Wizja przemysłu nowej generacji – perspektywa dla Polski

Czwarta rewolucja przemysłowa

Długookresowe następstwa zastosowania przełomowych technologii cyfrowych składających się na istotę tzw. czwartej rewolucji przemysłowej należeć będą wkrótce do najważniejszych wyzwań ludzkości. Taką opinię wyraża profesor Klaus Schwab[1], uznany autorytet w dziedzinie badań dotyczących technologii i ekonomii, a także pomysłodawca „World Economic Forum" w Davos. Nazwa tego zjawiska, nawiązująca do trzech poprzednich okresów głębokich przemian w sposobach i organizacji produkcji, tym razem może być myląca, bowiem zdecydowanie nie oddaje faktycznej skali, zasięgu oraz złożoności transformacji technologicznej, która zaczyna dokonywać się w przemyśle państw wysoko rozwiniętych. Nie ulega wątpliwości, że konkurencyjność Polski na rynku europejskim i światowym zależeć będzie w przyszłości właśnie od tempa realizacji koncepcji przemysłu 4.0. Wdrożenie tej koncepcji wymaga jednak zaangażowania przedsiębiorców, świata nauki, instytucji finansowych, otoczenia biznesu oraz agend rządowych.

PAWEŁ WIECZOREK

Wspomniane przemiany uwidoczniają się obecnie przede wszystkim w sferze przetwórstwa przemysłowego, znajdując wyraz w materializacji idei przemysłu czwartej generacji (przemysł 4.0; ang. *industry 4.0*) oraz inteligentnych fabryk (ang. *smart factories*), ale z czasem zaczną przenikać do wielu innych dziedzin życia gospodarczego i społecznego.

[1] Dostrzegając ogromne możliwości wszechstronnego rozwoju, jakie wiążą się z czwartą rewolucją przemysłową, prof. Klaus Schwab podkreśla zarazem, że dopiero w przyszłości okaże się, na ile będą to zjawiska i procesy pozytywne, a na ile spowodują powstanie nowych zagrożeń dla bezpieczeństwa, porządku społecznego oraz relacji międzyludzkich. K. Schwab: *Shaping the Fourth Industrial Revolution* <www.project-syndicate.org/commentary/fourth-industrial-revolution-human-development-by-klaus-schwab-2016-01?barrier=accessreg>. Swoje przemyślenia na temat czwartej rewolucji przemysłowej K. Schwab przedstawił w wydanej w 2016 r. monografii pt. *The fourth industrial resolution*, World Economic Forum, Davos.

Główne różnice w wymiarze technologicznym między trzecią[2] a czwartą rewolucją przemysłową związane są zwłaszcza z kilkoma epokowymi zmianami, takimi jak:
• upowszechnienie w skali świata dostępu do Internetu i pojawienie się Internetu rzeczy (ang. *Internet of Things* – IoT), pozwalającego na globalny dostęp w czasie rzeczywistym do poszczególnych maszyn oraz danych produkcyjnych;
• radykalne obniżenie kosztów przechowywania danych cyfrowych – w 1994 r. zmagazynowanie na 12 miesięcy 1 GB danych kosztowało 10 tys. $, natomiast w 2016 r. już tylko 3 centy;
• ogromny postęp w dziedzinie przetwarzania i analizy dużych zbiorów danych cyfrowych (ang. *Big Data*) na bazie chmur obliczeniowych (ang. *Cloude Computing*) oraz rozbudowanych algorytmów analitycznych, z czasem reakcji rzędu milisekund;
• rozwój sztucznej inteligencji (ang. *Artificial Intelligence*) obejmującej tworzenie modeli zachowań inteligentnych oraz programów komputerowych symulujących te zachowania; elementem sztucznej inteligencji jest zdolność oprogramowania sterującego urządzeniami wytwórczymi do automatycznego pozyskiwania danych oraz ich analizy w celu ulepszenia własnego systemu i eliminowania jego słabości (tzw. uczenie maszynowe);
• pojawienie się możliwości wytwarzania przyrostowego opartego na druku 3D i polegającego na budowaniu wyrobu warstwa po warstwie przez selektywne przetapianie proszku metalowego za pomocą promienia lasera; proces ten pozwala na tworzenie skomplikowanych kształtów, niemożliwych do uzyskania tradycyjnymi metodami obróbki ubytkowej (np. toczenia czy frezowania);
• rozwój techniki symulacji funkcjonowania rzeczywistych obiektów (w tym zwłaszcza maszyn i wytwarzanych wyrobów) w ich wirtualnych odwzorowaniach.

Czwarta rewolucja przemysłowa nie dotyczy tylko modernizacji szeroko pojętego procesu wytwarzania, co stanowiło główny nurt trzeciej rewolucji, ale proponuje odmienne podejście do całej filozofii gospodarowania oraz kreowanie nowych modeli biznesowych, szczególnie w ramach tzw. gospodarki współdzielenia (ang. *sharing economy*). Modele te – dzięki platformom internetowym i innym technologiom cyfrowym – umożliwiają firmom działania globalne, bez posiadania fizycznych zasobów (maszyn czy infrastruktury technicznej) niezbędnych do tego, aby wspomniane czynności mogły być realizowane bezpośrednio przez te firmy[3].

Stosowanie nowatorskich technologii przyczyniać się będzie do istotnego

[2] Trzecia rewolucja przemysłowa zaczęła się w latach siedemdziesiątych i spowodowała wprowadzenie do przemysłu komputerów, oprogramowania wspierającego zarządzanie produkcją i firmami, zautomatyzowanych stanowisk i linii produkcyjnych a także cyfrowych metod przechowywania danych.

[3] Przykładami korporacji funkcjonujących już według tej formuły mogą być: Uber – największa sieć taksówkowa na świecie, która jednak nie posiada własnych samochodów, ale zainicjowała całkowicie nowy system transportu polegający na zamawianiu usług przewozu za pomocą specjalnej aplikacji, która służy do kojarzenia pasażerów z kierowcami korzystającymi z niej; Facebook – największy właściciel sieci mediów społecznościowych i reklamowych, które jednak nie wytwarzają własnych informacji, lecz zamieszczają wyłącznie wiadomości

wzrostu produktywności czynników produkcji a zarazem pozwoli oferować wyroby bardzo innowacyjne, wytwarzane w krótkich seriach (czy wręcz w pojedynczych egzemplarzach) i dostosowane do indywidualnych potrzeb odbiorcy. Należy podkreślić, że chociaż transformacja technologiczna przemysłu jest procesem wymagającym dużych nakładów kapitałowych, koszty krańcowe produkcji nie muszą wcale wzrosnąć[4] i zasadniczo powinny zostać utrzymane na poziomie porównywalnym z kosztami produkcji masowej. Wszystko to razem poszerzy granice możliwości działalności biznesowej oraz da przedsiębiorcom mocniejsze argumenty w walce o klienta oraz pozycję na zglobalizowanych rynkach. Sprzyjać także będzie wzrostowi wartości giełdowej firm[5].

Jednym z kluczowych założeń rządowej „Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju" do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.) jest reindustrializacja polskiej gospodarki rozumiana jako stworzenie warunków do trwałego wzrostu ekonomicznego opartego na dotychczasowych i nowych przewagach konkurencyjnych. Ważny element działań w tym względzie stanowić ma rozwój infrastruktury technicznej i kompetencji dla przemysłu czwartej generacji. Inaczej mówiąc, szerokie wykorzystanie przez polskie firmy przełomowych technologii powinno umożliwić przezwyciężenie zdefiniowanych w Strategii pułapek rozwojowych, wobec których stoi obecnie Polska[6].

Wzorem innych państw wymaga to stworzenia efektywnych mechanizmów wsparcia w zakresie koordynacji działań służących transformacji technologicznej w kierunku przemysłu 4.0, wyeliminowania pojawiających się w tym względzie barier oraz finansowania wprowadzanych zmian.

---

i zdjęcia udostępniane przez zarejestrowanych użytkowników serwisu, co stanowi nową formułę komunikowania się między ludźmi; Alibaba – wielki holding *e-commerce*, który w ogóle nie posiada magazynów, bowiem jego działalność polega na kojarzeniu sprzedających z kupującymi, którzy transakcji dokonują za pomocą Internetu. Na temat pojęcia gospodarki współdzielenia patrz np.: B. Sztokfisz: *Gospodarka współdzielenia – pojęcie, źródła, potencjał*, „Zeszyty Naukowe", Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, nr 6/2017, s. 89-103; M. Poniatowska-Jaksch, R. Sobiecki (red.): *Sharing Economy (gospodarka współistnienia)*, Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa 2016.

[4] Przyrost kosztów produkcji związany ze zwiększeniem skali produkcji o jednostkę wyrobu.

[5] Różnice między skalą i efektami ekonomicznymi zmian, jakie dokonały się w ramach trzeciej rewolucji przemysłowej i jakie są spodziewane w konsekwencji czwartej rewolucji można zobrazować za pomocą następującego porównania: w 1990 r. trzy czołowe firmy z Detroit stanowiącego centrum tradycyjnego przemysłu osiągnęły rynkową kapitalizację na poziomie 36 mld $, podczas gdy w wypadku trzech firm z Doliny Krzemowej, stanowiącej centrum przemysłu nowych technologii, w 2014 r. kapitalizacja wyniosła 1,09 bln $, przy zbliżonej wielkości obrotów (około 250 mld $) i zatrudnienia. Przykład ten pochodzi ze wspomnianej już monografii K. Schwaba: *The fourth industry…*, op.cit.

[6] W tym kontekście wskazuje się zwłaszcza: a) pułapkę średniego dochodu, którą Polska będzie mogła przezwyciężyć przez przejście na gospodarkę opartą na wiedzy i innowacjach, co przełoży się również na wzrost wynagrodzeń, b) pułapkę przeciętnego produktu, którą można pokonać rozwijając produkcję wyrobów tworzących wyższą wartość dodaną a także c) pułapkę demograficzną, której skutki będzie łagodził wzrost stopnia automatyzacji i robotyzacji polskiego przemysłu. *Strategia* została przyjęta przez Radę Ministrów 14.2.2017 i jest m.in. dostępna na stronie internetowej Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju pod adresem <https://miir.gov.pl/48672/SOR.pdf>.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie zarysu przemian, jakie zaczęły już następować w przemyśle najwyżej rozwiniętych państw świata w ramach czwartej rewolucji przemysłowej. Pozwoli to na uporządkowanie coraz szerszego strumienia informacji na ten temat, z których część powiela, niestety, mity i nieporozumienia w kwestii istoty, przebiegu i konsekwencji przełomowych zmian technologicznych w przemyśle.

W powyższym kontekście omówiono:
- genezę oraz istotę koncepcji przemysłu czwartej generacji,
- kluczowe zmiany w organizacji i sposobie produkcji związane z wprowadzaniem przełomowych technologii,
- wpływ automatyzacji i robotyzacji produkcji na sytuację na rynku pracy i ryzyko wystąpienia bezrobocia technologicznego,
- postępy polskiego przemysłu w automatyzacji i robotyzacji produkcji ze wskazaniem barier, jakie w tym obszarze występują,
- szanse i wyzwania, jakie niesie ze sobą transformacja technologiczna przemysłu dla perspektyw rozwojowych Polski.

Koncepcja przemysłu czwartej generacji

Geneza wizji przemysłu 4.0

Idea przemysłu 4.0 zrodziła się w odpowiedzi na trzy fundamentalne zjawiska: a) nasilającą się rywalizację na zglobalizowanych rynkach światowych, co zmusza przedsiębiorców do poszukiwania nowych źródeł przewagi konkurencyjnej; b) przesuwanie się preferencji klientów w kierunku wyrobów dostosowanych do ich indywidualnych potrzeb; c) rozwój szeregu przełomowych technologii, stwarzających niedostępne wcześniej możliwości reakcji na oczekiwania rynku w zakresie wyrobów wysoce spersonalizowanych i innowacyjnych, a także zwiększenia produktywności czynników wytwórczych.

