

Innowacje w kształceniu zawodowym – dobre praktyki projektów europejskich

Tomasz GIESKO

Przygotowanie inżynierów do wdrażania innowacyjnych technologii optomechatronicznych

Professional preparation of engineers for the implementation of innovative optomechatronic technologies

Słowa kluczowe: przygotowanie zawodowe, optomechatronika, kształcenie i szkolenie zawodowe.

Key words: professional preparation, optomechatronics, vocational education and training.

Abstract. In modern innovative enterprises, the advanced multi-task optomechatronic systems are increasingly being developed and implemented for monitoring of technology processes and quality inspection of products. The specificity of operation principles of optomechatronic systems requires improving knowledge and skills of the engineers and technicians. The area of specialist knowledge goes beyond the classical mechatronics and includes basics of photonics and optoelectronics. The improvement of this kind of knowledge is possible in vocational education and training (VET). The general concept of the vocational education and training programme combining theoretical and practical training in optomechatronics is presented in the article. The programme in particular includes the development and maintenance problems of optomechatronic systems in industry. The programme is addressed to engineers and technicians and managerial staff of SME sector in innovative enterprises in which the upgrade of production lines and development of novel quality inspection systems are being performed.

Wprowadzenie. Kluczowa rola wdrażanych innowacji technologicznych i nowoczesnych rozwiązań organizacyjnych w procesie zwiększania konkurencyjności

polskiego przemysłu jest wskazywana w licznych analizach oraz strategiach rozwoju polskiej gospodarki [1, 2]. Automatykacja procesów produkcyjnych, z wykorzystaniem zaawansowanych systemów sterowania, technologii informatycznych i modułowych mechatronicznych układów wykonawczych zapewnia zwiększenie powtarzalności parametrów procesu produkcyjnego, przyczyniając się bezpośrednio do podwyższenia jakości wyrobów, a także zwiększenia wydajności linii produkcyjnych. Wizytówką innowacyjnych przedsiębiorstw są zintegrowane wielozadaniowe systemy monitorowania procesów technologicznych i kontroli jakości wyrobów umożliwiające identyfikowanie zakłóceń na kolejnych etapach produkcji i minimalizowanie liczby wadliwych wyrobów. Jest to szczególnie zauważalne w przemyśle motoryzacyjnym, gdzie wdrożenie systemów automatycznej inspekcji jest warunkiem podstawowym podpisania kontraktu z klientem. Rezultatem dynamicznego rozwoju technologii optomechatronicznych w ostatniej dekadzie są systemy umożliwiające automatyczne bezkontaktowe pomiary i kontrolę jakości wyrobów bezpośrednio w linii produkcyjnej. Powstanie systemów optomechatronicznych było efektem włączenia w struktury systemów mechatronicznych elementów optycznych i optoelektronicznych prezentujących nowe funkcje i możliwości zastosowań. Termin optomechatronika w literaturze naukowej znalazł szerokie uznanie dopiero w ostatnich kilkunastu latach. Optomechatronika prezentująca oddzielny specjalistyczny obszar badań naukowych i prac rozwojowych została najszerzej opisana w monografiach [3, 4]. Specyfika systemów optomechatronicznych wynika w głównym stopniu z zasad działania podstawowych elementów funkcjonalnych systemu, w których wykorzystywane są zjawiska interakcji promieniowania optycznego z materią oraz zmiany atrybutów promieniowania zachodzące w efekcie odbicia, rozproszenia, transmisji i ugięcia. Ze względu na tę specyfikę optomechatronika wymyka się prostemu zakwalifikowaniu do jednej ze specjalizacji w obszarze szeroko pojmowanej mechatroniki. Propozycja zintegrowanej metodyki projektowania i implementacji innowacyjnych systemów optomechatronicznych uwzględniająca powyższe aspekty, a także istotną problematykę wdrażania systemów optomechatronicznych została przedstawiona w monografii [5]. Zrozumienie zasad działania systemów optomechatronicznych wymaga od inżyniera lub technika mechatronika odpowiedniego przygotowania zawodowego i rozszerzenia swojej wiedzy w zakresie fotoniki i optoelektroniki. Problem dotyczy odpowiedniego przygotowania absolwentów wyższych szkół technicznych kierunków mechatronika, automatyka i robotyka lub zbliżonych oraz uzupełnienia wykształcenia kadry inżyniersko-technicznej zatrudnionej w przemyśle. Główne potrzeby przedsiębiorstw wiążą się z podwyższaniem kwalifikacji zatrudnionej kadry, biorącej udział w projektach wdrażania innowacyjnych optomechatronicznych systemów monitorowania procesów produkcji i kontroli jakości. Rozwiązanie problemu wymaga podjęcia inicjatyw i pilnych działań w obszarze kształcenia i szkolenia zawodowego.

