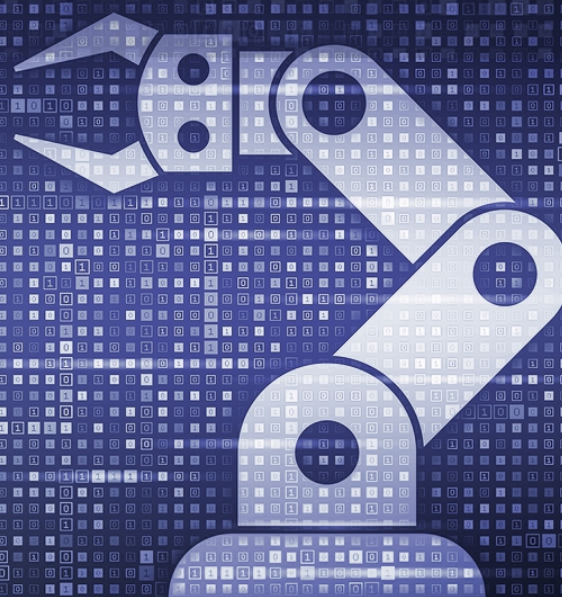


Zofia Pawłowska

ZAGROŻENIA I SZANSE DLA BEZPIECZEŃSTWA I ZDROWIA PRACUJĄCYCH W PRZEDSIĘBIORSTWACH WDRAŻAJĄCYCH TECHNOLOGIE I KONCEPCJE PRODUKCJI W RAMACH **PRZEMYSŁU 4.0**

Materiały informacyjne



Materiały informacyjne

Zagrożenia i szanse dla bezpieczeństwa i zdrowia pracujących w przedsiębiorstwach wdrażających technologie i koncepcje produkcji w ramach Przemysłu 4.0

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2021-2022 w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej.

Zadanie nr 2.SP.29 pt. Wpływ technologii i koncepcji produkcji w ramach Przemysłu 4.0 na metody zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autorka: dr inż. Zofia Pawłowska – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Opracowanie redakcyjne: Kamil Jach

Opracowanie graficzne: Anna Borkowska

Projekt okładki: Jolanta Maj

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2022

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

Wprowadzenie

Przemysł 4.0 jest koncepcją opisującą złożony proces transformacji technologicznej i organizacyjnej przedsiębiorstw, który obejmuje integrację łańcucha wartości, wprowadzanie nowych modeli biznesowych oraz cyfryzację produktów i usług

Obserwowane w ostatnich latach zmiany społeczne, przemysłowe i technologiczne, postępujące wraz z cyfrową transformacją przemysłu, nazywa się często czwartą rewolucją przemysłową lub Przemysłem 4.0. Rozwiązania Przemysłu 4.0 integrują ludzi oraz sterowane cyfrowo maszyny z Internetem i technologiami informacyjnymi, umożliwiając sieciową integrację systemów produkcyjnych oraz tworzenie autonomicznych sieci maszyn i czujników, które potrafią komunikować się ze sobą, a także porozumiewać się z nadzorującymi ich pracą ludźmi. Do wyróżników technologicznych Przemysłu 4.0 zalicza się technologię chmury, rzeczywistość wirtualną i rozszerzoną, integrację systemów, symulacje procesów, Internet rzeczy, technologię „Big Data”, cyberbezpieczeństwo, technologie przyrostowe 3D, sztuczną inteligencję, inteligentne systemy produkcyjne, system cyberfizyczny, a także technologie informacyjne i komunikacyjne.¹

Wraz z wdrażaniem technologii Przemysłu 4.0 zmienia się środowisko pracy. Pojawiają się nowe szanse i nowe zagrożenia w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy, związane zarówno z samymi technologiami, jak i ze zmianami w organizacji pracy i sposobie jej wykonywania

¹ Centrum Badań i Edukacji Statystycznej GUS. Wypracowanie metodologii oraz badanie stopnia dostosowania wybranych przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia czwarta fala rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0). Warszawa: GUS, 2020, <https://stat.gov.pl/statystyki-eksperymentalne/badania-i-rozwoj-innowacyjnosc-spoleczenstwo-informacyjne/wypracowanie-metodologii-oraz-badanie-stopnia-dostosowania-wybranych-przedsiębiorstw-do-wymogow-gospodarczych-jakie-stawia-czwarta-fala-rewolucji-przemyslowej-przemysl-4-0,13,1.html>

