

ZARZĄDZANIE KOMPETENCJAMI SŁUŻB UTRZYMANIA RUCHU W DOBIE INDUSTRY 4.0

Paulina Kalinowska

Politechnika Łódzka

Wydział Zarządzania i Inżynierii Produkcji

Katedra Zarządzania Produkcją i Logistyki

paulina.kalinowska@p.lodz.pl

Streszczenie: *W świetle perspektyw rozwoju koncepcji Przemysł 4.0, a tym samym rozwoju wysoce zautomatyzowanych systemów, wzrośnie zapotrzebowanie na wykwalifikowanych pracowników utrzymania ruchu. Duże ilości danych i informacji muszą być poprawnie interpretowane i analizowane w krótkim czasie. Obecnie w wielu przedsiębiorstwach pracownicy utrzymania ruchu podejmują decyzje na podstawie swoich wcześniejszych doświadczeń, natomiast Przemysł 4.0 zakłada, iż podejmowanie decyzji będzie wspierane komputerowo. Dopiero w praktyce okaże się, jaki rodzaj ingerencji człowieka będzie dominował. Dlatego też rodzi się pytanie, jakie kompetencje będą wymagane od pracowników obsługujących zautomatyzowane systemy w celu przewidywania sytuacji awaryjnych oraz szybkiego rozwiązywania problemów? W rozdziale dokonano identyfikacji i analizy kluczowych kompetencji pracowników utrzymania ruchu w dobie Industry 4.0, a także przedstawiono perspektywy szkoleń podnoszących kwalifikacje zawodowe.*

Słowa kluczowe: Przemysł 4.0, kompetencje służb utrzymania ruchu, edukacja, lifelong learning, szkolenia.

1. Wprowadzenie

Wyzwaniem przyszłości jest inteligentna produkcja, która będzie w stanie szybko dostosowywać swoją infrastrukturę do zmieniających się warunków na światowym rynku [1] Aby stawić czoła przyszłym wyzwaniom niemiecki rząd w 2011 podczas targów w Hanowerze przedstawił po raz pierwszy koncepcję Industry 4.0, której celem jest wprowadzenie firm w nową erę robotyzacji i komputeryzacji.

Koncepcja Przemysłu 4.0 może być ogólnie zdefiniowana jako przekształcenie oddzielnych zautomatyzowanych zakładów produkcyjnych w całkowicie zautomatyzowane i zoptymalizowane środowiska produkcyjne. Procesy produkcyjne połączone są poziomo i pionowo w ramach obecnych systemów w przedsiębiorstwach. W tym celu, czujniki, urządzenia i systemy IT są zintegrowane w łańcuch wartości w granicach przedsiębiorstwa. Dlatego właśnie systemy cyber-fizyczne stanowią podstawę dla inteligentnych fabryk. Fabryki te posiadają zdolność autonomicznej wymiany informacji poprzez wykorzystanie internetowych protokołów komunikacyjnych, reagując w ten sposób w czasie rzeczywistym na potencjalne błędy i dopasowując się do zmian zapotrzebowania konsumentów na produkty. Inteligentne fabryki zapewniają wytwarzanie konkurencyjnych produktów [2].

W ramach Przemysłu 4.0, oprócz współpracy między maszynami, wspiera się również współpracę między ludźmi i maszynami. Cyfrowy przemysł stawia dużo wymagań zarówno teoretykom, jak i praktykom w odniesieniu do maszyn. Dąży się bowiem do zwiększenia efektywności, produktywności, niezawodności maszyn, a także ich inteligencji, poprzez włączenie do tego procesu nowoczesnych narzędzi informatycznych [3]. Przemysł 4.0 zakłada integrację inteligentnych maszyn celem zwiększenia wydajności produkcji. Maszyny sterowane cyfrowo mają mieć ciągły dostęp do Internetu i technologii informacyjnych, a produkty i materiały wykorzystywane w procesie produkcji powinny być identyfikowalne. Zasoby ludzkie, maszynowe oraz systemy informatyczne automatycznie mają wymieniać informacje w trakcie trwania procesu produkcyjnego zarówno w ramach jednej fabryki, jak i różnych systemów IT. Natomiast narzędzia produkcyjne mają same modyfikować własne działania, w zależności od zadań, dzięki zastosowaniu odpowiednich programów do obsługi maszyn [4]. Działania te mają na celu integrację wszelkiego typu urządzeń biorących udział w procesie produkcyjnym ze światem wirtualnym. Wraz z postępem technicznym działania konserwacyjne maszyn nabierają coraz większego znaczenia.

