

Waldemar Wójcik

Politechnika Lubelska

Konrad Gromaszek

Politechnika Lubelska

Róża Weryńska-Bieniasz

Państwowa Wyższa Szkoła Techniczno-Ekonomiczna

im. ks. Bronisława Markiewicza w Jarosławiu

Rola innowacyjnych laboratoriów technologicznych w regionalnym systemie innowacji

The Role of Innovative Technological Laboratories in the Regional System of Innovation

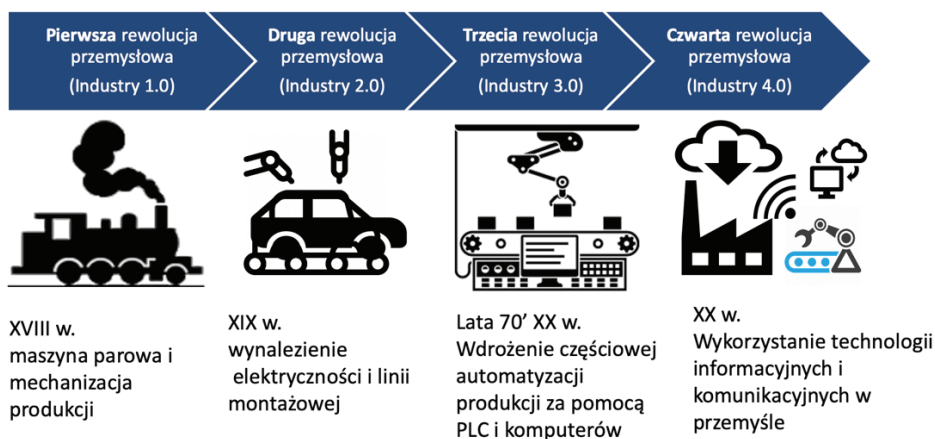
Wstęp

Współczesny rynek stanowi dynamiczną strukturę, która podlega pracom popytu i podaży. Bez trudu można dostrzec zmiany w zakresie kustomizacji i poprawy jakości produktów, wynikające z rosnących oczekiwań świadomego konsumenta, który niekiedy jako prosument uczestniczy czy nawet narzuca nowe reguły w procesie powstawania i wytwarzania. Z badań¹ wynika, że przewagę konkuren-

¹ OECD/Eurostat, *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg 2019. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>, 10.02.2020; General Electric, *GE Global Innovation Barometer 2018 Poland Report*, Edelman Intelligence, 2018, s. 55–74; H. Hollanders, *European Innovation Scoreboard 2019, Methodology Report*, Maastricht University, 2019, s. 1–39; K.E. Howell, *Introduction to the Philosophy of Methodology*, London: Sage Publications, London 2013, s. 24–43; I. Kania, J. Kornecki, K. Kuźma i inni, *Monitoring innowacyjności polskich przedsiębiorstw Wyniki II edycji badania 2019*, PARP, Warszawa 2019, s. 180; (<https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/Raport-2019-II-edycja-Monitoring-innowacyjności-polskich-przedsiębiorstw.pdf>) 10.02.2019; K. Ku-

cyjną zyskują przedsiębiorstwa innowacyjne, potrafiące sprawnie wykorzystywać nowoczesne technologie.

Na przestrzeni lat rozwój przedsiębiorstw na rynku kształtowały tzw. rewolucje przemysłowe, przedstawione na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat przedstawiający rewolucje przemysłowe

Źródło: opracowanie własne.

