

Zastosowanie technologii Przemysłu 4.0 na przykładzie niemieckich zakładów produkcyjnych z branży motoryzacyjnej

Natalia Strojna

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: natalia_strojna@o2.pl

Natalia Sturgulewska

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: natalia.sturgulewska1@gmail.com

Katarzyna Zalecka

Politechnika Białostocka, Wydział Inżynierii Zarządzania

e-mail: katarzynazalecka9@gmail.com

Streszczenie

W artykule przedstawiono cztery rewolucje przemysłowe oraz koncepcję i cel Przemysłu 4.0, który opiera się na indywidualizacji i automatyzacji produkcji oraz przetwarzaniu danych. Wymieniono i opisano najważniejsze technologie będące wynikiem rozwoju czwartej rewolucji przemysłowej. Są to między innymi: Internet Rzeczy, RFID, sztuczna inteligencja, chmura obliczeniowa, wirtualna rzeczywistość, druk 3D i Big Data. Przedstawiono również koncepcję inteligentnej fabryki, która bazuje na integracji systemów sprzętowych i systemów programowych. Następnie, trzy niemieckie zakłady przemysłowe (Bosch, Mercedes, Volkswagen) zostały opisane i porównane pod kątem zastosowanych technologii z zakresu Przemysłu 4.0.

Słowa kluczowe

Przemysł 4.0, inteligentna fabryka, Niemcy

Wstęp

Przemysł 4.0 jest efektem czwartej rewolucji przemysłowej, zapoczątkowanej w Niemczech w 2011 roku. Państwo niemieckie od wielu lat niezmiennie uważane jest za światowego lidera w dziedzinie technologii, inżynierii i innowacji. W odpowiedzi na coraz to wyższe wymagania rynku, obszar ten nieustannie się rozwija. W obecnych czasach masowej digitalizacji zmianom podlegają nie tylko procesy produkcyjne, ale również rola i znaczenie człowieka w postępowaniu wytwórczym.

Celem artykułu jest dokonanie autorskiego porównania nowoczesnych usprawnień technologicznych z zakresu Przemysłu 4.0, zastosowanych w niemieckich fabrykach motoryzacyjnych. W tekście postawiono pytanie: *Jakie technologie stosowane są w niemieckich motoryzacyjnych zakładach produkcyjnych oraz jakie różnice i podobieństwa między nimi można wyróżnić?* Opisano trzy przedsiębiorstwa: Bosch, Mercedes i Volkswagen oraz porównano je pod kątem wdrażanych rozwiązań zgodnych z przemysłem czwartej generacji.

1. Geneza i charakterystyka Przemysłu 4.0

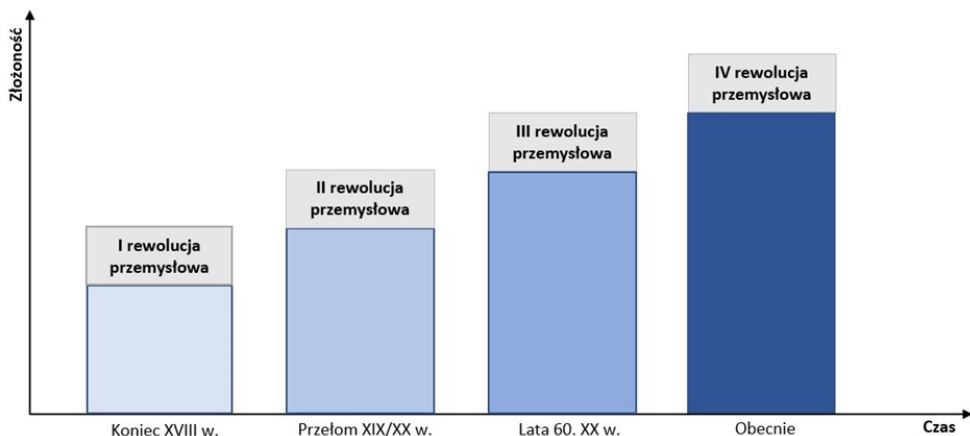
Termin „rewolucja przemysłowa” odnosi się do przełomowych osiągnięć, powodujących zmiany nie tylko w strukturze i organizacji produkcji [Bujak, 2017, s. 1340], ale także w obszarze kulturowym, społecznym, ekonomicznym, ekologicznym [Szum i Magruk, 2019, s. 73].

