



ZINTEGROWANE SYSTEMY INFORMATYCZNE PRZEDSIĘBIORSTW W KONTEKŚCIE PRZEMYSŁU 4.0

Grzegorz Gunia

Katedra Inżynierii Produkcji, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Poland

Corresponding author:

Grzegorz Gunia

Katedra Inżynierii Produkcji

Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland

phone: (+48) 33 8279234

e-mail: ggunia@ath.bielsko.pl

INTEGRATED MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM IN RELATION TO INDUSTRY 4.0

ABSTRACT

The article is a voice in the contemporary discussion on the relation between industry 4.0 and ERP systems. It presents the definition, importance and evolution of the integrated information systems in the production enterprises. It also briefly describes the computer systems in the engineering aided area – CAx. The following part deals with information tools development resulting from the growing needs of their users and increasing technical infrastructure possibilities. At the end, the article presents the relationship between ERP systems and the Industry 4.0 idea and describes the challenges waiting for the information systems producers.

KEYWORDS

Integrated management information systems, ERP, Industry 4.0.

1. Wprowadzenie

Zarządzanie współczesnymi przedsiębiorstwami jest procesem bardzo złożonym. Spowodowane jest to między innymi mnogością strumieni dóbr (surowców, części, półfabrykatów, wyrobów gotowych, itp.) i strumieni informacyjnych, które się wzajemnie krzyżują i uzupełniają. Chcąc optymalnie sterować, w skali operacyjnej, tymi strumieniami, a więc podejmować liczne decyzje, korzystne dla przedsiębiorstwa jak i dla klientów, trzeba skutecznie wykorzystywać różnorodne informacje pochodzące z wielu źródeł. W związku z tym, obecnie jednym z kluczowych elementów rozwoju działalności biznesowej jest umiejętność skutecznego wykorzystywania technik informatycznych i telekomunikacyjnych oraz ich integracji ze środowiskiem technicznym organizacji. Są one narzędziami zapewniającym daleko posuniętą współpracę i integrację najważniejszych funkcji i procesów wewnętrznych, jak i zewnętrznych przedsiębiorstwa, począwszy od badań i rozwoju poprzez łańcuch dostaw, logistykę, wytwarzanie, do marketingu i dystrybucji. Stąd też coraz więcej przedsiębiorstw podejmuje działania związane z wdrażaniem idei Przemysłu 4.0.

W artykule przedstawiono wykorzystywane obecnie w przedsiębiorstwach systemy informatyczne i na tym tle podjęto próbę odpowiedzi na pytania w jakim stopniu mogą one wspomagać wdrażanie koncepcji Przemysłu 4.0 i w jakim kierunku, w dobie dzisiejszej re-

wolucji, producenci powinni rozwijać systemy wspomagające zarządzanie organizacjami. Dodatkowo, w badaniu przeprowadzonym na początku 2019 roku, wśród 108 respondentów wywodzących się z polskich przedsiębiorstw (48% reprezentowało sektor MŚP, pozostałe to duże firmy i korporacje), na pytanie „Jakie technologie związane z Gospodarką 4.0 wdrożyła/wdroży Twoja firma?” najczęściej odpowiedzi (53%) dotyczyło wdrożenia systemu ERP [20]. Pojawia się pytanie, czy systemy ERP są już elementem Przemysłu 4.0?

2. System informatyczne przedsiębiorstwa

2.1. Systemy informatyczne wspomagające zarządzanie przedsiębiorstwem

Zintegrowane systemy informatyczne zarządzania (ang. *Integrated Management Information Systems*) są to modułowo zorganizowane systemy informatyczne, obsługujące wszystkie obszary działalności przedsiębiorstwa, począwszy od marketingu, planowania i zaopatrzenia, poprzez techniczne przygotowanie produkcji, zarządzanie procesem wytwarzania, dystrybucję, sprzedaż, gospodarkę remontową do prac finansowo-księgowych i zarządzania zasobami ludzkimi [1, 2].

Z punktu widzenia rozwiązań technicznych zintegrowany system informatyczny (ZSI) to system, w którym [10, 15]:

- użytkownik korzystając z własnej stacji roboczej jest w stanie skorzystać z dowolnej funkcji systemu,
- w obrębie całego systemu użytkownicy korzystają z jednakowego interfejsu,
- dane są wprowadzane do systemu tylko jeden raz i automatycznie uaktualniają stan systemu oraz są widoczne dla wszystkich jego użytkowników.