Pojęcie „przemysł 4.0" (w niem. oryginale: *industrie 4.0*) zostało wykreowane i spopularyzowane w Niemczech w wyniku zainicjowania na początku bieżącej dekady przez rząd federalny, a także wielkie korporacje, prac analitycznych. Ich celem było zdefiniowanie strategicznych wyzwań dla niemieckiej gospodarki oraz określenie warunków, które muszą być spełnione, aby Niemcy utrzymały przodującą pozycję w produkcji maszyn i urządzeń przemysłowych a zarazem były zdolne do wykreowania i obsługi nowych rynków związanych z przełomowymi technologiami[7]. W rezultacie tych prac – prowadzonych przy dużym zaangażowaniu przedstawicieli niemieckiego przemysłu i nauki – przedstawiono pakiet rekomendacji w sprawie działań, które pozwolą dostosować gospodarkę Niemiec, a w szczególności przemysł, do nowej rzeczywistości na rynkach światowych, kształtowanej przez globalizację, walkę konkurencyjną oraz rewolucyjne zmiany w technologii. Rekomendacje te

[7] J. Gracel, M. Makowiec: *Kluczowe kompetencje menedżera w dobie czwartej rewolucji przemysłowej – przemysłu 4.0*, „Acta Universitatis Nicolai Copernici – Zarządzanie", nr 4/2017, s. 115 <http://dx.doi.org/ 10.12775/AUNC_ZARZ.2017.054>. H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig: *Recommendations for implementing the strategic initiative industrie* 4.0. *Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, National Academy of Science and Engineering (ACATECH), April 2013, s. 5-6.

zostały następnie wykorzystane w rządowych dokumentach programowych, m. in. w przyjętym w 2014 r. Planie działania na rzecz wdrażania wysokich technologii (w ang. wersji językowej: *High-tech Strategy 2020. Action Plan*). Określono w nim obszary problemowe mające priorytetowe znaczenie dla perspektyw rozwojowych Niemiec, zaliczając do nich budowę cyfrowej gospodarki i społeczeństwa, a w ramach tego tematu – realizację projektów dotyczących przemysłu 4.0. Na tej podstawie w Niemczech uruchomiono liczne przedsięwzięcia – realizowane bardzo często w formule partnerstwa publiczno-prywatnego – mające na celu wsparcie transformacji technologicznej niemieckiego przemysłu, zwłaszcza zaś sektora przedsiębiorstw małych i średnich. Bardzo ważną rolę w tym względzie odgrywa instytucja pn. „Platforma przemysłu 4.0" (niem. *Plattform Industrie 4.0*) stanowiąca centrum kontaktów i wielopłaszczyznowej współpracy agend rządowych oraz sektora prywatnego w problematyce przemysłu czwartej generacji.

Przykład Niemiec sprawił, iż w minionych kilku latach inicjatywy promujące transformację technologiczną przemysłu pojawiły się także w innych krajach europejskich[8]. W rezultacie obecnie niewiele jest już w Europie państw, w których jeszcze nie podjęto skoordynowanych działań na rzecz rozwoju koncepcji przemysłu 4.0, w tym nie powołano do życia specjalistycznych platform służących temu celowi. Z kolei poza Europą dużą aktywność w poszukiwaniu i wdrażaniu rozwiązań prowadzących do transformacji technologicznej przemysłu przejawiają Chiny, USA oraz Japonia, przy czym w przypadku Chin główną rolę w inspirowaniu i programowaniu takich działań odgrywają władze państwowe, natomiast w USA i Japonii wiodącą siłą w procesie rozwoju koncepcji przemysłu 4.0 oraz jej wdrażania do praktyki gospodarczej cały czas pozostaje wielki biznes[9].

Istota koncepcji

Literatura dostarcza wiele opisów nowej rzeczywistości w przemyśle kształtowanej pod wpływem przełomowych technologii. Podejmowane są także próby syntezy tych opisów i sformułowania uogólnionej definicji przemysłu 4.0, jak uczynili to na przykład M. Hermann, T. Pentek i B. Otto z Uniwersytetu Technicznego w Dortmundzie stwierdzając, iż chodzi o rozwiązanie łączące

[8] Przegląd inicjatyw podejmowanych w krajach UE na rzecz transformacji technologicznej przemysłu jest m.in. dostępny na portalu *Plattform Industrie 4.0* <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/inPractice/Interna-tional/EuropaeischeEbene/europaeische-ebene.html>.

[9] W Chinach od 2015 r. realizowany program pn. *Made in China 2025*, ukierunkowany na wzrost innowacyjności chińskiej gospodarki, w którym zasadniczą rolę przypisano absorbcji technologii będących efektem czwartej rewolucji przemysłowej. Z kolei w przypadku USA wskazać można program pn. *Industrial Internet Consortium*, którego celem jest m.in. rozwijanie i stosowanie rozwiązań z zakresu Internetu rzeczy oraz wymiana najlepszych praktyk w tej dziedzinie. Natomiast w przypadku Japonii wśród inicjatyw dotyczących przełomowych technologii zwracają uwagę projekty pn. *Robot Revolution Initiative* oraz *Industrial Value Chain Initiative;* Z. Piątek: *Czym jest przemysł 4.0*, część 2, Portal Industry 4.0, dostęp od 3.5.2017 <http://przemysl-40.pl/index.php/2017/05/03/czym-jest-przemysl-4-0-czesc-2>.

stosowanie innowacyjnych technologii cyfrowych oraz wynikającą z tego zmianę organizacji łańcuchów wartości dodanej[10]. W prostszy sposób pojęcie przemysłu 4.0 definiuje Z. Piątek z firmy ASTOR[11], który uważa, że jest to zbiorczy termin oznaczający integrację inteligentnych maszyn i systemów IT a także wprowadzanie radykalnych zmian w procesach produkcyjnych w celu zwiększenia wydajności wytwarzania oraz umożliwienia elastycznego dostosowywania produkcji do potrzeb rynku. Co istotne, przemysł 4.0 nie dotyczy tylko technologii, ale też nowych sposobów pracy i roli ludzi w przemyśle[12].

Jeszcze inaczej podchodzi do kwestii zdefiniowania pojęcia przemysłu czwartej generacji Andrzej Soldaty, lider projektu „Polska Platforma Przemysłu 4.0", twierdząc, iż precyzyjne określenie treści kryjących się za tą koncepcją wciąż jest bardzo trudne, bowiem chodzi o zjawisko, które jeszcze w pełni się nie wykształciło. W tej sytuacji dobrym rozwiązaniem wydaje się przedstawienie istoty przemysłu 4.0 przez opis związanych z tym innowacji w systemie produkcji i zarządzania biznesowego. Kluczową zmianę stanowi tutaj odejście od obowiązujących dotychczas paradygmatów procesu produkcji w odniesieniu do trzech jego aspektów tj. a) architektury wytwarzanych produktów, b) sposobu organizacji produkcji oraz c) modelu działania biznesowego firmy, w której produkcja jest realizowana.

Przełomowe zmiany związane z koncepcją przemysłu 4.0 polegają właśnie na nowatorskim sposobie wytwarzania produktu oraz dostarczania go na rynek, przy daleko odmiennej od dotychczasowego wzorca roli klienta, który stanie się aktywnym uczestnikiem fazy projektowania i wytwarzania wyrobu, a także – jeśli chodzi o sam proces produkcji – głębokiej zmianie w relacjach człowiek-maszyna[13].

Zmiana paradygmatów wytwarzania

Koncepcja przemysłu 4.0 opiera się na rozwiązaniach technologicznych, które przynajmniej w części stanowią rozwinięcie systemów już używanych w biznesie, jednak przypisanie tym technologiom nowych

[10] M. Hermann, T. Pentek i B. Otto: *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*, „Working Paper", Technische Universität Dortmund, No 01/2015, s. 11 <http://www.thiagobranquinho.com/wp-content/uploads/2016/11/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf>; M. Götz, J. Gracel: *Przemysł czwartej generacji (industry 4.0) – wyzwania dla badań w kontekście międzynarodowym*, „Kwartalnik Naukowy Uczelni Vistula", nr 1/2017, s. 221-222.

[11] ASTOR sp. z o.o. z Krakowa specjalizuje się w konfiguracji systemów automatyki, robotyki oraz informatyki przemysłowej i jest zaliczana do liderów tej branży na polskim rynku. Jednym z obszarów aktywności firmy jest propagowanie idei przemysłu czwartej generacji oraz związanych z tym technologii.

[12] Z. Piątek: *Czym jest przemysł 4.0*, część 2, Portal Industry 4.0, dostęp od 22.3.2017 < http://przemysl-40.pl/index.php/2017/03/22/czym-jest-przemysl-4-0/>.

[13] Wywiad z A. Soldaty pt. *Apostołowie przemysłu 4.0* opublikowany na łamach „Magazynu Przemysłowego", nr 12/2017, s. 48-49. Zob. także: Wypowiedź M. Błasiaka, eksperta PwC w dziedzinie automatyki i cyfryzacji przemysłowej, zamieszczoną w raporcie PwC pt. *Przemysł 4.0 czyli wyzwania współczesnej produkcji*, s. 9. <https://www.pwc.pl/pl/ publikacje/2017/przemysl-4-0.html>.

funkcjonalności a także nowatorski sposób ich wykorzystania powodują, że w sumie mamy do czynienia z jakościowo nowymi możliwościami zarówno w procesie wytwarzania, jak i prowadzenia działalności gospodarczej[14].

Po pierwsze, wspomniane zmiany polegać będą na odejściu od wielkoseryjnej produkcji jednakowych wyrobów oferowanych co najwyżej w kilku wariantach (typach, modelach) na rzecz produkcji maksymalnie spersonalizowanej, uwzględniającej specyficzne oczekiwania poszczególnych klientów[15]. O ile w paradygmacie produkcji masowej klient pod względem oferty rynkowej był zasadniczo zdany tylko na inicjatywę producenta i mógł wybrać konfigurację poszukiwanego wyrobu spośród ograniczonej z reguły liczby dostępnych opcji, o tyle w paradygmacie produkcji spersonalizowanej klient staje się aktywnym uczestnikiem procesu projektowania i wytwarzania wyrobu, mającym możliwość stworzenia jego własnej indywidualnej wersji[16]. Powszechne stosowanie cyfrowych symulacji wyrobów ułatwi oraz przyspieszy proces ich projektowania i spowoduje, że już pierwsza wyprodukowana próbka może w pełni odpowiadać oczekiwaniom klienta. Dostarczony odbiorcy wyrób przez cały okres użytkowania będzie objęty indywidualnym monitoringiem w celu zapewnienia sprawnego serwisowania oraz dalszego rozwoju zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych.

Po drugie, w inteligentnej fabryce tradycyjna linia produkcyjna, na której w sposób taśmowy wytwarzane są wyroby, zostanie

[14] J. Dmowski, M. Jędrzejewski, J. Lichura, M. Owerczuk, N. Suffczyńska-Hałabuz, K. Pławik, M. Iwasieczko, I. Kowalska: *Przemysł 4.0 PL. Szansa czy zagrożenie dla rozwoju innowacyjnej gospodarki*? The Boston Consulting Group, czerwiec 2016 r., s. 7-17; *Od industry 4.0 do smart factory. Poradnik menedżera i inżyniera*, Siemens Polska Sp. z o.o., Warszawa, listopad 2017, s. 5-24; Wywiad z A. Soldaty…, op.cit.