Pierwsza rewolucja przemysłowa związana jest z wynalezieniem maszyny parowej, która znalazła zastosowanie w górnictwie oraz przemyśle włókienniczym [Furmanek, 2018, s. 56]. Napęd parowy skrócił czas produkcji, a także czas transportu i dystrybucji, poprzez spopularyzowanie kolei [Bulak, 2019, s. 4]. Druga rewolucja przemysłowa umożliwiła produkcję masową, w wyniku wynalezienia elektryczności i linii produkcyjnej. Węgiel i żelazo zastąpiono wtedy tworzywami sztucznymi i metalami lekkimi [Kazberuk i Dąbrowska, 2020, s. 102]. Za początek trzeciej rewolucji przemysłowej przyjmuje się wynalezienie komputera oraz programalnych sterowników z pamięcią. Kolejne innowacje technologiczne, takie jak sieci internetowe, światłowody, mikroprocesor czy druk 3D, dały impuls do rozwoju sektora wysokich technologii (ang. *high-tech*), który wiąże się również z wykorzystywaniem odnawialnych źródeł energii [Ratajczak i Woźniak-Jęchorek, 2020, s. 30-31].

Pojęcie „Przemysł 4.0” po raz pierwszy zostało przedstawione w 2011 roku przez niemiecką grupę naukowców Acatech (niem. *Deutsche Akademie der Technikwissenschaften*) podczas targów w Hanowerze, co symbolicznie uznawane jest za

początek czwartej rewolucji przemysłowej [Matt, Modrák i Zsifkovits, 2020, s. 36]. Pomimo tego, że definicja jest wciąż modyfikowana, wyróżnia się kilka głównych obszarów Przemysłu 4.0, do których należą: indywidualizacja produkcji, możliwość kontroli i organizacji inteligentnych sieci zasobów oraz gromadzenie, przetwarzanie i wymiana danych [Davutoğlu, 2020, s.5].

Na rysunku 1 przedstawiono zakres czasowy czterech rewolucji przemysłowych oraz ich rosnącą złożoność.



Rys. 1. Zakres czasowy czterech rewolucji przemysłowych

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Bulak, 2019, s.79)

Przemysł 4.0 dąży do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju pomiędzy podstawowymi obszarami przedsiębiorstwa, takimi jak infrastruktura informacyjna, transportowa czy technologiczna oraz innowacyjność procesów operacyjnych i zarządczych [Bulak, 2019, s. 4]. Głównym celem wprowadzania usprawnień technologicznych opartych na Przemysle 4.0 jest sprostanie oczekiwaniom rynku [Woliński, 2016, s. 175]. Coraz częściej klient zwraca uwagę na to, aby oferowane usługi dopasowane były do jego potrzeb [Majchrzak-Lepczyk, 2015, s. 266]. Szeroka konkurencja rynkowa pozwala mu również wymagać od przedsiębiorstw coraz szybszego realizowania dostaw [Bentyn, 2017, s. 1319]. Wobec tego, w celu kompleksowego podejścia do panujących oczekiwań, konieczne jest stosowanie usprawnień zgodnych z Przemysłem 4.0 [Kiraga, 2016, s. 1603], ponieważ tylko w ten sposób możliwe jest jednoczesne obniżenie kosztów produkcji masowej i zaspokojenie indywidualnych potrzeb klienta [Bentyn, 2017, s. 1319]. Dzięki wdrożeniu nowoczesnych technologii, przedsiębiorstwa są w stanie zarówno wprowadzić na rynek produkty

wzbogacone o nowe cechy, które zdolne są zaspokoić rosnące oczekiwania wśród odbiorców [Majchrzak-Lepczyk, 2015, s. 266], jak i zaoferować je szerokiej grupie klientów. Takie działanie nosi miano masowej indywidualizacji [Walczak, 2011, s. 390].

2. Kluczowe komponenty Przemysłu 4.0

Rozwój Przemysłu 4.0 możliwy jest poprzez wykorzystanie głównych technologii, jakimi są: Internet Rzeczy, sztuczna inteligencja, chmura obliczeniowa, wirtualna rzeczywistość, Big Data, Radio-Frequency Identification (RFID), druk 3D czy automatyzacja.

- Internet Rzeczy (ang. *Internet of Things*) stanowi połączenie obiektów fizycznych z wirtualnym światem i systemami, umożliwiając w ten sposób efektywny przepływ informacji [Trzop, 2020, s. 2]. Dane są nie tylko pobierane i przesyłane, ale także przetwarzane oraz przechowywane w urządzeniach [Kazberuk i Dąbrowska, 2020, s. 3]. Tak zintegrowana koncepcja pozwala na ujednoczenie zasobów ludzkich, maszyn oraz produktów w jeden ścisły mechanizm [Woliński, 2016, s. 3], który zapewnia wzajemną komunikację między rozproszonymi elementami sieci [Mychlewicz i Piątek, 2017, s. 18].
- Sztuczna inteligencja (ang. *Artificial Intelligence*) jest sektorem informatycznym specjalizującym się w tworzeniu algorytmów i maszyn [Trzop, 2020, s. 2], wykazujących zachowania typowe dla ludzkiego umysłu. [Gajdzik i Grabowska, 2018, s. 234]. Dziedzina sztucznej inteligencji obejmuje szeroką grupę rozwiązań technologicznych, umożliwiających uczenie maszynowe i rozwiązywanie przez nie wielopłaszczyznowych problemów [Mychlewicz i Piątek, 2017, s. 19].
- Chmura obliczeniowa (ang. *Cloud Computing*) to narzędzie służące do zdalnego składowania oraz obróbki danych [Gajdzik i Grabowska, 2018, s. 225], zapewniające jednocześnie uproszczony dostęp do przechowywanych informacji za pośrednictwem sieci [Trzop, 2020, s. 3]. Takie rozwiązanie zyskuje coraz większą popularność ze względu na możliwość szybkiego wglądu do zasobów organizacji, za pomocą dowolnego urządzenia w jakimkolwiek miejscu [Kobis, 2017, s. 335].
- Wirtualna rzeczywistość (ang. *Virtual Reality*) oznacza w pełni komputerowo wygenerowaną rzeczywistość, z elementami dodatkowych informacji przyporządkowanych do konkretnych elementów sztucznie stworzonej