Wraz z wynalezieniem maszyny parowej nastąpiła mechanizacja produkcji. Stanowi to pierwszą rewolucję przemysłową. Wiek XIX wprowadził przełom związany z elektryfikacją i upowszechnieniem linii montażowych. W latach 70. XX wieku za trzecią rewolucję uznawane jest wdrożenie automatyzacji produkcji wraz z pojawieniem się sterowników programowalnych (PLC), komputerów i robotyzacją. Kolejna rewolucja przemysłowa określana jest mianem Przemysłu 4.0 (ang. *Industry 4.0*) i związana jest z upowszechnieniem zastosowań różnych form technologii komunikacyjnych (ICT) w przemyśle. Ma ona na celu zwiększenie konkurencyjności, gwarantując jakość produktów przy jednoczesnym obniżeniu kosztów produkcji. Wskazuje się rozwiązania w postaci inteligentnych usług (ang. *smart services*), czy inteligentnych fabryk (ang. *smart factories*), zapewniające elastyczność i efektywność działania, będąc zintegrowane za pośrednictwem szybkich i bezpiecznych sieci komputerowych. Podstawą funkcjonowania takich rozwiązań są Elastyczne Systemy Produkcyjne (ang. *Flexible Manufacturing Systems, FMS*). Z kolei konsekwencją tego jest opracowanie nowych interfejsów, realizowanych za pośrednictwem Internetu i tzw. cyfrowych bliźniaków (ang. *digital twin*), osadzonych w chmurach obliczeniowych². Stanowi to nowe wyzwania dla tradycyjnych przedsiębiorstw, które wymagają zaangażowania nowych środków technicznych, ale także przełamania szeregu barier.

ciński (red.), *Metodologia nauk ekonomicznych: dylematy i wyzwania*, Wydawnictwo Difin, Warszawa 2010, s. 35.

² A. Chwalba, *Historia powszechna. Wiek XIX*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, s. 50–68.

Bardzo pomocne w tym zakresie wydaje się upowszechnianie procesów uczenia oraz zacieśnianie współpracy pomiędzy przedsiębiorstwami a dostawcami wiedzy. Umożliwi to szkolenie kadry na różnym poziomie dla przedsiębiorstw oraz źródło nowych problemów badawczych dla uczelni.

Jeden z trendów w zakresie szkolenia kadr wskazuje możliwość wirtualizacji fragmentów, czy też całych linii produkcyjnych przedsiębiorstwa i szkolenia potencjalnych pracowników w tak przygotowanym środowisku symulacyjnym. Jest to jedynie słuszna koncepcja w szkoleniu, która powinna stanowić pewien etap cyklu.

Celem niniejszego opracowania jest ukazanie znaczenia elastycznych systemów wytwarzania w nowoczesnej gospodarce oraz zaprezentowanie przykładu laboratorium badawczo-dydaktycznego, posiadającego ofertę kształcenia zgodną z najnowszymi trendami rozwojowymi.

Innowacyjne Laboratorium Czujników Inteligentnych i Systemów Optoelektronicznych na Politechnice Lubelskiej stanowi przykład rozwiązania, wypełniającego przestrzeń potrzeb w zakresie współpracy nowoczesnych przedsiębiorstw z uczelniami.

Wybrane cechy elastycznych systemów wytwórczych

Elastyczność systemów wytwórczych umożliwia producentom dostosowywanie się do warunków współczesnego otoczenia, na potrzeby wyrobów, produkowanych w krótkich lub średnich seriach, czy też zmian cech materiałów produkcyjnych. Pozwala to na zręczną zmianę asortymentu i wielkości serii produkowanych wyrobów. Jest to szczególnie istotne w warunkach gospodarki urynkowanej, wymuszającej na producentach zdolność do szybkiego reagowania na potrzeby odbiorców. Można to uzyskać dzięki zaawansowanej automatyzacji procesów produkcyjnych oraz systemów przetwarzania połączonej z komputeryzacją planowania i sterowania produkcją. Poziom elastyczności danego systemu wynika z zakresu zadań w nim realizowanych³.

Elastyczny system sterowania produkcją powinien zapewnić⁴:

- urozmaicenie asortymentu produkowanych wyrobów;
- skrócenie czasu przezbrojeń oraz uruchomienia nowych wyrobów;
- skrócenie cyklu produkcyjnego oraz zmniejszenie zapasów produkcji w toku;
- dopasowanie się do wymogów odbiorców, np.: skrócenie terminów dostaw, produkowanych serii, dywersyfikacja asortymentu.

Elastyczne systemy wytwarzania muszą być zautomatyzowane. Wymagają stosowania nowoczesnych urządzeń produkcyjnych, w tym centra obróbkowe, roboty,

³ I. Łapuńka, K. Marek-Kołodziej, P. Wittbrodt, *Elastyczne systemy wytwórcze – rozwój w kierunku cyfrowej produkcji*, [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, R. Knosala, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017, s. 733; A. Rojko, *Industry 4.0 Concept: Background and Overview*, „International Journal of Interactive Mobile Technologies” Vol. 11, No. 5, 2017, s. 77–90; A. Gola, *Analiza konfiguracji systemów wytwórczych w aspekcie bilansowania zdolności produkcyjnej*, Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy, nr 29(4), 2018, s. 259–280.