Za sprawą Industry 4.0 przedsiębiorstwa wykorzystują nowe technologie do monitorowania procesów, dzięki czemu uzyskują szczegółowe informacje o działaniach w czasie rzeczywistym. Skutkuje to zmianą typowych zakładów produkcyjnych w inteligentne fabryki, w których technologie umożliwiają łączność maszyna-maszyna (M2M) i maszyna człowiek (M2H), co wpływa na skuteczność podejmowanych decyzji we właściwym czasie.

Przedsiębiorstwa zdają sobie sprawę, iż dobrze wyszkolona kadra pracownicza stanowi fundament do udanego wdrożenia Przemysłu 4.0. W szczególności dotyczy to pracowników odpowiedzialnych za planowanie oraz dokonywanie konserwacji maszyn, urządzeń oraz całej infrastruktury produkcyjnej. Dlatego

też istotnym zadaniem kadry kierowniczej jest zapewnienie właściwego poziomu kompetencji pracowników służb utrzymania ruchu [5][6].

2. Kształcenie w miejscu pracy wspierane przez ICT

Koncepcja Przemysłu 4.0 w utrzymaniu ruchu przejawia się w zakresie projektowania inteligentnych i samouczących się systemów, które diagnozują maszyny, przewidują awarie i uruchamiają programy serwisowe. Inteligentne systemy mogą wydobywać istotne informacje z wielu źródeł danych [7].

Cyfryzacja przemysłu związana z czwartą rewolucją bazuje na dwunastu zaawansowanych technologiach, które – połączone ze sobą bezprzewodowo – stanowią spójny system:

- Robotyka adaptacyjna: dzięki mikroprocesorom i sztucznej inteligencji produkty, maszyny i usługi posiadają możliwości obliczeniowe, komunikacyjne, sterujące i autonomiczne [8]. Coboty i interakcja człowiek-robot (HRI) umożliwiają pracę z ludźmi. Ponadto inteligencja wbudowana w roboty może pozwolić im uczyć się na podstawie działań człowieka, poprawiając ich autonomię i elastyczność [9].
- Systemy wbudowane (systemy cyber-fizyczne, CPS): odnosi się do systemów, w których świat fizyczny, poprzez sensory i moduły wykonawcze łączy się ze światem wirtualnym. Następnie informacje dotyczące świata fizycznego są przetwarzane w oparciu o matematyczne odwzorowanie fizycznych obiektów. CPS obejmując różne systemy wbudowane, jak również systemy socjotechniczne; funkcjonują elastycznie, w zależności od zmian zachowania obiektów i otoczenia [10].
- *Additive Manufacturing* (wytwarzanie przyrostowe) – addytywne metody wytwarzania (drukowanie 3D) są coraz częściej stosowane do produkcji małych partii produktów dostosowanych do indywidualnych potrzeb, oferujących złożone, lekkie konstrukcje. Wysokowydajne, zdecentralizowane systemy produkcji dodatkowo zmniejszą zapasy surowców i obniżą koszty transportu dzięki produkcji na miejscu [11].
- *Cloud* (chmura obliczeniowa): przetwarzanie w chmurze umożliwia dostęp z różnych urządzeń. Chmurę można postrzegać jako usługę i wspieranie wspólnego projektowania, rozproszonej produkcji, gromadzenia innowacji, eksploracji danych, technologii sieci semantycznej i wirtualizacji. Produkcja w chmurze umożliwia dostęp na żądanie do wspólnego zbioru zróżnicowanych i rozproszonych zasobów produkcyjnych w celu rekonfiguracji linii produkcyjnej. Wpływa to na poprawę wydajności, zmniejszenia kosztów cyklu życia produktu i umożliwienia optymalnej alokacji zasobów [12].

