i eksploatacja maszyn, w tej ostatniej dyscyplinie również uprawnienia do habilitowania.

Na Wydziale prowadzone są czteroletnie studia trzeciego stopnia (doktoranckie) w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn. Studia umożliwiają przygotowanie i obronę pracy doktorskiej.

Wydział prowadzi studia na kierunkach:

- Automatyka I Robotyka
- Mechanika I Budowa Maszyn
- Transport

Politechnika Łódzka

Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki - Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych XVII

Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki, utworzony w 1945 roku jako "Wydział Elektryczny", jest jednym z trzech najstarszych wydziałów Politechniki Łódzkiej i jednym z największych w polskich uczelniach technicznych. Wydział zatrudnia 250 nauczycieli akademickich, w tym 25 z tytułem profesora i 29 ze stopniem doktora habilitowanego. Pracownicy ci prowadzą badania naukowe i zajęcia dydaktyczne w zakresie elektrotechniki, elektroniki, automatyki i robotyki, informatyki, a także dyscyplin pokrewnych i kierunków interdyscyplinarnych, takich jak telekomunikacja oraz transport.

Wśród wielu jednostek organizacyjnych Wydziału znajduje się Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych, który bezpośrednio jest związany z obszarem mechatroniki. Historia Instytutu z Politechniki Łódzkiej sięga roku, 1945 kiedy to powołano do życia Katedrę Maszyn Elektrycznych. W kolejnych latach Katedra przekształcała swoją strukturę i od roku 1985 zaistniała, jako Instytut Maszyn Elektrycznych i Transformatorów. W 2002 roku rozpoczęto postępowanie dotyczące zmiany dotychczasowej nazwy Instytutu na Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych Politechniki Łódzkiej, co zostało zatwierdzone z dniem 1 stycznia 2003. Zmiana nazwy instytutu była podyktowana przede wszystkim znaczącą ewolucją, która nastąpiła w ciągu ostatnich lat w działalności naukowej i dydaktycznej Instytutu, który od wielu lat wraz z rozwojem techniki wyróżniał się multidyscyplinarnym charakterem prac naukowo-dydaktycznych ze szczególnym naciskiem położonym na techniki komputerowego wspomaganie projektowania, modelowania i symulacji.

Instytut dysponuje unikalnymi pakietami oprogramowania z zakresu technik komputerowych i informatycznych, w tym między innymi XVIII:

- oprogramowanie z zakresu analizy i syntezy pól wektorowych (OPERA-2D/3D-Department Licence, wyposażone przez firmę Vector Fields, UK)
- oprogramowanie z zakresu analizy i symulacji drgań i hałasów – pakiet Sysnoise, Belgia
- oprogramowanie z zakresu analizy pól elektromagnetycznych, Magnet v. 6.9, UK
- oprogramowanie z zakresu analizy pól fizycznych – ANSYS i COSMOS, USA,
- oprogramowanie z zakresu programów wspomagających projektowanie – AutoCAD firmy Autodesk, USA

- seria programów klasy RNM-3D do szybkiego, przemysłowego modelowania i obliczania trójwymiarowych pól, strat mocy i lokalnych przegrzań oraz ekranowania od strumieni rozproszenia w wielkich transformatorach.

W instytucie prowadzone są od wielu lat prace naukowo-badawcze z zakresu zastosowań narzędzi informatycznych w analizie polowo-obwodowej przetworników elektromechanicznych z uwzględnieniem energoelektronicznych urządzeń zasilających. Instytut zorganizował 4 nowoczesnie wyposażone laboratoria komputerowe (50 stanowisk), unikalne laboratorium do prowadzenia specjalistycznych pomiarów z zakresu drgań i hałasów wraz z komorą pogłosową i kilka innych, w pełni skomputeryzowanych systemów pomiarowych XVIII.

W wyniku współpracy z firmą przemysłowymi zostały zorganizowane od podstaw dwa nowoczesne laboratoria:

- laboratorium sterowników programowalnych (firmy SIEMENS),
- laboratorium współczesnych maszyn i napędów elektrycznych (firmy SEW),
- unikalne laboratorium układów napędowych wyposażone przez firmę SIEMENS-Polska, które wzmacniają narzędziowo prowadzenie prac naukowo-badawczych oraz procesu dydaktycznego w obszarze mechatroniki. Należy również podkreślić, że w ramach dotychczas oferowanej specjalności Maszyny i Aparaty Elektryczne na kierunku Elektrotechnika Instytut przewidział blok dyplomowania Mechatronika XVIII.

Pracownicy IMSI są autorami wielu publikacji zarówno z zakresu maszyn i aparatów elektrycznych, jak również z dziedzin mechatroniki, informatyki (bazy danych, systemy ekspertowe, komputerowe wspomaganie projektowania, optymalizacja, metody i techniki obliczeniowe), oraz z zakresu najnowszych osiągnięć technicznych, takich jak na przykład struktury MEMS.