Podstawowe, postulowane cechy systemów tej klasy to [2, 9]:

- kompleksowość funkcjonalna (system zakresem obejmuje wszystkie sfery działalności techniczno-ekonomicznej organizacji),
- integracja danych i procesów odnosząca się zarówno do wymiany danych wewnątrz obiektu jak i z jego otoczeniem,
- elastyczność funkcjonalna i strukturalna (maksymalne dostosowanie rozwiązań sprzętowo-programowych do potrzeb obiektu w momencie instalacji systemu oraz jego dynamiczne dopasowywanie się do zmian zachodzących w trakcie eksploatacji),
- otwartość (skalowalna architektura, możliwość rozszerzania systemu o nowe moduły oraz łączenia z systemami zewnętrznymi),
- zaawansowanie merytoryczne (w celu zapewnienia pełnego informatycznego wsparcia procesów informacyjno-decyzyjnych),
- zaawansowanie technologiczne (gwarantuje zgodność z aktualnymi standardami sprzętowo-programowymi oraz podstawę do dalszego rozwoju),
- zgodność z polskimi przepisami (np. z ustawą o rachunkowości).

Rozwój systemów informatycznych wspomagających zarządzanie, systemów klasy ERP, rozpoczął się w latach 60-tych. Pierwszą wersją było MRP I – Planowanie Potrzeb Materiałowych (ang. *Material Requirements Planning*). Kolejne standardy systemów tej klasy tj. *Closed Loop MRP* (MRP w zamkniętej pętli), MRP II czyli *Manufacturing Resource Planning* (Planowanie Zasobów Produkcyjnych) i ERP – *Enterprise Resource Planning* (Planowanie Zasobów Przedsiębiorstwa) związane były z rozszerzaniem funkcjonalności systemów oraz obejmowaniem ich zakresem kolejnych procesów realizowanych w przedsiębiorstwach. Zadaniem współcześnie funkcjonujących w przedsiębiorstwach systemów klasy ERP jest pełna integracja wszystkich obszarów działalności przedsiębiorstwa: produkcji, marketingu, finansów, strategicznego zarządzania przedsiębiorstwem itd. Ponadto pozwalają one na stosowanie mechanizmów umożliwiających symulowanie różnorodnych posunięć i analizę ich skutków, także finansowych [5, 9].

2.2. Systemy informatyczne wspomagające zarządzanie obszarem projektowania konstrukcji i procesów wytwarzania – CAx

Systemy CAx to grupa systemów komputerowych związanych bezpośrednio z projektowaniem konstrukcji i procesów wytwarzania wyrobów i ich składników oraz

z programowaniem i sterowaniem środkami produkcji, biorącymi bezpośredni udział w procesie wytwarzania wyrobów. Do podstawowych systemów z tej grupy należą:

- CAD (ang. *Computer Aided Design*) – komputerowe wspomaganie projektowania,
- CAE (ang. *Computer Aided Engineering*) – komputerowe wspomaganie prac inżynierskich,
- CAP lub CAPP (ang. *Computer Aided Planning, Computer Aided Process Planning*) – komputerowe wspomaganie planowania procesów wytwarzania,
- CAAPP (ang. *Computer Aided Assembly Process Planning*) – komputerowe wspomaganie planowania procesów montażu,
- CAM (ang. *Computer Aided Manufacturing*) – komputerowe wspomaganie wytwarzania,
- CAQ (ang. *Computer Aided Quality Control*) – komputerowe wspomaganie zarządzania jakością.

Systemy CAD służą do tworzenia i modyfikowania rysunków konstrukcyjnych, ale również szerzej, do opracowania koncepcji produktu, nadania mu geometrycznej i materiałowej postaci oraz opracowania, wygenerowania pełnego zestawu dokumentacji konstrukcyjnej produktu [4, 17]. Współcześnie stosowane są systemy CAD, pracujące w oparciu o bryłowe modele parametryczne wyrobów i ich składników.