[15] Badania firmy konsultingowej Deloitte potwierdzają wyraźny wzrost popytu na wyroby spersonalizowane i to także wówczas, gdy ich kupno będzie się wiązało się z koniecznością zapłacenia ceny wyższej o 20%. Ponadto okazuje się, że przy rozbudowanych sieciach dystrybucyjnych wykorzystujących Internet sumaryczna sprzedaż wyrobów niszowych w danym asortymencie może być większa od sprzedaży wyrobów typowych wytwarzanych w dużych seriach. Zjawisko to za sprawą Chrisa Andersona, który jako pierwszy je opisał w 2004 r. na łamach czasopisma „Wired" nosi nazwę długi ogon (ang. *Long tail*). *The Deloitte consumer review. Made-to-order: The rise of mass personalisation*, Deloitte, 2015, s. 3 <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/ Documents/consumer-business/ch-en-consumer-business-made-to-order-consumer-review.pdf>.

[16] W tym względzie koncepcja przemysłu 4.0 nawiązuje do tzw. teorii prosumpcji starających się wyjaśnić coraz bardziej widoczne zjawisko przenikania się sfer produkcji i konsumpcji. Ponieważ kończy się okres biernej konsumpcji, gdy wystarczyło zaprojektować i wytworzyć produkt a następnie skutecznie go zareklamować na rynku, producenci starają się włączać konsumentów w proces tworzenia produktów. Takie podejście odpowiada zresztą na oczekiwania konsumentów, którzy chcą otrzymywać produkty spersonalizowane, w jak największym stopniu uwzględniające ich potrzeby, upodobania i gusty. Angażowanie się konsumentów w działalność producentów może przybierać trzy wymiary i polegać na: prostym udziale w badaniu opinii o produktach prowadzonych na przykład na forach internetowych, w tym witrynach producentów; zgłaszaniu propozycji zmian w budowie i funkcjonalnościach produktów w odpowiedzi na akcje organizowane przez producentów poszukujących możliwości uatrakcyjnienia oferty rynkowej; samodzielnym projektowaniu produktów na podstawie własnej wizji oraz potrzeby i następnie proponowaniu producentom rozpoczęcia produkcji takich zindywidualizowanych produktów. E. Szul: *Prosumpcja jako aktywność współczesnych konsumentów – uwarunkowania i przejawy*, Instytut Socjologii UMCS w Lublinie <http://www.ur.edu.pl/file/43403/29.pdf>.

zastąpiona systemem składającym się z autonomicznych samojezdnych wózków (robotów) transportowych, które będą dostarczać materiały i podzespoły wykorzystywane w procesie produkcji wyrobu do odpowiednich gniazd obróbczych. Gniazda te charakteryzować się będą wysoką elastycznością i zdolnością do wykonywania różnorodnych operacji technologicznych z krótkim czasem przezbrajania maszyn (zmiany oprzyrządowania). Szerokie wykorzystywanie inteligentnych czujników (tagów RFID)[17] – tworzących bezprzewodowe sieci zintegrowane z urządzeniami wytwórczymi oraz elementami systemu logistycznego firmy (magazyn, dostawcy), przesyłające cyfrowe informacje na temat używanych w produkcji materiałów i podzespołów – pozwoli na automatyczny wybór kolejnych operacji technologicznych niezbędnych do wytworzenia danej partii wyrobu a także związany z tym dobór maszyn oraz narzędzi. Aby inteligentna fabryka mogła sprawnie funkcjonować musi być zapewniona automatyzacja ciągów technologicznych a także pełna integracja wszystkich systemów informatycznych stosowanych w przedsiębiorstwie. Obecnie, nawet jeśli firma jest już mocno zautomatyzowana, to często zdarza się, iż stanowiska produkcyjne nie są odpowiednio powiązane ze sobą oraz z systemem logistycznym przedsiębiorstwa. Ponadto z reguły poprawy wymaga komunikacja z klientami, tak aby mogli oni aktywnie uczestniczyć w projektowaniu i wytwarzaniu poszukiwanych wyrobów a także dostarczać informacje zwrotne dotyczące zakupionych wyrobów oraz przyszłych swoich potrzeb. Pełna integracja wszystkich systemów firmy jest niezbędna do tego, aby w inteligentnych fabrykach o konfiguracji cyklu wytwórczego mogły decydować inteligentne produkty, dokonujące samodzielnego wyboru miejsc realizacji kolejnych etapów przetwarzania i poddające się kolejnym wyznaczonym w ten sposób operacjom obróbczym wynikającym z aktualnego stanu przetworzenia wyrobu. W konsekwencji tego wszystkiego wytwarzanie wyrobów silnie spersonalizowanych będzie możliwe przy utrzymaniu niskich kosztów krańcowych, charakterystycznych dla tradycyjnej produkcji masowej (wielkoseryjnej).

Po trzecie, w warunkach transformacji cyfrowej istotnemu przeobrażeniu ulegnie model tradycyjnego łańcucha tworzenia wartości dodanej opracowany przez Michaela Portera. Zmiany z tym związane dokonywać się będą w dwóch wymiarach – pionowym i poziomym. W pierwszym wypadku, dzięki dostępowi do ogromnej ilości danych, o przebiegu działań wytwórczych oraz zaangażowanych w następstwie tego zasobach firmy, możliwe będzie głębsze zintegrowanie i udoskonalenie w ramach przedsiębiorstwa wszystkich procesów związanych z cyklem produkcyjnym i całokształtem działalności gospodarczej. Nastąpi to poczynając od prac badawczo-rozwojowych

[17] Chodzi o mikroczipy przechowujące i wysyłające dane cyfrowe na temat każdego elementu (materiały, podzespoły, maszyny) niezbędnego w produkcji, wykorzystywane w układach zdalnej identyfikacji radiowej obiektów (ang. *Radio-frequency identification* – RFID).

i projektowych oraz zakupu niezbędnych materiałów i komponentów do produkcji, przez wytwarzanie wyrobów, a na logistyce i marketingu kończąc. Z kolei w drugim wypadku pogłębi się integracja pozioma inteligentnych systemów dostaw i logistyki (w tym wewnątrzzakładowej), co umożliwi śledzenie i optymalizację (a przez to lepsze planowanie) przepływu surowców i komponentów do produkcji oraz gotowych wyrobów pomiędzy dostawcami elementów składowych do produkcji, ogniwami wytwórczymi w firmie, gdzie ma miejsce bezpośrednia fabrykacja wyrobów, jak również klientami, którzy te wyroby kupują i użytkują.

Po czwarte, w nowy sposób kształtować się będą relacje między człowiekiem a maszyną, oparte na pogłębionej współpracy, której sprzyjać będzie rozwój inteligentnych interfejsów. Dotychczas roboty były programowane przez człowieka i wykonywały zadane czynności, posiadając co prawda zdolność do zmiany warunków pracy, ale tylko wówczas, gdy takie zmiany były przewidziane i uwzględnione przy programowaniu maszyny. W nowej generacji robotów człowiek będzie wydawał robotowi polecenia wykonania czynności w ramach bieżących potrzeb. W ten sposób maszyny staną się aktywnymi współpracownikami człowieka, a nie tylko wykonawcami z góry określonych czynności[18]. Koncepcja przemysłu 4.0 nie zakłada tworzenia fabryk, w których ludzie zostaną po prostu zastąpieni przez roboty. Chodzi natomiast o to, aby fabryki stały się lepszym miejscem pracy, w którym ludzie pozostaną niezmienne najważniejsi, ale zarazem dzięki nowym technologiom otrzymają znacznie większe niż dotychczas wsparcie ze strony inteligentnych maszyn. Aby jednak było to możliwe, niezbędne będzie przeprofilowanie stanowisk roboczych stosownie do potrzeb wynikających ze zmian w procesach technologicznych (produkcyjnych), a także odpowiednie kompetencje osób zajmujących te stanowiska. Rozwiązaniem ułatwiającym pracę w inteligentnych fabrykach będzie wprowadzenie cyfrowych asystentów pracowników.

Ryzyko bezrobocia technologicznego

Opinie ekspertów w kwestii długookresowego wpływu wdrażania przełomowych technologii na zatrudnienie w przemyśle są podzielone. Spośród prawie dwóch tysięcy menedżerów zapytanych w 2014 r. w tej sprawie przez firmę doradczą Pew Research Center, niemal połowa (48%) była zdania, że w perspektywie 2025 r. rewolucyjne zmiany w sposobie produkcji, w tym rozwój sztucznej inteligencji do zastosowań przemysłowych, spowodują utratę miejsc pracy. Pozostali uważali, że łączna liczba stanowisk roboczych w ostatecznym rozrachunku albo pozostanie bez większych zmian, albo nawet wzrośnie. Wspólnym elementem tych opinii było natomiast przekonanie, że transformacja technologiczna spowoduje zanikanie wielu tradycyjnych zawodów lub przynajmniej mocny spadek zapotrzebowania na pracowników o takich

[18] Wywiad z A. Soldaty..., op.cit.

specjalnościach, choć jednocześnie powstaną nowe branże i nowe profesje[19].

Tezę o pozytywnym w wymiarze netto wpływie czwartej rewolucji przemysłowej na zapotrzebowanie na pracę potwierdzają analizy firmy Roland Berger z 2016 roku. Wynika z nich, iż w wypadku państw Europy Zachodniej do 2035 r. należy się spodziewać spadku popytu na pracę, wynoszącego łącznie 8,3 mln stanowisk roboczych. Będzie on stanowił efekt oddziaływania trzech czynników, a mianowicie: a) poprawy produktywności czynników produkcji, w efekcie której liczba miejsc pracy w przemyśle zmniejszy się o 2,7 mln; b) generalnego pogorszenia konkurencyjności europejskich firm przemysłowych na rynku światowym powodującego spadek popytu na pracę o kolejne 2,7 mln osób oraz c) inwestycji w automatyzację i robotyzację produkcji, co przełoży się na zmniejszenie zatrudnienia o 2,9 mln osób. Wprowadzanie standardów przemysłu czwartej generacji stworzy jednak warunki do powstawania nowych miejsc pracy, których liczbę można ocenić na 9,7 mln do 2035 r. Złoży się na to zapotrzebowanie na specjalistów z zakresu na przykład analizy danych czy cyberbezpieczeństwa szacowane na 1,1 mln osób, kolejne 1,9 mln miejsc pracy będzie efektem wprowadzenia do produkcji nowych wyrobów, zaś 6,7 mln – rozwoju aktywności gospodarczej w nowych obszarach usług. Z przytoczonych danych wynika, że sumaryczny efekt (netto) wdrażania koncepcji przemysłu 4.0 będzie dla rynku pracy pozytywny, bowiem liczba utworzonych miejsc pracy przewyższy o 1,4 mln liczbę miejsc utraconych[20].

Podobna sytuacja wystąpi w przypadku Niemiec, gdzie w efekcie transformacji technologicznej pracę może stracić około 610 tys. osób zatrudnionych w przemyśle. Nie powinno to jednak spowodować wzrostu bezrobocia, ponieważ upowszechnienie przełomowych technologii stworzy nowe możliwości wytwarzania wartości w łańcuchu produkcyjnym, co zwiększy zapotrzebowanie na fachowców z istniejących już specjalności (zwłaszcza z zakresu IT zajmujących się programowaniem, analizą danych, projektowaniem rozwiązań IT oraz interfejsów dla użytkowników maszyn), a także kreować będzie powstawanie zupełnie nowych zawodów, które pojawią się w miejsce zawodów schyłkowych. W efekcie powstanie około 960 tys. nowych miejsc pracy, a więc o 250 tys. więcej niż ubędzie[21].