W zakresie międzynarodowej współpracy naukowej nawiązano współpracę z amerykańskimi firmami, produkującymi maszyny i akтуatory do urządzeń dźwigowych. Prowadzone są odpowiednie badania eksperymentalne na zlecenie przemysłu amerykańskiego. Od ponad 30 lat instytut współpracuje również z przemysłem transformatorowym w USA, Kanadzie, Belgii, Izraelu, Iranie, Chinach, Indiach, Australii, Meksyku i in. Instytut jest również współorganizatorem kilku znaczących konferencji o zasięgu międzynarodowym XVIII. W bieżącym roku (2005) Instytut wraz z Dep. Electrical Engineering z University of Vigo z Hiszpanii był współorganizatorem powszechnie znanej konferencji pod nazwą XII International Symposium on Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering (wrzesień, Baiona – Hiszpania). Do głównych zagadnień poruszanych podczas tej konferencji należy zaliczyć między innymi:

- teorię pola i zaawansowane obliczenia w elektromagnetyzmie,
- maszyny elektryczne, transformatory, akтуatory i mikromaszyny,
- elektromagnetyczne komponenty mechatroniczne i komponenty MEMS,
- systemy sprzężone i specjalne zastosowania,
- elektromagnetyzm w materiałach (nowe materiały, pomiary, modelowanie materiałów),
- bioelektromagnetyzm i zagrożenia elektromagnetyczne,
- modelowanie obwodowe problemów polowych,
- zastosowania sztucznej inteligencji w obliczeniach polowych,
- bazy danych i systemy ekspertowe w obliczeniach pól wektorowych.

Instytut był i pozostaje nadal organizatorem wielu konferencji naukowych, w tym stałego Sympozjum o randze międzynarodowej „International Symposium on Electromagnetic Fields in Electrical Engineering”, wielu konferencji o tematyce transformatorowej i maszynowej. Instytut utrzymuje szerokie powiązania z Uniwersytetami zagranicznymi. Współpracuje z Polską Akademią Nauk, Stowarzyszeniem Elektryków

Polskich, Polskim Towarzystwem Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej, Institute of Electrical and Electronics Engineers, International Compumag Society i in. Profesorowie Instytutu zasiadają w Komitetach Redakcyjnych czasopism: Archives of Electrical Engineering, The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering COMPEL, Przeglądu Elektrotechnicznego i in. Działają w Komitetach Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych (CIGRE), biorą udział w Komitetach Naukowych konferencji międzynarodowych i krajowych. Pięciu przedstawicieli Instytutu uzyskało na przestrzeni trzydziestolecia prestiżowe nagrody Wydziału IV Nauk Technicznych PAN za badania naukowe. W ciągu pięćdziesięciolecia opublikowano ok. 60 książek i skryptów, blisko 800 artykułów i referatów drukowanych, ponad 300 opracowań naukowo-technicznych na zamówienie przemysłu. Prace te były honorowane licznymi nagrodami ministerialnymi i rektorskimi.

Instytut zajmuje obecnie powierzchnię ok. 2500 m², z czego 1320 m² przeznaczono na laboratoria maszyn, transformatorów, przekształtników, elektromaszynowych elementów automatyki oraz wibroakustyki z komorą akustyczną bezpogłosową. Nowoczesne pracownie komputerowe mają dwójaki charakter: naukowy i dydaktyczny. Metody komputerowe zostały włączone do działalności dydaktycznej w ramach kierunku Elektrotechnika i Informatyka. Komputeryzacja Instytutu jest istotnym elementem integrującym badania teoretyczne i doświadczalne objęte wspólnym hasłem: Elektrodyynamika Maszyn Elektrycznych i Transformatorów

Ważnym osiągnięciem Instytutu jest stałe promowanie Mechatroniki, jako jedną z priorytetowych dziedzin nauczania i nauki. Efektem działań Instytutu jest powstanie nowego kierunku na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Automatyki i Informatyki, jakim jest kierunek zamawiany Mechatronika. Będzie on niżej dogłębniej przedstawiony, aby podkreślić szeroki zakres wiedzy, jaki musi nieść z sobą ten multidyscyplinarny kierunek.

Absolwent kierunku Mechatronika na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Automatyki i Informatyki jest w stanie twórczo stosować w swojej pracy te elementy wiedzy technicznej, sztucznej inteligencji i inżynierii komputerowej, które będą mu najbardziej przydatne do rozwiązania praktycznych zadań, np. projektowania i wdrażania systemów mechatronicznych. W trakcie realizacji programu studiów na proponowanym kierunku nacisk położony jest na nowoczesne techniki przetwarzania informacji w celu wspomagania decyzji. Absolwent zdobywa również konkretną wiedzę programistyczną, dotyczącą praktycznego tworzenia systemów mechatronicznych, w tym systemów inteligentnych. Tak interdyscyplinarnie wykształcony inżynier proponowanego kierunku spełnia wszystkie wymagania stawiane sylwetce współczesnego inżyniera w Europie i na świecie.

Ze względu na otrzymane ogólne wykształcenie inżynierskie i informatyczne, absolwenci mogą podjąć pracę w firmach komputerowych, centrach badawczych, projektowych i wytwórczych systemów mechatronicznych, w zakładach produkcyjnych i w administracji. Uzyskane wykształcenie stwarza również możliwości podjęcia pracy, jako specjaliści do spraw obsługi i eksploatacji zaawansowanych systemów mechatronicznych. Absolwenci mogą podjąć pracę w firmach projektowych i produkcyjnych z dziedziny tzw. HIGH-TECH oraz w zapleczu badawczym.

Zakresy treści przedmiotów kierunkowych wybrano w taki sposób, aby każdy absolwent uzyskał wiadomości i umiejętności dające się bezpośrednio wykorzystać w działalności inżynierskiej, typowej dla obecnego rynku pracy, i mógł podjąć pracę na stanowiskach przygotowania i nadzoru produkcji oraz na stanowiskach pomocniczych w jednostkach badawczych i rozwojowych.

Szczególny nacisk położono na przekazywanie wiedzy w zakresie sensorów i aktuatorów, systemów mechatronicznych w AGD, elastycznych systemów mechatronicznych, mechatroniki w ekologii przemysłowej, systemów elektronicznych w mechatronice, mechatroniki pojazdowej, biosystemów, analizy i transmisji danych w mechatronice oraz mikrosystemów elektronicznych stosowanych w mechatronice.