Systemy CAE – komputerowego wspomaganie prac inżynierskich, nazywane również systemami komputerowego wspomaganie obliczeń i analiz inżynierskich są narzędziami, umożliwiającymi komputerową analizę sztywności i wytrzymałości konstrukcji oraz symulację procesów zachodzących w zaprojektowanych układach. Programy te są zazwyczaj uzupełnieniem systemów CAD, stanowiącym aplikacje zorientowane problemowo, z różnych dziedzin techniki. Umożliwiają realizację obliczeń wytrzymałościowych oraz analiz statycznych i dynamicznych (np. analizy naprężeń, rozkładu temperatur, przepływów).

Systemy CAP (CAPP) to narzędzia wspomagające projektowanie procesów wytwarzania, obejmujące opracowanie dokumentacji wytwarzania z uwzględnieniem modelu geometrycznego przedmiotu, jego stanów pośrednich, narzędzi, oprzyrządowania, rodzaju maszyn i parametrów obróbki. Systemy te wspomagają również prace związane z programowaniem urządzeń sterowanych numerycznie (obrabiarek, robotów, współrzędnościowych maszyn pomiarowych, systemów transportowych itp.) [4].

Podstawą działania tych systemów są wariantowe, generacyjne i hybrydowe metody projektowania procesów wytwarzania. W zakresie wspomaganie projektowania procesów montażu (m.in. określania sekwencji operacji montażowych, ich grupowania, przydziału zasobów – robotów, maszyn, pracowników) coraz częściej stosowane są systemy CAAPP.

CAM są to techniki i narzędzia wspomagające tworzenie i aktywizowanie programów NC na poziomie wydziału produkcyjnego, a także umożliwiające nadzór i sterowanie urządzeniami oraz procesami wytwarza-

nia/montażu, na najniższym poziomie systemów wytwórczych [17].

Systemy CAQ to narzędzia komputerowego wspomaganie projektowania, planowania i realizacji procesów pomiarowych, a także procedur kontroli jakości. Systemy te, najczęściej sprzężone z systemami CAD (przez model geometryczny lub przez programy, bądź procedury pomiarowe) są zintegrowane z systemami PPC, CAP i CAM głównie w części odnoszącej się do pomiarów na automatycznych urządzeniach, czy systemach pomiarowych.

3. Tendencje rozwojowe informatycznych systemów zarządzania

3.1. Systemy klasy ERP II

Systemy klasy ERP II stanowią kolejny, po systemach ERP, etap rozwoju systemów modeli klasy MRP/ERP. Podstawą rozwoju tychże systemów jest fakt, iż przedsiębiorstwa zaczęły przekształcać się z wertykalnie zintegrowanych organizacji, nastawionych na optymalizację wewnętrznych funkcji i procesów, w bardziej elastycznie działające, bazujące na swoich podstawowych kompetencjach firmy, które czynią duże wysiłki, aby optymalnie pozycjonować siebie w łańcuchu dostaw i sieci wartości. Podstawowym aspektem pozycjonowania jest nie tyle udział w handlu elektronicznym (B2B, B2C), co przede wszystkim zaangażowanie się w procesy c-commerce. C-commerce (ang. *collaborative commerce*) oznacza wspierane elektronicznie interakcje biznesowe między personelem firmy, partnerami biznesowymi i klientami w ramach jednej społeczności handlowej. Społecznością tą może być dowolna branża przemysłowa lub jeden z jej segmentów, bądź też łańcuch dostaw lub jego fragment. W świecie „współpracy” przedsiębiorstwa muszą konkurować nie tylko na polu dostępności, jakości i ceny swoich produktów, ale także w obszarze szybkości i jakości informacji dostarczanych do współpracujących z nimi partnerów.

Gartner Group definiuje ERP II jako strategię biznesową i zbiór specyficznych dla poszczególnych branż aplikacji, które generują wartości dla klientów i udziałowców przez udostępnienie i optymalizację procesów zarówno wewnątrz firmy, jak i pomiędzy firmami partnerskimi [5, 6].

