

KONCEPCJA PRZEMYSŁ 4.0 – OCENA MOŻLIWOŚCI WDROŻENIA NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA

Dorota STADNICKA, Władysław ZIELECKI, Jarosław SĘP

Streszczenie: Przemysł 4.0 jest nowoczesną koncepcją wprowadzającą przedsiębiorstwa w nową erę informatyzacji i robotyzacji. Koncepcja dotyczy różnych obszarów funkcjonowania organizacji, które wspomagane są inteligentnymi systemami ułatwiającymi podejmowanie decyzji i automatyzacją poprawiającą wydajność oraz jakość pracy. Idea Przemysł 4.0 jest koncepcją wyłaniającą się i istnieje wiele obaw dotyczących tego czy stanowi ona szansę dla przedsiębiorstw, czy może jest raczej zagrożeniem. W niniejszej pracy przedstawiono założenia koncepcji Przemysł 4.0 oraz opracowano metodykę badania przygotowania przedsiębiorstwa do wdrożenia koncepcji Przemysł 4.0. Zaproponowaną metodykę zastosowano w wybranym przedsiębiorstwie. Wyniki badania omówiono.

Słowa kluczowe: Przemysł 4.0, systemy cyber-fizyczne, Internet rzeczy, możliwości wdrożenia, przemysł meblowy

1. Wprowadzenie

Ewolucja społeczno-gospodarcza ludzkości przebiega w trzech etapach określonych przez Alvina Tofflera [30] falami rozwoju cywilizacyjnego. Pierwsza fala to rewolucja agrarna związana z nabyciem umiejętności uprawy roli oraz upowszechnieniem osiadłego trybu życia. Druga fala to rewolucja przemysłowa zapoczątkowana wynalezieniem maszyny parowej, elektryczności, nowych środków transportu i masowej komunikacji oraz tworzeniem produkcji masowej. Wynalezienie komputera zainicjowało trzecią falę – rewolucję postindustrialną – związaną ze stosowaniem zautomatyzowanych maszyn i urządzeń, nieograniczonym dostępem do informacji oraz odejściem od produkcji masowej na rzecz produkcji zindywidualizowanej

Trzecia fala ewolucji społeczno-gospodarczej ludzkości traktowana jest również jako kontynuacja rewolucji przemysłowej poprzez tworzenie produkcji zautomatyzowanej opartej na elastycznych systemach produkcyjnych oraz inteligentnych fabrykach z cyber-fizycznymi systemami produkcyjnymi, w których informacje przekazywane są za pośrednictwem Internetu. Zmiany zachodzące w przemyśle w następstwie trzeciej fali określane są również mianem trzeciej oraz czwartej rewolucji przemysłowej (Przemysł 3.0 oraz Przemysł 4.0).

Koncepcja Przemysł 4.0 definiowana jest w pracy [10] jako wspólne określenie dla technologii i koncepcji organizacji łańcucha wartości. W ramach modułowo zbudowanych inteligentnych fabryk („Smart Factories”) systemy cyber-fizyczne monitorują procesy fizyczne, tworzą wirtualną kopię świata fizycznego i podejmują zdecentralizowane decyzje. Poprzez „Internet Rzeczy” systemy cyber-fizyczne komunikują się i kooperują ze sobą nawzajem i z ludźmi w czasie rzeczywistym. Poprzez „Internet Serwisu” oferowane są i wykorzystywane przez uczestników łańcucha wartości, wewnętrzne

i międzyorganizacyjne usługi. Do tej pory opublikowano wiele prac prezentujących rozwój i założenia Przemysłu 4.0. [10, 12, 20, 33].

Krajem o największym zaawansowaniu we wdrażaniu wspomnianej koncepcji są Niemcy. Działania związane z wdrożeniem są wspierane na szczeblu rządowym, czego dowodem są wydane rekomendacje dotyczące wdrażania [11]. Stworzono nawet specjalną platformę internetową [34]. Należy się zatem spodziewać znaczącego postępu w tych działaniach w najbliższych latach.

Polska znajduje się na 3-cim miejscu w Europie pod względem liczby osób zatrudnionych w produkcji przesyłowej za Niemcami i Włochami (Eurostat, dane za 2014). Należy się więc spodziewać znaczącego wpływu wdrażania koncepcji Przemysł 4.0 na funkcjonowanie polskiej gospodarki, ale i przy okazji na system szkolnictwa wyższego, ponieważ nowy przemysł będzie wymagał innych kompetencji niż dotychczasowy [6, 7].

Analiza stopnia przygotowania polskiego przemysłu do wdrożenia koncepcji Przemysł 4.0, zawarta w raporcie ASTOR [18] wskazuje, że tylko 15% fabryk w Polsce jest w pełni zautomatyzowanych, a 76% częściowo zautomatyzowanych. Jedynie 6% polskich przedsiębiorstw wprowadza Przemysł 4.0. O poziomie przygotowania polskich przedsiębiorstw do wdrożenia Przemysłu 4.0 świadczyć może również sposób gromadzenia informacji z produkcji. Tylko 36% badanych przedsiębiorstw zadeklarowało automatyczne pozyskiwanie danych z układów sterowania maszyn, pozostała część ręcznie wprowadza dane do systemów komputerowych lub zapisuje na papierze.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że polski przemysł nie jest przygotowany do wdrożenia koncepcji Przemysł 4.0. Niezbędne są duże nakłady inwestycyjne w celu podniesienia poziomu automatyzacji systemów produkcyjnych oraz wyposażenia ich w odpowiednie systemy informatyczne.