- Technologie wirtualizacji (*virtual reality* VR i *augmented reality* AR): VR zapewnia narzędzie symulacyjne do odtwarzania rzeczywistego środowiska. Użytkownik czuje i widzi symulowaną rzeczywistość tak, jak doświadcza w prawdziwym życiu. Z drugiej strony AR rozwija się w aplikacjach, aby łączyć elementy cyfrowe z działaniami w świecie rzeczywistym [13].
- Symulacja: w fazie projektowania stosowane są trójwymiarowe symulacje produktów, materiałów i procesów produkcyjnych. Symulacje mogą wykorzystywać dane w czasie rzeczywistym do odzwierciedlania świata fizycznego w modelu wirtualnym, który może obejmować maszyny, produkty i ludzi. Dzięki temu operatorzy mogą przetestować i zoptymalizować ustawienia maszyny dla następnego produktu w świecie wirtualnym przed fizycznym przełączeniem, tym samym skracając czas ustawiania maszyny i poprawiając jakość [14].
- *Big Data*: zdolność do zbierania, przechowywania i analizowania ogromnej ilości danych, których analiza może być wykorzystana do identyfikowania nieefektywności i wąskich gardeł produkcyjnych, optymalizacji jakości produkcji, oszczędności energii i poprawy serwisu oraz diagnostyki urządzeń. [15].
- *Internet of things* (przemysłowy Internet): umożliwia urządzeniom terenowym komunikację i interakcję zarówno między sobą, jak i bardziej scentralizowanymi kontrolerami, w razie potrzeby. Decentralizuje również analizy i podejmowanie decyzji, umożliwiając odpowiedzi w czasie rzeczywistym [16].
- Systemy lokalizacji w czasie rzeczywistym (RTLS) i technologie identyfikacji radiowej (RFID) umożliwiają identyfikację, lokalizację i wykrywanie [8].
- *Cybersecurity* (bezpieczeństwo cybernetyczne): ekspansja komunikacji przemysłowej powoduje, że bezpieczeństwo staje się krytycznym aspektem. Dzięki zwiększonej łączności i wykorzystaniu standardowych protokołów komunikacyjnych dramatycznie wzrasta potrzeba ochrony krytycznych systemów przemysłowych i linii produkcyjnych przed cyberatakami. W rezultacie niezbędna jest bezpieczna, niezawodna komunikacja, a także zaawansowane zarządzanie tożsamością i dostępem do maszyn i użytkowników [15].
- Czujniki: podstawowa technologia dla systemów wbudowanych, w których czujniki są używane do bezpośredniego przechwytywaniadanych fizycznych [17].

- Technologie mobilne: umożliwiają odbiór i przetwarzanie dużej ilości informacji oraz są wyposażone w wysokiej jakości kamery i mikrofony umożliwiające rejestrowanie i przesyłanie informacji [8].

Nowe rozwiązania techniczne ukierunkowane na podnoszenie kwalifikacji pracowników oraz funkcjonowanie w oparciu o „rzeczywistość rozszerzoną” prowadzą do przededefiniowania profili obecnych stanowisk pracy i stworzenia zupełnie nowych. Standardem stanie się ustawiczne rozwijanie umiejętności. Obecny model obecności przy maszynie podczas dokonywania napraw i konserwacji zostanie zastąpiony dzięki możliwości zdalnej komunikacji z maszynami oraz zawiadywania ich pracą. W ten sposób pracownik będzie mógł elastycznie konfigurować czas swojej fizycznej obecności w fabryce.

Wszechobecna cyfryzacja zmienia również sposób komunikacji i uczenia się. W Przemysle 4.0 sposób uczenia się wydaje się być wyzwaniem ze względu na bardziej wyspecjalizowaną pracę i mniej pracowników wykonujących ten sam rodzaj pracy. Oznacza to potrzebę opracowania nowatorskich systemów uczenia się, np. w formie nadzoru, wskazówek i uczenia się opartego na współpracy za pośrednictwem narzędzi ICT. Zastosowanie nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych otwiera nowe możliwości uczenia się w miejscu pracy, indywidualnego podejścia do nauczania poprzez opracowania szkoleń e-learningowych [18].