Jeden z celów badań wpływu wdrażania przełomowych technologii na zatrudnienie stanowią próby określenia segmentu rynku pracy, gdzie ryzyko wystąpienia bezrobocia

---

[19] *Digital life in 2025. AI, robotics, and the future of jobs*, Pew Research Center, August 6, 2014, s. 5 i 45. Przykładowo Marcin Jędrzejewski z międzynarodowej firmy doradczej Boston Consulting Group (BCG) przewiduje, iż w warunkach przemysłu 4.0 pojawi się duże zapotrzebowanie na specjalistów w zakresie: koordynacji robotów, analizy danych przemysłowych, bezpieczeństwa danych oraz symulacji produktów, materiałów i procesów produkcyjnych; M. Jędrzejewski: *Cztery nowe zawody w przemyśle przyszłości* <http://biznesalert.pl/jedrzejewski-cztery-nowe-zawody-w-przemysle-przyszlosci>.

[20] *The industrie 4.0 transition quantified. How the fourth industrial revolution is reshuffling the economic, social and industrial model*, „Think Act", Roland Berger, 2016, s. 15-16.

[21] *Ibidem*, s. 20.

technologicznego jest szczególnie wysokie. W tym kontekście wśród analiz dotyczących Polski można wskazać raport przygotowany w Warszawskim Instytucie Studiów Ekonomicznych (WISE), z którego wynika, że aż 36% ogółu zatrudnionych pracuje w zawodach bardzo podatnych na konsekwencję automatyzacji i robotyzacji produkcji, podczas gdy w zawodach uważanych za relatywnie bezpieczne pracuje obecnie niespełna 28% zatrudnionych[22]. W porównaniu z zachodnioeuropejskimi krajami UE, Polska jest w większym stopniu zagrożona bezrobociem technologicznym. Oprócz czekających każde państwo UE procesów dostosowawczych związanych ze skutkami postępującej automatyzacji i robotyzacji produkcji, w przypadku Polski, podobnie jak w większości państw Europy Środkowej i Wschodniej, czynnikiem zaostrzającym problemy strukturalne na rynku pracy będzie ogólne zapóźnienie technologiczne w stosunku do wysoko rozwiniętej części Unii[23]. Związane jest to z charakterem wzrostu gospodarczego w Polsce, który dotychczas opierał się w znacznym stopniu na czynniku pracy, z relatywnie małą rolą w tym względzie wiedzy, innowacji i zaawansowanych technologii.

Wysokie ryzyko bezrobocia technologicznego występuje w zawodach odznaczających się powtarzalnością stosunkowo prostych czynności oraz postępowaniem według określonego wzorca (algorytmu), a także wymagających dużej siły fizycznej i związanych z pracą w niebezpiecznych warunkach[24]. Z kolei do zawodów, w wypadku których pracownicy nie muszą obawiać się skutków wdrożenia przełomowych technologii zalicza się profesje wymagające kreatywności i poszukiwania niestandardowych rozwiązań. Ponadto automatyzacji i robotyzacji trudno poddają się zawody, w których istotne znaczenie mają kontakty społeczne oraz kompetencje interpersonalne, takie jak: umiejętność perswazji, negocjacji czy wrażliwość społeczna. Pracę człowieka wciąż jeszcze jest trudno całkowicie zastąpić, szczególnie przy wykonywaniu czynności wymagających koordynacji międzykończynowej oraz precyzji i sprawności w operowaniu przedmiotami. Współczesne maszyny – mimo ogromnego postępu w zakresie ich funkcjonalności, jaki dokonał się w minionych latach – nadal tutaj nie radzą sobie wystarczająco dobrze[25].

---

[22] M. Bitner, R. Starościk, P. Szczerba: *Czy robot zabierze ci pracę? sektorowa analiza komputeryzacji i robotyzacji europejskich rynków pracy*, „Working Paper", WISE, s. 24. Odsetek ogółu zatrudnionych w zawodach bardzo podatnych na konsekwencję automatyzacji i robotyzacji produkcji w wypadku innych państw zachodnich wynosi odpowiednio: Japonia – 21%, Wielka Brytania – 30%, Niemcy – 35% oraz USA – 38%, „UK Economic Outlook", March 2017, PwC, s. 30.

[23] *Ibidem*, s. 24.

[24] W cytowanym raporcie WISE do zawodów szczególnie podatnych na skutki wdrożenia przełomowych technologii zaliczono następujące profesje: robotnicy w przetwórstwie spożywczym oraz w produkcji odzieży i pokrewni, pracownicy administracyjni, obsługi biurowej i sekretarze wyspecjalizowani, kasjerzy i inni pracownicy obrotu pieniężnego, pomoce i sprzątaczki domowe, biurowe oraz hotelowe, robotnicy pomocniczy w górnictwie i budownictwie, maszyniści kolejowi, dyżurni ruchu i pokrewni, operatorzy maszyn i urządzeń górniczych, monterzy, kierowcy samochodów wszelkiego rodzaju, operatorzy pojazdów wolnobieżnych i pokrewni, operatorzy innych maszyn i urządzeń przetwórczych, kowale, ślusarze i pokrewni oraz pozostali pracownicy wykonujący prace proste.

[25] M. Bitner, R. Starościk, P. Szczerba: *Czy robot zabierze ci pracę?…,* op.cit., s. 7

Natomiast jeśli chodzi o zawody podatne na bezrobocie technologiczne, to większość z nich nawet w wypadku bardzo wysokiego stopnia automatyzacji i robotyzacji nie zniknie całkowicie, lecz podlegać będzie dwojakim przeobrażeniom:
– niektóre zachowają swój charakter, lecz ograniczą się do zaspokajania niszowej grupy klientów ceniących tradycyjne usługi świadczone na przykład przez szewców, krawców czy kowali;
– inne zamiast pracy fizycznej w coraz większym stopniu polegać będą na obsłudze maszyn – dotyczy to przede wszystkim sprzątaczy, robotników przemysłowych oraz pracowników biurowych.

W obydwu wypadkach oznaczać to będzie redukcję miejsc pracy, ale także radykalną zmianę ich charakteru, co może spowodować, że osoby dotychczas je wykonujące nie będą potrafiły dłużej tego robić. Przykładowo, obecny kierowca ciężarówki może mieć problemy z obsługą systemu informatycznego zarządzającego ruchem wielu bezzałogowych pojazdów. Na tej zasadzie prawdopodobnie większość pracowników reprezentujących zawody schyłkowe, którzy utracili pracę w konsekwencji transformacji technologicznej przemysłu będzie miało trudności z przekwalifikowaniem się na specjalistów nowoczesnych branż i może zostać dotkniętych bezrobociem strukturalnym z uwagi na niedostatek kwalifikacji. Z powyższego wynika, iż wdrażanie technologii przełomowych musi być powiązane z szerokim programem szkolenia zawodowego pracowników, obejmującym kształcenie w ramach nowych kierunków wiedzy odpowiadających potrzebom przemysłu czwartej generacji. Musi to być także kształcenie mające na celu poszerzenie umiejętności w zakresie pracy odznaczającej się dużą zmiennością realizowanych zadań oraz wymagającej stałego uzupełniania kompetencji, tak aby pracownicy, a w szczególności kadra inżynierska i zarządzająca, posiadali niezbędne w warunkach przemysłu 4.0 cechy psychofizyczne[26].

Praktycznie w każdym kraju UE występuje problem niewystarczających kompetencji pracowników przemysłu w stosunku do potrzeb warunkujących efektywne przeprowadzenie transformacji technologicznej. Różnice polegają jedynie na skali tego problemu oraz możliwościach uporania się z deficytem umiejętności. Fakt ten potwierdzają badania ankietowe wśród menedżerów firm przemysłowych, z których wynika, że – przykładowo w Niemczech – tylko około połowa kadry zarządzającej posiada odpowiednie umiejętności pozwalające na przeprowadzenie firmy przez okres zmian technologicznych, a przygotowanie zawodowe pracowników wykonawczych

[26] Menedżer (inżynier) przemysłu 4.0 to ktoś kto dysponuje: a) wiedzą fachową dotyczącą operacji technologicznych, które wykonuje lub nadzoruje (umiejętność pracy z robotami oraz przezbrajania maszyn); b) wiedzą z zakresu IT, poczynając od umiejętności podstawowych (użycie arkusza kalkulacyjnego) po wiedzę bardzo zaawansowaną (programowanie maszyn, analiza wielkich zbiorów danych, umiejętność pracy w świecie wirtualnym); c) umiejętnością uczenia się nowych zagadnień, zwłaszcza o charakterze interdyscyplinarnym. J. Gracel, M. Makowiec: *Kluczowe kompetencje menedżera*…, op.cit., s. 106.

w tym względzie oceniane jest jako generalnie słabe[27].

Istniejący w Polsce system kształcenia zawodowego nie jest w stanie w wystarczającym stopniu wyposażyć pracowników w umiejętności warunkujące możliwość pracy w przemyśle czwartej generacji. Przede wszystkim obecny model kształcenia preferuje wąskie specjalizacje, podczas gdy od pracownika przemysłu 4.0 będzie się wymagało umiejętności interdyscyplinarnego łączenia kompetencji technicznych oraz z zakresu informatyki i mechatroniki, a także dobrej znajomości tradycyjnych dziedzin, jak matematyka i fizyka. Ponadto polskie szkoły i uczelnie z reguły nie zapewniają wystarczającej wiedzy z zakresu najnowszych osiągnięć w danej dziedzinie oraz sposobów praktycznego wykorzystania technologii stosowanych w tym obszarze. Istotnym mankamentem polskiego systemu edukacji zawodowej jest także przykładanie zbyt małej wagi do wyrabiania w przyszłych pracownikach otwartości na zmiany, umiejętności elastycznego dostosowywania się do wielu funkcji i środowisk pracy oraz nawyku poszerzania swoich kompetencji. Problemy z dostosowaniem umiejętności pracowników do potrzeb przemysłu 4.0 potęguje fakt, iż polscy przedsiębiorcy w większości wypadków (68% wskazań w badaniach ankietowych przeprowadzonych przez firmę ASTOR) nie mają programu rozwoju zawodowego osób zatrudnionych a połowa firm w ogóle nie widzi potrzeby szkoleń dla swoich pracowników[28].

Przygotowanie przemysłu do transformacji

Wyniki badań ankietowych polskich przedsiębiorców

Przeprowadzony w okresie marzec-kwiecień 2017 r. w ramach projektu „Smart Industry Polska 2017"[29] przegląd krajowego przemysłu pod kątem zaawansowania procesu wdrażania przełomowych technologii pokazał, że zdecydowana większość badanych firm jest przekonana o istotnym wpływie automatyzacji i robotyzacji cyklu wytwórczego na ich konkurencyjność oraz pozycję rynkową (tabela 1, s. 102). Świadomość ta w ograniczonym jednak stopniu przekłada się na decyzje inwestycyjne. Co prawda, zainteresowanie automatyzacją deklaruje aż 90% pytanych o to firm (tabela 2, s. 102), ale tylko w wypadku nieco ponad 14% z nich oznacza to konkretne działania w odniesieniu do całych linii produkcyjnych[30], natomiast

[27] *Inżynierowie przemysłu 4.0 (nie)gotowi do zmian*?, ASTOR Whitepaper 2017, s. 27. J. Gracel, M. Makowiec: *Kluczowe kompetencje menedżera*…, op.cit., s. 119.

[28] *Ibidem*, s. 28.