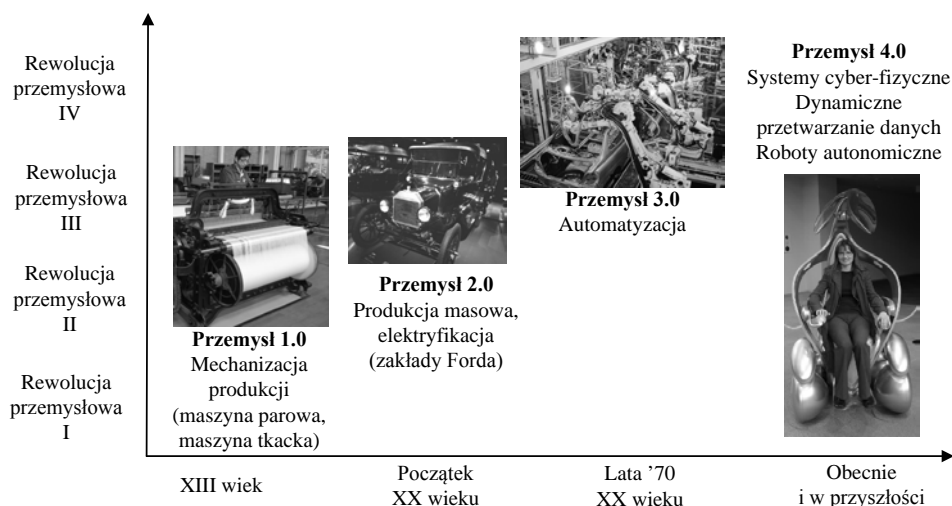
Celem niniejszej pracy jest opracowanie zestawu pytań umożliwiających ocenę poziomu przygotowania przedsiębiorstwa do wdrożenia koncepcji Przemysł 4.0, którą można byłoby wykorzystać w badaniach oceniających przygotowanie organizacji do wdrożenia czwartej rewolucji przemysłowej w wybranym regionie lub branży.

2. Prezentacja koncepcji Przemysł 4.0

Koncepcja określana jako Przemysł 4.0 wzięła swą nazwę od utożsamiania jej z czwartym etapem rewolucji przemysłowej [14]. Pierwsza rewolucja miała miejsce pod koniec XVIII wieku i wiązała się z wykorzystaniem energii wody, wynalezieniem silnika parowego i mechanizacją pracy. Druga rewolucja nastąpiła na początku XX wieku. Jej przejawem było wykorzystanie energii elektrycznej i wprowadzenie technik masowej produkcji. Trzecia rewolucja rozpoczęła się w latach 70-tych XX wieku i była efektem wprowadzenia systemów i technologii informatycznych, które umożliwiły automatyzację procesów produkcyjnych. Aktualnie wiele zbieżnych opinii wskazuje, że mamy do czynienia z czwartą rewolucją przemysłową (Rys. 1).

Efektom końcowym tej najbardziej złożonej z rewolucji przemysłowych ma być inteligentna fabryka. W takiej fabryce inteligentne sieci łączą maszyny, procesy, systemy, wyroby, klientów i dostawców. Dzięki temu możliwe będzie dalsze pogłębienie automatyzacji, ciągła optymalizacja wyrobów i procesów, gromadzenie i przetwarzanie ogromnej liczby danych w czasie rzeczywistym, prewencyjna obsługa maszyn i urządzeń, a także szybka adaptacja do zmian sytuacji rynkowej. Czwarta rewolucja przemysłowa jest możliwa dzięki rozwojowi nowych technologii.

Koncepcja Przemysł 4.0 została przedstawiona po raz pierwszy w 2011 roku [10, 19]. Wskazuje się [5], że rozwiązania technologiczne, które dają możliwość urzeczywistnienia tej koncepcji to:



Rys. 1. Rewolucje przemysłowe

- Autonomiczne roboty (*Autonomous Robots*) [24].
- Techniki symulacyjne i prognostyczne (*Simulations*) [23, 26]
- Integracja pionowa i pozioma oprogramowania (*Vertical/Horizontal Software Integration*) [4].
- Przemysłowy Internet Rzeczy (*Industrial Internet of Things – IoT*), bezpośrednia komunikacja pomiędzy maszynami (M2M), Internet Usług (*Internet of Services*) [1, 21, 38] wykorzystujące duże ilości danych (*Big data and analytics*) [17].
- Innowacyjne metody zbierania i przetwarzania ogromnej ilości danych, w tym wykorzystanie potencjału działań w chmurze (*Clouds*) [27, 31, 32, 35].
- Technologie addytywne (przyrostowe) (*Additive Manufacturing*) [22].
- Technologie rozszerzonej rzeczywistości (*Augmented Reality – AR*), rzeczywistości wirtualnej (*Virtual Reality – VR*) [25, 29].
- Systemy cyber-fizyczne (*Cyber-Physical Systems – CPS*) [2, 8, 13, 16] oraz „cyfrowe bliźniaki” (*Digital Twin*) [37] wykorzystujące sztuczną inteligencję (*Artificial intelligence*) oraz sieci neuronowe (*Neural Networks*) [15].
- Cyberbezpieczeństwo (*Cybersecurity*) [28, 36].
- Masowa indywidualizacja (*Mass Customization*) [9, 34].