struktury [Kazberuk i Dąbrowska, 2020, s. 4]. Tak zbudowany model znajduje zastosowanie w kreowaniu symulacji i projektowaniu [Mychlewicz i Piątek, 2017, s. 45].

- Big Data jest efektem powstawania masowych zbiorów danych i ich interpretacji. Informacje zbierane są nie tylko od ludzi, ale także z każdego procesu, operacji, a nawet sprzętu takiego jak smartfony, zegarki i samochody. Dzięki analizie tak dużej ilości danych, możliwe jest zauważenie w łańcuchu dostaw miejsc, w których występują ograniczenia zdolności produkcyjnych, problemy z zaspokojeniem popytu, czy problemy z dostępnością dostaw. Takie informacje pozwalają na doskonalenie procesów i rozwój przedsiębiorstwa [Brzozowska, 2016, s. 89-90].
- Technologia RFID (ang. *Radio-Frequency Identification*) może być stosowana w różnych kształtach i rozmiarach, w zależności od obszaru jej zastosowania. System składa się z trzech komponentów: inteligentnej etykiety, czytnika oraz anteny. Dzięki temu, możliwa jest identyfikacja towarów, a także uzyskanie ich dokładnej lokalizacji – zarówno w magazynie, jak i w transporcie [Bentyn, 2017, s. 3].
- Druk 3D (ang. *3D Printing*) określany jest jako druk addytywny, dzięki któremu możliwe jest tworzenie prototypów oraz produktów o niecodziennych kształtach [Płaczek, 2018, s.60] z materiałów takich jak: polimery, metale, szkło, cukier i cement [Niedbał i in., 2017, s. 561].

Automatyzacja procesów jest jednym z założeń Przemysłu 4.0, który polega na zastępowaniu pracy ludzi pracą maszyn działających na zasadzie samoregulacji [Trzop, 2020, s. 3]. W następstwie, do przedsiębiorstw wprowadza się gniazda produkcyjne oparte na działaniu robotów przemysłowych nowej generacji [Bujak, 2017, s. 5], które są w stanie przystosowywać się do określonych warunków i wymagań, a także potrafią prowadzić interakcję z otoczeniem [Furmanek, 2018, s. 60].

3. Inteligentna fabryka

Fundamentem „inteligentnej fabryki” (ang. *smart factory*) są systemy cyberfizyczne, które mogą komunikować się między sobą przez Internet Rzeczy [Kamiński, 2018, s. 116] oraz wspomagać pracę ludzi i maszyn [Gajdzik i Grabowska, 2018, s. 228] w celu optymalizacji wykonywanych zadań [Płaczek, 2018, s. 57]. Bazuje to na integracji m.in. systemów sprzętowych (robotów, czujników, sterowników), które udostępniają dane [Bulak, 2019, s. 3] oraz systemów programowych, które przesyłają, przetwarzają oraz archiwizują powyższe dane [Szulewski, 2017, s. 58].

Pracując na mechanizmach samoorganizujących się, systemy zdolne są monitorować procesy oraz podejmować decyzje [Furmanek, 2018, s. 59]. Zgodnie z ideą Przemysłu 4.0, systemy cyber-fizyczne mogą działać w wirtualnej rzeczywistości, co ułatwia integrację grup niezależnych sieci przedsiębiorstw partnerskich. Takie rozwiązanie może zastąpić dotychczas stosowane systemy informatyczne MRP/ERP, opracowane na potrzeby pojedynczego przedsiębiorstwa [Kamiński 2018, s. 17].

Uważa się, że architektura fabryki przyszłości powinna składać się z m. in. zautomatyzowanej infrastruktury sieciowej, która bazować będzie na swobodnym przepływie informacji, przetwarzania danych w „chmurze” oraz zdalnym dostępie [Woliński, 2016, s. 177]. Transport zasobów produkcyjnych wspomagany może być przez niezależne pojazdy, które poruszają się na podstawie algorytmów, a dzięki wbudowanym czujnikom zabezpieczone są przed ewentualnymi kolizjami [Paska, 2017, s. 177].