Ramy teoretyczno-metodyczne. Współpraca przemysłu z jednostkami naukowo-badawczymi w obszarze edukacji zawodowej inżynierów jest jednym z istotnych czynników wspierających sukcesy gospodarek państw wdrażających technologie innowacyjne. Przykładem takich systemowych rozwiązań dotyczących uzupełniania

wiedzy i umiejętności w zakresie technologii optomechatronicznych jest Tajwan [6]. Znaczenie i korzyści synergicznej współpracy przemysłu z jednostkami edukacyjnymi na poziomie szkolnictwa wyższego zostały opisane w pracy [7]. Liczne prace, opublikowane w czasopiśmie naukowych i specjalistycznych opracowaniach, poświęcone problemom edukacji zawodowej w obszarze mechatroniki dotyczą w zdecydowanej większości metod i strategii doskonalenia programów nauczania na uczelniach technicznych bardziej odpowiadającym potrzebom przedsiębiorstw [8, 9, 10]. W pracy [11] autor przedstawił proces ewolucji programu nauczania mechatroniki na uczelni technicznej w Korei Płd., w którym uwzględniono specjalizację w optomechatronice w odpowiedzi na zapotrzebowanie przemysłu. Przegląd literatury, w szczególności czasopism naukowych w obszarze edukacji zawodowej, nie wskazał na prace poświęcone wdrażaniu programów kształcenia zawodowego ukierunkowanych na technologie optomechatroniczne, adresowane do innowacyjnych przedsiębiorstw MSP. Problematyka rozwoju i doskonalenia systemu edukacji mechatronicznej została omówiona w pracy [12], której autor przedstawił możliwości rozszerzania kwalifikacji specjalistycznych, nie przewidując jednak wprowadzenia optomechatroniki do programu kształcenia. Z analizy treści pracy należy wysnuć wniosek, że otwarta struktura zaprezentowanego modelu systemu edukacji mechatronicznej umożliwia uwzględnienie w przyszłości kwalifikacji specjalistycznej z zakresu technologii optomechatronicznych. Propozycje lepszego pozyskiwania umiejętności i wiedzy przy współpracy z pracodawcą i uczelniami wyższym przedstawiono w pracy [13]. Nowe wymagania, jakie są stawiane systemom i programom edukacji zawodowej w kontekście rozwoju innowacyjnych technologii przyszłości, omówiono w pracy [14]. Wśród kluczowych technologii przyszłości wymienionych w analizach foresight Unii Europejskiej jest fotonika, która stanowi podstawę technologii optomechatronicznych.

Problem badawczy dotyczył analizy zjawisk występujących w przedsiębiorstwach i związanych z przygotowaniem zawodowym kadry inżyniersko-technicznej do wdrażania innowacji z obszaru optomechatroniki oraz odpowiedzi na pytanie, które czynniki odgrywają najważniejszą rolę w tym procesie. W badaniach wykorzystano metody: indywidualnych przypadków, analizy dokumentów i obserwacji. Dla przybliżenia problemu przedstawiono dwa wybrane przykłady z praktyki wdrażania innowacyjnych systemów optomechatronicznych w przemyśle.