Niektóre źródła literaturowe [19] jako najistotniejsze wskazują dwa elementy: Internet Rzeczy oraz systemy cyber-fizyczne. Internet Rzeczy [29] to koncepcja tworzenia identyfikowalnych przedmiotów, które za pośrednictwem systemów komunikacji mogą wymieniać ze sobą dane w celu współdziałania. Przykładami mogą być komunikacja pomiędzy maszynami technologicznymi (M2M) lub też dowolne urządzenia (np. gospodarstwa domowego), które mogą gromadzić, przetwarzać lub wymieniać informacje. Systemy cyber-fizyczne to zintegrowane systemy informacyjno-techniczne. Jednym

z założeń czwartej rewolucji technicznej jest ściśle zintegrowanie obiektów fizycznych z siecią informacyjną. Można zatem z pewnym uproszczeniem stwierdzić, że Przemysł 4.0 to cyfryzacja infrastruktury wytwórczej sterowanej systemami cyber-fizycznymi w środowisku Internetu rzeczy, gdzie dodatkowo następuje płynne i bezkolizyjne przenikanie się świata realnego z rzeczywistością wirtualną [29]. Systemy cyber-fizyczne integrują procesy obliczeniowe i fizyczne. Wbudowane komputery i sieci monitorują i kontrolują fizyczne procesy, zwykle ze sprzężeniem zwrotnym, gdzie procesy fizyczne oddziałują na obliczenia i odwrotnie [16].

W pracy [10] dla koncepcji Przemysł 4.0 zdefiniowano sześć zasad: **współdziałanie (1), wirtualizacja (2), decentralizacja (3), ocena zdolności w czasie rzeczywistym (4), orientacja na usługi (5) i modułowość (6)**.

Omawiana koncepcja upatrywana jest jako szansa krajów wysoko rozwiniętych, a zwłaszcza USA i Niemiec, w których występują wysokie koszty pracy. Jest to szansa na reindustrializację i poprawę konkurencyjności narodowych gospodarek. W tym kontekście jest to zagrożenie dla Polski, dla której w dalszym ciągu jednym z głównych atutów konkurencyjności są niskie koszty pracy [5]. Zatem Przemysł 4.0 powinien być przedmiotem zainteresowania polskich zakładów. Produkcja przemysłowa stanowi bowiem w Polsce 20% wartości dodanej brutto, a zatrudnienie przy niej przekracza 3 mln osób [5]. Brak bądź nieefektywne wdrożenie założeń Przemysłu 4.0 może spowodować odpływ części przemysłu z Polski, zmniejszenie konkurencyjności jej gospodarki oraz redukcję miejsc pracy.

Bardzo istotnym staje się więc zagadnienie wdrażania omawianej idei w polskich realiach gospodarczych. Celem niniejszego artykułu jest analiza tego problemu na przykładzie jednego z polskich przedsiębiorstw.

3. Pytania wylaniające się z analizy koncepcji Przemysł 4.0

Oceniając możliwości wdrożenia koncepcji Przemysł 4.0 należałoby odpowiedzieć na następujące pytania, które w niniejszym opracowaniu przypisano do określonych obszarów koncepcji Przemysł 4.0 (tabela 1). Pytania zostały opracowane na podstawie dokonanego przeglądu literatury omawiającej koncepcję Przemysł 4.0.

Tab. 1. Pytania analizujące poziom i możliwości wdrożenia koncepcji Przemysł 4.0 w przedsiębiorstwie.

Obszar	Automatyzacja i robotyzacja systemu produkcyjnego Autonomiczne roboty (<i>Autonomous robots</i>)
Pytania	<ol style="list-style-type: none"> 1) Czy w przedsiębiorstwie stosowane są zautomatyzowane maszyny i urządzenia technologiczne? 2) Czy w przedsiębiorstwie stosowane są zautomatyzowane środki transportu wewnętrznego? 3) Czy przedsiębiorstwo posiada zautomatyzowany system magazynowy? 4) Czy zautomatyzowane środki technologiczne i magazynowo-transportowe są zintegrowane komputerowo? 5) Czy w przedsiębiorstwie wdrożone są roboty przemysłowe? 6) Czy w przedsiębiorstwie wdrożone są roboty autonomiczne? 7) Czy w przedsiębiorstwie stosowane są inteligentne roboty lub urządzenia autonomicznie dostosowujące się do zaplanowanej (zmiennej) produkcji? 8) Jeżeli tak, to w jakich obszarach (np. w obszarach, gdzie praca jest