Poszerzanie własnych zainteresowań, ugruntowywanie wcześniej zdobytej wiedzy, rozwijanie umiejętności pracy zespołowej oraz zdolność poprawnego i czytelnego dokumentowania wyników pracy została zapewniona przez wprowadzenie interdyscyplinarnego i odrabianego w grupach projektu kompetencyjnego.

Przy realizacji programu przewidywane są nie tylko dotychczasowe formy prowadzenia zajęć jak tradycyjne wykłady, ćwiczenia i laboratoria, ale również korzystanie z nowocześniejszych form kształcenia w postaci nauczania na odległość, sukcesywne wprowadzenie e-learningu oraz korzystanie z laboratoriów wyposażonych przez wybrane firmy, produkujące urządzenia mechatroniczne a także przeprowadzanie wybranych zajęć w laboratoriach przemysłowych i w fabrycznych stacjach prób. Przewiduje się też możliwość przeprowadzania zajęć wykładowych w salach wyposażonych w dostęp do sieci komputerowej, dostępnej dla wszystkich studentów biorących udział w zajęciach.

Podstawowymi kwalifikacjami absolwenta studiów pierwszego stopnia kierunku Mechatronika są umiejętności abstrakcyjnego myślenia, ścisłego i formalnego opisu zjawisk oraz twórcze i pragmatyczne podejście do rozwiązywania zadań zawodowych, charakterystycznych dla inżyniera mechatronika.

Absolwent może elastycznie kształtować swój profil wykształcenia poprzez wybór trzech bloków przedmiotów obieralnych z szerokiego spektrum (katalogu) bloków przedmiotów obieralnych zdefiniowanych zgodnie z najważniejszymi priorytetami rozwojowymi Unii Europejskiej:

- Blok-1 Sensory i aktuatory tekstroniczne
- Blok-2 Systemy mechatroniczne w AGD
- Blok-3 Elastyczne systemy mechatroniczne
- Blok-4 Hybrydowe łączeniowe elementy mechatroniczne
- Blok-5 Mechatronika w ekologii przemysłowej
- Blok-6 Systemy elektroniczne w mechatronice
- Blok 7 Mechatronika pojazdowa
- Blok 8 Mechatroniczne układy napędowe
- Blok 9 Biosystemy
- Blok 10 Analiza i transmisja danych w mechatronice
- Blok 11 Mikrosystemy elektroniczne

Zdobyta wiedza pozwala zajmować się wdrażaniem gotowych rozwiązań komercyjnych, ich testowaniem lub optymalizacją oraz dostosowaniem do potrzeb użytkownika. Student jest wyposażony w wiedzę pozwalającą na samodzielne realizowanie aplikacji z elementami sztucznej inteligencji, zarówno dla potrzeb firm zewnętrznych, jak i stanowiących własną ofertę programistyczną.

Absolwent wykazuje się umiejętnością praktycznego posługiwania się narzędziami informatycznymi oraz technikami programowania, posiada wiedzę z zakresu mechaniki, budowy i eksploatacji maszyn, elektroniki, informatyki, automatyki i robotyki oraz sterowania. Potrafi samodzielnie przygotowywać, realizować i weryfikować projekty systemów mechatronicznych oraz projektować i programować komponenty systemów mechatronicznych zgodnie z ich specyfikacją. Posiada umiejętności zarządzania średniej wielkości systemami mechatronicznymi i ich wdrażania w różnych dziedzinach gospodarki. Jest przygotowany z zakresu mechatroniki i dziedzin pokrewnych w stopniu pozwalającym na szybkie i samodzielne uzupełnianie wiedzy, wymuszane dynamicznym rozwojem technologii i narzędzi informatycznych. Jest przygotowany do pracy w przemysłach wytwarzających systemy mechatroniczne, w szczególności: elektromaszynowym, motoryzacyjnym, sprzętu gospodarstwa domowego, lotniczym, nowoczesnym przemyśle włókienniczym, obrabiarkowym, firmach (centrach badawczo-produkcyjnych) projektujących i wytwarzających bio-, mikro- i nanosystemy, placówkach służby zdrowia przy eksploatacji urządzeń medycznych i aparatury diagnostycznej, przemyśle oraz innych jednostkach eksploatujących i serwisujących systemy mechatroniczne.

Absolwent może kontynuować naukę na studiach drugiego stopnia na tym samym kierunku, zdecydować się na pogłębianie wiedzy na kierunkach pokrewnych lub wykorzystujących zaawansowane narzędzia mechatroniki, elektroniki, informatyki, mechaniki i automatyki.

Wracając do tematyki związanej z Instytutem Mechatroniki i Systemów Informatycznych, jednym w ważnym osiągnięć Instytutu jest stworzenie i poprowadzenie jako zdania w projekcie „Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń – zintegrowany rozwój

Politechniki Łódzkiej – zarządzanie uczelnią, nowoczesna oferta edukacyjna i wzmacniania zdolności do zatrudniania, także osób niepełnosprawnych”, projektu współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Spójności, Kapitał Ludzki – Narodowa Strategia Spójności, Studiów Podyplomowych: „Zaawansowane Układy Mechatroniki”. Głównym celem studiów jest wspomoczenie pracowników zakładów przemysłowych z grupy związanej z mechatroniką w zdobywaniu wiedzy o nowych rozwiązaniach niezbędnych dla rozwoju ich działalności i poprawy pozycji konkurencyjnej na rynku. Instytut stawia sobie za zadanie uporządkować i rozszerzyć o najnowsze rozwiązania techniczne i technologiczne posiadaną wiedzę, które są istotne dla pracowników podejmujących decyzje gospodarcze. Ukończenie studiów podyplomowych umożliwia łatwiejsze nawiązanie owocnego dialogu między sferą administracyjną a przemysłową w regionie. Adresatem studiów jest kadra inżynieryjno-techniczna i kierownicza zakładów przemysłowych, mająca na celu podnoszenie kwalifikacji zawodowych. Oferta studiów skierowana jest do absolwentów wyższych uczelni (studiów licencjackich, inżynierskich i magisterskich) różnych kierunków, którzy pragną poszerzyć swoją wiedzę w zakresie mechatroniki, w tym również nauczycieli zawodu.