Edukacja 4.0 na wszystkich poziomach edukacji posiada następujące cechy:

- uczniowie mają możliwość uczenia się w różnym czasie i miejscu,
- personalizacja nauki, czyli dostosowanie metod i narzędzi uczenia się do indywidualnych możliwości ucznia,
- doświadczenie praktyczne umożliwiające zdobycie umiejętności w świecie rzeczywistym,
- angażowanie uczniów w tworzenie własnych programów nauczania,
- mentoring jako relacja nakierowana na rozwój ucznia.

3. Metody badań

W opracowaniu przedstawiono wyniki analizy kluczowych kompetencji potrzebnych wszystkim pracownikom służb utrzymania ruchu. Celem badania było określenie zakresu kompetencji służb UR w Industry 4.0. Badanie przeprowadzono na 94. pracownikach zatrudnionych w 28. przedsiębiorstwach w województwie łódzkim. W badaniu wzięły udział następujące grupy pracowników: menedżerowie, specjaliści SUR oraz specjaliści HR.

Dodatkowo informacje uzyskane w kwestionariuszach wywiadu zostały uszczegółowione w przeprowadzonych Indywidualnych Wywiadach Pogłębionych (IDI).

4. Analiza kluczowych kompetencji służb UR

Na podstawie wyników badań opracowano trzy grupy kluczowych kompetencji wymaganych od pracowników utrzymania ruchu w dobie Industry 4.0:

- kompetencje techniczne,
- kompetencje poznawcze,
- kompetencje społeczne.

Kompetencje techniczne

Kompetencje techniczne należą do tzw. „kompetencji twardych”. Aby pracownicy mogli pracować z robotami i w pełni wykorzystywać możliwości, jakie dają inteligentne systemy, muszą posiadać podstawowe kompetencje w zakresie technologii sieciowej, transmisji i technologii bezprzewodowej do identyfikacji przyczyn uszkodzeń, czy komunikacji z informatykami. Sztuczna inteligencja, rzeczywistość wirtualna i rozszerzona, Internet rzeczy i usług, robotyka oraz inne technologie staną się częścią codziennej pracy każdego pracownika.

Ludzie i roboty będą ze sobą współpracować bardziej niż kiedykolwiek, także w zakresie utrzymania ruchu. Pracownicy utrzymania ruchu będą musieli nauczyć się zarządzać czynnościami wykonywanymi przez inteligentne roboty. Czynniki ludzkie staną się centrum inteligentnej produkcji CPS, w której konteksty cyber i fizyczne zostaną bezproblemowo zintegrowane ze sobą w celu synergicznego działania. Zadaniem pracownika będzie umiejętne czerpanie korzyści z inteligencji w kontekście cybernetycznym, a także dodawanie dodatkowej inteligencji w celu osiągnięcia poziomu meta inteligencji. Wyższy poziom wydajności i skuteczności zostanie osiągnięty poprzez synergiczną współpracę między ludzką i sztuczną inteligencją w kontekście CPS.

Możliwość obserwowania i działania pracownika w świecie fizycznym zostanie wzmocniona możliwością przebywania w środowisku wirtualnej rzeczywistości. Korzystając z aplikacji do symulacji 3D, pracownicy będą mogli łączyć rzeczywiste obiekty z wirtualnymi. Symulacja 3D zakłada aktualny widok świata rzeczywistego i dodaje do niego zawartość cyfrową. Aplikacja ta umożliwi symulację czynności związanych z obsługą maszyn, co pozwoli pracownikom lepiej zrozumieć środowisko pracy oraz doskonalić umiejętności percepcji i działania w środowisku pracy.