Systemy ERP II cechuje, w przeciwieństwie do klasycznych systemów ERP zorientowanych na wspomaganie wewnętrznych procesów biznesowych, orientacja na integrację zewnętrzną i poszukiwanie rozwiązań wspólnie z partnerami biznesowymi. Optymalizacja zasobów i przetwarzanie procesowe zostały znacznie wzbogacone informacjami dotyczącymi zaangażowania zasobów w wysiłki przedsiębiorstwa mające na celu rozszerzenie współpracy z innymi przedsiębiorstwami. Tradycyjne systemy ERP pozwalały w tym obszarze jedynie na kierowanie zakupami i sprzedażą w zakresie e-commerce. Wreszcie bazujące na Internecie, zintegrowane architek-

tury produktów ERP II są tak odmienne od monolitycznych architektur ERP, że wymagają całkowitej transformacji. Obsługa danych nie polega tutaj na gromadzeniu ich wewnątrz przedsiębiorstwa, ale na zarządzaniu tymi, które są dystrybuowane wewnątrz społeczności handlowej.

W trakcie swojej ewolucji model ERP II wchłonął funkcjonalność SCM, czyli zarządzania i elektronicznej wymiany informacji w obrębie łańcucha dostaw partnerów biznesowych. W koncepcji ERP II funkcje systemów ERP/MRP II, takie jak planowanie produkcji, zarządzanie logistyką i finansami firmy, zarządzanie zapasami magazynowymi itp. obudowano elektroniczną wymianą ofert, zamówień, faktur i elektronicznymi płatnościami [6, 18].

Podsumowując można stwierdzić, że systemy klasy ERP II w mniejszym zakresie wspomagają obsługę firmowych procesów biznesowych, koncentrując się na odzwierciedlaniu zachowań rynku i wzajemnych relacjach między współpracującymi ze sobą przedsiębiorstwami.

3.2. Gospodarka elektroniczna

W warunkach globalnego, otwartego rynku i walki o klienta przedsiębiorstwa muszą poszukiwać nowych możliwości promocji i kanałów dystrybucji swoich produktów, a także nowych, skuteczniejszych dróg komunikacji z partnerami biznesowymi.

Rozwój ogólnosiwiatowej sieci internet umożliwił przedsiębiorstwom zaistnienie w nowej cyfrowej rzeczywistości, określanej często mianem „Nowej Gospodarki”, gdzie pojawiły się pojęcia e-commerce, e-biznes, e-gospodarka i inne [7, 11]. W literaturze można spotkać pogląd, że to nie rozwój rozwiązań informatycznych pozwolił na rozwój gospodarki w nowym kierunku, ale właśnie rozwój gospodarki wymusił pojawienie się nowych narzędzi informatycznych.

Pojęcie e-biznes jest definiowane na wiele sposobów. Na szczeblu strategicznym e-biznes jest określany jako idea rekonstrukcji całego przedsiębiorstwa, by móc jak najlepiej skorzystać z nowoczesnej technologii.

Na niższych szczeblach zarządzania przedsiębiorstwem, e-biznes obejmuje wszystkie problemy dotyczące zakupu i sprzedaży towarów oraz usług dostępnych za pośrednictwem sieci. Istotną cechą e-biznesu jest to, iż transakcje pomiędzy dwiema stronami są realizowane w trybie on-line oraz to, że głównym przedmiotem tego handlu jest informacja.

E-biznes zasadniczo można podzielić na trzy podstawowe obszary różniące się założonymi celami i grupą docelową [11]: B2C (ang. *Business-to-Customer*), B2B (ang. *Business-to-Business*), B2P (ang. *Business-to-Public*).

Business-to-Customer

Jest to rozwiązanie realizujące transakcje między przedsiębiorstwami a konsumentami. Najczęściej przybierają one formę handlu elektronicznego (e-commerce) dokonywanego za pośrednictwem sklepów internetowych.

Podstawowe zadania systemów B2C:

- umożliwianie zakupów on-line,
- wspomaganie procesów zaopatrzenia,
- zapewnienie wsparcia posprzedażowego,
- usprawnienie procesów dystrybucyjnych,
- obniżenie kosztów transakcji.

Handel elektroniczny umożliwia mniejszym firmom konkurowanie z gigantami, zmniejsza bariery geograficzne, zwiększa możliwość wyboru towarów.