Ogromna różnorodność nowych rozwiązań technologicznych oraz różne sposoby ich wprowadzania sprawiają, że ich wpływ na warunki środowiska pracy i zdrowie wykonujących pracę ludzi nie jest oczywisty. Z jednej strony mogą one sprawić, że praca stanie się bardziej elastyczna i bezpieczniejsza; jednak z drugiej strony charakter realizowanych zadań i stopień ich trudności mogą stanowić źródło nowych zagrożeń dla zdrowia i bezpieczeństwa, przede wszystkim ze względu na nadmierną intensywność i niewłaściwą organizację pracy, a także trudności ludzi w radzeniu sobie z powstającymi problemami oraz związany z tym narastający stres psychospołeczny.

Współpraca ludzi z robotami a materialne środowisko pracy

- **Dzięki pracy robotów środowisko pracy może stać się bardziej ergonomiczne i komfortowe, gdyż w relacji człowiek-robot ludzka zręczność, zwinność i umiejętność rozwiązywania problemów łączą się z korzystnymi, mechanicznymi cechami maszyn**
- **Praca robotów może powodować zagrożenia wypadkowe, a także zagrożenia elektryczne i termiczne oraz zwiększone narażenie na hałas, wibracje, promieniowanie i substancje chemiczne**

Zagrożenia związane z pracą/współpracą z robotami, powstające w materialnym środowisku pracy, mogą powodować wypadki, takie jak²:

- uderzenia lub kolizje z robotem (ramieniem robota lub urządzeniami peryferyjnymi), spowodowane przez nieprzewidziane ruchy, usterki komponentów lub nieprzewidziane zmiany programu,
- zmiżdżenie i uwięzienie kończyny pracownika lub innej części jego ciała pomiędzy ramieniem robota a innymi urządzeniami peryferyjnymi lub fizyczne wepchnięcie i zmiżdżenie pracownika przez inne urządzenia peryferyjne,

² Moore, P. V.: Artificial Intelligence: Occupational Safety and Health and the Future of Work, EU-OSHA, 2019 <https://osha.europa.eu/en/publications/osh-and-future-work-benefits-and-risks-artificial-intelligence-tools-workplaces/view>

- wypadki z udziałem części mechanicznych, spowodowane przez awarie elementów napędowych robota, oprzyrządowania, urządzeń peryferyjnych lub źródła zasilania, uwolnienie się części, awarie mechanizmu chwytaka lub narzędzi zasilających efektora końcowego,
- inne wypadki, będące skutkiem pracy z robotami, np. spowodowane przez sprzęt zasilający i sterujący robotem (potencjalne zagrożenia elektryczne) lub płyny pod ciśnieniem.

Eksperti wskazują, że źródłem tych zagrożeń są przede wszystkim awarie techniczne oraz błędy w pracy robotów³. Zagrożenia powinny być identyfikowane na każdym etapie rozwoju robota (projektowanie i wdrażanie, użytkowanie). Przykładowe zagrożenia, które mogą powstawać na tych etapach i metody ich ograniczania przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Przykładowe zagrożenia wypadkowe związane z pracą robotów lub współpracą z nimi, powstające w materialnym środowisku pracy, i metody ich ograniczania