	<p>niebezpieczna, występuje duże obciążenie statyczne lub dynamiczne pracownika, wymagana jest duża precyzja wykonania itp.)?)</p> <p>9) W jakim obszarze mógłby być wdrożony: - robot przemysłowy, robot autonomiczny, współpracujący z operatorem?</p> <p>10) Czy w obecnej chwili przedsiębiorstwo widzi potrzebę wdrożenia - robota przemysłowego? - robota autonomicznego, współpracującego z operatorem?</p> <p>11) Jakie są przeszkody we wdrożeniu robota?</p>
Obszar	Symulacje (<i>Simulations</i>)
Pytania	<p>12) Czy przedsiębiorstwo wykorzystuje programy komputerowe do modelowania produktów?</p> <p>13) Czy w przedsiębiorstwie wykorzystywane są symulacje procesów?</p> <p>14) Jeżeli tak, to do czego wykorzystywane są symulacje?</p> <p>15) Czy realizowane są symulacje przebiegu procesów wyrobów nowo wprowadzanych do produkcji?</p> <p>16) Czy przedsiębiorstwo widzi potrzebę wdrożenia symulacji do procesów?</p> <p>17) Czy realizowane są symulacje procesów w czasie rzeczywistym?</p> <p>18) Czy przedsiębiorstwo zauważa potrzebę wykorzystywania symulacji w innych obszarach organizacji?</p> <p>19) Czy przedsiębiorstwo zauważa potrzebę realizowania symulacji procesów w czasie rzeczywistym? Jeżeli tak, to do jakich procesów?</p> <p>20) Co jest główną przeszkodą, że do tej pory nie było to robione?</p>
Obszar	Pozioma/pionowa integracja softwarowa (<i>Vertical/horizontal software integration</i>)
Pytania	<p>21) Jakie systemy komputerowe wykorzystywane są w przedsiębiorstwie?</p> <p>22) Czy te systemy są ze sobą połączone?</p> <p>23) Czy dane są swobodnie przesyłane pomiędzy systemami?</p> <p>24) Czy systemy te wykorzystywane są w komunikacji z dostawcami?</p> <p>25) Czy dostawcy są automatycznie informowani o potrzebie realizacji dostawy (elektroniczne „karty kanban”)?</p> <p>26) Czy systemy te wykorzystywane są w komunikacji z klientami?</p> <p>27) Czy klienci automatycznie informują o potrzebie realizacji dostawy (elektroniczne „karty kanban”)?</p> <p>28) Czy jest monitorowany strumień wartości, czy w systemie jest informacja, na jakim etapie procesu produkcyjnego znajdują się poszczególne produkty?</p>
Obszar	Przemysłowy internet rzeczy (<i>Industrial Internet of Things</i>) Internet Usług (<i>Internet of Services</i>)
Pytania	<p>29) Czy w procesie stosowane są czujniki zbierające informacje, które są następnie dostępne w systemie, jak np.: - informacje o aktualnym stanie maszyny (wyłączona, włączona i pracuje, włączona i nie pracuje, w awarii itd.)? - informacje o aktualnym miejscu przebywania produktów (np. układy RFID wbudowane w komponenty)? - systemy czujników i programy dokonujące automatycznej oceny wyrobów (zgodne, niezgodne) i generujące odpowiednie postępowanie z wyrobem? - informacje o stanie maszyny (hałas, wibracje, temperatura płynów obróbkowych itd.)</p> <p>30) Czy organizacje serwisujące maszyny w przedsiębiorstwie prowadzą ich</p>

	<p>monitorowanie „on line” i faktyczny stan maszyn jest podstawą do podejmowania działań serwisowych?</p> <p>31) Czy zauważa się potrzebę wprowadzenia czujników do procesów, wyrobów, maszyn?</p> <p>32) W których obszarach warto byłoby wdrożyć czujniki do zbierania na bieżąco danych z procesów?</p> <p>33) Czy w logistyce wewnętrznej stosowane są elektroniczne „karty kanban”, czyli, czy magazyn informowany jest o konieczności realizacji dostawy „Just in Time” na stanowiska pracy?</p>
Obszar	Cyber-bezpieczeństwo (<i>Cybersecurity</i>)
Pytania	<p>34) Czy stosuje się specjalne zabezpieczenia danych zgromadzonych w bazach danych i systemy przed cyberatakami?</p> <p>35) Czy przedsiębiorstwo uznaje cyberataki za realne zagrożenie?</p> <p>36) Czy na bieżąco tworzone są kopie danych?</p> <p>37) Czy problem zabezpieczeń rozwiązywany jest wewnętrznie w przedsiębiorstwie, czy korzysta się ze wsparcia firmy zewnętrznej?</p> <p>38) Czy wykorzystywane są jedynie standardowe zabezpieczenia (oprogramowanie antywirusowe, oprogramowanie antyszpiegowskie itp.)?</p>
Obszar	Chmura (<i>Cloud</i>)
Pytania	<p>39) Czy przedsiębiorstwo korzysta z oprogramowania opartego na chmurze?</p> <p>40) Jeżeli tak, to czy wynika to z faktu, że:</p> <ul style="list-style-type: none"> - licencja posiadanego oprogramowania wymaga korzystania z chmury? - przedsiębiorstwo musi gromadzić duże zbiory danych? - zbierane dane wykorzystywane są przez inne organizacje (np. firmę serwisującą urządzenia) do realizacji zawartych umów? - jest potrzeba swobodnego korzystania z zabezpieczonych danych poza siedzibą firmy?
Obszar	Zastosowanie technologii przyrostowych (<i>Additive manufacturing</i>)
Pytania	<p>41) Czy w przedsiębiorstwie stosuje się technologie przyrostowe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - do budowania prototypów wyrobów? - do wytwarzania wyrobów? - w innym celu? <p>42) Czy przedsiębiorstwo widzi potrzebę zastosowania technologii przyrostowych?</p> <p>43) Jeżeli tak, to w jakim celu?</p>
Obszar	Rzeczywistość rozszerzona (<i>Augmented reality</i>)
Pytania	<p>44) Czy w przedsiębiorstwie stosowana jest rzeczywistość rozszerzona (np. okulary wyświetlające instrukcje nałożone na obserwowany przedmiot) np. do:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wspierania pracy operatorów? - poszukiwania materiałów w magazynie? - realizacji napraw urządzeń? - realizacji szkoleń wirtualnych? - w innych zastosowaniach? <p>45) Czy przedsiębiorstwo widzi potrzebę stosowania rzeczywistości rozszerzonej?</p> <p>46) Jeżeli tak, to w jakich zastosowaniach?</p>
Obszar	Duże zbiory danych i analityka (<i>Big data and analytics</i>)