⁴ L. Zawadzka, *Współczesne problemy i kierunki rozwoju elastycznych systemów produkcyjnych*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2007.

modularne systemy narzędzi, nowoczesne systemy transportu i magazynowania. Niemniej, elastyczna automatyzacja wytwarzania możliwa jest dzięki wprowadzeniu do systemu wytwórczego składnika niematerialnego, jakim jest oprogramowanie. Wdrożenie odpowiednich systemów informatycznych, nadzorujących pracę urządzeń oraz zapewniających szybki i niezawodny przepływ danych umożliwia dobre wykorzystanie zdolności produkcyjnych. Pozwala to na optymalizację zarówno przepływów materiałowych, jak i środków wytwórczych w tego rodzaju systemach. Wiąże się to z pojęciem tzw. integracji informacyjnej rozwiązań FMS i wraz z obserwowanymi trendami przekształca je do systemów wytwórczych nowej generacji (ang. *Next Generation Manufacturing Systems*, NGMS), które urzeczywistniają koncepcje inteligentnych fabryk, sterowanych systemami cyberfizycznymi (ang. *Cyber-Physical Systems*, CPS) z zastosowaniem metod sztucznej inteligencji oraz elementów Internetu rzeczy (ang. *Internet of Things*, IoT)⁵.

Do obserwowanych trendów technologicznych można zaliczyć technologie komunikacyjne (w tym 5G, IoT, czy nowe standardy przemysłowe) oraz znaczący udział robotyzacji (Koboty, UAV). Ważną rolę w tym zakresie pełni możliwość dostępu do ogromnych ilości danych oraz technologie BigData, zintegrowanych z wirtualizacją, chmurami obliczeniowymi, zastosowaniami sztucznej inteligencji czy rozszerzonej rzeczywistości⁶.

Cyfrowa produkcja to termin opisujący zintegrowane wykorzystanie automatycznych systemów, procesów i narzędzi przez przedsiębiorstwa projektowe i produkcyjne w celu dostarczenia odbiorcom produktów w możliwie najkrótszym czasie, przy minimalnej interwencji operatorów. Zatem, dobra materialne podlegają cyfryzacji (ang. *digitalization*) i stają się dobrami cyfrowymi⁷.

Niewątpliwie, formy organizacji elastycznego wytwarzania ewoluują w stronę autonomicznej, samouczącej cyfrowej produkcji. Jest to związane bezpośrednio z postępem technologicznym, ale wymaga rozwoju pożądanych kompetencji u projektantów czy serwisantów tego rodzaju systemów. Już obecnie można zauważyć, że współczesny automatyczny czy robotyczny w dużej mierze staje się wyspecjalizowanym programistą.

⁵ I. Łapuńska, K. Marek-Kołodziej, P. Wittbrodt, *Elastyczne systemy wytwórcze – rozwój w kierunku cyfrowej produkcji*, op. cit., s. 733; C. Andrews, *Introduction to digital manufacturing*, University of Strathclyde, <http://www.futuresme.eu.10.02.2019>.

⁶ I. Łapuńska, K. Marek-Kołodziej, P. Wittbrodt, *Elastyczne systemy wytwórcze – rozwój w kierunku cyfrowej produkcji*, [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, op. cit., s. 733; A. Rojko, *Industry 4.0 Concept: Background and Overview*, op. cit., str. 77–90, „International Journal of Interactive Mobile Technologies” Vol. 11, No. 5, 2017, s. 77–90; A. Gola, *Analiza konfiguracji systemów wytwórczych w aspekcie bilansowania zdolności produkcyjnej*, Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy, nr 29(4), 2018, s. 259–280.

⁷ I. Łapuńska, K. Marek-Kołodziej, P. Wittbrodt, *Elastyczne systemy wytwórcze – rozwój w kierunku cyfrowej produkcji*, op. cit., s. 733; C. Andrews, *Introduction to digital manufacturing*, University of Strathclyde, <http://www.futuresme.eu.10.02.2019>.