Zamierzonym efektem wdrażania innowacyjnych rozwiązań jest redukcja kosztów wytwarzania, elastyczność oferty produktowej [Szulewski, 2017, s. 58], a także kompresja czasu pomiędzy powstaniem koncepcji produktu a dostarczeniem gotowego wyrobu do odbiorcy [Szulewski, 2016, s. 574]. Rosnące oczekiwania klienta mogą stanowić wyzwanie dla producenta, wobec czego konieczna jest zdolność do reagowania na zmiany w preferencjach rynkowych [Paska, 2017, s. 171]. W myśl masowej indywidualizacji nowoczesne systemy stosowane w inteligentnych fabrykach umożliwiają elastyczną adaptację do sytuacji i dostosowanie produkcji, aby była ona zarówno wydajna, jak i wysoko personalizowana [Mychlewicz i Piątek, 2017, s. 43].

4. Niemieckie motoryzacyjne zakłady produkcyjne – case study

Biorąc pod uwagę poziom rozwoju technologicznego niemieckich motoryzacyjnych zakładów produkcyjnych oraz dostępność opublikowanych materiałów naukowych na ich temat, wybrano trzy wiodące przedsiębiorstwa:

4.1. Bosch

Grupa Bosch jest jednym z wiodących dostawców technologii i usług na świecie, a jej działalność podzielona jest na cztery sektory: Mobility Solutions, Industrial Technology, Consumer Goods, oraz Energy and Building Technology. Swoimi rozwiązaniami Bosch wspiera i rozwija idee inteligentnych domów, inteligentnych

miast oraz zintegrowanej mobilności i przemysłu. Celem strategicznym przedsiębiorstwa jest ułatwianie korzystania z sieci, poprzez produkty i technologie zawierające sztuczną inteligencję lub opracowane na jej podstawie [<https://www.bosch.com/>, 18.05.2021].

W 2013 roku, grupa Bosch rozpoczęła intensywne działania mające na celu wdrażanie strategii przemysłu 4.0. Za podstawę stworzenia systemu uznano: standaryzację procesów wytwórczych, infrastrukturę sieciową przesyłającą dane i łączącą systemy sterowania maszyn oraz stuprocentowe pozyskiwanie danych z urządzeń produkcyjnych [Jędrzejczak i Starzyńska, 2018, s. 6-7]. Przykładami fabryk, w których wdrożono technologie przemysłu 4.0 są zakłady w Blaichach i Homburgu. Pierwszy z nich zajmuje się produkcją elektronicznych układów, takich jak ABS i ESP, układów do samochodów hybrydowych i elektrycznych oraz komponentów układów napędowych. Drugi natomiast, produkuje technikę kontrolną do systemów wtrysku oleju napędowego, systemy hydrauliczne i alternatywne systemy napędowe [<https://www.bosch.de/>, 30.05.2021]. W zakładzie produkcyjnym w Blaichach zastosowano rozwiązanie ActiveCockpit, które stanowi wirtualną platformę służącą do przetwarzania i wizualizacji danych produkcyjnych. Dane wyświetlane są w czasie rzeczywistym oraz mogą być selekcjonowane w kontekście pojedynczych produktów lub maszyn, a ich analiza jest szybka i możliwa do wykorzystania na różnych interfejsach. System pozwala także na wgląd do wskaźników wydajnościowych i jest połączony z systemem ERP, co usprawnia zarządzanie produkcją i logistyką. W zakładzie wykorzystano także technologię RFID, dzięki której duże bramki umożliwiają automatyczny zapis informacji związanych z transportem towarów między produkcją a magazynem. Kolejną innowacją wprowadzoną w zakładzie produkcyjnym Bosch w Blaichach jest zainstalowanie kamer GoPro w maszynach. To rozwiązanie pozwala na analizę wszelkich awarii w przypadku ich wystąpienia, poprzez zapisany wyodrębniony zapis zdarzenia. Ponadto, wszystkie technologiczne nowości są od podstaw wytwarzane w samym zakładzie, co pozwala na wysoką optymalizację kosztów oraz unikalność i dopasowanie do potrzeb własnych.

Druga niemiecka fabryka Boscha, znajdująca się w mieście Homburg, jest kolejnym przykładem wykorzystywania i rozwijania strategii 4.0. Znajduje się tam uniwersalna linia produkcyjna, która jest w stanie wyprodukować 200 różnych modułów hydraulicznych, wykorzystując dwa tysiące różnych elementów zamawianym i dostarczanych automatycznie. Każdy produkt jest identyfikowany przez układ RFID, który umożliwia także zaplanowanie następnych etapów pracy. W fabryce zastosowano także system redukcji zużycia energii, który polega na podłączeniu maszyn do wspólnej cyfrowej platformy energetycznej. [<https://przemysl-40.pl/>, 20.05.2021].