Analiza gotowości inżynierów do wdrażania innowacji

Przypadek 1. *Opracowanie i wdrożenie systemu automatycznej optycznej inspekcji wyrobów metalowych w linii produkcyjnej, w przemyśle maszynowym.*

Celem projektu był system optomechatroniczny do automatycznej kontroli jakości wyrobów on-line w produkcji masowej. Projekt został zrealizowany przez zespół pracowników naukowych i inżynierów. W realizację części zadań byli zaangażowani pracownicy przedsiębiorstwa jako końcowego użytkownika systemu. Zaplanowany do wdrożenia system kontroli jakości był pierwszym tego rodzaju innowacyjnym rozwiązaniem w przedsiębiorstwie. W trakcie realizacji prac występowały problemy związane z przygotowaniem zawodowym kadry zarządzającej i inżyniersko-technicznej przedsiębiorstwa (tab. 1).

Tabela 1. Identyfikacja przygotowania zawodowego kadry do wdrażania innowacji (przypadek 1)

Etap	Obszary problemowe	Mocne strony	Słabe strony
1	Opracowanie wymagań Opracowanie ogólnej specyfikacji projektowej	<ul style="list-style-type: none"> – duże doświadczenie kadry przedsiębiorstwa w automatyzacji procesów produkcyjnych, – przekonanie kadry o potrzebie wdrażania innowacji 	<ul style="list-style-type: none"> – brak doświadczeń we współpracy jednostki naukowej z przedsiębiorstwem, – <u>brak podstawowej wiedzy kadry przedsiębiorstwa z zakresu optomechatroniki,</u> – <u>brak wiedzy o warunkach wdrażania innowacji z obszaru optomechatroniki</u>
2	Modelowanie i opracowanie projektu rozwiązania systemu	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększające się stopniowo zaangażowanie kadry inżyniersko-technicznej we wspólnym rozwiązywaniu problemów 	<ul style="list-style-type: none"> – brak wiedzy o specyfice konstrukcji i wymagań obsługowych systemów optomechatronicznych, – brak wiedzy o czynnikach otoczenia mogących oddziaływać niekorzystnie na funkcjonowanie systemu w warunkach przemysłowych
3	Wytworzenie i integracja prototypu w linii produkcyjnej		
4	Badania weryfikacyjne prototypu w warunkach przemysłowych		
5	Wdrożenie systemu do pracy w warunkach przemysłowych	<ul style="list-style-type: none"> – wprowadzenie rozwiązań dotyczących obsady kadrowej przy obsłudze systemu 	<ul style="list-style-type: none"> – brak umiejętności obsługi systemów optomechatronicznych, – brak możliwości uzupełnienia wiedzy i umiejętności w ramach edukacji formalnej
6	Doskonalenie systemu w trakcie eksploatacji	<ul style="list-style-type: none"> – duże zaangażowanie pracowników w zdobyciu nowych umiejętności 	

Wyróżnione w etapie 1 słabe strony stanowiły szczególnie krytyczne bariery na początkowym etapie dla powodzenia zaplanowanego przedsięwzięcia. W celu ich pokonania konieczne było przedstawienie kadrze przedsiębiorstwa podstawowych zagadnień z obszaru fotoniki i systemów optomechatronicznych. W ramach przedsięwzięcia, jak również po jego zakończeniu, w trakcie eksploatacji wdrożonego systemu kontroli jakości, kluczową rolę odegrało szkolenie pracowników przedsiębiorstwa przez projektantów systemu w zakresie jego obsługi, w szczególności umiejętności samodzielnego rozwiązywania podstawowych problemów technicznych, m.in. programowania parametrów systemu pomiarowego. Końcowy sukces przedsięwzięcia i znaczące efekty ekonomiczne wdrożenia opracowanego systemu otworzyły drogę o dalszej współpracy, której efektem były kolejne wdrożenia innowacyjnych systemów automatycznej optycznej inspekcji wyrobów. Poszerzenie wiedzy i umiejętności pracowników w trakcie realizacji pierwszego projektu przyczyniło się w znaczącym stopniu do zwiększenia efektywności prac w ramach kolejnych przedsięwzięć.