Etap	Zagrożenie	Metody ograniczania zagrożenia
Etap projektowania i wdrażania	<ul style="list-style-type: none"> – nieoczekiwane, niebezpieczne ruchy lub reakcje robota na sytuację odbiegającą od wyuczonego modelu; – brak możliwości sprawdzenia, czego nauczył się robot/pojazd autonomiczny w wyniku procesu uczenia się; – różnego rodzaju sytuacje awaryjne, związane z różnymi czynnikami ryzyka; – błędy w oprogramowaniu; – nieergonomiczny interfejs, który utrudnia określenie położenia/pozycji robota i może prowadzić do błędnych interpretacji przez użytkowników; – ograniczona lub nieprawidłowa komunikacja z robotem, która może wpłynąć na błędy w orientacji przestrzennej użytkownika. 	<ul style="list-style-type: none"> – przyjęcie ograniczeń w możliwościach uczenia się; – wbudowanie w oprogramowanie procedur dostosowanych do sytuacji awaryjnych; – zabezpieczenie w odpowiedni sposób obszaru pracy robotów/pojazdów autonomicznych; – opracowanie interfejsu, który komunikuje się jasno, w sposób, który nie pozwala na więcej niż jedną interpretację.
Etap użytkowania	<ul style="list-style-type: none"> – nieodpowiednie uzgodnienia dotyczące modyfikacji oprogramowania (kiedy i przez kogo może to być realizowane), bądź ich brak, co prowadzi do ryzyka jego nieprawidłowego funkcjonowania; – brak weryfikacji aktualizacji oprogramowania, co może prowadzić do nieuzasadnionego założenia, że robot działa zgodnie z tą aktualizacją; – nieprawidłowe uruchomienie robota (logowanie/wylogowywanie); – niejasne ustalenia operacyjne dotyczące precyzyjnego dostrajania robota (interwencje wykonywane manualnie); – błędy sterowania; – brak możliwości dezaktywacji robota współpracującego za pomocą blokad (kluczy lub kodów), które odcinają zasilanie (np. zabezpieczenie hasłem); – nieodpowiednie szkolenie pracownika lub jego brak; – nieprawidłowa konserwacja. 	<ul style="list-style-type: none"> – opracowanie procedury określającej zasady wprowadzania zmian do oprogramowania oraz zasady ich śledzenia, a także prowadzenia w razie potrzeby działań korygujących; – przetestowanie wpływu aktualizacji oprogramowania na pracę robotów; – jednoznaczne określenie warunków dotyczących prawidłowego włączania i wylogowywania robota w określonym obszarze; – jednoznaczne określenie odpowiedzialności za logowanie, wylogowywanie, dostrajanie itp.; – zapewnienie możliwości dezaktywacji robota współpracującego za pomocą blokad (kluczy lub kodów), które odcinają zasilanie (np. zabezpieczenie hasłem); – zapewnienie pracownikom szkolenia i wsparcia.

³ Pawłowska Z. *Szanse i zagrożenia dla bezpieczeństwa i higieny pracy związane z wdrażaniem w przedsiębiorstwach technologii Przemysłu 4.0*, Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka, grudzień 2021

Wymagania bezpieczeństwa w odniesieniu do robotów stosowanych w produkcji określają dwie normy:

- *PN-EN ISO 10218-1:2011 „Roboty i urządzenia dla robotyki. Wymagania bezpieczeństwa dla robotów przemysłowych. Część 1: Roboty”*

oraz

- *PN-EN ISO 10218-2:2011 „Roboty i urządzenia dla robotyki. Wymagania bezpieczeństwa dla robotów przemysłowych. Część 2: System robotowy i integracja”*

Zaleca się, aby użytkownicy końcowi robotów współpracujących stosowali się do najistotniejszych wytycznych zawartych w tych normach. Na aspektach bezpieczeństwa związanego ze współpracą ludzi z robotami współpracującymi skupia się specyfikacja techniczna, ISO/TS 15066, która ukazała się w 2016 roku i zawiera wytyczne dotyczące przeprowadzenia analizy ryzyka dla aplikacji z robotami współpracującymi,.

Praca robotów może być również związana z powstawaniem zagrożeń elektrycznych, hydraulicznych, pneumatycznych, a także zagrożeń powodowanych przez czynniki szkodliwe dla zdrowia, takich jak substancje chemiczne (w tym opary, np. powstające podczas spawania), ciepło, gorące powierzchnie, pył, promieniowanie, iskry, hałas, drgania itp.

W ocenie ryzyka zawodowego osób obsługujących interfejsy do sterowania robotami i maszynami należy uwzględnić również uciążliwości związane z ich obsługą, do których należą:

- wykonywanie powtarzalnych ruchów ręki lub ramienia,
- pozostawanie w pozycji siedzącej,
- wykonywanie czynności z bardzo dużą prędkością,
- wykonywanie monotonnych czynności,
- wykonywanie czynności wymagających dokładności i koncentracji.