4.2. Mercedes-Benz

Mercedes-Benz jest niemieckim koncernem motoryzacyjnym istniejącym na rynku od 130 lat. W oparciu o wieloletnie doświadczenie marka wciąż poszukuje najlepszych rozwiązań technologicznych, co skutkuje pozyskiwaniem nowych klientów. Mercedes stale podnosi jakość i komfort swoich produktów, dzięki rozbudowanej sieci własnych zakładów produkcyjnych, w których tworzy innowacyjne modele aut wyznaczające kolejne trendy samochodowe [<https://mercedes-benz-jawor.com.pl>, 17.05.2021].

Mercedes rozwija swoją strategię rozwoju, poprzez wdrażanie rozwiązań technologicznych należących do norm z zakresu przemysłu czwartej generacji. Odpowiednim przykładem jest nowo powstały zakład produkcyjny „Fabryka 56” (niem. *Werk 56*) w niemieckiej miejscowości Sindelfingen. Wraz z momentem ukończenia budowy w 2020 r. fabryka stała się najnowocześniejszą fabryką w tej branży [Wieczorek, 2018, s. 111].

Zakład motoryzacyjny łączy przede wszystkim trzy trendy: cyfryzacje, ekologię oraz elastyczność. Takie podejście ma na celu kompleksową integrację łańcucha dostaw – począwszy od dostawców, aż po planowanie, produkcję, zapewnienie jakości, całą organizację i logistykę, kończąc na docelowym odbiorcy procesu. Aby osiągnąć pełną integrację systemu i zdobyć miano fabryki przyszłości, Mercedes zdecydował się m.in. na niezależny system transportowy odpowiedzialny za przemieszczanie elementów konstrukcyjnych do przypisanego pracownika linii montażowej, skąd po skonstruowaniu auto jest automatycznie transportowane do stacji ładowania [<https://przemysl-40.pl>, 14.05.2021].

Sam system montażowy jest na tyle zautomatyzowany, że umożliwia produkcję trzech różnych pod względem konstrukcji samochodów w jednym miejscu. Dużym udogodnieniem są też ergonomiczne stanowiska pracy wyposażone w ruchome platformy z możliwością regulacji wysokości oraz obrotowe podesty górne, umożliwiające dowolność ustawienia pojazdu w wygodny dla montażysty sposób. Jest to wartość dodana obiektu, zapewniająca konkurencyjną elastyczność, wydajność i komfort pracy [<https://przemyslprzyszlosci.gov.pl>, 12.05.2021].

Na terenie zakładu uruchomiona jest także technologia identyfikacji radiowej. Zastosowanie RFID ułatwia śledzenie drogi poszczególnych komponentów w obszarze komplementacji i produkcji. Z takiej funkcji mogą skorzystać nie tylko pracownicy fabryki, ale również docelowi klienci, którzy aktualnie oczekują na wyprodukowanie zamówionego auta. Poprzez szybki podgląd online, są oni w stanie obserwować bieżący postęp prac.

W ramach digitalizacji zakładu przemysłowego zespół pracowniczy wspierany jest najnowszymi narzędziami cyfrowymi również w zakresie analitycznym. Plan produkcji i maksymalizacja jakości opierają się na sztucznej inteligencji oraz analizie Big Data, co z kolei umożliwia uruchomienie metodyki predykcyjnego utrzymania ruchu (ang. *Predictive Maintenance*) [<https://przemysl-40.pl>, 14.05.2021].

4.3. Volkswagen

Niemiecki koncern motoryzacyjny Volkswagen Aktiengesellschaft utrzymuje 122 fabryki w krajach Europy, Ameryki, Azji i Afryki, co czyni go jednym z największych producentów samochodów na świecie [<https://www.vw-group.pl>, 21.05.2021].

Przykładem fabryki, która stała się ikoną zastosowań technologii Przemysłu 4.0 jest zakład w Wolfsburgu. Według Reinharda De Vriesa, szefa logistyki tamtejszych zakładów, duże znaczenie w procesie logistycznym odgrywa cyfryzacja, a wdrażanie nowoczesnych technologii w fabryce Volkswagena przekłada się na przyspieszenie procesów i zwiększenie produktywności.

Na terenie magazynu zastosowanie znalazły smartwatch i opaska na rękę RFID. Wspierają one pracę człowieka podczas kompletacji komponentów. Pierwsze urządzenie za pomocą wbudowanej kamery skanuje kody kreskowe i wyświetla niezbędne informacje na zegarze, natomiast drugie sygnałem dźwiękowym informuje czy pobrany towar jest właściwy. Oba rozwiązania, w porównaniu do tradycyjnego skanera kodów kreskowych szybciej zbierają i przetwarzają dane [<https://www.automotivelogistics.media>, 10.05.2021].