Przypadek 2. *Opracowanie i wdrożenie systemu automatycznej kontroli jakości wyrobów w przemyśle motorycyjnym.*

W ramach zawartej umowy komercyjnej opracowano system przeznaczony do automatycznej kontroli jakości wyrobów z tworzyw sztucznych w przemyśle motory-

zacyjnym. Podstawą rozwiązania było wykorzystanie zaawansowanych laserowych metod pomiarowych. Czynniki związane z przygotowaniem kadry przedsiębiorstwa, które miały najbardziej istotny wpływ na przebieg przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Identyfikacja przygotowania zawodowego kadry do wdrażania innowacji (przypadek 2)

Etap	Obszary problemowe	Mocne strony	Słabe strony
1	Opracowanie wymagań Opracowanie ogólnej specyfikacji projektowej	<ul style="list-style-type: none"> – duże doświadczenie kadry przedsiębiorstwa w automatyzacji procesów produkcyjnych, – przekonanie kadry o potrzebie wdrażania innowacji, – podstawowe doświadczenie we wdrażaniu innowacji, – podstawowa wiedza z zakresu wizyjnych metod inspekcji 	<ul style="list-style-type: none"> – brak doświadczeń we współpracy jednostki naukowej z przedsiębiorstwem, – brak wiedzy o warunkach wdrażania innowacji z obszaru optomechatroniki, – <u>brak wiedzy o laserowych metodach pomiarowych</u>
2	Modelowanie i opracowanie projektu rozwiązania systemu	<ul style="list-style-type: none"> – bardzo duże zaangażowanie kadry inżyniersko-technicznej we wspólnym rozwiązywaniu problemów 	<ul style="list-style-type: none"> – <u>ograniczona wiedza o czynnikach otoczenia mogących niekorzystnie oddziaływać na funkcjonowanie systemu w warunkach przemysłowych</u>
3	Wytworzenie i integracja prototypu		
4	Badania weryfikacyjne prototypu w warunkach przemysłowych		
5	Wdrożenie systemu do pracy w warunkach przemysłowych	<ul style="list-style-type: none"> – wprowadzenie rozwiązań dotyczących obsady kadrowej przy obsłudze systemu 	<ul style="list-style-type: none"> – brak umiejętności obsługi systemów optomechatronicznych, – brak możliwości uzupełnienia wiedzy i umiejętności w ramach edukacji formalnej
6	Doskonalenie systemu w trakcie eksploatacji	<ul style="list-style-type: none"> – bardzo duże zaangażowanie pracowników w zdobyciu nowych umiejętności 	

Wskazane w etapach 1 i 2 czynniki stanowiły największe ograniczenie podczas realizacji prac, jednak żaden z czynników wymienionych w tabeli nie przedstawiał oddziaływania o charakterze krytycznym. Podstawowa wiedza z zakresu optomechatroniki oraz bardzo duże zaangażowanie pracowników w realizację prac znacząco przyczyniły się do osiągnięcia celu końcowego.

W ramach obserwacji i analizy licznych przedsięwzięć wdrożeniowych, zrealizowanych przez Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, zidentyfikowano następujące podstawowe bariery w procesach wdrażania i eksploatacji systemów pomiarowo-kontrolnych, w których wykorzystywane są rozwiązania z obszaru optomechatroniki:

- brak podstawowej wiedzy z zakresu fotoniki umożliwiającej zrozumienie zasad działania zastosowanych układów i urządzeń w systemach optomechatronicznych;
- brak doświadczenia we wdrażaniu systemów optomechatronicznych w przemyśle;

- brak umiejętności obsługi systemów optomechatronicznych w zakresie regulacji i programowania podstawowych parametrów ich pracy;
- brak wiedzy o czynnikach otoczenia mogących oddziaływać niekorzystnie na funkcjonowanie systemów optomechatronicznych w warunkach przemysłowych oraz o metodach ograniczania ich wpływu.