[29] Badanie zostało przeprowadzone przez Instytut Kantar Millward Brown na zlecenie Siemens Sp. z o.o. na reprezentatywnej próbie mikro, małych i średnich przedsiębiorstw przemysłowych. Wielkość próby wyniosła 250 firm (75 mikro, 100 małych oraz 75 średnich przedsiębiorstw), z których 90% stanowiły podmioty w całości z kapitałem polskim. Wyniki badań zostały przedstawione w raporcie pt. *Smart Industry Polska 2017. Adaptacja innowacji w działalności mikro oraz małych i średnich przedsiębiorstw produkcyjnych w Polsce*, Ministerstwo Rozwoju i Siemens Sp. z o.o., Warszawa, maj 2017.

[30] Przytoczone dane korespondują z wynikami badań poziomu automatyzacji polskich przedsiębiorców przemysłowych przeprowadzonych przez firmę ASTOR, z których wynika, że o pełnej automatyzacji produkcji można mówić jedynie w wypadku 15% tych zakładów.

Tabela 1. **Technologie decydujące o konkurencyjności przedsiębiorców (odsetek odpowiedzi wskazujących daną technologię)**

Rodzaj technologii	Odsetek odpowiedzi
Automatyzacja produkcji z wykorzystaniem pojedynczych maszyn	62,9
Automatyzacja produkcji z wykorzystaniem kilku maszyn	51,8
Robotyzacja linii produkcyjnych	34,7
Technologie mobilne wspierające komunikację w procesie produkcji	19,1
Drukowanie przestrzenne (3D) przy tworzeniu prototypów lub w produkcji	11,6
Wykorzystywanie dużych zbiorów danych i zaawansowanej ich analityki w procesie produkcji (Big Data)	10,8
Sieć wbudowanych w wyroby sensorów przesyłających dane (IoT)	4,8
Pozyskiwanie i przetwarzanie informacji w chmurze (Cloud Computing)	3,6

Źródło: „Smart Industry Polska 2017…", op.cit., s. 52.

Tabela 2. **Stopień wykorzystania przez polski przemysł nowych technologii obecnie i w przyszłości (odsetek odpowiedzi wskazujących daną technologię)**

Rodzaj technologii	Obecnie	W ciągu 1-3 lat	Później, wcale lub brak odpowiedzi
Automatyzacja produkcji z wykorzystaniem pojedynczych maszyn	48,6	10,4	41,0
Technologie mobilne wspierające komunikację w procesie produkcji	30,7	7,2	62,1
Automatyzacja produkcji z wykorzystaniem kilku maszyn	27,1	8,8	64,1
Robotyzacja linii produkcyjnych	14,3	3,6	82,1
Internet rzeczy	13,1	2,8	84,1
Big Data	11,6	2,8	85,6
Pozyskiwanie i przetwarzanie informacji w chmurze	11,2	6,8	82,0
Drukowanie przestrzenne (3D) przy tworzeniu prototypów lub w produkcji	8,4	1,6	90,0
Mikro i makroekonomika; nanotechnologia	7,6	3,2	89,2

Źródło: „Smart Industry Polska 2017…", op.cit., s. 40.

w przeważającej masie przedsiębiorcy wybierają warianty najprostsze, tj. zakup pojedynczego automatu obróbczego (takie rozwiązanie wskazało 49% firm objętych badaniem) lub co najwyżej zainstalowanie niewielkiej liczby współpracujących ze sobą maszyn (27% wskazań). Symptomatyczne jest także, że technologie, które stanowić mają podstawę przemysłu czwartej generacji (IoT, Big Data, chmura obliczeniowa, drukowanie 3D) nie są w Polsce postrzegane jako priorytetowe czynniki decydujące o konkurencyjności, co znajduje wyraz w dalszych miejscach takich technologii na liście planowanych i realizowanych inwestycji. Ze wspomnianego badania wynika również, że w perspektywie trzech najbliższych lat trudno liczyć na przełom w zaawansowaniu technologicznym produkcji, bowiem o inwestycjach w obszarze robotyki myśli tylko niecałe 4% firm, a inwestycje w różne technologie cyfrowe planuje około 3% firm (z wyjątkiem chmury obliczeniowej, której dotyczy blisko 7% wskazań).

W latach 2016–2017 firma ASTOR przeprowadziła badania zmierzające do określenia stopnia przygotowania polskich firm do wdrożenia rozwiązań otwierających drogę do przemysłu czwartej generacji. Większość przedsiębiorców o to zapytanych w 2017 r. stwierdziła, że znajduje się w fazie upowszechniania podstaw automatyki przemysłowej (42% wskazań), natomiast zaawansowanie działań w tym zakresie zadeklarowało 36% przedsiębiorców, wobec 25% w 2016 r. (tabela 3, s. 104). Z danych wynika, iż polski przemysł jako całość wciąż jeszcze nie uporał się z wyzwaniami trzeciej rewolucji przemysłowej, zaś firmy, które stoją u progu czwartej rewolucji należą do rzadkości (7% wskazań), chociaż jest już ich nieco więcej niż w 2016 r. (6% wskazań). W tej sytuacji pierwszoplanowym zadaniem jest dokończenie budowy solidnej infrastruktury w obszarze automatyzacji i robotyzacji, która stanowić będzie fundament pod przyszłe inwestycje w inteligentne technologie. W ten sposób stworzone zostaną warunki do stopniowego wprowadzania przełomowych rozwiązań technicznych stanowiących podstawę przemysłu 4.0.

Czynniki utrudniające automatyzację i robotyzację

Chociaż w okresie 2010–2016 liczba środków automatyzacji w polskim przemyśle znacząco wzrosła, w czym bardzo pomogły fundusze europejskie (tabela 4, s. 105), to jednak – z uwagi na fakt, że przyrost ten nastąpił z niskiego pułapu wyjściowego – Polska pod względem stopnia automatyzacji i robotyzacji produkcji nadal zdecydowanie ustępuje większości państw UE, łącznie z naszymi południowymi sąsiadami[31]. Przyczyny tego stanu rzeczy są zasadniczo cztery:

[31] Wskazuje na to m.in. tzw. wskaźnik gęstości robotów przemysłowych – definiowany jako liczba robotów przypadająca na 10 tys. zatrudnionych w przetwórstwie przemysłowym – który w 2016 r., zgodnie z danymi International Federation of Robotics (IFR), wynosił w Polsce 32, podczas gdy na Słowacji 135, w Czechach 101, w zachodnioeuropejskich krajach UE od 144 w Austrii do 309 w Niemczech, zaś w państwach najwyżej zaawansowanych pod względem automatyzacji produkcji odpowiednio: 488 w Singapurze i 631 w Korei Płd. *Robot density rises globally*, IFR, 20.3.2018 <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally>.

Tabela 3. **Miejsce polskich firm w procesie zmian w organizacji i technologii produkcji (odsetek odpowiedzi wskazujących daną rewolucję przemysłową jako odpowiednik poziomu organizacji i zaawansowania technologicznego produkcji adekwatny dla badanej firmy)**

Rewolucyjne zmiany w organizacji i technologii produkcji		Odsetek odpowiedzi	
		2016	2017
I rewolucja przemysłowa mechanizacja produkcji z wykorzystaniem początkowo siły pary i wody, a następnie energii elektrycznej	1,0	14,0	6,3
	1,5	1,0	1,7
II rewolucja przemysłowa wprowadzenie linii produkcyjnych umożliwiających produkcję masową	2,0	6,0	2,1
	2,5	8,0	4,2
III rewolucja przemysłowa zastosowanie automatyki przemysłowej opartej na sterownikach PLC, oprogramowaniu przemysłowym (SCADA, ERP, MES) oraz robotach i manipulatorach	3,0	40,0	42,4
	3,5	25,0	36,1
IV rewolucja przemysłowa upowszechnienie Internetu Rzeczy zapewniającego globalny dostęp do danych i maszyn oraz inteligencji maszynowej, umożliwiającej autonomizację procesów produkcyjnych	4,0	6,0	7,1

Źródło: J. Gracel: *4 archetypy fabryk przyszłości*, „Harvard Business Review Polska", 2017, ASTOR, <www.hbrp.pl/b/4-archetypy-fabryk-przyszlosci/PLZZtX6TV>.

1. Bardzo utrudniony przed 2004 r. dostęp polskich firm do nowoczesnych technologii zachodnich. Bariera ta zniknęła faktycznie dopiero po akcesji Polski do Unii wraz z coraz szerszym udziałem naszych firm w łańcuchach kooperacyjnych koncernów światowych oraz zwiększonym napływem bezpośrednich inwestycji zagranicznych stanowiących również istotne źródło postępu technicznego.
2. Wysokie koszty automatyzacji i robotyzacji produkcji, przekraczające możliwości finansowe znacznej części krajowych przedsiębiorców.
3. Niskie koszty pracy, nieskłaniające w warunkach deficytu kapitału do inwestycji w drogie maszyny. Narastający obecnie niedobór pracowników i będące tego konsekwencją zwiększone naciski na wzrost płac zapewne spowodują, że krajowi przedsiębiorcy, w większym niż dotychczas stopniu, zaczną się interesować rozwiązaniami oszczędzającymi pracę, takimi jak automatyzacja i robotyzacja.
4. Opory mentalne polskich przedsiębiorców wobec angażowania się w automatyzację i robotyzację produkcji. Wciąż dają o sobie znać stereotypy, że zautomatyzowane ciągi technologiczne dużo kosztują, trudno je zainstalować, zaprogramować i obsługiwać, a ponadto są mało elastyczne, jeśli chodzi o możliwość zmiany charakteru zadań i dlatego sprawdzają się tylko w przypadku produkcji wielkoseryjnej o stałym asortymencie wyrobów. W rezultacie wielu przedsiębiorców planując inwestycje widzi w automatyzacji

Tabela 4. **Wyposażenie polskiego przemysłu w środki automatyzacji procesów produkcyjnych w 2010 i 2016 r. (w tys. szt.)**

Środki automatyzacji procesów produkcyjnych	2010	2016
Linie produkcyjne automatyczne	13,9	17,9
Linie produkcyjne sterowane komputerem	12,9	17,5
Centra obróbcze oraz obrabiarki laserowe sterowane numerycznie	9,6	14,7
Roboty i manipulatory przemysłowe	8,0	15,4
Komputery do sterowania i regulacji procesów technologicznych	33,1	45,9

Źródło: Rok 2010 – Dane GUS; rok 2016 – szacunki eksperckie. Cyt. za: Andrzej Ostrowski: *Automatyzacja produkcji w Polsce – raport. Krok w kierunku standardów przemysłu 4.0*, "Magazyn Przemysłowy", nr 3/2018, s. 73.

i robotyzacji produkcji przede wszystkim koszty i problemy techniczne, a nie długofalowe korzyści, które decydować będą o konkurencyjności firmy i jej pozycji rynkowej[32].

Takie podejście nie uwzględnia efektów zmian technologicznych, jakie cały czas dokonują się w dziedzinie automatyki i robotyki, w konsekwencji których[33]:

• Następuje stała poprawa funkcjonalności zautomatyzowanych maszyn, w tym robotów przemysłowych oraz ich parametrów technicznych (dokładność, powtarzalność, udźwig, zakres obszaru roboczego, optymalizacja ruchów) i ekonomicznych (szybkość, zużycie energii, żywotność). Dzięki temu dzisiaj urządzenia takie mogą realizować coraz szerszą i bardziej zróżnicowaną paletę zadań, wykonując je z większą szybkością, dokładniej i taniej. Szczególnie roboty wieloramienne oraz współpracujące bezpośrednio z człowiekiem (tzw. *coboty*) stanowią obecnie jedne z najbardziej elastycznych urządzeń produkcyjnych dostępnych na rynku. Ich właściwe użycie i skonfigurowanie może zaowocować wdrożeniem produkcji według formuły *one piece flow*, czyli tworzeniem nie serii wyrobów, ale pojedynczych sztuk, bez konieczności przezbrajania linii. Ponadto po zakończeniu eksploatacji danego gniazda produkcyjnego maszyny z tego gniazda mogą zostać wykorzystane do budowy kolejnego stanowiska roboczego.