Wydział Mechaniczny XXXII

Drugą jednostką Politechniki Łódzkiej, w której można studiować kierunek Mechatronika jest Wydział Mechaniczny. Wydział ten powołany został na mocy dekretu władz państwowych z dnia 24 maja 1945 roku, o utworzeniu Politechniki Łódzkiej. W pierwszym posiedzeniu Rady Wydziału Mechanicznego uczestniczyło 16 profesorów przybyłych do Łodzi na wezwanie prof. Bohdana Stefanowskiego - pierwszego rektora Uczelni, oraz inicjatora utworzenia i organizacji Wydziału.

Obecnie, studia na tym Wydziale odbywają się według zreformowanego systemu studiów, zgodnego z tendencjami europejskimi. Kadra naukowo-dydaktyczna liczy około 226 nauczycieli akademickich, a wśród nich 21 profesorów tytularnych i 36 doktorów habilitowanych.

Absolwenci studiów pierwszego stopnia na kierunku Mechatronika na Wydziale Mechanicznym uzyskują umiejętności oraz wiedzę pozwalającą na projektowanie, wytwarzanie oraz eksploatację produktów i urządzeń mechatronicznych, tzn. stanowiących połączenie układów mechanicznych sterowanych poprzez zintegrowane układy elektroniczne. Zdobyta wiedza oraz znajomość czynna języka obcego na poziomie wymaganym przez MNiSW pozwola na pracę absolwenta m.in. w międzynarodowych zespołach inżynierskich, ośrodkach badawczo-rozwojowych w kraju lub zagranicą. Absolwenci zdobywają wiedzę podstawową z zakresu matematyki, fizyki, mechaniki, budowy i eksploatacji maszyn, elektroniki, informatyki, automatyki i robotyki oraz sterowania. Wiedza kierunkowa obejmuje takie interdyscyplinarne zagadnienia, jak: języki programowania, oprogramowanie urządzeń mobilnych, programowanie sterowników, elektronikę i techniki mikroprocesorowe, elektrotechnikę, technologię maszyn, obróbkę ubytkową oraz metrologię i systemy pomiarowe. W zakresie wiedzy ogólnej absolwenci zyskują wiedzę z zakresu organizacji i zarządzania, ergonomii oraz bezpieczeństwa pracy. Absolwenci zostaną również przygotowani i będą mieli możliwość podjęcia studiów drugiego stopnia.

Nowo otwarty kierunek "Mechatronika" stanowi pomost łączący prowadzoną od wielu lat klasyczną metodę nauczania na renomowanym Wydziale Mechanicznym Politechniki Łódzkiej z obecnymi kierunkami rozwoju w przemyśle XXI wieku. Główny nacisk kształcenia na nowym kierunku położony zostanie na pierwszy człon nazwy "Mechatronika", czyli na mechanikę, lecz również przyszły absolwent uzyska szeroką wiedzę z zakresu informatyki, elektroniki, elektrotechniki, technik mikroprocesorowych, sterowania czy automatyki. Kadra Wydziału Mechanicznego zapewni silne podstawy naukowe dla nowo tworzonego kierunku, a także dzięki swojemu doświadczeniu zagwarantuje wysokie standardy kształcenia. Przyszły absolwent Mechatroniki znajdzie zatrudnienie w nowoczesnych branżach techniki takich jak: motoryzacja, lotnictwo, konstrukcja i produkcja

sprzętu "codziennego użytku" (RTV, AGD) oraz w firmach wykorzystujących wszelkiego rodzaju zautomatyzowane linie produkcyjne.

Katedra Mechatroniki - Politechnika Białostocka XIX

Wydział Mechaniczny Politechniki Białostockiej, w skład którego wchodzi Katedra Mechatroniki, powstał jako jeden z dwóch wydziałów Prywatnej Wieczorowej Szkoły Inżynierskiej dla pracujących, założonej – za zezwoleniem Ministra Oświaty z dnia 24 listopada 1949 roku – i prowadzonej przez Naczelną Organizację Techniczną od 1 grudnia 1949 roku. Jest więc jednym z najstarszych wydziałów dzisiejszej Politechniki Białostockiej.

Mechatronika pojawiła się w nazwie obecnej Katedry Mechatroniki w roku 1995 w wyniku przemianowania Katedry Automatyki i Robotyki na Katedrę Automatyki i Mechatroniki. Powstała wtedy Katedra, należała do pierwszych w Polsce katedr mających w nazwie słowo mechatronika. W 1997 nazwa Katedry została skrócona do Katedry Mechatroniki.