Założenia kursu *Technologie optomechatroniczne w przemyśle*. Znamienne jest, że w Polsce około 40 wyższych uczelni technicznych, państwowych i prywatnych prowadzi kształcenie przyszłych inżynierów na kierunkach mechatronicznych lub zbliżonych. Jednak niewiele z nich uwzględnia treści z obszaru optomechatroniki w obecnie realizowanych programach kształcenia. Specjalności blisko powiązane z optomechatroniką jak fotonika, systemy optyczne i optoelektroniczne występują także na innych kierunkach, np. fizyka techniczna, automatyka i robotyka. Z analizy programów kształcenia realizowanych na tych kierunkach wynika, że nie zawierają one zagadnień związanych z praktyką wdrażania i eksploatacji systemów optomechatronicznych w przemyśle. Na niektórych kierunkach uwzględnia się wybrane treści z zakresu eksploatacji systemów optomechatronicznych. Program kształcenia przyszłych inżynierów mechatroników na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej obejmuje przedmioty z zakresu inżynierii fotonicznej. Zaprogramowane efekty kształcenia dotyczące problematyki wdrożenia i eksploatacji systemów optomechatronicznych w przemyśle obejmują m.in. „podstawową wiedzę z zakresu systemów optomechatronicznych w skali makro i mikro stosowanych w inteligentnych wyrobach i procesach przemysłowych”. W programie nauczania specjalności inżynieria elektroniczna i fotoniczna na Wydziale Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki Politechniki Wrocławskiej występuje przedmiot pn. podstawy eksploatacji systemów. Z kolei na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, na kierunku mechatronika prowadzone są zajęcia w ramach przedmiotu przetwarzanie i rozpoznawanie obrazów w mechatronice. Politechnika Śląska oferuje kształcenie na odległość w ramach Platformy Zdalnej Edukacji, bazującej na systemie informatycznym do wspomaganie i prowadzenia zajęć dydaktycznych. Platforma oferuje kursy m.in. z zakresu fotoniki i podstaw optoelektroniki.

Analiza obecnie stosowanych programów kształcenia i szkolenia zawodowego wskazuje na ograniczone uwzględnienie lub całkowite pominięcie zagadnień dotyczących praktyki wdrażania i eksploatacji systemów optomechatronicznych, co ma swoje konsekwencje w działalności przedsiębiorstw. Są nimi problemy natury technicznej, organizacyjnej i ludzkiej występujące podczas wdrażania innowacji w przedsiębiorstwach na jego następujących etapach:

- podczas formułowania założeń projektowych dla przedsięwzięcia i programowania zadań na poziomie operacyjnym;
- w trakcie realizacji prac obejmujących etapy: wytworzenia i integracji maszyny/urządzenia oraz uruchomienia i testów przemysłowych;
- podczas eksploatacji maszyny/urządzenia w całym cyklu życia.

Bardzo ważnym celem jest wskazanie dobrych praktyk w zakresie współpracy przedsiębiorstw z jednostkami badawczymi i realizacji wdrożeń innowacyjnych systemów optomechatronicznych. Proponowany układ zajęć dla kursu zawodowego pt.

„Technologie optomechatroniczne” w przemyśle przedstawiono w tabeli 3. Wybór zajęć wynika z wieloletnich doświadczeń własnych autora i oceny najbardziej istotnych problemów występujących w praktyce projektowania, wdrażania i eksploatacji systemów optomechatronicznych w przemyśle. Dominującą formą zajęć dotyczących wdrażania i eksploatacji systemów optomechatronicznych powinny być zajęcia praktyczne, w miarę możliwości w warunkach przemysłowych. Proponowana praca końcowa będzie potwierdzeniem zdobycia wiedzy i umiejętności w ramach kursu. Praca końcowa realizowana indywidualnie lub zespołowo powinna polegać na rozwiązaniu przykładowych problemów występujących w praktyce przemysłowej. Zasadne jest dopuszczenie możliwości elastycznego programowania liczby godzin dla poszczególnych zajęć w celu uwzględnienia specyfiki kursu dostosowanego do konkretnych potrzeb uczestników.