Dobrze zaprojektowany interfejs, uwzględniający fizyczne i psychiczne możliwości człowieka, może przyczynić się do zmniejszenia liczby błędów, zwiększenia efektywności i produktywności, a także poprawić niezawodność operatora; z kolei niedoskonałości interfejsu mogą być źródłem złego samopoczucia. Wprowadzanie bardzo różnych interfejsów, wykorzystujących nowoczesne technologie w komunikacji z maszyną potęguje stres związany

z pracą u tych osób, które muszą nauczyć się nowych jej sposobów oraz, w przypadku interfejsów przeznaczonych do noszenia, może wpływać na powstawanie dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego.

Współpraca ludzi z robotami a psychospołeczne środowisko pracy

Wdrażanie technologii Przemysłu 4.0 sprawia, że zagrożenia w psychospołecznym środowisku pracy stają się bardziej widoczne niż zagrożenia fizyczne, przede wszystkim z powodu przeciążenia psychicznego i intensyfikacji pracy, powodowanej bardziej elastyczną i dynamiczną, inteligentną działalnością produkcyjną

Wśród czynników oddziałujących niekorzystnie na psychospołeczne środowisko pracy za najistotniejsze można uznać⁴:

- zwiększenie intensywności pracy;
- brak możliwości zmiany sposobu wykonywania pracy i wyboru czasu przerw;
- ograniczenie kreatywności i poczucie braku kontroli nad procesem pracy.

Współpraca ludzi z robotami może również wpływać niekorzystnie na komunikację między pracownikami i odczuwane przez nich wsparcie, zarówno ze strony współpracowników, jak i przełożonych.

Trudno jest jednak jednoznacznie określić, w jaki sposób wdrażanie technologii Przemysłu 4.0 wpłynie na psychospołeczne środowisko pracy. Nie ulega wątpliwości, że decydujące znaczenie ma tu sposób wdrażania nowych technologii, a w szczególności odpowiednie informowanie o wprowadzanych zmianach i uzasadnienie ich potrzeby oraz uwzględnienie umiejętności i możliwości pracowników przy projektowaniu stanowisk pracy i zadań roboczych oraz zapewnienie im odpowiedniego wsparcia w celu dostosowania się do nowych warunków.

⁴ Pawłowska Z. *Szanse i zagrożenia dla bezpieczeństwa i higieny pracy związane z wdrażaniem w przedsiębiorstwach technologii Przemysłu 4.0*, Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka, grudzień 2021

Niekorzystnym zmianom psychospołecznego środowiska pracy można przeciwdziałać przede wszystkim przez zapewnienie odpowiedniego komunikowania się na temat wprowadzanych w procesach pracy zmian, a także współudziału pracowników w ich wprowadzaniu

Niepewność zatrudnienia i związany z nią stres

72% pracujących w UE i 73% w Polsce uważa, że „roboty i sztuczna inteligencja kradną ludziom pracę”⁵. Według oszacowań Eurofound w wyniku procesów automatyzacji może stracić pracę od 10 do 16% pracujących w UE, przy czym w przemyśle, sektorze usług publicznych oraz transporcie może to dotyczyć nawet od 20 do 30-35%. Równocześnie powstaną nowe miejsca pracy w zawodach wymagających wysokich kwalifikacji, a także nowe zawody związane z obsługą i analizą danych.

Stres w środowisku pracy może być potęgowany przez towarzyszącą procesom automatyzacji niepewność pracy, która wynika z przekonania, że technologie takie jak sztuczna Inteligencja dzięki swoim właściwościom (np. uczenie się, podejmowanie decyzji) mogą zastąpić w pełni pracę człowieka, a tym samym powodować likwidację miejsc pracy.

Według ocen ekspertów⁶:

- automatyzacja i cyfryzacja znacznie zwiększa stres związany z utratą pracy;
- jednym z następstw automatyzacji i cyfryzacji, postępujących wraz z wdrażaniem technologii Przemysłu 4.0, będzie zwalnianie z pracy osób o niskich kwalifikacjach;
- wprowadzaniu nowych technologii powinny towarzyszyć szkolenia w celu podnoszenia kwalifikacji pracowników.