Innym narzędziem są zestawy słuchawkowe, które umożliwiają użytkownikom poruszanie się po wirtualnym środowisku, które ukazuje „prawdziwą” rzeczywistość. Inteligentne okulary będą dobrym rozwiązaniem w przypadku bieżącej konserwacji, gdy pracownik musi mieć wolne ręce, aby móc wykonywać zadania. Wirtualny Asystent z funkcją głosową będzie instruował pracownika podczas czynności konserwacyjnych i odpowiadał na pytania dotyczące wykonywanych prac.

Kompetencje poznawcze

Kompetencje poznawcze potocznie są nazywane kompetencjami myślenia krytycznego. Jest to bardzo szerokie pojęcie, które obejmuje zarówno kreatywność, jak również myślenie analityczne, umiejętność podejmowanie decyzji oraz rozwiązywanie złożonych problemów. Rozwój Internetu doprowadził do stanu ciągłego przeladowania informacjami. Inżynier utrzymania ruchu powinien być w stanie przetwarzać i analizować duże ilości danych z kilku źródeł oraz umiejętnie manipulować niespójnymi i niejednorodnymi danymi. Oceniać ważność i wiarygodność tych informacji oraz wyciągać wnioski. W tych zadaniach pomocna będzie umiejętność pozyskiwania informacji z zasobów elektronicznych oraz narzędzi *Big Data*.

Również pożądane będą takie cechy, jak adaptowalność i elastyczność. Pracownicy Przemysłu 4.0 będą musieli mieć pozytywne nastawienie do zmian, aby móc elastycznie dostosowywać się do wielu funkcji i środowisk pracy, a także stale zdobywać nowe umiejętności z różnych dyscyplin. Dlatego też bardzo ważna jest otwartość na nowe wyzwania oraz nastawienie na uczenie się przez całe życie (*lifelong learning*).

Bez względu na to jak bardzo ucyfrowione jest środowisko pracy, nadal ludzie będą lepsi od maszyn w szukaniu niestandardowych rozwiązań problemów. Kreatywność będzie bardzo pożądaną cechą na rynku pracy, ponieważ stanowiska pracy Industry 4.0 będą wymagały nowatorskich sposobów myślenia oraz wychodzenia poza utarte schematy.

Kompetencje społeczne

Oprócz umiejętności technicznych bardzo ważne dla personelu zajmującego się konserwacją stają się umiejętności miękkie, takie jak umiejętności społeczne i komunikacyjne, a także umiejętności pracy zespołowej i samodzielnego zarządzania. Nowe środki komunikacji i technologie społeczne wymagają od pracowników umiejętności pracy w wirtualnym, wielokulturowym zespole. Szczególnie ważna jest umiejętność skutecznego komunikowania się i budowania relacji. Skuteczna

komunikacja to m.in. umiejętność przekonywania, motywowania innych, wyjaśniania trudnych i niepopularnych decyzji. Bardzo ważne elementy składające się na pracownika 4.0 to jego postawa, system wartości i szacunek dla innych. Firmy przechodzące transformację cyfrową będą szukały pracowników, którzy mają rozwinięte zdolności interpersonalne; takich, którzy będą potrafili dobrze współdziałać z innymi i wspólnie wspierać firmę. Ze względu na międzynarodową działalność wielu przedsiębiorstw pracownicy muszą być uwrażliwieni na inne kultury, języki, przekonania polityczne i religijne, a także posiadać umiejętność współpracy z osobami, które mogą inaczej postrzegać świat. Nie należy o tym zapominać, bo na tym polega różnica między ludźmi, a komputerami i jest podstawą budowania relacji wzajemnego zaufania, która umożliwia skuteczniejszą komunikację i sukces w realizacji zadań.

5. Programy szkoleń i rozwoju kariery

Postępująca cyfryzacja branży w ramach Industry 4.0 spowodowała, że szkolenia i kształcenie pracowników obsługi technicznej stały się ważniejsze niż kiedykolwiek wcześniej. Procesy utrzymania wymagają coraz bardziej specjalistycznej wiedzy, dlatego też pracownicy muszą ciągle doskonalić swoje umiejętności. Zgodnie z ideą czwartej rewolucji pracownik Industry 4.0 powinien cechować się pozytywnym podejściem do zmian, które pozwolą na łatwiejszą adaptację do nowych procesów konserwacji oraz wyzwań serwisowych.