Seryjne zastosowanie w zakładach niemieckiego przedsiębiorstwa znalazła cyfrowa drukarka 3D, wytwarzająca prototypowe części samochodowe z metalowego proszku, które tradycyjnymi metodami uważane są za niewykonalne, np. części odblokowujące pokrywy silnika [<http://elektroonline.pl>, 13.05.2021]. Gerd Rupp, kierownik działu produkcji narzędzi zakładu w Wolfsburgu stwierdza, że stosowanie takiego rozwiązania nie tylko skraca czas produkcji, ale również redukuje ilość zużywanego materiału, co przekłada się na oszczędności w firmie [<https://www.polityka.pl>, 19.05.2021].

W fabryce Volkswagena pracownicy współpracują także z narzędziami robotycznymi, wdrożonymi dzięki grupie ekspertów, która zaprogramowała robota do pracy na linii montażowej. Taka relacja nosi miano Human Robot Collaboration (HRC). Urządzenia są w stanie samodzielnie wykonywać swoje zadania szybko i dokładnie, zachowując przy tym wszelkie normy bezpieczeństwa [<https://www.volkswagenag.com>, 29.05.2021].

Specjaliści IT stale testują nowe rozwiązania w laboratorium Volkswagena, czego przykładem jest Industrial Computer Vision – opracowane połączenie rozpoznawania obrazu i sztucznej inteligencji, które ma na celu wykrywanie błędów i ocenę danych optycznych. Pierwsze zastosowanie AI w fabryce Volkswagena znalazła w weryfikacji sposobu zapakowania pudełek dostawczych. Aby sieci neuronowe były w stanie ocenić obraz w czasie rzeczywistym, potrzebowały zdjęć treningowych, na których mogły dokonać analizy i opracować algorytmy. Już po przejrzaniu kilkuset materiałów szkoleniowych w postaci zdjęć z prawidłowo i nieprawidłowo zapakowanymi pudełkami sztuczna inteligencja osiągała dobre wyniki i odpowiednio oznaczała opakowania [<https://www.volkswagenag.com>, 29.05.2021].

Niemiecka marka wraz z partnerami Amazon Web Services i Siemens rozwija Volkswagen Industrial Cloud, gdzie znaleźć się mają dane ze wszystkich 122 fabryk Volkswagena. W tej współpracy, Siemens odpowiedzialny jest za integrację systemów, urządzeń i instalacji w zakładach produkcyjnych. AWS wykorzystuje posiadane doświadczenie z zakresu systemów samouczących się i przetwarzania usług w chmurze, a Volkswagen swoją wiedzę o procesach i produkcji. Zastosowanie chmury obliczeniowej ma umożliwiać lepszą analizę procesów i tym samym, zwiększyć produktywność w zakładach [<https://www.volkswagenag.com>, 29.05.2021].

4.4. Porównanie niemieckich motoryzacyjnych zakładów produkcyjnych

Niewątpliwie elementem spójnym dla wyżej wymienionych zakładów produkcyjnych (Bosch, Volkswagen, Mercedes) jest nie tyle co kraj pochodzenia, ale również bogactwo zastosowanych technologii. W każdej fabryce producenci zdecydowali się na szeroko pojętą automatyzację – zarówno stanowisk pracy czy to całych linii produkcyjnych lub procesów i systemów towarzyszących tworzeniu końcowego produktu. Obecnie automatyzację można uznać za warunek konieczny w drodze do stworzenia inteligentnej fabryki.

We wszystkich omówionych przypadkach można zauważyć także wsparcie pracy ludzkiej algorytmem sztucznej inteligencji, która wykazuje umiejętności pokrywające się z zachowaniami ludzkiego umysłu. Podjęcie takich działań może świadczyć o wysokim zaawansowaniu wspomnianych zakładów motoryzacyjnych.

Charakterystyczne dla niemieckiej produkcji jest także zastosowanie RFID. Po analizie wszystkich trzech przypadków można zauważyć, że technologia ta znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach. O ile w fabryce Boscha i Mercedesa identyfikacja radiowa służy do ustalenia fizycznego położenia produktu na przestrzeni całej produkcji, o tyle w fabryce Volkswagena znalazła ona inną funkcję. Mianowicie,

firma zdecydowała się na użycie RFID w formie opasek na rękę, które za pomocą sygnału dźwiękowego informują o prawidłowości pobranego towaru.

Mimo wielu podobieństw, można wskazać także kilka różnic. Otóż Volkswagen wraz z Mercedesem używają narzędzia do masowego zbioru danych, jakim jest Big Data, gdzie Bosch w tym celu wykorzystuje ActiveCockpit. Takie rozwiązanie nie tyle co przetwarza zbiory danych, a umożliwia też ich szybką wizualizację. W kontekście wizualizacji, Volkswagen poszedł o krok dalej i jako jedyny wykorzystuje cyfrowy druk 3D. Dzięki temu posiada własną produkcję prototypów części, które uważane są powszechnie za niewykonalne tradycyjnymi metodami. Fabryka Volkswagena również jako jedyna wykorzystuje chmurę obliczeniową do obróbki i przechowywania zebranych informacji.