Pytania	<p>47) Czy dane z realizowanych procesów są na bieżąco gromadzone w bazach danych?</p> <p>48) Jeżeli tak, to czy są to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dane dotyczące jakości produkcji (np. karty kontrolne)? - dane dotyczące funkcjonowania maszyn (np. poziom wibracji)? - inne? <p>49) Czy dane te wykorzystywane są do podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym, np., czy:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sygnał z karty kontrolnej jest powodem do zatrzymania produkcji? - sygnał z monitorowania wibracji jest powodem do przeglądu maszyny? - są wykorzystywane w innych sytuacjach? <p>50) Czy w przedsiębiorstwie są systemy, które same podejmują decyzje o tym, jakie działania należy wykonać w sytuacji pojawienia się określonego sygnału?</p> <p>51) Czy zauważacie potrzebę stosowania tego rodzaju rozwiązań?</p> <p>52) Jeżeli tak, to do jakich zastosowań?</p>
Obszar	„Cyfrowy bliźniak” (<i>Digital Twin</i>)
Pytania	<p>53) Czy w przedsiębiorstwie istnieje „cyfrowy bliźniak” realizowanych procesów pozwalający na bieżące porównywanie procesu z modelem referencyjnym oraz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sygnalizujący jakie zmiany należy wprowadzić? - automatycznie wprowadzający zmiany w celu adjustacji procesu? <p>54) Jeżeli tak, to jakich procesów to dotyczy?</p> <p>55) Czy zauważacie potrzebę wdrożenia takiego rozwiązania?</p> <p>56) Jeżeli tak, to do jakich procesów?</p>
Obszar	Masowa indywidualizacja (<i>Mass Customization</i>)
Pytania	<p>57) Czy wytwarzane wyroby posiadają budowę modułową?</p> <p>58) Czy w przedsiębiorstwie stosowana jest masowa indywidualizacja?</p> <p>59) Jeżeli tak, to czy jest ona wspomagana automatyką?</p>
Obszar	Sztuczna inteligencja (<i>Artificial intelligence</i>) Sieci neuronowe (<i>Neural networks</i>)
Pytania	<p>60) Czy w przedsiębiorstwie wykorzystywane są systemy sztucznej inteligencji uczące się na podstawie zaistniałych sytuacji (historycznych) i wspomagające podejmowanie decyzji, gdy podobna sytuacja pojawia się ponownie?</p> <p>61) Czy zauważa się potrzebę stosowania sztucznej inteligencji?</p> <p>62) Jeżeli tak, to do jakich zastosowań?</p>

Przedstawione pytania zostały wykorzystane w analizie obecnej sytuacji oraz możliwości wdrożenia koncepcji Przemysł 4.0 w wybranym przedsiębiorstwie.

4. Wybór przedsiębiorstwa do badań

Według (Eurostat - dane za 2014 rok) w roku 2014 pięć branż wytworzyło 52% wartości dodanej brutto w produkcji przemysłowej w Polsce i są to: **produkcja żywności, napojów i wyrobów tytoniowych (1), przetwarzanie wyrobów metalowych (2), produkcja pojazdów silnikowych (3), produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych (4) oraz produkcja mebli (5)**. W tych branżach zatrudniano 51%

pracowników pracujących łącznie w produkcji przemysłowej. Udział kosztów osobowych w kosztach produkcji ogółem był największy w branży **wyrobów metalowych** oraz w branży **meblowej**. Prognozuje się dodatkowo, na podstawie wywiadów z ekspertami przeprowadzonych przez US Bureau of Labor Statistics, Industrial Federation of Robotics [5], że w 2023 r. w USA koszt roboczogodziny w produkcji mebli wyrówna się z kosztem maszynogodziny. Wynika z tego, że branża meblowa, między innymi, zostanie objęta w pierwszej kolejności koncepcją Przemysł 4.0. Te uwarunkowania powodują, że z punktu widzenia Polski, jest ona jedną z najbardziej zagrożonych wyprowadzaniem produkcji poza kraj i utratą miejsc pracy. Istotny może być również fakt, że w 2013 r. zarejestrowanych było 14 865 firm w branży meblowej (Rocznik statystyczny przemysłu. Roczniki branżowe. GUS, Warszawa 2014), a w 2014 r. już 15 321 (Rocznik statystyczny przemysłu. Roczniki branżowe. GUS, Warszawa 2015), czyli 456 firm więcej. Dlatego też należy zwrócić uwagę na możliwość jak najszybszego wprowadzania rozwiązań wskazywanych jako istotne z punktu widzenia koncepcji Przemysł 4.0 do branży meblowej.