Business-to-Business

B2B to model transakcji między firmami. Jak przewidują analitycy, będzie on tworzył największe obroty i zyski (docelowo prawie 90% przychodów). Najważniejszym elementem rozwiązań B2B jest integracja procesów zaopatrzenia (*Supply Chain Management* – SCM). W tej dziedzinie odpowiednio wykorzystane nowoczesne technologie pozwalają uzyskać najlepsze wyniki – obniżyć koszty, usprawnić logistykę. Prawidłowe wykorzystanie możliwości będzie warunkiem zachowania pozycji konkurencyjnej firmy.

Rozwój B2B idzie w kierunku coraz większej integracji procesów biznesowych między różnymi podmiotami. Służy to poprawie efektywności m.in. przez obniżenie kosztów i automatyzację przetwarzania danych.

Business-to-Public

Jest to obszar e-biznesu, który obejmuje relacje między przedsiębiorstwem, a jego makrootoczeniem (głównie społecznym).

Najważniejsze zadania systemu B2P przedsiębiorstwa to:

- kreowanie wizerunku firmy (nie tylko internetowego),
- promocja marki firmy i jej produktów,
- tworzenie więzi między firmą i jej otoczeniem.

Obok wyżej wymienionych, w literaturze można spotkać szereg bardziej szczegółowych modeli np. [12, 19]: C2C (ang. *Customer-to-Customer*), C2B (ang. *Customer-to-Business*), B2E (ang. *Business-to-Employee*), G2C (ang. *Government-to-Citizen*), B2G (ang. *Business-to-Government*).

3.3. Zarządzanie cyklem życia wyrobu

Zarządzanie cyklem życia wyrobu (ang. *Product Lifecycle Management* – PLM) to proces koncentrujący się na całości zagadnień związanych z produktem, od narodzin koncepcji, poprzez fazę projektowania i wytwarzania, aż po obsługę posprzedażną i utylizację. Integruje dane, zasoby, systemy i procesy związane z powstawaniem wyrobów. Pozwala zarządzać całością informacji o produkcie.

PLM może być rozpatrywane w dwóch aspektach.

1. Jako koncepcja, która w sposób całościowy może wspomagać pracę na dowolnym etapie cyklu życia produktu, poprzez:

- standaryzację procedur,
- gromadzenie, integrację i współdzielenie danych oraz wiedzy o produkcie,

- automatyzację i wspomaganie szeregu funkcji i zadań,
- elektroniczną wymianę danych i dokumentów,
- automatyzację przepływu dokumentacji i zarządzania realizacją procesów,
- integrację podmiotów zaangażowanych na różnych etapach cyklu życia produktu (handlowców, klientów, projektantów, organizatorów produkcji, itd.).

2. Jako narzędzie (system informatyczny, a w zasadzie zbiór zintegrowanych aplikacji), którego zadaniem jest integrowanie aplikacji dziedzinowych (wspomagających realizację poszczególnych etapów cyklu życia produktu) w sprawnie funkcjonującą całość. Narzędzia te obejmują systemy:

- CAx,
- zarządzania danymi produktu (ang. *Product Data Management* – PDM),
- zarządzania dokumentami (ang. *Document Data Management* – DDM),
- modelowania i symulacji systemów produkcyjnych,
- wspomagające kalkulację kosztów,
- zarządzania projektami,
- itp.

4. Systemy informatyczne, a Przemysł 4.0

4.1. Cyfrowa fabryka

W ideę Przemysłu 4.0 doskonale wpisuje się znane już pojęcie cyfrowej fabryki (ang. *digital factory*). Technologie informatyczne w przedsiębiorstwie umożliwiają kompleksowe modelowanie procesów, które mają być realizowane w zakładach na drodze ich wirtualizacji. Stanowią one element integrujący między stosowanymi dotąd systemami CAx, a oprogramowaniem klasy ERP. Integracja tych systemów spowodowała nowe możliwości zastosowań starych i powstanie nowych metod i technik zarządzania systemami produkcyjnymi.