• Instalacja zautomatyzowanych maszyn a także ich programowanie uległo uproszczeniu do tego stopnia, że często takie zadania mogą wykonywać inżynierowie bez specjalnego przygotowania w tej dziedzinie. Niedługo może być

[32] A. Abramczyk: *Robotyka przemysłowa w Polsce*, „Control Engineering Polska", Listopad/grudzień 2016, s. 48-62; K. Łapiński, M. Peterlik, B. Wyżnikiewicz: *Wpływ robotyzacji na konkurencyjność polskich przedsiębiorców*, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową, Warszawa, październik 2015, s. 17-19.

[33] A. Ostrowski: *Robotyzacja polskiego przemysłu – raport. Przełamać niechęć*, „Magazyn Przemysłowy", nr 11/2017, s. 20-21.

pod tym względem jeszcze łatwiej, bowiem program automatu obróbczego będzie mógł zmienić jego operator za pomocą tabletu, nie potrzebując w ogóle wsparcia eksperckiego z zewnątrz.

• Automaty obróbcze stały się urządzeniami bardzo bezpiecznymi dla człowieka w stopniu umożliwiającym współpracę w bezpośredniej bliskości, jak to ma miejsce w przypadku *cobotów*. Tradycyjne zabezpieczenia w postaci wygrodzeń, klatek bezpieczeństwa czy kurtyn są zastępowane rozwiązaniami z zakresu *software*, które służą do ograniczania i monitorowania obszarów roboczych i stref bezpieczeństwa,

• Koszty automatyzacji i robotyzacji firmy stopniowo maleją a obecnie okres zwrotu takiej inwestycji najczęściej nie przekracza czterech lat. W rezultacie zakup zautomatyzowanej maszyny, jej instalacja, zaprogramowanie oraz bieżąca obsługa i serwisowanie pociągają za sobą wydatki, które mogą udźwignąć także przedsiębiorcy z mniejszym budżetem. Oczywiście nadal jest to poważna inwestycja, ale koszty związane z automatyzacją są jak najbardziej adekwatne do korzyści, jakie przynieść może posiadanie robota, chyba że potencjał takiej maszyny nie jest należycie wykorzystywany.

Zautomatyzowane maszyny nowych generacji charakteryzują się bardzo niską awaryjnością, do czego przyczyniają się systemy monitorujące pracę głównych podzespołów, zdolne do wykrycia i zdiagnozowania symptomów możliwej awarii zanim faktycznie ona nastąpi. Poza tym wiele operacji serwisowych może być wykonywanych zdalnie, co bardzo skraca czas przestoju danego urządzenia.

• Automaty mogą z powodzeniem pracować w specjalnych warunkach wynikających z rodzaju wytwarzanych wyrobów – na przykład w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym, gdzie obowiązują szczególne standardy HACCP; w branży elektronicznej, gdzie produkcja wymaga daleko idącej sterylności, a także w branżach, gdzie pracownicy narażeni są na kontakt ze szkodliwymi substancjami, zanieczyszczeniami lub występuje ryzyko wybuchu, pożaru czy skażenia.

Aby automatyzacja i robotyzacja linii produkcyjnych miała sens, firma musi się do tego rzetelnie przygotować. W praktyce oznacza to bardzo często konieczność zdefiniowania na nowo lub przynajmniej doprecyzowania celu działalności firmy oraz jej kluczowych kompetencji. Ponadto przeglądu wymaga wszystko to, co składa się na potencjał przedsiębiorstwa – a więc: struktura organizacyjna, ciągi technologiczne, stan zatrudnienia, powiązania kooperacyjne, gospodarka magazynowa, relacje z klientami itp. – w celu zdefiniowania wąskich gardeł w działalności firmy, których eliminacji służyć ma automatyzacja i robotyzacja produkcji. W warunkach automatyzacji produkcji nie ma miejsca na rozwiązania nieefektywne, mało racjonalne, w tym na przykład na dosyć często występującą sytuację, iż co prawda firma wdrożyła zaawansowany „System realizacji produkcji" (ang. *Manufacturing Execution System* – MES), natomiast informacje napływające z poziomu maszyn i kolejnych szczebli wykonawczych są wprowadzane do baz danych tego systemu ręcznie, a nawet przy wykorzystaniu oddzielnej

dokumentacji papierowej[34]. Jeśli tak się dzieje, trudno uznać, że decyzje produkcyjne i biznesowe są podejmowane na podstawie danych czasu rzeczywistego. Wówczas atuty automatyzacji produkcji nie są w pełni wykorzystywane, co stawia pod znakiem zapytania sens ponoszenia wydatków na nowoczesne maszyny.

Miejsce Polski w rankingu przemysłu 4.0

Zaproponowany przez firmę konsultingową Roland Berger wskaźnik pn. „Industry 4.0. Readiness Index" stanowi próbę zwymiarowania stopnia przygotowania państw objętych badaniem, w tym Polski, do transformacji technologicznej w kierunku przemysłu czwartej generacji. Wskaźnik ten został zbudowany na podstawie 23 parametrów cząstkowych pogrupowanych w 7 filarach, obrazujących stopień zaawansowania procesów produkcyjnych, zakres automatyzacji linii wytwórczych, poziom innowacyjności przemysłu oraz jakość zasobów ludzkich. Przy jego obliczaniu bierze się także pod uwagę udział wartości dodanej w produkcji przemysłowej, relacje eksportu i importu do wartości produkcji przemysłowej, a także upowszechnienie Internetu oraz rozwój sieci innowacji. Połączenie omawianego indeksu z tradycyjnym wskaźnikiem uprzemysłowienia gospodarki pokazującym udział przemysłu w PKB tworzy matrycę, która dzieli państwa Europy na cztery grupy:

- kraje będące liderem transformacji technologicznej (w oryginale: *Frontrunners*),
- kraje posiadające gospodarki przygotowane do zmian (*Potentialists*),
- kraje, których gospodarki bazują na tradycyjnych rozwiązaniach (*Traditionalists*),
- kraje, w których transformacja napotyka na poważne przeszkody (*Hesitators*).

W omawianym rankingu, dotyczącym stanu z 2014 r., Polska została zaliczona do grupy *Hesitators*, co oznacza niski stopień przygotowania do wdrożenia standardów przemysłu czwartej generacji[35]. Nowsze rankingi obrazujące stopień zaawansowania państw w procesie wdrażania zmian systemowych wpisujących się w koncepcję przemysłu 4.0, zaproponowane przez inne ośrodki badawcze, również sytuują Polskę na dalekich miejscach, za większością

[34] Z badań prowadzonych przez firmę ASTOR w 2015 r., dotyczących wewnętrznej polityki obiegu danych w polskich przedsiębiorstwach wynika, że tylko w 36% zbadanych przypadków systemy sterowania maszyn były zintegrowane z oprogramowaniem przemysłowym na tyle, aby gromadzenie danych następowało automatycznie. W pozostałych przypadkach dane produkcyjne były wprowadzane do systemu wspierającego zarządzanie firmą ręcznie, przy czym stosowanie odrębnej dokumentacji papierowej stwierdzono w co czwartym takim przypadku. J. Kowalkowska: *Firmy produkcyjne inwestują w automatykę ale dane nadal przetwarzają także ręcznie*, portal www.astor.com.pl, dostęp od 20.1.2016 <https://www.astor.com.pl/o-nas/artykuly/biznes/9964-firmy-produkcyjne-inwestuja-w-automatyke-ale-dane-nadal-przetwarzaja-takze-recznie.html>.

[35] Do tej grupy zaliczono także Estonię, Łotwę, Chorwację, Portugalię, a także – co może zaskakiwać – Hiszpanię i Włochy. Grupa *Hesitators*, podobnie zresztą jak pozostałe trzy grupy, jest wewnętrznie zróżnicowana. Dolną strefę tej grupy, oznaczającą najniższy stopień przygotowania przemysłu do transformacji technologicznej zajmują Polska i Chorwacja, górną zaś strefę – Hiszpania, Włochy i Estonia. *Industry 4.0. The role of Switzerland within a European manufacuring revolution*, „Think Act", Roland Berger Strategy Consultants, March 2015, s. 16.

krajów UE, z wyjątkiem Bułgarii, Rumunii, Grecji i niekiedy Włoch[36].

W drodze do standardów 4.0

Na sukces transformacji polskiego przemysłu w kierunku standardów 4.0 złożyć się muszą dwa kluczowe czynniki:

- aktywność w tym zakresie przedsiębiorców, którzy na ogół mają już świadomość procesów zachodzących na rynkach światowych i wpływu tych zmian na międzynarodową konkurencyjność firm;
- właściwa polityka państwa stwarzająca sprzyjające warunki do wdrożenia w Polsce przełomowych technologii.

Ważne jest, iż krajowi przedsiębiorcy zaczynają interesować się możliwością wykorzystania technologii kojarzonych z przemysłem czwartej generacji, czego wyrazem jest coraz liczniejszy ich udział w prezentacjach, konferencjach i warsztatach dotyczących koncepcji przemysłu 4.0 oraz inteligentnych fabryk. Wydarzenia takie służą upowszechnianiu wiedzy na temat przemysłu czwartej generacji a zarazem stanowią płaszczyznę dyskusji i nawiązywania kontaktów oraz współpracy między uczestnikami, którzy chcą działać na rzecz transformacji technologicznej Polski. Taką właśnie genezę ma powołana do życia w 2016 r. „Inicjatywa na rzecz polskiego przemysłu 4.0" z udziałem przedstawicieli środowisk przemysłu, biznesu i nauki.

Jak znaczącą rolę w procesie budowania zrębów przemysłu czwartej generacji mają do odegrania agendy rządowe pokazują doświadczenia krajów takich jak Niemcy, USA czy Japonia, zaawansowanych w tych działaniach. Wynika z nich, iż zadania państwa w obszarze spraw związanych z tworzeniem podwalin pod przemysł 4.0 muszą obejmować zwłaszcza[37]:

- zapewnienie rozwiązań regulacyjnych umożliwiających rozwój przemysłu 4.0, obejmujących szeroką paletę zagadnień, poczynając od kwestii tak szczegółowych, jak amortyzacja, a kończąc na aspektach o bardzo szerokim wymiarze, jak na przykład bezpieczeństwo danych;
- zapewnienie niezbędnych kompetencji w gospodarce, w szczególności odpowiedniej ilości i jakości pracowników obeznanych z przełomowymi technologiami; istotną rolę pełnić tu będą regionalne centra kompetencji oraz inkubatory liderów przemysłu 4.0, które mają pomagać przedsiębiorcom we wprowadzaniu zmian w sferze produkcji, technologii i organizacji firm;

[36] Przykładowo: w rankingu pn. *Industry 4.0 Readiness*, opracowanym przez Duński Instytut Przemysłu 4.0 z Kopenhagi, Polska w 2016 r. została umieszczona na 43 miejscu (na 120 państw objętych badaniem), *Global industry 4.0 readiness report 2016,* Danish Institute of Industry 4.0, Copenhagen, January 2017, s. 10; w rankingu pn. *Networked Readiness Index*, opracowanym w Światowym Forum Ekonomicznym, Polska w 2016 r. została umieszczona na 42 miejscu (na 139 państw), *Global information technology report 2016,* WEF 2016, s. 16; w rankingu pn. *Digital Evolution Index*, opracowanym na Uniwersytecie Tuffs w Bostonie, Polska w 2017 r. znalazła się na 35 miejscu (na 60 państw), *Digital Planet 2017*, The Fletcher School, Tuffs University, January 2017, s. 21. Jednym z nielicznych nowych rankingów, w którym Polska została umieszczona w miarę wysoko – na 28 miejscu na 136 badanych państw (edycja z 2017 r.) – jest ranking pn. *Change Readiness Index*, opracowany przez KPMG International, *2017 Change readiness index,* KPMG International 2017, s. 6.