Pomimo wdrażania inteligentnych i zintegrowanych technologii, które powodują automatyzację zadań konserwacyjnych, pracownicy utrzymania ruchu pozostają w sercu procesu konserwacji. Pełnią oni główną rolę w efektywności obsługi, stąd też tak ważne jest, aby mieli pełną świadomość swojej roli i brali czynny udział w pracach serwisowych. Pracownicy utrzymania ruchu muszą zrozumieć cały proces, osiąść umiejętności korzystania z nowych automatycznych systemów oraz poznać sposoby uzyskiwania dostępu do danych inwentaryzacyjnych.

Technologie cyfrowe w szybkim tempie przenikają do fabryk, dlatego też inżynierowie i pracownicy obsługi technicznej muszą zostać zaznajomieni z nowymi koncepcjami i technikami gromadzenia danych i procesów.

Kolejnym aspektem jest starzenie się siły roboczej. Gospodarki rozwinięte borykają się z problemem starzenia się społeczeństwa. Zjawisko to znajduje odzwierciedlenie w wieku siły roboczej. Jak wynika z danych Głównego Urzędu Statystycznego, średnia długość życia dla kobiet i mężczyzn wynosi kolejno 81 lat i 74 lata. Według prognoz w 2035 roku odsetek osób w wieku 65+ wyniesie 24,5%, co oznacza, że za 15 lat ludność w wieku poprodukcyjnym będzie stanowić blisko jedną czwartą polskiego społeczeństwa [19].

Często starsi pracownicy mają negatywne nastawienie do zmian i niechętnie korzystają z nowoczesnych rozwiązań. Pojawia się problem motywowania starszej kadry, która często jako jedyna posiada specjalistyczną wiedzę konserwacyjną.

W fabrykach 4.0 stosuje się programy uczenia się przez całe życie, które edukują w zakresie nowych technologii i możliwości przekwalifikowania zawodowego. Ważne jest, aby takie programy były właściwie zaprojektowane i dostosowane do potrzeb zmieniających się trendów w utrzymaniu ruchu. Personalizowane programy szkoleń w formie e-learningu pozwalają pracownikom nabywać wiedzę i umiejętności w dostosowanym do nich tempie, miejscu i czasie. Takie rozwiązanie pozwala również personalizować szkolenia, aby rozwijać wybrane kompetencje pracownika.

Metody *augmented reality* oraz *virtual reality* mogą być wykorzystywane w szkoleniach związanych z procesami konserwacji. Polegają one na wykorzystaniu realistycznych reprezentacji cybernetycznych i powiązanych wizualizacji do przedstawienia szczegółów konserwacji. Jest to podejście „uczenia się przez działanie”, które jest znacznie bardziej ciekawe i efektywne niż multimedialne metody.

Kolejną propozycją jest zastosowanie symulacji 3D. Pracownicy mogą zasymulować przypadek wykonywania zadań konserwacyjnych na danej maszynie, jak również mogą zidentyfikować potencjalne zagrożenia bezpieczeństwa na danym stanowisku pracy. Oprócz symulatorów 3D istnieją również programy symulujące działanie sprzętu, które mogą być wykorzystywane podczas szkoleń z zakresu testowania różnych scenariuszy napraw maszyn i urządzeń.

W celu zatrzymania kluczowych kompetencji i wiedzy *know-how*, firmy opracowują plany sukcesji tworząc ścieżki kariery pracowników. W takich ścieżkach rozwoju bardzo istotne są kompetencje „miękkie”, takie jak – na przykład – umiejętność współpracy i organizacji pracy. Stworzenie systematycznej ścieżki rozwoju dla pracowników utrzymania ruchu wymaga kilkuetapowej pracy. W pierwszy etapie powinno nastąpić rozpoznanie i stworzenie zestawu kluczowych kompetencji na danym stanowisku pracy. Drugi etap zakłada stworzenie miernika, który pozwoli pracownikom utrzymania ruchu rozpoznać ich poziomy umiejętności w poszczególnych obszarach. Trzeci etap polega na opracowaniu i wdrożeniu regularnych programów szkoleń dla pracowników. Takie podejście do podnoszenia kwalifikacji zawodowych wpisuje się w ideę *lifelong learning*, która zakłada stałe podnoszenie kwalifikacji i kompetencji w trakcie całego życia.