Pracownicy Katedry - poza realizacją przedmiotów podstawowych na kierunkach: automatyka i robotyka oraz mechanika i budowa maszyn - prowadzą zajęcia dydaktyczne z przedmiotów specjalistycznych na specjalności: automatyzacja procesów produkcyjnych. Katedra realizuje następujące przedmioty z zakresu techniki komputerowej: podstawy informatyki, technika komputerowa, użytkowanie komputerów, programowanie komputerów, struktury i bazy danych oraz takie przedmioty z zakresu robotyki i mechatroniki, jak: dynamika układów fizycznych, teoria maszyn i mechanizmów, podstawy robotyki, robotyzacja procesów, podstawy mechatroniki, konstrukcje mechatroniczne. Przedmioty z zakresu automatyzacji realizowane przez Katedrę, to: automatyzacja procesów, napędy płynowe, technika regulacji automatycznej, środki i systemy automatyzacji, komputerowe systemy automatyzacji, programowalne systemy sterowania.

Działalność naukowo-badawcza pracowników Katedry skupia się wokół następującej tematyki:

- napędy pneumatyczne i mechatroniczne,
- automatyzacja procesów,
- funkcje i struktury urządzeń mechatronicznych,
- dydaktyka techniki.

Zakład Mechatroniki - Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej XX

Pracownicy Zakładu Mechatroniki z Katedry Podstaw Budowy Maszyn prowadzą zajęcia z wielu przedmiotów związanych z takimi zagadnieniami jak: automatyka, mechatronika, informatyka, teoria maszyn i mechanizmów oraz drgania mechaniczne. Studenci na tych zajęciach poznają tajniki teorii maszyn i mechanizmów, uczą się różnych algorytmów sterowania urządzeniami wykonawczymi, jak również poznają metody programowania sterowników swobodnie programowalnych (Programmable Logic Controller), systemy monitorowania i wizualizacji SCADA, badania jakości dynamicznej regulacji oraz stateczności maszyn.

Katedra Mechatroniki - Politechnika Śląska XXI

Zamysł powstania grupy naukowo-badawczej, poświęconej bardzo nowoczesnej i dynamicznie rozwijającej się na świecie interdyscyplinarnej specjalności (mechatronika = mechanika precyzyjna + elektronika), dojrzał powoli, a początkiem jego formalnej realizacji stało się wyodrębnienie w 1996 r. z Katedry Maszyn Elektrycznych – grupy badawczo-dydaktycznej mechatronika na mocy porozumienia i współdziałania dziekana Wydziału Elektrycznego prof. T. Rodackiego, kierownika Katedry Maszyn Elektrycznych prof. W. Mizi, dyrektora Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Przemysłowej prof. T. Glinki oraz prof. K. Kluszczyńskiego jako organizatora Zakładu. Historię tej jednostki można przedstawić kolejno:

- **1996** - Wyodrębnienie się Zakładu Mechatroniki z Katedry Maszyn Elektrycznych.
- **2002** - Rozpoczęcie nauczania w języku angielskim przedmiotu Electromechanical Devices.
- **2003** - Rozpoczęcie działalności Koła Naukowego Mechatroników. Zmodyfikowanie kształcenia na specjalności IEwT oraz znaczące unowocześnienie programu kształcenia na kierunku dyplomowania Mechatronika (IEwT/M)
- **2006** - Powstanie Katedry Mechatroniki z byłego Zakładu Mechatroniki Wydziału Elektrycznego.

Tematyka prowadzonych prac naukowo-badawczych w tej jednostce z Politechniki Śląskie obejmuje między innymi XXI:

- Procesy elektromagnetyczne i ciepłne w przetwornikach elektromechanicznych,
- Pasożytnicze zjawiska i momenty elektromagnetyczne w maszynach elektrycznych,
- Skomputeryzowane metody pomiaru rozkładów przestrzenno-czasowych pól magnetycznych w szczelinie powietrznej maszyn oraz pomiary momentu elektromagnetycznego,
- Analiza i projektowanie małych maszyn elektrycznych
- Obliczenia ciepłno-wentylacyjne w małych maszynach elektrycznych,
- Zastosowanie małych maszyn elektrycznych w sprzęcie powszechnego użytku, w robotyce oraz sprzęcie elektronicznym i audiowizualnym,
- Badania studialne, dotyczące nowych rozwiązań napędów elektrycznych w robotyce i sprzęcie komputerowym,
- Wykorzystanie metod polowych do badań wybranych zjawisk elektromagnetycznych.

W roku 2004 jednostka ta, jeszcze jako Zakład Mechatroniki PŚ wraz z Katedrą Maszyn Elektrycznych PŚ w Kielcach we współpracy z Centrum Edukacji w Mechatronice PŚ, Instytutem Elektroniki PŚ oraz z Wydziałem Elektrycznym Politechniki Częstochowskiej była współorganizatorem konferencji po nazwą V International Workshop on Research and Education in Mechatronics - REM'2004 w Cedzynie koło Kielc XXII.

Konferencja została zainicjowana w 2000 roku przez międzynarodową sieć International Network of Mechatronic Universities REM, zrzeszającą ponad 100 uniwersytetów, które przekształcają profil nauczania poprzez coraz szersze wprowadzanie do edukacji i badań naukowych mechatroniki, rozumianej jako pomost do integracji i ponownego skupiania wiedzy inżynierskiej oraz nadawania jej cech inter- i multidyscyplinarności. Szczególną rolę w edukacji mechatroniki przypisuje się metodzie **Problem-Based Learning** (PBL) oraz zajęciom typu **case studies** i projektom grupowym (**team-work, leadership, self-learning**). Podczas konferencji podkreślano, że prowadzenie badań w zakresie mechatroniki wyróżnia się równoprawnym traktowaniem różnych działów inżynierii oraz odwagą w podejmowaniu badań systemów o wysokim stopniu integralności funkcjonalnej i technologicznej oraz o zróżnicowanej naturze integrowanych elementów składowych. W konferencji wzięły udział osoby reprezentujących 15 krajów. Temat przewodni Konferencji REM' 2004 brzmiał: **"New trends and issues in Mechatronics: From Education through research to industrial application"** XXII,XXIII.