Nowe technologie a czujniki inteligentne

Pod osłoną marketingowych haseł o fabrykach przyszłości, kryje się zastosowanie szeregu niekiedy bardzo szczegółowych zmian w różnym zakresie pracy, diagnostyki czy zarządzania poszczególnymi urządzeniami, nawet bardzo rozbudowanych instalacji przemysłowych.

W dużym uproszczeniu można zauważyć, że istotną rolę odgrywają nowe metody sterowania procesem. Z kolei podstawą zagwarantowania jakości sterowania jest posiadanie jak największej wiedzy o procesie. Jest to możliwe dzięki czujnikom. W naukach technicznych czujnik to urządzenie dostarczające informacji o pojawieniu się określonego bodźca, przekroczeniu pewnej wartości progowej lub o wartości rejestrowanej wielkości fizycznej. Najczęściej spotykanymi czujnikami są czujniki dostarczające informację w jednej z wielkości elektrycznych, takich jak: napięcie, natężenie prądu, opór elektryczny⁸. Dawniej, czujniki pozwalały rejestrować stosunkowo proste sygnały przełączające, czy też wartości analogowe. Dzięki rozwojowi technologii, również one ewoluowały do tzw. czujników inteligentnych (ang. *smart sensors*). W tym ujęciu układ czujnika składa się z: czujnika, przetwornika, układu kondycjonowania sygnału i mikrokontrolera. Czujniki inteligentne są nową klasą urządzeń, która zrewolucjonizowała pozyskiwanie informacji z otaczającego środowiska. Wbudowana w nie inteligencja zapewnia wyodrębnienie użytecznych informacji, pozyskanych w procesie pomiaru w sposób precyzyjny, szybki oraz bardziej bezpieczny. Z założenia ma mieć również bardziej charakter ekonomiczny niż w przypadku stosowania czujników tradycyjnych⁹. Co istotne, otwiera to nowy rynek zastosowań, opracowanie nowych technologii wytwarzania, ale także nowe protokoły komunikacyjne, np. IO-link.

W szeregu złożonych procesów ważną kwestię stanowi pozyskiwanie informacji w sposób nieopóźniony, jak i bezinwazyjny. Osiągnięcie tak postawionego zadania wymaga użycia odpowiednich sensorów. Wśród rozwiązań pozwalających postawionego w ten sposób celu, ważne miejsce zajmują czujniki optoelektroniczne, które umożliwiają uzyskanie parametrów często nieosiągalnych przez rozwiązania konwencjonalne.

Do realizacji procesu wytwarzania czujników i inteligentnych systemów optoelektronicznych istotne jest przeprowadzenie prac związanych z projektowaniem, modelowaniem numerycznym, czy też prototypowaniem HIL (ang. *Hardware In the Loop*) z wykorzystaniem programowalnych układów FPGA (ang. *Field-ProgrammableGateArray*). Stąd laboratorium oferuje dostęp do urządzeń i zestawów w postaci wyspecjalizowanych komputerów przemysłowych oraz stacji roboczych o zwiększonych możliwościach obliczeniowych wraz ze specjalistycznym oprogramowaniem.

Obecnie, większość systemów FMS wyposażane jest dodatkowo w pamięci masowe oraz wyspecjalizowane serwery obliczeniowe na potrzeby realizacji

⁸ R. Frank, *Understanding Smart Sensors*, Artech House, London, 2013, s. 100.

⁹ J. Kollątaj, *Inteligentne czujniki w projektowaniu systemów automatyki, pomiarów i sterowania*, „Wiadomości Elektrotechniczne” nr 4(79), 2011, s. 42–45.