Korzyści ze szkoleń są obopólne – pracodawcy zyskują lepiej wykwalifikowaną, interdyscyplinarną kadrę, co ma swoje przełożenie na wydajność pracy i poprawę bezpieczeństwa, natomiast pracownikom wzrost poziomu kompetencji daje poczucie większej sprawozdawczości oraz buduje gotowość do brania odpowiedzialności w obszarze własnej specjalizacji.

Oprócz budowania programów szkoleń dla obecnych pracowników utrzymania ruchu, należy również opracować nowe programy edukacji szkolnej dla przyszłych pracowników, ponieważ przemysł 4.0 wymaga interdyscyplinarnego podejścia oraz łączenia wiedzy i umiejętności z kilku dziedzin. Szczególnie pożądane będą zarówno kompetencje inżynierskie i IT, jak również umiejętności miękkie (np. praca zespołowa oraz innowacyjność). Takie interwencje powinny zostać podjęte na poziomie państwowym, aby do programów szkół średnich i uczelni wyższych włączono zajęcia z zakresu projektowania infrastruktury IT, zasad pomiarów i kontroli elektronicznej oraz programowania UX (*User Experience*).

6. Podsumowanie

Przemysł 4.0 stwarza swoistą rewolucję w interakcji pomiędzy ludźmi i maszynami. Współpraca między człowiekiem i robotem wkroczy na wyższy poziom dzięki rozwojowi inteligentnych interfejsów. Rola pracowników utrzymania ruchu będzie zmierzała w kierunku zarządzania czynnościami konserwacyjnymi wykonywanymi przez inteligentne roboty. Wraz z dynamicznym rozwojem nowoczesnych technologii pracownicy będą musieli być bardziej otwarci na zmiany oraz przyzwyczać się do ciągłego uczenia się i przyswajania wiedzy z różnych dyscyplin. Dlatego też wykwalifikowani pracownicy utrzymania ruchu, aby móc wykonywać zadania konserwacyjne będą musieli posiadać wiedzę z zakresu IT, systemów elektronicznych i mechanicznych w celu błyskawicznego reagowania na zaistniałe sytuacje. Ponadto powinni posiadać kompetencje w obszarze analizy, rozwiązywania problemów i podejmowania decyzji oraz myślenia abstrakcyjnego. Czwarta rewolucja przemysłowa spowodowała, że szkolenia i kształcenie pracowników obsługi technicznej stały się ważniejsze niż kiedykolwiek wcześniej.

Pracownicy będą zobligowani do permanentnego rozwijania swoich kompetencji konserwacyjnych z pomocą cyfrowych asystentów oraz symulacji 3D wirtualnej rzeczywistości. Poprzez możliwości zdalnej komunikacji z urządzeniami pracownicy będą mogli elastycznie zarządzać swoim czasem pracy. Internet rzeczy i Internet usług przyczyniają się do powstania modeli biznesowych dotyczących np. uczestnictwa pracowników w procesach utrzymania ruchu online z różnych miejsc na ziemi. Będzie to sprzyjało rozwojowi modelu pracy według zasad *home office*.

Ważnym aspektem jest również budowanie ścieżek kariery dla pracowników, których kluczowym elementem jest stałe podnoszenie kwalifikacji pracowników zgodnie z ideą *lifelong learning*. Wraz z dynamicznym rozwojem nowoczesnych technologii pracownicy będą musieli być bardziej otwarci na zmiany oraz przyzwyczać się do ciągłego uczenia się i przyswajania wiedzy z różnych dyscyplin.