Tematyka referatów obejmowała bardzo szeroki zakres tematyczny (systemy mechatroniczne, elementy mechatroniki, nowe materiały, mikroprzetworniki elektromechaniczne, nanotechnologie, roboty, itp.). Należy podkreślić, że dwie sesje poświęcone były edukacji mechatroniki (*programy nauczania, współpraca z przemysłem, problem-based learning, stanowiska laboratoryjne, komputerowe programy edukacyjne, distance learning* itd.) oraz filozofii badań interdyscyplinarnych XXIII.

O wysokiej randze konferencji i jej popularności w międzynarodowym środowisku mechatroników świadczy to, że organizacja kolejnych konferencji jest już zarezerwowana do 2012 roku (Szwecja, Estonia, Włochy, Wielka Brytania, Czechy, Szwajcaria, Grecja) XXIII.

Katedra Robotyki i Systemów Mechatroniki – Politechnika Gdańska XXXIII

Katedra Robotyki i Systemów Mechatroniki, jako jednostka organizacyjna Politechniki Gdańskiej, została powołana w lipcu 2007 roku. Katedra prowadzi działalność dydaktyczną i naukową w zakresie nowoczesnych zagadnień technicznych łącząc m.in. automatykę, elektronikę, informatykę, elektrotechnikę, mechanikę, robotykę, optykę, inżynierię biomedyczną.

Dzięki różnorodności i szerokiemu zakresowi zajęć organizowanych w Katedrze student posiada dużą elastyczność zawodową i zdolność przystosowywania się do nowych obszarów działania. W ramach zajęć prowadzonych w Katedrze studenci zdobywają podstawową, ogólną i techniczną wiedzę pozwalającą na projektowanie, wytwarzanie, badanie oraz obsługę urządzeń i systemów mechatroniki, a więc urządzeń mechanicznych i elektromechanicznych wyposażonych w zintegrowane elektroniczne układy sterowania komputerowego. W ramach zajęć prowadzonych w katedrze znajdują się zarówno przedmioty klasyczne (Mechanika Ciała Stałego, Projektowanie Urządzeń Elektromechanicznych, Grafika i Geometria Inżynierska), jak i przedmioty odpowiadająca wyzwaniom XXI wieku, na których omawiane są podstawy fizyczne i szerokie zastosowania między innymi techniki laserowej, techniki holograficznej, termowizji, nanotechnologii, materiałów inteligentnych (piezoelektryków, materiałów elektro- i magnetostrykcyjnych, płynów elektro- i magnetoreologicznych, materiałów nadprzewodzących). Student w ramach zajęć zapoznaje się z podstawami działania polimerów przewodzących i ich zastosowaniami. W ramach zajęć poruszane są również zagadnienia związane z alternatywnymi źródłami energii z uwzględnieniem praktycznego wykorzystania ostatnich osiągnięć technicznych. Studenci zdobywają wiedzę na temat najnowszych metod diagnostycznych oraz uczą się analizowania właściwości dynamicznych konstrukcji w oparciu o nowoczesne programy komputerowe.

Katedra Robotyki i Mechatroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie XXXV

Katedra Robotyki i Mechatroniki jest jedną z ważnych instytucji naukowo-badawczych w Polsce w obszarze interdyscyplinarnych badań, w których integrowana jest wiedza z zakresu mechaniki, elektroniki, sterowania i informatyki. Katedra powstała w 1990 roku przez wydzielenie Zakładu Dynamiki Maszyn z Instytutu Mechaniki i Wibroakustyki Wydziału Maszyn Górniczych i Hutniczych AGH. Obecnie wchodzi w skład Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Od czasu powstania, Katedra jest dynamicznie rozwijającą się jednostką naukową i dydaktyczną.

W Katedrze realizowane są liczne projekty naukowo-badawcze, finansowane w większości przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz z grantów Komisji Europejskiej. Zakres zadań badawczych i kompetencji naukowych Katedry obejmuje takie zagadnienia, jak:

- Mechatronika
- Robotyka
- Roboty Mobilne
- Mikrorobotyka
- Techniki Wizyjne
- Diagnostyka Maszyn Wirnikowych
- Monitorowanie Stanu Konstrukcji
- Dynamika Strukturalna
- Komputerowe Wspomaganie Eksperymentu
- Metody Numeryczne w Dynamice Strukturalnej

- Materiały Inteligentne
- Eksploracja danych

Prace badawcze, prowadzone w zakresie analiz teoretycznych, symulacji komputerowych oraz badań eksperymentalnych, są ukierunkowane przede wszystkim na praktyczne wdrożenie. Pracownicy Katedry prowadzą zajęcia na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, kierunku Automatyka i Robotyka oraz kierunku Mechatronika. Wszystkie programy realizowane są w języku polskim i angielskim.

Katedra posiada w pełni wyposażone stanowiska badawcze oraz laboratoria pozwalające na realizację szeregu interdyscyplinarnych badań w zakresie projektowania, wirtualnego prototypowania, konstruowania oraz testowania dowolnych urządzeń mechatronicznych a w szczególności robotów (szeregowych i równoległych), mikromechanizmów i mikrorobotów, systemów diagnostyki urządzeń oraz przewodowych i bezprzewodowych systemów służących do pomiarów drgań maszyn i urządzeń technicznych. Dysponuje kilkoma zaawansowanymi systemami pomiarowymi (hardware + software), które umożliwiają rejestrację procesów drganiowych i analizę modalną. Jest ważną jednostką naukowo-badawczą w zakresie wdrażania nowoczesnych technologii na polu mechatroniki stosowanej.