podejścia określanego zbiorczo jako Big Data. Termin ten odnosi się do dużych, zmiennych i różnorodnych zbiorów danych, których przetwarzanie i analiza jest trudna, ale jednocześnie wartościowa, ponieważ prowadzi do zdobycia nowej wiedzy. Big Data ma zastosowanie wszędzie tam, gdzie dużej ilości danych cyfrowych towarzyszy potrzeba zdobywania nowych informacji lub wiedzy, wykorzystywanych do optymalizacji rozwiązań. Zarówno wytwarzane urządzenia, jak i poszczególne stanowiska (moduły) zlokalizowanej w laboratorium linii produkcyjnej muszą się ze sobą komunikować (efektywnie wymieniać ze sobą informacje). Zostało to realizowane z wykorzystaniem wybranych, przemysłowych standardów komunikacyjnych (m.in. CAN, PROFIBUS). Zlokalizowana w Laboratorium Czujników Inteligentnych i Systemów Optoelektronicznych certyfikowana, eksperymentalna linia mechatroniczna (ang. *Flexible Manufacturing System*, FMS) obejmuje proces wytwarzania czujników optoelektronicznych. Pozwala na prowadzenie badań naukowych oraz działalności dydaktycznej i szkoleniowej.

Omawiane laboratorium może być miejscem testów nowoczesnych elementów elastycznej produkcji oraz metod planowania i zarządzania. Służy nie tylko studentom, ale jest również otwarte na współpracę z przemysłem.

„Duże firmy, zajmujące się produkcją seryjną, starają się jak najlepiej stosować posiadane środki i inwestują jedynie, gdy jest to absolutnie konieczne. Z kolei przedsiębiorstwa zajmujące się wyrobami niszowymi zwykle starają się maksymalizować wydajność przez zakup urządzeń specjalizowanych. Firmy działające jako podwykonawcy muszą zmagać się ze zmienną, zależną od aktualnych zamówień, produkcją i to one najchętniej inwestują w rozwiązania elastyczne. Trudno jednak znaleźć wdrożony system, w pełni zasługujący na to miano. Praktyczne rozwiązania są systemami pośrednimi. Przybierają one formę automatycznych linii produkcyjnych, wyposażonych w pewne elementy umożliwiające jednoczesną produkcję kilku odmian wyrobu lub skracające czas przestojów w przypadku wprowadzenia nowych produktów. Przykładem mogą być linie montażowe w przedsiębiorstwach branży motoryzacyjnej lub artykułów gospodarstwa domowego.

Podejście takie pozwala opracować system produkcyjny na podstawie kryteriów ekonomicznych, z uwzględnieniem planów produkcyjnych na najbliższe lata.

Dobrze zintegrowany system umożliwia natychmiastowe zmiany w programie produkcji i dostosowywanie się do zmian, co daje wyraźną przewagę nad konkurencyjnymi przedsiębiorstwami”¹⁰.

Charakterystyka laboratorium

Laboratorium Czujników Inteligentnych i Systemów Optoelektronicznych ma dwa cele: naukowy i dydaktyczny. Pierwszy z nich obejmuje projektowanie i wytwarzanie czujników oraz inteligentnych systemów optoelektronicznych (energooszczędnych), do zastosowań w szczególności w energetyce i ochronie środowiska.

¹⁰ <https://automatykaonline.pl/Artykuly/Sterowanie/elastyczny-system-prototypowania-procesow-produkcyjnych-i-montazowych> (dostęp: 18.09.20).

Cel dydaktyczny to kształcenie w zakresie wiedzy, kompetencji i umiejętności z zakresu mechatroniki, połączonych we współczesnych zakładach przemysłowych. Nieodzownym, koniecznym jego elementem jest także budowanie świadomości roli bezpieczeństwa (w zakresie *security&safety*). Stąd laboratorium powinno realizować wszystkie niezbędne etapy, tj. projektowanie, prototypowanie, syntezę i optymalizację, prowadzące do uzyskania produktu gotowego do komercjalizacji. Stanowi ważne uzupełnienie Grupy Laboratoriów Zaawansowanych z Mikroelektrotroniką, ze względu na stanowiska projektowania, nadzoru i walidacji oraz zlokalizowanie certyfikowanej, eksperymentalnej linii produkcyjnej, składającej się z modularnych stanowisk umożliwiających również niezależny tryb pracy.