Warte wyróżnienia są także rozwiązania, których nie znajdziemy w każdej fabryce podążającej za koncepcją Przemysłu 4.0 – mowa tutaj o wykorzystaniu kamer GoPro podczas wykrywania nieprawidłowości maszyn oraz o urządzeniu jakim jest smartwatch i jego użyteczności w procesie kompletacji zamówienia. Pierwsze rozwiązanie zastosowano w zakładzie produkcyjnym Boscha, gdzie wspomniana kamera GoPro instalowana jest w maszynach w celu rejestracji zachodzących zdarzeń. Umożliwia to niezwłoczną analizę problemu w przypadku awarii. Natomiast smartwatch odnajdziemy w fabryce Volkswagena, w której inteligentny zegarek skanuje kody kreskowe towarów za pomocą wbudowanej kamery, kolejno wyświetlając uzyskane informacje o produkcie na ekranie. W porównaniu do metod tradycyjnych, oba zastosowania zbierają dane w o wiele szybszy sposób, znacznie ułatwiając pracę człowiekowi.

Podsumowanie

Czwarta rewolucja przemysłowa, zwana potocznie Przemysłem 4.0, stała się faktem i determinuje pozycję konkurencyjną przedsiębiorstw na arenie międzynarodowej. Rozwój Przemysłu 4.0 ma znaczący wpływ na wdrażane innowacje technologiczne i pozycje przedsiębiorstw na rynku. Kluczowymi komponentami są: automatyzacja procesów, robotyzacja i cyfryzacja. Niemieckie zakłady produkcyjne cechują się wysokim rozwojem technologicznym i innowacyjnością. Widoczne jest to na przykładzie wybranych fabryk motoryzacyjnych jakimi są: Bosch, Mercedes i Volkswagen. Dzięki wprowadzonym rozwiązaniom, zakłady te stały się liderami w dziedzinie produkcji, tym samym zwiększając poziom konkurencyjności.

Należy podkreślić, że zastosowanie technik przemysłu czwartej generacji znacząco wpływa na przebieg procesów produkcyjnych, usprawniając ich przebieg, zapobiegając powstawaniu przypadkowych awarii czy niekontrolowanych przestojów

maszyn. Ponadto znacząco zmienia przebieg procesów decyzyjnych w obszarze organizacji, sterowania i zarządzania produkcją, co jest możliwe dzięki dostępowi do Big Data na różnych poziomach organizacyjnych przedsiębiorstwa. Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań i szybkie reagowanie na występujące zakłócenia w procesach produkcyjnych ma znaczący wpływ na poprawę wydajności produkcji oraz jakość wytwarzanych produktów.

Literatura

1. Bentyń Z. (2017), *Adaptacja łańcuchów dostaw do potrzeb przemysłu 4.0.*, Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 6.
2. Brzozowska M. (2016), *Industry 4.0–Impact on Logistics Processes Management*, *Przedsiębiorczość i Zarządzanie* 17 (11.2).
3. Bujak A. (2017), *"Rewolucja Przemysłowa-4.0" i jej wpływ na logistykę XXI wieku*, *Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 6.
4. Bulak K. (2019), *Ocena możliwości implementacji Przemysłu 4.0 w polskich przedsiębiorstwach produkcyjnych*, *Akademia Zarządzania* 3(3).
5. Davoutoğlu N. A. (2020), *Constructing the concept of the physical internet as opposed to the concept of logistics with a view to establishing the paradigm of society-business-technology as part of industry 4.0.*, *Journal of Awareness* 5(3).
6. Furmanek W. (2018), *Najważniejsze idee czwartej rewolucji przemysłowej (Industrie 4.0)*, *Dydaktyka Informatyki* 13.
7. Gajdzik B., Grabowska, S. (2018), *Leksykon pojęć stosowanych w przemyśle 4.0.*, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie*, 132, s. 225-234.
8. <http://elektroonline.pl/news/8015,Volkswagen-wykorzystuje-technologie-druku-3D-przy-produkcji-samochodow> [13.05.2021].
9. <https://mercedes-benz-jawor.com.pl/o-mercedesie/> [17.05.2021].
10. https://przemysl-40.pl/index.php/2017/07/14/industry-4-0-w-praktyce-wizyta-w-fabryce-referencyjnej-firmy-bosch/?fbclid=IwAR3FuV27A5Pn8u5ZmlWdiXsKQKoVdWnjpNcSCZoWV7_dUpA3nVn6JXhJ6o [20.05.2021].
11. https://przemysl-40.pl/index.php/2018/03/13/mercedes-benz-buduje-zaklad-produkcyjny-4-0/?fbclid=IwAR2NPETShmyM9gKcfFCISmKYcYRQqcHjSIR_EKoHa812NQQUg5pT8Ggqliw [14.05.2021].
12. https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/jak-dziala-werk-56-czyli-fabryka-przyszlosci-z-sindelfingen/?fbclid=IwAR1UeYAg3gq_YdThzOvnj_14ilvk5OHZWEoHk1DhAX7HW69BNGs55MJbvjo [12.05.2021].