Pojęcie cyfrowa fabryka związane jest z cyfrowym obrazem realnej produkcji. Przedstawia zintegrowane przez komputery i technologie informacyjne środowisko, w którym rzeczywistość jest zastąpiona przez wirtualne modele komputerowe. Takie wirtualne rozwiązania umożliwiają weryfikację wszystkich konfliktowych sytuacji przed rzeczywistą implementacją i przed zastosowaniem zweryfikowanych, optymalnych rozwiązań. Wykorzystanie digitalnej fabryki w przedsiębiorstwie pozwala na analizowanie złożonych systemów produkcyjnych i wsparcie podejmowania decyzji przy znaczącej redukcji czasu i kosztów przedsięwzięcia bez konieczności fizycznej ingerencji w system produkcji [3, 13].

Cyfrowa produkcja polega na zastosowaniu modeli 3D i wykorzystaniu wbudowanych w nich informacji do wizualizacji systemów i symulacji procesów produkcyjnych. Cyfrowy model fabryki wspiera planowanie, analizy, symulację i doskonalenie produkcji wszelkiego rodzaju wyrobów i równocześnie stwarza warunki do określania wymagań dla pracującego zespołu [8, 13].

Zasady cyfrowej fabryki bazują na trzech elementach [8]:

- cyfrowym opisie produktu z jego statycznymi i dynamicznymi właściwościami,
- cyfrowym planowaniu produkcji,
- cyfrowej symulacji przebiegu produkcji z możliwością zastosowania danych planowanych dla poprawy wskaźników efektywności procesów.

Przykładowe zakresy zastosowania technologii cyfrowej fabryki to [8, 13]:

- działania wspomagające projektowanie nowych wyrobów (modelowanie i wirtualizacja wyrobów, technologia odwrotna, skanowanie 3D, druk 3D);
- działania na rzecz racjonalizacji systemów produkcyjnych z wykorzystaniem ich wirtualnych modeli,
- kształtowanie systemów pracy pod kątem ergonomii, bezpieczeństwa i higieny pracy, wydajności, jakości wykonania;
- rozwiązywanie problemów decyzyjnych w zakresie inwestycji, projektowania stanowisk pracy, systemów produkcyjnych itp.

4.2. Wyzwania dla producentów systemów informatycznych

Pojęcie Przemysłu 4.0, jako czwartej rewolucji przemysłowej, jest pojęciem bardzo szerokim. Polega na integracji systemów oraz tworzeniu sieci i integracji ludzi z maszynami i urządzeniami sterowanymi cyfrowo, szeroko wykorzystującymi internet oraz technologie informacyjne. Powstanie Przemysłu 4.0 było możliwe dzięki powszechnemu dostępowi do sprzętu komputerowego w różnej formie, sprzętu o dużej mocy obliczeniowej, gdzie pojedyncze jednostki są połączone ze sobą i mogą się ze sobą komunikować w czasie rzeczywistym za pomocą globalnej sieci. Umożliwia to usprawnienie i automatyzacja procesu decyzyjnego i przekazywania jego wyników pomiędzy urządzeniami sprzężonymi w myśl idei Przemysłowego Internetu Rzeczy, a wszystko to oparte jest na uczących się algorytmach i wykonywane w czasie rzeczywistym [14, 16].

Z wielu obszarów Przemysłu 4.0, dla producentów zintegrowanych systemów informatycznych wspomagających zarządzanie, główne kierunki rozwoju związane są z integracją obszarów IT oraz automatyki przemysłowej, systemów transportowych, przemysłowym Internetem Rzeczy (ang. IIoT – *Industrial Internet of Things*), rozszerzoną rzeczywistością oraz cyberbezpieczeństwem w przemyśle.

W zakresie planowania produkcji rozwój systemów IT ukierunkowany jest na integrację wszystkich procesów realizowanych w przedsiębiorstwach przy wykorzystaniu technologii internetowych i mobilnych począwszy od obsługi klienta (ofertowanie, przyjęcie i potwierdzanie zamówień) poprzez planowanie i harmonogramowanie zleceń wytwarzania, zaopatrzenia i obciążenia stanowisk produkcyjnych na sprzedaży i dystrybucji kończąc.

W zakresie technologii powszechne udostępnianie rozwiązań chmurowych (ang. *cloud computing*) oraz bezprzewodowego transferu danych.