Certyfikowana, eksperymentalna, szkoleniowa linia produkcyjna złożona jest z ośmiu modułów:

1. DFS1 – Moduł stacji montażowej: detaldolny (Feeding Station: Bottom Workpiece);
2. DFS2 – Moduł stacji montażowej: detalgórny (Feeding Station: Top Workpiece);
3. DFS3 – Moduł prasy ze sworzniem (Bolt Press);
4. DFS4 – Stanowisko pomiaru jakości wytworzonych elementów, z systemem wizyjnym;
5. DFS5 – Moduł obrotowej stacji nawiercającej z pomiarem głębokości;
6. DFS6 – Stanowisko selekcji/segregacji i składowania (Warehouse with positioning device);
7. DFS7 – Moduł dekompletacji z robotem zadaniowym (Disassemble with Robot);
8. DFS8 – Stanowisko diagnostyki z komputerem przemysłowym NI PXIe (i interogatorem NI PXIe – 4844).

Moduły różnią się elementami części mechatronicznej, niemniej wszystkie bazują na sterownikach S7-1500 i są przystosowane do pracy w ramach koncepcji *Przemysłu 4.0*. Do konfiguracji urządzeń w laboratorium dostępnych jest osiem programatorów SIMATIC Field PG M4 (z oprogramowaniem Siemens TIA Portal). Umożliwia to prowadzenie modelowego procesu wytwarzania czujników optoelektronicznych, opartych na siatkach Bragga.

Oferuje to także zmianę w podejściu do kształcenia, przez rozwój praktycznych kompetencji w ramach metodyki Siemens; *System Approach Learning Loop*, względem tradycyjnego, tzw. *Theory First*. Jest to możliwe przez wnikliwą analizę układu mechatronicznego na każdym etapie. Powiązany tym program SMSCP – *Siemens Mechatronic System Certification Program*, integrowany lub w synergii z klasycznym tokiem studiów inżynierskich, obejmuje przygotowanie i certyfikację trenerów, jak i studentów w ramach ścisłej współpracy Siemens Technical Academy z uczelnią. Dodatkową wartość wnosi trzypoziomowy system certyfikacji, oparty na profilach zawodowych:

- Siemens Certified Mechatronic Systems Assistant kładzie nacisk na efektywność eksploatacji złożonych systemów mechatronicznych, przewidywania i rozwiązywanie problemów;
- Siemens Certified Mechatronic Systems Associate – skoncentrowany na systemach zarządzania, badaniu, naprawie i rozwiązywaniu potencjalnych problemów w ramach złożonych systemów mechatronicznych;
- Siemens Certified Mechatronic Systems Professional – kładzie nacisk na profesjonalną inżynierię systemów, m.in. walidację i optymalizację złożonych systemów mechatronicznych.

Wykorzystując kluczowe koncepcje z STA, skojarzone z kształceniem inżynierskim w układach mechatronicznych, SMSCP tworzy program edukacyjny, który uczelnie z całego świata wykorzystują do podnoszenia umiejętności technicznych swoich studentów. Jest to możliwe dzięki holistycznemu, jednolitemu podejściu systemowemu, zorientowanemu na rozwiązywanie praktycznych problemów (ang. *System Focused Trouble shooting/Problem SolvingSkills*). SMSCP wprowadza nowe możliwości związane także ze zwiększeniem konkurencyjności uczelni, ale także nowe wyzwania.

Podsumowanie

W pracy podjęto próbę określenia roli innowacyjnych laboratoriów technologicznych w regionalnym systemie innowacji na przykładzie Laboratorium Czujników Inteligentnych i Systemów Optoelektronicznych Politechniki Lubelskiej. Ze względu na ogólnosiątkowy trend rozwoju gospodarek opartych na wiedzy, regiony stanowią istotny czynnik wytwarzania i transferu innowacji. Na nich spoczywa duża część odpowiedzialności za kształtowanie warunków do wzrostu innowacyjności.

Wskazano znaczenie elastycznych systemów wytwarzania w nowoczesnej gospodarce oraz zaprezentowano przykład laboratorium badawczo-dydaktycznego, posiadającego ofertę kształcenia zgodną z najnowszymi trendami rozwojowymi. Co istotne, laboratoria takie powinny powstawać na uczelniach, ale przy wsparciu dużych przedsiębiorstw. Takie podejście stwarza nowe możliwości dla uczelni, jak i mikro oraz małych przedsiębiorstw. Uczelnia staje się nie tylko dostawcą nowej wiedzy, ale oferuje różne formy współpracy dla przedsiębiorstw – wytwórców nowych produktów i usług, które stają się konkurencyjne w skali ponadregionalnej.