13. <https://www.automotivelogistics.media/volkswagen-trials-smartwatch-and-rfid-for-parts-picking-at-wolfsburg/14855.article> [10.05.2021].
14. <https://www.bosch.com/company/> [18.05.2021].
15. <https://www.bosch.de/en/our-company/bosch-in-germany/homburg/> [30.05.2021].
16. <https://www.polityka.pl/tygodnikpolityka/rynek/1723740,1,jak-bedzie-wygladal-swiat-z-drukarki-3d.read> [19.05.2021].
17. <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2018/05/what-exactly-does-a-robotics-expert-do.html> [29.05.2021].
18. <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2020/08/artificial-intelligence-not-so-difficult-after-all.html> [29.05.2021].
19. <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2021/04/fully-integrated-volkswagen-builds-industrial-cloud-for-all-plants.html> [29.05.2021].
20. <https://www.vw-group.pl/pl/koncern-volkswagen> [21.05.2021].
21. Kamiński A. (2018), *"Inteligentna fabryka" - nowe trendy w rozwoju systemów informatycznych dla przemysłu*, Zarządzanie i Finanse 16 (3), s. 113-122.
22. Kazberuk P., Dąbrowska J. (2020), *Innowacje dotyczące transportu drogowego osób w inteligentnych miastach w dobie Przemysłu 4.0.*, Akademia Zarządzania 4 (2).
23. Kiraga K. (2016), *Przemysł 4.0: 4. rewolucja przemysłowa według Festo*, Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe 17.
24. Kobis P. (2017), *Czynniki kształtujące wybór informatycznego modelu zarządzania informacją*, Marketing i Rynek 7.
25. Majchrzak-Lepczyk J. (2015), *Zachowania konsumentów na rynku e-commerce-wybrane zagadnienia*, Handel Wewnętrzny 2 (355), s. 259-269.
26. Matt D. T., Modrák V., Zsifkovits H. (2020), *Industry 4.0 for SMEs: Challenges, opportunities and requirements*, Springer Nature 32.
27. Mychlewicz C., Piątek Z. (2017), *Od Industry 4.0 do Smart Factory*, Poradnik menedżera i inżyniera, Siemens.
28. Niedbał R., Wrzalik A., Sokołowski A. (2017), *Czwarta rewolucja przemysłowa jako wyzwanie utrzymania konkurencyjności przedsiębiorstwa*, Marketing i Rynek 7.
29. Paska M. (2017), *Inteligentne fabryki i ich technologia. Innowacyjność to cyfryzacja i rozwój*, Prace Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości z siedzibą w Wałbrzychu.
30. Płaczek E. (2018), *Logistyka w erze Industry 4.0.*, Przedsiębiorczość i Zarządzanie 19 (11.3).
31. Ratajczak M., Woźniak-Jęchorek B. (2020), *Rewolucje przemysłowe i ich wpływ na rozwój ekonomii*, Biuro Analiz Sejmowych.
32. Szulewski P. (2016), *Koncepcje automatyki przemysłowej w środowisku Industry 4.0.*, Mechanik 7.

33. Szulewski P. (2017), *Koncepcje i elementy inteligentnej fabryki przyszłości*, Mechanik 90 (2).
34. Szum K., Magruk A. (2019), *Analiza uwarunkowań rozwoju Przemysłu 4.0 w województwie podlaskim*, Akademia Zarządzania 3(2).
35. Trzop A. (2020), *Przegląd rozwiązań z zakresu przemysłu 4.0 stosowanych w obszarze logistyki*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie 81.
36. Walczak M. (2011), *Klasyfikacja przedsiębiorstw w kontekście masowej indywidualizacji*, Nauki o Zarządzaniu 08.
37. Wieczorek P. (2018), *Czwarta rewolucja przemysłowa-wizja przemysłu nowej generacji–perspektywa dla Polski*, Kontrola Państwowa 63 (3(380)), s. 89-115.
38. Woliński B. (2016), *Koncepcja „Industry 4.0” jako strategia reindustrializacji i wdrożenia procesów produkcyjnych kolejnej generacji*, Studia Ekonomiczne 8.

Usage Industry 4.0 technologies on the example of German automotive production factories

Abstract

The article presents the four industrial revolutions and the concept and purpose of Industry 4.0, which relies on individualization and automatization of production and data processing. The most important technologies being results of the development of the fourth industrial revolution are listed and described. These include Internet of Things, RFID, artificial intelligence, cloud computing, virtual reality, 3D printing and Big Data. The concept of a smart factory, which is based on the integration of hardware and software systems, was also presented. Finally, three German industrial plants (Bosch, Mercedes, Volkswagen) were described and compared in terms of applied Industry 4.0 technologies.

Key words

Industry 4.0, smart factory, Germany