W związku z powyższym w ramach niniejszej pracy zdecydowano się na przeprowadzenie badania w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym z branży meblowej. Dodatkowo podjęto decyzję o wyborze średniego przedsiębiorstwa, ponieważ, jak wynika z danych GUS (Rocznik statystyczny przemysłu. Roczniki branżowe. GUS, Warszawa 2015) małe i średnie przedsiębiorstwa stanowią największy odsetek firm funkcjonujących w branży meblowej, a średnie przedsiębiorstwa mają większe realne szanse na wdrożenie koncepcji Przemysł 4.0.

Do badań wybrano więc średniej wielkości przedsiębiorstwo funkcjonujące w branży meblowej na terenie województwa Podkarpackiego. Przeprowadzono wywiad z przedstawicielem kierownictwa wykorzystując pytania przedstawione we wcześniejszej części pracy.

5. Dyskusja i ocena możliwości wdrożenia koncepcji Przemysł 4.0 w przedsiębiorstwie

Analizowana firma zajmuje się produkcją mebli oraz frontów meblowych. Jest średniej wielkości przedsiębiorstwem posiadającym jednakże swoje rynki zbytu na całym świecie.

Obecnie w przedsiębiorstwie nie jest wdrożony ani robot przemysłowy, ani tym bardziej robot autonomiczny, czego głównym powodem są znaczące środki finansowe wymagane do zakupu i utrzymania robota. Nie mniej jednak organizacja zauważa potrzebę wdrożenia robotów w kilku obszarach.

Robot mógłby realizować proces nakładania kleju, dzięki czemu możliwa byłaby poprawa warunków pracy pracowników, którzy obecnie nakładają klej. Dodatkowo wdrożenie robota pozwoliłoby na poprawę jakości procesu nakładania kleju, ponieważ warstwa kleju byłaby dokładnie taka, jaka jest wymagana. Wprowadzenie robotyzacji w tym obszarze jest o tyle skomplikowane, że w pierwszej kolejności robot musiałby rozpoznać kształt, a następnie ustalić gdzie i ile kleju należy nałożyć. Wynika to z faktu, że w przedsiębiorstwie realizowana jest produkcja jednostkowa, a rozłożenie kleju na powierzchni wyrobu nie jest równomierne.

Innym obszarem, w którym zauważono możliwość wdrożenia robota (robotów) jest sortowanie elementów pomiędzy kolejnymi operacjami produkcyjnymi, jak również po zakończeniu procesu produkcyjnego, przygotowując wyroby w procesie kompletacji do pakowania dla poszczególnych klientów. Tutaj wymagane byłoby od robota

rozpoznawanie formatu, kształtu, koloru, itd. A na końcu ustalenie, do jakiego klienta wyroby mają być wysłane.

W przedsiębiorstwie jest również pomysł zastosowania automatyzacji w procesie kompletowania paczek, które są pobierane z trzech magazynów z regałów wysokiego składowania i ich pobieranie przez pracowników wymaga dużo czasu, ponieważ jednorazowo tylko jedna paczka może zostać pobrana z powodu jej umiejscowienia, wielkości oraz wagi. Automatyczny system lub robot autonomiczny mógłby wspierać operatora w pobieraniu paczek z magazynu.

Gdyby przeszkody finansowe zostały pokonane nie byłoby problemu z pracownikami, którzy są otwarci na wdrażanie nowości, szczególnie wtedy, jeżeli przyczyniają się one do poprawy ich warunków pracy.

W przedsiębiorstwie stosowane są różne programy komputerowe do projektowania i modelowania produktów, jak również procesów (np. Inventor, Bsolid, Woodwop). Symulacje komputerowe realizowane są dla procesów, aby oszacować czas ich realizacji oraz zauważyć ewentualne problemy, które mogą się pojawić w trakcie obróbki. Symulacje pozwalają również na obliczenie kosztów, poprzez szacowanie zużycia materiału, w tym ilości powstających odpadów. W zakładzie istnieje 80 000 norm czasowych wykorzystywanych w procesach symulacji. Symulacje realizowane są w oparciu o dane gromadzone w programie Microsoft Access. Ponadto, symulacje realizowane są również na potrzeby oceny obciążenia pracowników pracą. Dodatkowo zauważa się potrzebę wdrożenia symulacji do śledzenia ścieżki krytycznej. Nie ma natomiast realizowanych symulacji procesów w czasie rzeczywistym, chociaż przedsiębiorstwo zauważa taką potrzebę.

Organizacja prowadzi taką politykę rozwoju oprogramowania, która pozwala na jego integrację oraz przepływ, albo łatwe przenoszenie danych. Nie jest jednakże realizowany swobodny przepływ danych. W przedsiębiorstwie stosowany jest dedykowany program zbudowany na Microsoft Access, do którego zaprojektowane są różnego rodzaju nakładki ułatwiające analizę danych i tworzenie statystyk. Jednakże proces planowania realizowany jest ręcznie przez planistę, a następnie jest robiona jego optymalizacja. Materiały zamawiane są głównie drogą mailową, chociaż organizacja ma wgląd w stany magazynowe niektórych dostawców. Sprzedaż jest realizowana internetowo, chociaż nie tylko. W przedsiębiorstwie wykorzystywane jest również oprogramowanie do optymalizacji rozkroju, jednakże nie jest ono zintegrowane z pozostałymi systemami.