Główne wyzwania dla producentów oprogramowania związane są z połączeniem fizycznego świata środków produkcji z systemami informacyjnymi i wirtualną, czy rozszerzoną rzeczywistością oraz z nadążaniem za rozwojem i autonomizacją środków produkcji, tworzeniem interfejsów integracyjnych oprogramowania maszyn ze strumieniami informacyjnymi systemów planowania produkcją. W tym zakresie należy oczekiwać wypracowania i dostosowania się do otwartych standardów w zakresie komunikacji pomiędzy środkami produkcji, oprogramowaniem do planowania produkcji oraz wymiany danych pomiędzy kooperującymi przedsiębiorstwami.

W zakresie Przemysłowego Internetu Rzeczy można wyróżnić dwa obszary: środków produkcji (maszyn, urządzeń, stanowisk pracy) i przedmiotów produkcji (materiałów, części, zespołów i wyrobów).

Pierwszy obszar związany jest z bezpośrednią, dwukierunkową komunikacją między środkami produkcji, a obsługującymi je pracownikami oraz zbierania danych eksploatacyjnych maszyn, danych o stanie wyposażenia i przebiegu procesów produkcyjnych. Wyniki analizy tych danych mają na bieżąco wpływać na proces planowania produkcji, umożliwiać wykrywanie przyczyny zmian wskaźników wydajności, źródła awarii oraz w czasie rzeczywistym obserwować skutki podejmowanych decyzji. Mają również wspomagać pracę działów utrzymania ruchu w zakresie predykcyjnego utrzymania ruchu (ang. *predictive maintenance*), które jest strategią zakładającą optymalne użytkowanie maszyn i urządzeń poprzez wyeliminowanie występowania awarii i optymalne planowanie prac utrzymania ruchu na podstawie badania stanu technicznego.

Obszar przedmiotów produkcji związany jest z bieżącą, automatyczną kontrolą jakości wyrobów w celu wykrywania niezgodności na jak najwcześniejszych etapach procesu wytwarzania oraz automatyzacja w zakresie zapotrzebowania materiałowego i obrotu magazynowego, głównie z wykorzystaniem technologii RFID oraz analizy i rozpoznawania obrazów, czy rozszerzonej rzeczywistości.

5. Podsumowanie

Przemysł 4.0 jest nieodłącznie związany z technologią informatyczną. Do wdrożenia jego idei w przedsiębiorstwach fundamentalne jest posiadanie systemu wspomagającego zarządzanie organizacją i realizującego szereg funkcji w układzie automatycznym. Obecnie zadania te realizowane są przez zintegrowane systemy informatyczne zarządzania [16]. Jednak systemy te są raczej elementami trzeciej rewolucji przemysłowej (Przemysłu 3.0), która polegała na automatyzacji pojedynczych maszyn i procesów, podczas gdy Przemysł 4.0 niesie za sobą kompleksową transformację cyfrową wszelkich środków trwałych oraz pogłębiającą integrację

z partnerami współtworzącymi wspólnie łańcuch wartości w ramach cyfrowych ekosystemów.

Stąd samo wdrożenie oprogramowania klasy ERP, czy CAx nie uczyni przedsiębiorstwa firmą realizującą założenia Przemysł u 4.0, ale trudno wyobrazić sobie tę koncepcję bez implementacji takich rozwiązań.[20]

Być może zmieni się rola systemów ERP, z nadrzędnej do usługowej i będą one platformą wymiany i agregacji danych pomiędzy różnymi systemami dedykowanymi do konkretnych obszarów i funkcji przedsiębiorstw. Systemy te będą źródłem danych dla rozwiązań z zakresu Przemysłu 4.0, jak również miejscem, gdzie dane będą pozyskiwane, gromadzone i przetwarzane w celu ich wykorzystania np. na etapie tworzenia planów produkcji, planów remontów itp.

Doskonale w koncepcję Przemysłu 4.0 wpisuje się cyfrowa fabryka, jako narzędzie do wirtualizacji rzeczywistości (systemów produkcyjnych, procesów, wyrobów, ...) oraz bieżącej symulacji konsekwencji wynikających z zebranych (za pomocą czujników, sterowników, automatyki przemysłowej) parametrów systemów rzeczywistych.