Należy jednak podkreślić, że działania takie stwarzają nowe wyzwania, od tych, związanych z popularyzacją postaw proinnowacyjnych po formy pozyskiwania środków na utrzymanie i rozwój infrastruktury laboratoryjnej.

Nie ulega jednak wątpliwości, że dostęp do dobrej jakości nowej wiedzy oraz najnowszych technologii jest warunkiem koniecznym uzyskania przewagi konkurencyjnej.

Streszczenie

W nowoczesnym społeczeństwie coraz większego znaczenia nabiera zacieśnianie współpracy pomiędzy przedsiębiorstwami a dostawcami wiedzy, to nowe podejście stwarza duże możliwości dla uczelni, jak i mikro- oraz małych przedsiębiorstw.

Uczelnia staje się nie tylko dostawcą nowej wiedzy, ale oferuje różne formy współpracy dla przedsiębiorstw – wytwórców nowych produktów i usług, które stają się konkurencyjne w skali ponadregionalnej.

W niniejszym opracowaniu wskazano na znaczenie elastycznych systemów wytwarzania w nowoczesnej gospodarce oraz zaprezentowano przykład laboratorium badawczo-dydaktycznego, posiadającego ofertę kształcenia zgodną z najnowszymi trendami rozwojowymi.

Słowa kluczowe: innowacyjne laboratoria technologiczne, sterowanie procesem, systemy optoelektroniczne, czujniki inteligentne.

Summary

Closer co-operation among enterprises and knowledge providers is gaining more and more importance in the modern society. This new approach creates great opportunities for universities as well as micro and small enterprises.

A university becomes not only a provider of new knowledge but also offers different forms of cooperation for enterprises - manufacturers of new products and services which become competitive outside their region.

The study indicates the importance of flexible production systems in the modern economy and presents an example of the laboratory research based teaching consistent with the latest development trends.

Keywords: innovative technological laboratories, process control, optoelectronic systems, intelligent sensors.

Literatura

1. Andrews C., *Introduction to digital manufacturing*, University of Strathclyde, <http://www.futuresme.eu>.10.02.2019.
2. Frank R., *Understanding Smart Sensors*, Artech House, London 2013.
3. General Electric, *GE Global Innovation Barometer 2018 Poland Report*, Edelman Intelligence, 2018.
4. Gola A., *Analiza konfiguracji systemów wytwórczych w aspekcie bilansowania zdolności produkcyjnej*, Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy, nr 29(4), 2018.
5. Hollanders H., *European Innovation Scoreboard 2019, Methodology Report*, Maastricht University, 2019.

6. Howell K.E., *Introduction to the Philosophy of Methodology*, London: Sage Publications, London 2013.
7. Kania I., Kornecki J., Kuźma K. (i in.), *Monitoring innowacyjności polskich przedsiębiorstw. Wyniki II edycji badania 2019*, PARP, Warszawa 2019.
8. Kołłątaj J., *Inteligentne czujniki w projektowaniu systemów automatyki, pomiarów i sterowania*, „Wiadomości Elektrotechniczne”, nr 4(79), 2011.
9. Kuciński K. (red.), *Metodologia nauk ekonomicznych: dylematy i wyzwania*, Wydawnictwo Difin, Warszawa 2010.
10. Łapuńka I., Marek-Kołodziej K., Wittbrodt P., *Elastyczne systemy wytwórcze – rozwój w kierunku cyfrowej produkcji*, [w:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, R. Knosala, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2017.
11. OECD/Eurostat, *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, 2019. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>, 10.02.2019.
12. Rojko A., *Industry 4.0 Concept: Background and Overview*, „International Journal of Interactive Mobile Technologies” Vol. 11, No. 5, 2017.
13. Warszawa 2019. (<https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/Raport-2019-II-edycja-Monitoring-innowacyjnoci-polskich-przedsiębiorstw.pdf>) 10.02.2019.
14. Zawadzka L., *Współczesne problemy i kierunki rozwoju elastycznych systemów produkcyjnych*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2007.