Co roku Katedra Robotyki i Mechatroniki organizuje dwie cykliczne konferencje naukowe: Warsztaty Projektowania Mechatronicznego oraz Szkołę Analizy Modalnej.

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny XXXV

Studia na kierunku Mechatronika na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki umożliwiają uzyskanie szerokiej, interdyscyplinarnej wiedzy obejmującej swym zakresem: dziedziny projektowania i modelowania układów mechanicznych, sensorykę i techniki pomiarowe, informatykę i programowanie maszyn, teorię sterowania i budowy nowoczesnych układu sterujących urządzeniami mechatronicznymi. Absolwenci mogą podjąć pracę w szeroko pojętym przemyśle elektro-maszynowym, motoryzacyjnym i lotniczym, gdzie wytwarza się i projektuje nowoczesne układy mechatroniczne (obrabiarki numeryczne CNC, roboty przemysłowe, samochody, urządzenia AGD, itp.). Kierunek ten jest na Wydziale ściśle nakierowany na rozwój technologiczny związany z budową maszyn inteligentnych. Projektowanie, budowa i eksploatacja, takich maszyn wymaga kadry inżynierskiej, która posiadać musi szeroką wiedzę w trzech dziedzinach: budowy i konstrukcji maszyn, elektroniki i sterowania oraz informatyki i programowania systemów technicznych.

Podsumowanie

Dokonana dogłębna analiza programów kształcenia w szkolnictwie wyższym w obszarze mechatroniki (w niniejszym opracowaniu) w Polsce, w Europie i świecie upoważnia do następujących stwierdzeń:

- Obszar edukacji w zakresie mechatroniki będzie się rozwijał dynamicznie,
- Dostrzega się, iż wiele Uczelni, w tym polskich uczelni, wprowadza do programów studiów ofertę edukacyjną w zakresie mechatroniki,
- Obserwuje się coraz większe zainteresowanie kandydatów na studia kierunkiem mechatronika,
- Należy wyraźnie podkreślić, iż proces wprowadzania do programów studiów kształcenia z uwzględnieniem ram kwalifikacji jest w pełni zgodne z filozofią edukacji

(myślenia) jaką niesie ze sobą mechatronika (to zagadnienie wymaga osobnego omówienia)

- Ważna jest również decyzja podjęta przez MNiSW o uznaniu kierunku Mechatronika jako priorytetowy i umieszczeniu Go na liście kierunków zamawianych.

Wreszcie stwierdzenie, iż: „*Mechatronikę należy traktować jako dziedzinę inżynierii związaną z modelowaniem, projektowaniem, wytwarzaniem i eksploatacją zintegrowanych systemów mechatronicznych zdolnych do inteligentnych zachowań oraz to, iż Mechatronika łączy takie dyscypliny jak: mechanika, automatyka i robotyka elektronika, mikroelektronika, informatyka, optyka, inżynieria biomedyczna, inżynieria produkcji, inżynieria wiedzy oraz szereg innych dyscyplin*” definiuje mechatronikę, jako dziedzinę wiedzy z bardzo wyraźnymi elementami interdyscyplinarności. Takie rozumienie Mechatroniki wobec wyzwań przed którymi stoi współczesne społeczeństwo, również w zakresie nowoczesnej edukacji, gwarantuje jej dalszy dynamiczny rozwój.

Interdyscyplinarność kierunku umożliwi absolwentom rozwiązywanie problemów technicznych i organizacyjnych, szczególnie w zakresie projektowania urządzeń o różnym stopniu zaawansowania technicznego, automatyzacji i informatyzacji procesów i technologii występujących w nowoczesnych społeczeństwach informacyjnych. Absolwenci uzyskują praktyczną wiedzę inżynierską, umożliwiającą efektywne działanie w sektorach gospodarki oraz zaplecza badawczego, a także podjęcie własnej działalności gospodarczej. Należy podkreślić, iż przyszły inżynier powinien być przygotowany do rozwiązywania nie tylko złożonych zagadnień technicznych, ale także nowych nadchodzących wyzwań, w tym w zakresie jakości, kompatybilności, niezawodności, ochrony środowiska, ergonomii. Będzie to możliwe w przypadku ciągłego uzupełniania wiedzy. Wymagania te spełnia kształcenie na kierunku Mechatronika. O interdyscyplinarności tego kierunku świadczy również liczba przedmiotów oferowanych w procesie kształcenia na różnych uczelniach; liczba ta przekracza 150 przedmiotów z wielu dyscyplin.