⁵ Według badania „Eurobarometer 460”, przeprowadzonego w roku 2017 w grupie ponad 27 tys. osób

⁶ Pawłowska Z. *Szanse i zagrożenia dla bezpieczeństwa i higieny pracy związane z wdrażaniem w przedsiębiorstwach technologii Przemysłu 4.0*, Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka, grudzień 2021

Wdrażanie nowych technologii sprawia, że uczenie się przez całe życie staje się warunkiem utrzymywania zdolności do zatrudnienia. Może to stanowić poważne wyzwanie, zwłaszcza dla tych pracowników, którzy nie mają umiejętności posługiwania się narzędziami cyfrowymi.

Szansy związane z wprowadzaniem technologii Przemysłu 4.0

Do szans powstających dzięki pracy robotów współpracujących zaliczyć można możliwość:

- wyeliminowania lub ograniczenia dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego,
- wyeliminowania pracy ludzi w warunkach narażenia na szkodliwe czynniki środowiska pracy,
- zmniejszenia liczby wypadków, w tym wypadków śmiertelnych.

Szansę na lepszą ochronę przed zagrożeniami w procesie pracy stwarza również wykorzystanie do monitorowania zagrożeń w środowisku pracy urządzeń elektronicznych „noszonych na ciele” (ang. *wearables*). Mogą być one stosowane do monitorowania narażenia na czynniki szkodliwe i niebezpieczne w środowisku pracy, a także parametrów zdrowotnych i funkcjonowania pracownika, umożliwiając identyfikację wczesnych oznak złego stanu zdrowia. Mogą one również zapewniać dostosowaną do indywidualnych potrzeb informację o występujących zagrożeniach, wspomagając promowanie zdrowia fizycznego i osiągnięcie wyższej wydajności pracy.

W przypadku monitorowania parametrów zdrowotnych i funkcjonowania pracownika istotnym zagadnieniem staje się zapewnienie ochrony danych osobowych. W celu ograniczenia skutków wdrażania takich rozwiązań konieczna jest otwarta komunikacja z pracownikami, która może pomóc w zdobyciu zaufania i pewności co do celów i sposobu wykorzystywania danych z monitoringu oraz przewidywanych korzyści dla pracowników, w tym korzyści zdrowotnych.

Poprawa warunków pracy a zarządzanie zmianą w okresie transformacji do Przemysłu 4.0

Praktyki w zakresie zarządzania mają kluczowe znaczenie w kontekście skutecznego wdrażania nowych technologii i kształtowania środowiska pracy w sposób umożliwiający wykorzystywanie związanych z nimi szans i ograniczanie zagrożeń

Utrzymanie lub poprawa jakości miejsc pracy w okresie transformacji do Przemysłu 4.0 zależy w dużej mierze od skuteczności zarządzania zmianą w ramach zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy.

Zarządzanie zmianą jest integralnym elementem zarządzania bhp. Celem zarządzania zmianą w ramach zarządzania bhp jest poprawa bezpieczeństwa i higieny pracy przez minimalizację wprowadzania nowych zagrożeń, wynikających z wprowadzanych zmian i związanego z nimi ryzyka, dotyczących bhp w środowisku pracy.

Do procesów zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy o kluczowym znaczeniu dla kształtowania warunków pracy w okresie transformacji należą:

- przywództwo i zaangażowanie kierownictwa i współudział pracowników,
- identyfikacja zagrożeń oraz ocena ryzyka i szans w odniesieniu do bhp, związanych z wdrażaniem nowych technologii,
- zapewnienie zasobów i potrzebnych kompetencji,
- komunikowanie się i szkolenie.
- monitorowanie wpływu zmian na warunki środowiska pracy i działania skierowane na doskonalenie zarządzania bhp w okresie transformacji.

Zalecenia dotyczące działań wchodzących w zakres zarządzania zmianą podczas transformacji do Przemysłu 4.0 w wymienionych wyżej obszarach zarządzania bhp przedstawiono

w Wytycznych zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w przedsiębiorstwach wdrażających technologie i koncepcje produkcji w ramach Przemysłu 4.0., które można znaleźć na stronach internetowych CIOP-PIB, w serwisie internetowym **ZARZĄDZANIE BHP**.