Wyzwania w zakresie technologicznym i produktowym to jedno, ale nie można zapominać o wyzwaniach w zakresie zasobów ludzkich. Mimo że Przemysł 4.0 jest czwartą rewolucją przemysłową, to jej idee muszą być wdrażane w przedsiębiorstwach ewolucyjnie. Jeżeli producenci oprogramowania nie chcą zostać w tyle, to muszą wyprzedzać potencjalnych odbiorców swoich rozwiązań – wobec tego muszą być inicjatorami i awangardą w tym zakresie. Stąd ważnym elementem polityki producentów oprogramowania musi być pozyskiwanie i szkolenie kadry, nie tylko programistycznej, ale przede wszystkim analitycznej, która będzie nadążać i rozumieć, czy nawet kreować nowe potrzeby odbiorców systemów IT.

Reasumując, strategicznym wyzwaniem dla producentów rozwiązań z zakresu wspomagania zarządzania procesami produkcyjnymi w przedsiębiorstwach jest ciągła dbałość o zachowanie równowagi między trzema elementami: nowymi technologiami, ciągłym szkoleniem pracowników oraz zdolnością i chęcią człowieka do zaakceptowania zmian.

Literatura

- [1] Adamczewski P., *Zintegrowane systemy informatyczne w praktyce*, ZNI MIKOM, 2014.
- [2] Banaszak Z., Kłos S., Mleczek J., *Zintegrowane systemy zarządzania*, PWE, 2016.
- [3] Caggiano A., Caiazzo F., Teti R., *Digital Factory approach for flexibility and efficient manufacturing systems in the aerospace industry*, Procedia CIRP, 37, 2015.
- [4] Chlebus E., *Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji*, WNT, Warszawa, 2000.
- [5] *The Gartner Glossary of Information Technology Acronyms and Terms*, Gartner, 2004.
- [6] Genovese Y., Bond B., Zrimsek B., Frey N., *The transition to ERP II: Meeting the challenges*, Gartner Research. Strategic Analysis Report No. R-14-0612, 2001.
- [7] Gregor B., Stawiszyński M., *e-Commerce*, Branta, 2001.
- [8] Gregor M., Medvecký S., Mičieta B., Matuszek J., Hřečková A., *Digitálny podnik*, Žilinska Univerzita, Žilina, 2006.
- [9] Gunia G., *Zintegrowane systemy informatyczne zarządzania w praktyce produkcyjnej*, Wydawnictwo Fundacji Centrum Nowych Technologii, Bielsko-Biała, 2010.
- [10] Januszewski A., *Funkcjonalność informatycznych systemów zarządzania: Zintegrowane systemy transakcyjne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2008.
- [11] Kolbusz E., Olejniczak W., Szyjewski Z. [Eds], *Inżynieria systemów informatycznych w e-gospodarce*, Polskie Wydaw. Ekonomiczne, 2005.
- [12] Koźmiński A.K., Piotrowski W.Z., *Zarządzanie. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002.
- [13] Kurczyk D., *Racjonalizacja produkcji w systemach produkcyjnych z zastosowaniem komputerowej wirtualizacji procesów*, Praca doktorska, ATH, Bielsko-Biała, 2018.
- [14] Küpper D., Heidemann A., Ströhle S., Spindelndreier D., Knizek C., *When Lean Meets Industry 4.0 Next Level Operational Excellence*, www.bcg.com/publications/2017/lean-meets-industry-4.0.aspx (04.2019).
- [15] Lech P., *Zintegrowane systemy zarządzania ERP/ERP II. Wykorzystanie w biznesie, wdrażanie*, Difin, Warszawa, 2003.
- [16] Mleczek J., Cieśla B., *Befared SA: w poszukiwaniu Industry 4.0 w polskich MŚP*, Napędy i Sterowanie, Grudzień 2018.
- [17] Orłowski C., Lipski J., Loska A., *Informatyka i komputerowe wspomaganie prac inżynierskich*, PWE, 2012.
- [18] Rzewuski M., *ERP II – nowy stary gatunek*, PCkurier, 20/2002.
- [19] Simon A.R., Shaffer S.L., *Hurtownie danych i systemy informacji gospodarczej: zastosowanie w handlu elektronicznym*, Oficyna Ekonomiczna, 2002.
- [20] *W drodze ku Gospodarce 4.0*, Raport magazynu menedżerów i informatyków COMPUTERWORLD, marzec 2019.