Literatura

- I. Eugeniusz Ratajczyk, *Multiinżynier*, <http://www.perspektywy.pl>
- II. Martin Grimheden, *International Collaboration in Mechatronics Education*, 5th International Workshop on Research and Education in Mechatronics, październik 2004. REM.
- III. Job van Amerongen, Wim Jongkind, *Mechatronics in the Netherlands*, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics 1(2), 106-110 (1996)
- IV. Victor Giurgiutiu, Abdel-Moez E. Bayoumi, Craig A. Rogers, and Greg Nall, *Mechatronics And Smart Structures: Emerging Engineering Disciplines For The Next Millennium*, 7th Mechatronics Forum International Conference, September 6-8, 2000, Atlanta, GA
- V. *Mechatronika Na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej*, <http://www.cbmd.put.poznan.pl/pliki/mechatronika.htm> (strona Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn)
- VI. Memis Acar, *Mechatronics Engineering Education In The U.K.*, artykuł ze strony http://www.synthesis.org/Mechatronics-Workshop/PDF_Files/Acar.pdf
- VII. Ken Sasaki, *Getting Started From The Physical World*, Proceedings of the Workshop on Mechatronics Education, Stanford University, July 21-22, 1994
- VIII. Job van Amerongen, *Mechatronics Research And Education At The University Of Twente*, Third Triennial International Conference on Applied Automatic Systems, Ohrid, Republic of Macedonia, September 18-20, 2003
- IX. Martin Grimheden, Mats Hanson, *Mechatronics – the Evolution of an Academic Discipline in Engineering Education*, National Mechatronics Meeting, Stockholm 2001
- X. Sosnowski Leszek, *Mechatronika - nauka przyszłości*, <http://wosmet.elblag.com.pl/mechatronika.htm>
- XI. *Mechatronika w programach edukacyjnych*, <http://www.festo.com>
- XII. Mohamed A. Seif, *Mechatronics: An Interdisciplinary Course for Engineering Students*, Frontiers in Education Conference, 1996. FIE '96. 26th Annual Conference., Salt Lake City, UT, USA
- XIII. Jawaharlal Mariappan, Timothy Cameron, Joel Berry, *Multidisciplinary Undergraduate Mechatronic Experiments*, Frontiers in Education, FIE 1996, Salt Lake City, Utah

- XIV. Wydział Mechatroniki - Politechnika Warszawska, <http://www.mchtr.pw.edu.pl>
- XV. Wydział Mechatroniki - Wojskowa Akademia Techniczna, <http://www.wmt.wat.edu.pl/>
- XVI. Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn - Politechnika Świętokrzyska, <http://www.tu.kielce.pl/>
- XVII. Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych - Politechnika Łódzka, <http://www.p.lodz.pl/114>
- XVIII. Zakrzewski Kazimierz, Szczęścieścieletnia tradycja Instytutu Mechatroniki i Systemów Informatycznych Politechniki Łódzkiej (1945-2005), Łódź 2005
- XIX. Katedra Mechatroniki - Politechnika Białostocka, <http://www.mechatronika.wm.pb.bialystok.pl/>
- XX. Zakład Mechatroniki - Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, <http://www.ath.bielsko.pl/>
- XXI. Katedra Mechatroniki - Politechnika Śląska, <http://www.owd.polsl.gliwice.pl/Mecha.htm>
- XXII. Strona konferencji 5th International Workshop on Research and Education in Mechatronics 2004 <http://www.tu.kielce.pl/REM2004>
- XXIII. Kluszczczyński K., *Biuletyn Politechniki Śląskiej: Z Życia Politechniki Śląskiej*, Nr 1. Październik 2004, <http://biuletyn.polsl.pl/0408/konferencje.aspx>
- XXIV. Heinz-Hermann Erbe, F. Wilhelm Bruns, *Didactical Aspects Of Mechatronics Education*, 5th IFAC International Symposium on Intelligent Components and Instruments for Control Applications (SISACA). Aveiro - Portugal 2003.
- XXV. Richard W. Jones, Brian R. Mace, Ming T. Tham, *The Evolution Of Mechanical Engineering Curricula: Mechatronics*, International Conference on Engineering Education, ICEE 2002, August, 2002, Manchester, U.K.
- XXVI. David G. Alciatore, Michael B. Histan, *Integrating Mechatronics Into a Mechanical Engineering Curriculum*, IEEE Robot. Automat. Mag., pp. 35–38, June 2001.
- XXVII. J. Edward Carryer, *The Design Of Laboratory Experiments And Projects For Mechatronics Courses*, Mechatronics Vol. 5 No. 7, October 1995
- XXVIII. Yves Piguet, Francesco Mondada, Roland Siegwart, *New Environment For Learning By Doing In Mechatronics Education*, Workshop on Robotics Education and Training, Weingarten, Niemcy, lipiec 2001
- XXIX. K.K. Tan, K.N. Wang, *Mechatronic Experiment via the Internet*, International Conference on Computers in Education (ICCE'02)
- XXX. Bogdan Rokicki, Przemysław Świętochowski, Ryszard Romaniuk, Krzysztof Poźniak, *Edukacja Przez Internet Jako Współczesna Forma Kształcenia Na Odległość Na Przykładzie Systemu OKNO.PW*, Czasopismo Stowarzyszenia Elektryków Polskich, ELEKTRONIKA, nr 4 kwiecień 2003
- XXXI. Piotr Stasiak, *Rola Nauczyciela Kształcenia Zawodowego i Ogólnozawodowego*, *Uczyć Lepiej*, dwumiesięcznik Ośrodka Doskonalenia Nauczycieli w Poznaniu, 2(25), listopad-grudzień 2003
- XXXII. Wydział Mechaniczny Politechniki Łódzkiej - <http://www.mechaniczny.p.lodz.pl>
- XXXIII. Katedra Robotyki i Systemów Mechatroniki, jako jednostka organizacyjna, Politechniki Gdańskiej <http://www.ely.pg.gda.pl/krism/krism.htm>
- XXXIV. Katedra Robotyki i Mechatroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, <http://kridm.imir.agh.edu.pl/>
- XXXV. Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny – ZUT, <http://www.wm.ps.pl/>
- XXXVI. S. Wiak: *Mechatronika*, t1. s. 510, EXIT, 2009.