Tabela 3. Proponowany układ zajęć dla kursu „Technologie optomechatroniczne w przemyśle”

Lp.	Nazwa zajęć	Rodzaj zajęć
1	Podstawy fotoniki i optoelektroniki	Wykłady Laboratorium
2	Wybrane układy i systemy optoelektroniczne	Wykłady Laboratorium
3	Przetwarzanie i rozpoznawanie obrazu w systemach pomiarowo-kontrolnych	Wykłady Laboratorium
4	Optoelektroniczne metody pomiarów i kontroli	Wykłady Laboratorium
5	Podstawy metodyki projektowania systemów optomechatronicznych	Wykłady Ćwiczenia
6	Systemy optomechtroniczne w przemyśle	Wykłady Laboratorium
7	Wybrane zagadnienia wdrażania i eksploatacji systemów optomechatronicznych	Wykłady Laboratorium
8	Praca końcowa	-

Zaplanowane podstawowe efekty kształcenia w obszarze wiedzy i umiejętności odzwierciedlają najważniejsze wymagania stawiane kadrze inżyniersko-technicznej, ze szczególnym naciskiem na aspekty praktyczne (tab. 4).

Realizacja programów kształcenia i szkolenia zawodowego ukierunkowanych na rozwój wiedzy i umiejętności kadry inżyniersko-technicznej w zakresie optomechatroniki jest możliwa w ramach różnych przedsięwzięć. Platformą wdrażania takich projektów może być m.in. Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój (PO WER), Działanie 2.15 Kształcenie i szkolenie zawodowe dostosowane do potrzeb zmieniającej się gospodarki [2]. Jednostkami realizującymi mogą być centra i ośrodki kształcenia ustawicznego funkcjonujące na uczelniach technicznych oraz utworzone w technologicznych instytutach badawczych. Rozszerzenie programu kształcenia zawodowego mechatroników o treści z zakresu optomechatroniki może być z powodzeniem

realizowane w ramach systemu ECVET (*European Credit System for Vocational Education and Training*) przez wprowadzenie odpowiednich nowych jednostek modułowych.

Tabela 4. Zakładane efekty kształcenia dla kursu „Technologie optomechatroniczne w przemyśle”

Wiedza – uczestnik kursu zna/rozumie:
<ul style="list-style-type: none"> – fizyczne podstawy działania optoelektronicznych układów sensorowych, – zasady działania wybranych układów i systemów optoelektronicznych, – podstawy optoelektronicznych metod pomiarów i kontroli, – podstawy metodyki projektowania systemów optomechatronicznych, – zjawiska oddziaływania czynników otoczenia na funkcjonowanie systemów optomechatronicznych w warunkach przemysłowych, – podstawy zarządzania procesami wdrażania systemów optomechatronicznych w przemyśle.
Umiejętności – uczestnik kursu potrafi:
<ul style="list-style-type: none"> – identyfikować metody pomiarowe wykorzystywane w systemie optomechatronicznym, – rozpoznawać funkcje systemu optomechatronicznego, – analizować wyniki pomiarów i ocenić ich poprawność, – analizować dokumentację techniczną i instrukcję obsługi systemu optomechatronicznego, – planować czynności obsługowe systemu optomechatronicznego zgodnie z wymaganiami, – dokonać identyfikacji podstawowych błędów w funkcjonowaniu systemu optomechatronicznego, – dokonać identyfikacji czynników zakłócających funkcjonowanie systemów optomechatronicznych oraz zaproponować metody ograniczenia ich wpływu, – planować działania na poziomie operacyjnym w procesie projektowania i wdrażania systemów optomechatronicznych w przemyśle.