W przedsiębiorstwie prowadzona jest diagnostyka „on line” realizowana przez firmy serwisujące w odniesieniu do wybranych maszyn, ale tylko na podstawie zgłoszenia problemów. Nie jest na bieżąco monitorowany stan maszyn, chociaż przedsiębiorstwo zauważa taką potrzebę. Jedna maszyna stanowi wyjątek, ponieważ zaopatrzona jest w system oceny zużycia narzędzia.

Organizacja zauważa również potrzebę wdrożenia bieżącego monitorowania procesów produkcyjnych, a w szczególności procesu krytycznego. W odniesieniu do tego procesu okresowo są jedynie przeprowadzane testy stanu maszyny, aby ocenić poprawność jej pracy i zapewnić jakość procesu.

Przedsiębiorstwo stosuje standardowe zabezpieczenia swoich systemów i danych, codziennie wykonywana jest kopia danych. W historii firmy dwukrotnie odnotowano ataki hackerskie, w tym jeden z nich realnie utrudnił pracę w okresie kilku dni. Organizacja wykorzystuje chmurę do kontaktów z klientami. Korzystanie z chmury wynika również z faktu, że pracownicy przebywający poza siedzibą firmy mają potrzebę swobodnego korzystania z zabezpieczonych wybranych danych.

W przedsiębiorstwie nie widzi się potrzeby korzystania z technologii przyrostowych.

Stosowanie rzeczywistości wirtualnej przydałoby się do wspomaganie pracy operatorów w procesie montażu, do poszukiwania materiałów na magazynie, w procesie kompletowania wyrobów dla klientów, do realizacji szkoleń wirtualnych dla pracowników, przedstawicieli handlowych oraz sprzedawców. Obecnie stosowane są ekrany, na których wyświetlane są w czasie rzeczywistym informacje dla pracowników o sposobie wykonania pracy.

W przedsiębiorstwie na bieżąco gromadzone są dane oraz realizowane jest realne zarządzanie wiedzą. Zgromadzone dane wykorzystywane są do realizacji bieżącej działalności, jak np. doświadczenia z poprzednich projektów wykorzystywane są do przygotowywania nowych projektów.

W przedsiębiorstwie realizowana jest masowa indywidualizacja, aczkolwiek odnosi się ona tylko do 3 produktów.

6. Wnioski

Koncepcja Przemysł 4.0 bardzo intensywnie rozwija się i coraz więcej jej elementów jest wdrażanych do praktyki przemysłowej krajów wysoko rozwiniętych o wysokich kosztach pracy. Stanowi to strategiczne wyzwanie dla polskich przedsiębiorstw, których przewaga konkurencyjna bazuje w dużej mierze na niskich kosztach pracy.

Na podstawie przeprowadzonej analizy uzyskanych informacji można stwierdzić, że w badanej organizacji znane są sposoby zastosowania koncepcji Przemysł 4.0 oraz dostrzegana jest potrzeba wdrażania jej elementów. Przedsiębiorstwo wydaje się być przygotowane do wdrażania omawianej koncepcji. Osobnym pytaniem pozostaje pytanie o infrastrukturę info- i telekomunikacyjną kraju.

Podstawową barierą utrudniającą szersze i systematyczne wdrażanie składowych koncepcji Przemysł 4.0 jest brak środków finansowych. Prowadzone badanie jednostkowe nie daje wprawdzie podstaw do uogólnień, ale wydaje się, że może to być problem dotyczący szerokiego spektrum polskich podmiotów gospodarczych. Bez efektywnego pozyskiwania zewnętrznych źródeł finansowania krajowe firmy mogą nie poradzić sobie z wdrażaniem koncepcji Przemysł 4.0.

Literatura

1. Atzori L., Iera A., Morabito G.: The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*. 54(15), 28 October 2010, Str. 2787–2805.
2. Bagheri B., Yang S., Kao H-A., Lee J.: Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment. *IFAC-PapersOnLine* 48(3), 2015, 1622–1627.
3. Plattform Industrie 4.0. www.plattform-i40.de
4. Davis J., Edgar T., Porter J., Bernaden J., Sarli M.: Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. *Computers & Chemical Engineering*, 47, 20 December 2012, str. 145–156.
5. Dmowski J., Jędrzejewski M., Libucha J., Owerczuk M., Suffczyńska-Hałabuz N., Pławik K., Iwasieczko M., Kowalska I.: Przemysł 4.0 PL. Szansa czy zagrożenie dla rozwoju innowacyjnej gospodarki? The Boston Consulting Group, czerwiec 2016.
6. Dworschak B., Zaiser H.: Competences for cyber-physical systems in manufacturing – first findings and scenarios. *Procedia CIRP* 25, 2014, str. 345–350.