Literatura

- [1] Sanders A., Elangeswaran C., Wulfsberg J., *Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing*, "Journal of Industrial Engineering and Management" 2016, vol. 9, no. 3.
- [2] Wittenberg C., *Human-CPS Interaction – requirements and human-machine interaction methods for the Industry 4.0*, "IFAC-PapersOnLine" 2016, vol. 49, iss. 19, pp. 420-425.
- [3] MacDougall W., (2014), *Industrie 4.0. Smart Manufacturing for the future*, Germany Trade and Invest, Berlin.
- [4] Zezulka F., Marcon P., Vesely I., Sajdl O., *Industry 4.0 – An Introduction in the phenomenon*, "IFAC-PapersOnLine" 2016, vol. 49, iss. 25, pp. 8-12
- [5] Antosz K., *Maintenance – identification and analysis of the competency gap*, „Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability” 2018, vol. 20, no. 3.
- [6] Krasoń P., Maczewska A., Polak-Sopińska A., *Human Factor in Maintenance Management*, [w:] Karwowski W., Trzcieliński S., Mrugalska B., Di Nicolantonio M., Rossi E., (eds.), *Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control*, Orlando 2019.
- [7] Jasiulewicz-Kaczmarek M., *The role of ergonomics in implementation of the social aspect of sustainability, illustrated with the example of maintenance*, "Occupational Safety and Hygiene" 2013, pp. 47-52 .
- [8] Kagermann H., Wahlster W., Helbig J., (2013), *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*, Acatech-National Academy of Science and Engineering.
- [9] Moon I., Lee G. M., Park J., Kiritsis D., & Von Cieminski G. (eds.), (2018), *Advances in Production Management Systems: Production Management for Data-driven, Intelligent, Collaborative, and Sustainable Manufacturing*, Seoul.
- [10] Lee J., Bagheri B., Kao H., *A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems*, "Manufacturing Letters" 2015, vol. 3, pp. 18-23.
- [11] Bhatia U., *3D printing technology*, "International Journal of Engineering and Technology Research" 2015, no. 3(2).
- [12] Cimini C., Pezzotta G., Pinto R., Cavalieri S., (2018), *Industry 4.0 Technologies Impacts in the Manufacturing and Supply Chain Landscape*, Berlin.
- [13] *Augmented Reality: A New Reality for Utilities*, <https://blogs.cisco.com/energy/augmented-reality-a-new-reality-for-utilities> (dostęp: 12.10.2020).
- [14] Matyas K., (2013), *Instandhaltungslogistik: Qualität und Produktivität Steigern*, Carl Hanser Verlag, München-Wien.
- [15] Gierej S., *Big Data in the industry – Overview of selected issues*, "Management Systems in Production Engineering" 2017, no. 25.
- [16] Marhaug A., Schjolberg P., *Smart Maintenance Industry 4.0 and Smart Maintenance: from Manufacturing to Subsea Production Systems*, (2016), [w:] *Proceedings of the 6th International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation*.
- [17] Geisberger E., Broy M., (2015), *Living in a networked world: Integrated research agenda Cyber-Physical Systems*, Herbert Utz Verlag.

- [18] Wróbel-Lachowska M., Wisniewski Z., (2018), *Lifelong Learning in Logistic 4.0. Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences*.
- [19] *Prognoza ludności dla Polski na lata 2008–2035*, (2009), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

COMPETENCE MANAGEMENT OF MAINTENANCE SERVICES IN INDUSTRY 4.0

Abstract: *In the Industry 4.0 concept, the demand for qualified maintenance workers will increase. Large amounts of data and information must be correctly interpreted and analyzed in a short period of time. Currently, in many enterprises, maintenance workers make decisions based on their previous experiences, while industry 4.0 assumes that decision-making will be computer-supported. Only in practice it turns out what kind of human interference will dominate. Therefore, the question arises, what competencies will be required of employees operating automated systems in order to anticipate emergencies and quickly solve problems? The article identifies and analyzes the key competences of maintenance workers in the era of Industry 4.0, and presents the perspectives of training to improve professional qualifications.*

Keywords: Industry 4.0, competences of maintenance services, education, lifelong learning, training.