Wnioski. Obecne programy kształcenia i szkolenia zawodowego cechuje niedostosowanie ich treści do nowych wymagań wynikających z wdrażania systemów optomechatronicznych. Jednocześnie wyniki analizy zrealizowanych licznych przedsięwzięć wdrażania innowacyjnych systemów kontroli jakości w przemyśle wskazują na narastający problem braków wiedzy i umiejętności pracowników w obszarze optomechatroniki. Zaproponowany program kształcenia i szkolenia zawodowego w zakresie optomechatroniki jest adresowany do kadry zarządzającej i inżynierijno-technicznej przedsiębiorstw. Zaplanowane efekty kształcenia odzwierciedlają najważniejsze wymagania wynikające ze specyfiki systemów optomechatronicznych, ze szczególnym naciskiem na aspekty praktyczne. Ukończenie kursu z zakresu technologii optomechatronicznych może stanowić podstawę do uznania konkretnej kwalifikacji specjalistycznej. Kontynuowane prace badawcze powinny dotyczyć m.in. opracowania szczegółowych treści kształcenia w układzie wariantowym, biorąc pod uwagę dostosowanie programu do indywidualnych potrzeb przedsiębiorstw.

Bibliografia

1. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (2016). Wyniki Narodowego Programu Foresight Polska 2020. http://www.nauka.gov.pl/g2/oryginal/2013_05/827a368f925a543b5c73e92d5779cd5e.pdf [dostęp: 12.2016].
2. Ministerstwo Rozwoju. (2016). Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju. https://www.mr.gov.pl/media/23749/SOR_29072016_projekt.pdf [dostęp: 12.2016].
3. Cho H., *Optomechatronic: Fusion of Optical and Mechatronic Engineering*. CRC Press Taylor&Francis Group, 2006.
4. Hosaka H., Katagiri Y., Hirota T., Itao K., *Optomechatronics*. Marcel Dekker, Inc., 2005.
5. Giesko T., *Metodyka projektowania i implementacji innowacyjnych systemów optomechatronicznych*. ITeE – PIB, Radom 2013.
6. Ministry of Education, Republic of China (Taiwan) (2016). Industry-Academia Collaboration for Technical and Vocational Education. <http://english.moe.gov.tw/ct.asp?xItem=7124&ctNode=504&mp=1> [dostęp: 12.2016].
7. Chan Sh., K. Mok, *The Quest for Entrepreneurial University in Taiwan. Policies and Practices in Industry-Academy Cooperation*, [w]: *Research, Development, and Innovation in Asia Pacific Higher Education*, (red.) Hawkins J., Mok K., New York: Palgrave Macmillan US, 2015, pp. 135–154.
8. Gaylor C., B. Mohr (red.), *Korzystanie z systemu ECVET w sektorze mechatroniki: "Quality by units" poprzez standardy jakości oraz zalecenia*. Nuremberg: Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb), 2014. www.quality-by-units.de [dostęp: 12.2016].
9. Andrade R., Fernandes G., Tereso A., *Benefits Management in University-Industry R&D Collaborative Projects: A Review on Benefits and Success Factors*, *Procedia Computer Science*, no. 100, 2016, pp. 921–927.
10. Hsiao H., Chen S., *The Role of University of Technology in Vocational and Technological Education in Taiwan*, *International Journal of Technology and Engineering Education*, vol. 1, no. 1, 2004, pp. 73–81.
11. Lee W., *Investigation of mechatronic education in South Korea*, *Mechatronics*, no. 20, 2010, pp. 341–345.
12. Moos J., *Modelowanie systemu edukacji mechatronicznej*, [w]: *Mechatronika. Przewodnik przedsiębiorcy. Regionalny Foresight Technologiczny*, (red.) Piasecki B., Kubiak K., Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania w Łodzi, 2008, pp. 107–121.
13. Dychała J., *Correlation between employers and vocational education in creating competent graduates as an element of region development*, *Systems Supporting Production Engineering. Review of Problems and Solutions*, vol. 1, no. 7, 2014, pp. 43–56.
14. Bednarczyk H., *Continuing Vocational Education Towards Innovative Future Technologies*, *Edukacja Ustawiczna Dorosłych*, vol. 2, no. 77, 2012, pp. 44–53.

dr hab. inż. Tomasz GIESKO, prof. nadzw. ITeE – PIB

Instytut Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu

tomasz.giesko@itee.radom.pl