7. Fallera C., Feldmüllera D.: Industry 4.0 Learning Factory for regional SMEs. *Procedia CIRP* 32, 2015, str. 88–91.
8. Garetti M., Fumagalli L., Negri E.: Role of ontologies for CPS implementation in manufacturing. *Management and Production Engineering Review*. 6(4), December 2015, str. 26–32.
9. Gaub H.: Customization of mass-produced parts by combining injection molding and additive manufacturing with Industry 4.0 technologies. *Reinforced Plastics*, 60(6), str. 401–404, November/December 2016.
10. Hermann M., Pentek T., Otto B.: Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Working Paper No. 01/2015. Dostępne na: http://www.thiagobranquinho.com/wp-content/uploads/2016/11/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf. Data dostępu: 2017-01-08.
11. Kagermann H., Wahlster W., Helbig J.: Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. 2013.
12. Kang H.S., Lee J.Y., Choi S.S., Kim H., Park J.H., Son J., Y., Kim B.H., Noh S.D.: Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal Of Precision Engineering And Manufacturing-Green Technology*. 3(1), 2016, str. 111–128.
13. Kolberg D., Zühlke D.: Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine* 48-3 (2015), str. 1870–1875.
14. Kopp R.: „Przemysł 4.0” i jego wpływ na przemysł kuźniczy. *Obróbka Plastyczna Metali Vol. XXV, Nr 1* (2014), str. 75–85.
15. Kozik P., Sęp J.: Aircraft Engine Overhaul Demand Forecasting using ANN, *Management and Production Engineering Review*, 3(2), June 2012, str. 21–26.
16. Lee E. A.: Cyber Physical Systems: Design Challenges. 11th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), 2008, 363–369.
17. Lee J., Kao H-A, Yang S.: Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP* 16, 2014, str. 3–8.
18. Przemysł 4.0. Rewolucja już tu jest. Co o niej wiesz? Raport ASTOR WHITEPAPER. Dostęp 05.01.2017, http://www.astor.com.pl/images/Industry_4-0_Przemysl_4-0/ASTOR_przemysl4_whitepaper.pdf
19. Qin J., Liu Y., Grosvenor R.: A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP* 52, 2016, str. 173–178.
20. Radziwon A., Bilberg A., Bogers M., Skov Madsen E.: The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. *Procedia Engineering* 69, 2014, str. 1184–1190.
21. Raport: Internet rzeczy w Polsce. Dostępne na: <http://iab.org.pl/wp-content/uploads/2015/09/Raport-Internet-Rzeczy-w-Polsce.pdf>. Data dostępu: 2017-01-08.
22. Sęp J., Budzik G.: Możliwości aplikacyjne technologii Rapid Manufacturing w przemyśle lotniczym. *Mechanik*, 12, 2015, str. 169–172.
23. Stadnicka D., Antonelli D., Bruno J.: Work sequence analysis and computer simulations of value flow and workers’ relocations: a case study. 10th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering - CIRP ICME '16. 20-22 July 2016, Ischia, Italy.
24. Stadnicka D., Antonelli D.: Discussion on lean approach implementation in a collaborative man-robot workstation. Sixth International Conference on Business Sustainability 2016 "Management, Technology and Learning for Individuals,

- Organisations and Society in Turbulent Environment". November 16-18, 2016. Póvoa de Varzim, Portugal.
25. Stadnicka D., Antonelli D.: Implementation of augmented reality in welding processes. *Technologia i Automatykacja Montażu*, 4, 2014, pstr. 56-60.
 26. Stadnicka D., Antonelli D.: Application of Value Stream Mapping and Possibilities of Manufacturing Processes Simulations in Automotive Industry. *FME Transactions* (2015) 43, 279-286.
 27. Subashini S., Kavitha V.: A survey on security issues in service delivery models of cloud computing. *Journal of Network and Computer Applications*, 34 (1), January 2011, str. 1–11.
 28. Sun D., Chang G., Sun L., Wang X.: Surveying and Analyzing Security, Privacy and Trust Issues in Cloud Computing Environments. *Procedia Engineering*, 15, 2011, str. 2852–2856.
 29. Szulewski P.: Koncepcje automatyki przemysłowej w środowisku Industry 4.0. *Mechanik*, nr 7/2016, str. 574-578.
 30. Toffler A.: *Trzecia fala*. PIW, Warszawa 1997.
 31. Valilai O.F., Houshmand M.: A collaborative and integrated platform to support distributed manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(1), February 2013, str. 110–127.
 32. Wang X.V., Xu X.W.: An interoperable solution for Cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(4), August 2013, str. 232–247.
 33. Webster J., Watson R.T.: Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review. *MIS Quarterly*, 26(2), str. xiii-xxiii/June 2002.
 34. Weyer S., Schmitt M., Ohmer M., Goreck D.: Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnLine* 48(3), 2015, str. 579–584.
 35. Xu X.: From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(1), February 2012, str. 75–86.
 36. Zissis D., Lekkas D.: Addressing cloud computing security issues. *Future Generation Computer Systems*, 28(3), March 2012, str. 583–592.
 37. Żmijewski R., Elementy koncepcji „Industrie 4.0” w praktyce. Systemowe modelowanie produktu w wirtualnym przedsiębiorstwie. Siemens Industry Software. Warszawa, 21.10.2014.
 38. Zuehlke D.: SmartFactory – Towards a factory-of-things. *Annual Reviews in Control*, 34(1), April 2010, str. 129–138.

Dr inż. Dorota STADNICKA
Dr hab. inż. Władysław ZIELECKI, Prof. PRz.
Prof. dr hab. inż. Jarosław SĘP
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Politechnika Rzeszowska
35-959 Rzeszów, Al. Powstańców Warszawy 12
tel./fax: (0-17) 865 1452, 865 1184
e-mail: dorota.stadnicka@prz.edu.pl
wzktmiop@prz.edu.pl
jsztmiop@prz.edu.pl