[37] *Polska gospodarka w obliczu kolejnej fazy rewolucji przemysłowej. Polska – raport specjalny*, Biuro Analiz Makroekonomicznych Banku Pekao, Styczeń 2018, s. 10-11 <https://www.pekao.com.pl/binsource?docId =62275>.

• stwarzanie warunków do rozwoju infrastruktury, w szczególności teleinformatycznej, o odpowiednich parametrach, jakości i zabezpieczeniach;
• promowanie idei przemysłu 4.0 oraz stymulowanie wymiany doświadczeń przedsiębiorców w tym zakresie.

Punkt wyjścia do działań administracji rządowej we wskazanych obszarach stanowiło powołanie Zespołu ds. Transformacji Przemysłowej, który – stosowanie do rangi, jaką w „Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju" przypisano budowaniu infrastruktury technicznej i kompetencji dla przemysłu 4.0 – stworzyć ma warunki organizacyjno-prawne do działań ukierunkowanych na rozwój w Polsce przemysłu czwartej generacji. W tym celu, na mocy specjalnej ustawy[38], pojawi się instytucja pod nazwą Fundacja – Platforma Przemysłu Przyszłości, funkcjonująca na pograniczu sektora publicznego oraz prywatnego, która powinna spełniać rolę krajowego integratora odpowiedzialnego za doprowadzenie do transformacji technologicznej polskiego przemysłu. Do głównych zadań Platformy należeć będzie:
• budowanie świadomości i promowanie korzyści wynikających z cyfryzacji przemysłu;
• wspieranie podnoszenia poziomu technicznego, technologicznego i organizacyjnego krajowych przedsiębiorstw, ze szczególnym uwzględnieniem automatyzacji i robotyzacji procesów przetwórczych, logistycznych i energetycznych oraz cyfrowej integracji tych procesów;
• promowanie i wspieranie stosowania inteligentnych systemów zarządczych, wytwórczych i dystrybucyjnych;
• inicjowanie i zarządzanie projektami badawczymi ukierunkowanymi na rozwój inżynierii materiałowej, technik wytwórczych oraz nowych produktów;
• prowadzenie działalności edukacyjnej służącej zdobywaniu kompetencji zawodowych związanych z cyfryzacją przemysłu;
• promowanie zintegrowanych rozwiązań technologicznych zapewniających interoperacyjność, zachowanie suwerenności danych oraz cyberbezpieczeństwo;
• tworzenie mechanizmów współdziałania, dzielenia się wiedzą oraz budowania zaufania w relacjach między podmiotami zaangażowanymi w proces transformacji;
• udzielanie pomocy publicznej wspierającej transformację technologiczną polskiego przemysłu.

W chwili obecnej wśród nowych instrumentów wspomagania przedsiębiorców, które skutkować mogą również wsparciem dla działań na rzecz automatyzacji i robotyzacji przemysłu, wymienić trzeba przede wszystkim dokonane w 2017 r. dwie zmiany przepisów prawa podatkowego służące poprawie otoczenia prawno-finansowego działalności innowacyjnej. Pierwsza z tych zmian, wprowadzona ustawą z 7 lipca 2017 r. nowelizującą przepisy

[38] Projekt ustawy dostępny na stronie internetowej Rządowego Centrum Legislacji. W końcu czerwca 2018 r. wciąż jeszcze trwały prace nad ostatecznym kształtem ustawy i końcowe uzgodnienia międzyresortowe przed skierowaniem projektu pod obrady Rady Ministrów, projekt jest dostępny: <https://legislacja.rcl.gov.pl/projekt/12304302>.

o podatku dochodowym od osób fizycznych oraz podatku dochodowym od osób prawnych, umożliwia przyspieszoną amortyzację inwestycji w maszyny i urządzenia produkcyjne[39]. Z kolei druga zmiana, wprowadzona ustawą z 9 listopada 2017 r., zawiera regulacje, które generalnie zachęcać mają przedsiębiorców do angażowania się w prace badawczo-rozwojowe, a więc także w projekty z zakresu automatyzacji i robotyzacji produkcji oraz związanego z tym oprogramowania[40].

Formę wspierania transformacji technologicznej polskiego przemysłu, zwłaszcza małych i średnich przedsiębiorstw, stanowi instrument zwany bonem na innowacje, będący w gestii Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości, posiadającej na ten cel środki w łącznej wysokości 70 mln zł pochodzące z puli programu operacyjnego „Inteligentny rozwój 2014–2020". Dofinansowanie w wysokości od 60 do 340 tys. zł może być wykorzystane na zakup od jednostek naukowych usług związanych z opracowaniem nowego lub znacząco ulepszonego wyrobu, technologii lub projektu wzorniczego. Ponadto małe i średnie przedsiębiorstwa mogą również ubiegać się o kredyt na innowacje technologiczne oferowany ze środków Banku Gospodarstwa Krajowego. W tym wypadku wsparcie dla firm stanowi premia technologiczna obejmująca spłatę części kredytu udzielonego na wdrożenie innowacji.

Rozpatrując problem długofalowo ważne jest, aby wsparcie dla działań wdrażających standardy przemysłu 4.0 nie koncentrowało się nadmiernie na obszarze produkcji materialnej. Oczywiście obecnie jest to poniekąd uzasadnione, ponieważ dopiero odpowiednio zaawansowana automatyzacja i robotyzacja procesu wytwarzania stanowi punkt wyjścia do dalszych zmian w ramach transformacji technologicznej polskiego przemysłu. Pamiętać jednak trzeba, że jednym z elementów procesu dochodzenia do poziomu przemysłu czwartej generacji powinna być zmiana modelu biznesowego polegająca na położeniu większego nacisku w cyklu wytwarzania wyrobów na fazę przedprodukcyjną (prace badawczo-rozwojowe, wzornictwo, logistyka) i fazę poprodukcyjną (marketing, serwisowanie) kosztem fazy związanej z samą fabrykacją wyrobów. Zapewni to polskim firmom udział w najbardziej zyskownych segmentach łańcucha wartości dodanej. Działania zmierzające w tym kierunku prawdopodobnie będą jednak wymagały wsparcia ze środków publicznych i z tego powodu powinny zostać mocno zaznaczone w agendzie „Platformy Przemysłu Przyszłości".

Szanse i wyzwania

Wyścig o uzyskanie przewagi konkurencyjnej dzięki wdrożeniu rozwiązań technologicznych mieszczących się w formule przemysłu czwartej generacji rozpoczął

[39] Dziennik Ustaw" z 2017 r. poz. 1448. Ustawa przewiduje zwłaszcza możliwość dokonania jednorazowego odpisu amortyzacyjnego w wysokości do 100 tys. zł rocznie w wypadku, gdy przedsiębiorca kupi fabrycznie nowe maszyny lub urządzenia – w tym na przykład roboty, komputery czy drukarki 3D – za kwotę nie mniejszą niż 10 tys. zł.

[40] „Dziennik Ustaw" z 2017 r. poz. 2201. W szczególności ustawa zwiększa kwotę tzw. ulgi B+R, tj. kosztów poniesionych z tytułu działalności badawczo-rozwojowej, które przedsiębiorca może odliczyć od podstawy opodatkowania, a także rozszerza katalog kosztów kwalifikowanych, które mogą być odliczone w ramach ulgi B+R.

się już kilka lat temu. Tym samym wizja przemysłu 4.0 przestała być sprawą bliżej nieokreślonej przyszłości i obecnie stanowi dla wielu firm światowych istotę ich strategii rozwoju, która powinna przynieść wymierne efekty biznesowe[41]. Paleta możliwości jest tutaj bardzo szeroka, poczynając od zwiększonych przychodów ze sprzedaży wyrobów i usług, niższych kosztów krańcowych oraz skokowego wzrostu efektywności czynników wytwórczych, a kończąc na poprawie kultury organizacyjnej firm oraz pogłębionych relacjach z klientami. Wszystko to razem oznaczać będzie zyskanie ważkich atutów w rywalizacji na zglobalizowanych rynkach światowych.

Ciekawą próbę zwymiarowania efektów transformacji technologicznej przemysłu na przykładzie gospodarki niemieckiej zawiera raport Boston Consulting Group z kwietnia 2015 r. W ocenie ekspertów BCG wdrożenie standardów przemysłu czwartej generacji spowoduje w tym przypadku w ciągu pięciu lat[42]:

• poprawę produktywności czynników wytwórczych w następstwie obniżenia kosztów produkcji o 5-8% lub 15-25%, w zależności od tego czy w rachunku uwzględnione zostaną czy pominięte koszty materiałowe – w liczbach bezwzględnych oznaczać to będzie wzrost wartości produkcji o 90-150 mld euro;

• powiększenie przychodów o 30 mld euro, tj. równowartość 1% niemieckiego GDP;

• wzrost zatrudnienia o 6% (z 6,06 mln osób do 6,45 mln osób) z zastrzeżeniem, że równocześnie nastąpią istotne zmiany w przekroju wymaganych kwalifikacji i zapotrzebowanie na pracowników o niskich kwalifikacjach wyraźnie się zmniejszy (zostaną oni w dużej części zastąpieni przez maszyny), natomiast zwiększy się popyt na specjalistów z zakresu wysokiej technologii (informatyków, mechatroników, analityków wielkich zbiorów danych itp.);

• pojawienie się inwestycji ukierunkowanych na upowszechnianie przełomowych technologii i kolejnych ich mutacji o łącznej wartości około 250 mld euro .

Dla Polski transformacja technologiczna przemysłu oznaczać będzie szanse na zmianę ukształtowanego na początku lat dziewięćdziesiątych modelu rozwoju gospodarczego opartego głównie na korzystnej relacji kosztów oraz wydajności pracy[43].

---

[41] Przykładem może tu być niemiecki koncern motoryzacyjny Mercedes-Benz budujący w miejscowości Sindelfingen koło Stuttgartu zakład produkcyjny pn. „Werk 56", który w 2020 r. stanowić ma jedną z najnowocześniejszych na świecie fabryk w branży samochodowej. Zakład będzie funkcjonował zgodnie ze standardami przemysłu czwartej generacji w obrębie całego łańcucha tworzenia wartości – od dostawców, przez dział rozwoju, projektowanie i produkcję, aż po relacje z klientami i usługi posprzedażne. Z. Piątek: *Mercedes-Benz buduje zakład produkcyjny „4.0"*, Portal przemysl-40.pl, dostęp od 13.3.2018 <http://przemysl-40.pl/index.php/2018/03/13/mercedes-benz-buduje-zaklad-produkcyjny-4-0/>.

[42] *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, Boston Consulting Group, 9 April 2015 <https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx>.

[43] Koszt 1 roboczogodziny w przemyśle krajowym był w 2016 r. 4,1 razy niższy niż w przemyśle francuskim oraz 3,8 razy niższy niż w przemyśle niemieckim, natomiast wydajność pracy w przeliczeniu na 1 roboczogodzinę była w tym czasie niższa niż w przemyśle francuskim i niemieckim tylko o około 2,1 razy. „Eurostat Newsrelease", No 58/2017, 6 April 2017, s. 3. Baza danych OECD <https://stats.oecd.org/Index.aspx? DataSet Code=PDB_LV#>.

Siły napędzające dotychczasowy rozwój Polski wyraźnie jednak słabną, na co wskazuje coraz bardziej widoczne spowolnienie dynamiki produktywności czynników produkcji (ang. *Total Factor Productivity* – TFP)[44]. Odwrócenie tej niekorzystnej tendencji będzie możliwe tylko w sytuacji zwiększenia roli wiedzy i innowacyjności w pobudzaniu wzrostu gospodarczego. Sprzyjające do tego warunki stworzy wdrożenie rozwiązań przemysłu czwartej generacji, co jednak oznaczać będzie dla polskiej gospodarki zarówno szanse, jak i poważne wyzwania.

Można przypuszczać, że w przypadku Polski długookresowe efekty transformacji technologicznej przemysłu będą w ogólnym zarysie zbliżone do efektów spodziewanych w tych zachodnioeuropejskich państwach UE, które już od pewnego czasu aktywnie działają na rzecz materializacji koncepcji przemysłu czwartej generacji. Wdrożenie przełomowych technologii oznaczać będzie zatem zwłaszcza: a) wzrost produktywności czynników produkcji; b) zwiększenie roli innowacyjności w kreowaniu wzrostu gospodarczego, również dzięki powstawaniu nowych branż zaliczanych do wysokiej techniki; c) lepsze dostosowanie oferty rynkowej do oczekiwań konsumentów; d) możliwość utrzymania kosztów wytwarzania na poziomie charakterystycznym dla produkcji masowej. Wszystko to razem zwiększy możliwości polskich przedsiębiorców w rywalizacji z konkurencją zagraniczną na rynku krajowym oraz rynkach obcych, a także pozwoli utrzymać wysoki (w określonym asortymencie wyrobów) udział polskiego przemysłu w międzynarodowych łańcuchach kooperacyjnych.

Dochodzenie naszych przedsiębiorców do poziomu przemysłu 4.0 może okazać się w krajowych realiach procesem bardzo złożonym. Do najważniejszych w Polsce barier w tym kontekście z pewnością trzeba zaliczyć[45]:

- niski stopień automatyzacji i robotyzacji produkcji, co oznacza niedorozwój podstawowej infrastruktury, na podstawie której można wdrażać standardy przemysłu czwartej generacji;
- trudności z zapewnieniem finansowania projektów związanych z upowszechnieniem technologii kojarzonych z przemysłem 4.0, takich jak: Internet rzeczy, Big Data, wytwarzanie przyrostowe czy urządzenia mobilne; czynnikiem komplikującym decyzje inwestycyjne jest wysoka niepewność w kwestii zwrotu w wypadku tego rodzaju przedsięwzięć;
- problemy związane ze zmianą modelu biznesowego polegającą na położeniu większego nacisku w cyklu wytwarzania wyrobu na fazę przedprodukcyjną (prace badawczo-rozwojowe, wzornictwo, logistyka) i fazę poprodukcyjną (marketing, serwisowanie) kosztem fazy związanej

[44] Zgodnie z danymi Międzynarodowego Funduszu Walutowego średnioroczna dynamika TFP, wynosząca w latach 2003–2007 2,4%, obniżyła się w okresie 2013–2016 zaledwie do 1%. *Republic of Poland. IMF Country Report*, No 17/221, IMF, Washington 2017, s. 34. M. Prochniak: *Changes in Total Factor Productivity*, [w:] M. A. Waresa (red.): *Poland. Competitiveness Report 2016. The role of economic Policy and institutions*, World Economy Research Institute, SGH Warsaw School of Economics, Warsaw 2016, s. 144.

[45] A. Ostrowski: *Automatyzacja produkcji w Polsce* …, op.cit., s. 74.

z samą fabrykacją wyrobów; zapewni to polskim firmom udział w najbardziej zyskownych segmentach łańcucha wartości dodanej;
• problemy wynikające z niewystarczającej interoperacyjności oraz standaryzacji zarówno w obszarze środków produkcji, jak i systemów komunikacji i zarządzania;
• problemy ze skuteczną ochroną danych przemysłowych (kwestia cyberbezpieczeństwa);
• deficyt odpowiednio wykwalifikowanych kadr, trudny do usunięcia w warunkach niewydolnego systemu kształcenia specjalistycznego, zbyt wolno reagującego na potrzeby rynku pracy;
• konieczność przeprofilowania zawodowego części pracowników przy ryzyku wystąpienia zjawiska bezrobocia technologicznego.

Z perspektywy Polski wdrażanie standardów przemysłu 4.0 w krajach wysoko rozwiniętych, według niektórych ocen powinno zakończyć się na przykład w Niemczech około roku 2030, oznaczać będzie[46]:
1. Wzmocnienie międzynarodowej konkurencyjności przedsiębiorców wywodzących się z takich państw. Jednocześnie zmianie ulegnie waga kluczowych przesłanek decydujących o sile rynkowej – bardzo zyskają na znaczeniu takie czynniki, jak: rozwój oraz kompatybilność infrastruktury teleinformatycznej, dostępność tanich i niezawodnych źródeł energii, wysokie i dostosowane do potrzeb przemysłu czwartej generacji kompetencje pracowników oraz przyjazne otoczenie regulacyjne, zmniejszy się natomiast ranga niskich kosztów produkcji;
2. Możliwość realokacji części produkcji dotychczas zlokalizowanej w państwach niskokosztowych (w tym w Polsce). Ponieważ w warunkach transformacji technologicznej przemysłu przeciętne krańcowe koszty produkcji nie tylko nie powinny istotnie wzrosnąć, ale może nawet nastąpić ich obniżka, czynnik kosztowy straci na znaczeniu jako argument przy decyzjach dotyczących lokowania bezpośrednich inwestycji zagranicznych w takich krajach, jak Polska.

W wypadku zbyt wolnego wdrażania w Polsce standardów przemysłu 4.0 pojawić się mogą problemy z brakiem kompatybilności produkcji krajowej oraz produkcji w krajach wysoko rozwiniętych, będące pochodną nieumiejętności sprostania wymogom technologicznym, organizacyjnym czy kompetencyjnym, jakie niesie ze sobą przemysł czwartej generacji. Dotyczy to w szczególności polskich przedsiębiorców kooperujących z firmami z Niemiec, które są jednym z liderów wdrażania rozwiązań przemysłu 4.0, a przecież na rynek niemiecki trafia ponad ¼ polskiego eksportu towarowego[47]. Wszystko to razem prowadzić może do częściowej utraty przez polskie firmy międzynarodowej konkurencyjności, skutkującej utrudnionym dostępem do niektórych rynków zagranicznych, a nawet pewnych segmentów rynku krajowego. Ponadto, w sytuacji braku innych niż niskie koszty ważnych atutów przemawiających za pozostaniem w Polsce

[46] *Polska gospodarka w obliczu kolejnej fazy rewolucji*…, op.cit., s. 8.
[47] *Ibidem*.

kapitału obcego, uruchomiony może zostać proces przesuwania produkcji z powrotem do miejsc pochodzenia kapitału, bowiem koszty w krajach, które wdrożyły standardy przemysłu 4.0 mogą kształtować się korzystniej niż w krajach, w których transformacja technologiczna jeszcze się nie dokonała. W konsekwencji udział polskiego przemysłu w globalnych łańcuchach tworzenia wartości może ulec istotnemu zmniejszeniu. Zatem warunkiem zatrzymania w Polsce produkcji na rzecz koncernów zagranicznych, w tym rozwiniętej bardzo w kraju produkcji wyrobów kooperacyjnych, jest szybki postęp w automatyzacji i robotyzacji działających w Polsce firm przemysłowych[48]. Zbyt wolne działania w tym kierunku, w sytuacji malejącego znaczenia czynnika kosztów produkcji, powodować będą spadek atrakcyjności Polski jako miejsca lokowania bezpośrednich inwestycji zagranicznych.

Wdrażanie przełomowych technologii wywierać będzie silny wpływ na sytuację na rynku pracy, przy czym ostateczny bilans zmian, jeśli chodzi o liczbę zatrudnionych w przemyśle, może być w przypadku Polski mniej korzystny niż w krajach wysoko rozwiniętych. Wynika to z niższego w Polsce poziomu automatyzacji i robotyzacji produkcji, co oznacza, że procesy dostosowawcze w obszarze zatrudnienia związane z transformacją technologiczną przemysłu – mogące skutkować zmniejszeniem liczby miejsc pracy w niektórych dziedzinach produkcji – zasadniczo Polska ma jeszcze przed sobą. Jednocześnie, skoro proces absorbcji rozwiązań przemysłu czwartej generacji wciąż jest w Polsce słabo zaawansowany i działania w tym zakresie są dopiero kwestią przyszłości, jeszcze długo nie pojawią się pozytywne efekty transformacji technologicznej przemysłu w postaci nowych miejsc pracy powstałych w następstwie rozwoju nowych dziedzin produkcji i usług oraz nowych zawodów. Ponieważ zawody zagrożone redukcją zatrudnienia stanowią ponad 1/3 rynku pracy w Polsce, transformacja technologiczna może wymusić konieczność przekwalifikowania zawodowego licznej grupy pracowników przemysłu, z których jedynie część – z uwagi na słabość systemu edukacji zawodowej – zdoła w krótkim czasie przystosować się do pracy na nowych stanowiskach wymagających wysokich umiejętności. Transformacja w kierunku przemysłu 4.0 wymagać więc będzie rozwiązania problemów społecznych, jakie powstać mogą w związku z pojawieniem się grupy osób, które nie będą w stanie sprostać wymaganiom nowej rzeczywistości w przemyśle[49].

Sposób, w jaki realizacja koncepcji przemysłu 4.0 wpłynie na pozycję Polski na rynku europejskim i światowym zależy od stopnia zaangażowania przedsiębiorców, świata nauki, instytucji finansowych,

[48] T. Sarnowski: *Ekonomiczne i organizacyjne aspekty automatyzacji i robotyzacji procesów wytwórczych*, [w:] J. Lichtarski (red.) *Między teorią i praktyką zarządzania. Dokonania, dylematy, inspiracje. Nauka dla praktyki gospodarczej i samorządowej*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie", Tom XVII, zeszyt 4, część I, Wydawnictwo Społecznej Akademii Nauk, Łódź-Warszawa 2016, s. 342.

[49] W. Pawłowicz: *IoT – nadchodzi kolejna rewolucja przemysłowa 4.0*, „Computerworld", nr 2/2017, s. 33.

instytucji otoczenia biznesu oraz agend rządowych w działania na rzecz transformacji technologicznej krajowego przemysłu. Istotna rola przypadnie tutaj powołanej ustawą Polskiej Platformie Przemysłu Przyszłości, która będzie pełnić funkcję integratora odpowiedzialnego za doprowadzenie krajowego przetwórstwa do standardów przemysłu czwartej generacji. Wszelkie zahamowania czy opóźnienia w tym względzie oznaczać będą zmniejszenie korzyści z szans, jakie przemysł 4.0 może przynieść polskim firmom oraz gospodarce jako całości w procesie budowania międzynarodowej konkurencyjności. Jednocześnie nastąpi wzmocnienie potencjalnych zagrożeń, będących skutkiem zlekceważenia czy nawet tylko niedocenienia znaczenia transformacji technologicznej przemysłu dla perspektyw Polski. W sumie prowadziłoby to do stopniowej deindustrializacji naszego kraju ze wszystkimi tego negatywnymi konsekwencjami jeśli chodzi o możliwości przezwyciężenia pułapek rozwojowych, wobec których stoi obecnie Polska.

dr **PAWEŁ WIECZOREK**
specjalizuje się w problematyce bezpieczeństwa ekonomicznego Polski oraz gospodarczych aspektów procesu integracji europejskiej

Słowa kluczowe: rewolucja przemysłowa, przemysł nowej generacji, przemysł 4.0, transformacja technologiczna przemysłu, perspektywy rozwoju

Key words: industrial revolution, new generation industry, industry 4.0, technological transformation of industry, development perspectives