Andrzej Kamiński[1]

Rola technologii informatycznej w procesie zarządzania bezpieczeństwem, środowiskiem i medycyną pracy w przemyśle

Streszczenie
W artykule została przedstawiona koncepcja metodyczna budowy i wdrażania zintegrowanych systemów zarządzania przedsiębiorstwem. Proponowane podejście łączy proces planowania i kontroli produkcji z tworzeniem rozwiązań ukierunkowanych na: poprawę warunków pracy w przemyśle, bezpieczeństwo pracy, eliminację (znaczną redukcję) negatywnego wpływu materialnego środowiska pracy na organizm ludzki, czystą produkcję, ekoinnowacje. Wskazano również możliwości praktycznego wykorzystania technologii informatycznych w procesie integracji systemów zarządzania w przemyśle, zarówno na poziomie operacyjnym, jak i analitycznym. Artykuł został opracowany na podstawie rezultatów projektu POIG.01.03.01–14–059/12.
Słowa kluczowe: produkcja, bezpieczeństwo pracy, materialne środowisko pracy, czysta produkcja, ekoinnowacje

1. Wprowadzenie – społeczne i ekologiczne trendy w przemyśle

Polityka państwa mająca na celu przyspieszenie rozwoju gospodarczego i rozpowszechnienie „czystych technologii" stanowi kluczowy element strategii OECD[2]. Z kolei, zgodnie z dyrektywą ramową nr 89/391/EEC, kraje Unii Europejskiej są zobligowane do wdrażania norm i standardów związanych z zarządzaniem bezpieczeństwem i środowiskiem pracy[3].

---

[1] Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Kolegium Analiz Ekonomicznych, Instytut Informatyki i Gospodarki Cyfrowej, Andrzej.Kaminski@op.pl.

[2] Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (Organization for Economic Co-operation and Development – OECD).

[3] Dyrektywa 89/391/EEC, On the Introduction of Measures to Entourage Improvements in the Safety and Health of Workers at Work.

Dokumentem programowym, w którym została określona tzw. mapa drogowa, dzięki której gospodarka Unii Europejskiej stanie się inteligentna i zrównoważona jest „Strategia Europa 2020". Strategia ta obejmuje trzy, wzajemnie ze sobą powiązane obszary działań:

- rozwój inteligentny – rozwój gospodarki opartej na wiedzy i innowacji,
- rozwój zrównoważony – wspieranie gospodarki efektywniej korzystającej z zasobów, bardziej przyjaznej środowisku i bardziej konkurencyjnej,
- rozwój sprzyjający włączeniu społecznemu – wspieranie gospodarki o wysokim poziomie zatrudnienia, a także zapewniającej spójność społeczną oraz terytorialną[4].

Integralnym elementem „Strategii Europa 2020" jest budowa tzw. Platform Technologicznych. Platformy Technologiczne są wspólnym przedsięwzięciem Komisji Europejskiej, instytucji naukowych i finansowych oraz partnerów przemysłowych w celu opracowania strategii rozwoju – ważnych dla Europy – sektorów gospodarki i nowych technologii[5].

Celem tworzenia Platform Technologicznych jest zwiększenie poziomu inwestycji przemysłu w prace badawczo–rozwojowe, a tym samym zwiększenie poziomu komercjalizacji nowych, innowacyjnych technologii w krajach Unii Europejskiej. Idea tworzenia Platform Technologicznych stanowi rozszerzenie modelu klastrów (gron) autorstwa M.E. Portera, a także koncepcji sieci przedsiębiorstw, którą zaproponowali R. Gulati, N. Nohria i A. Zaheer[6].

Przykładowo, Strategiczny Program Badawczy Unii Europejskiej ETPIS (European Technology Platform „Industrial Safety") wskazuje na potrzebę znaczącej redukcji wypadków przy pracy w przemyśle, poważnych awarii przemysłowych oraz negatywnego wpływu przemysłu na środowisko.

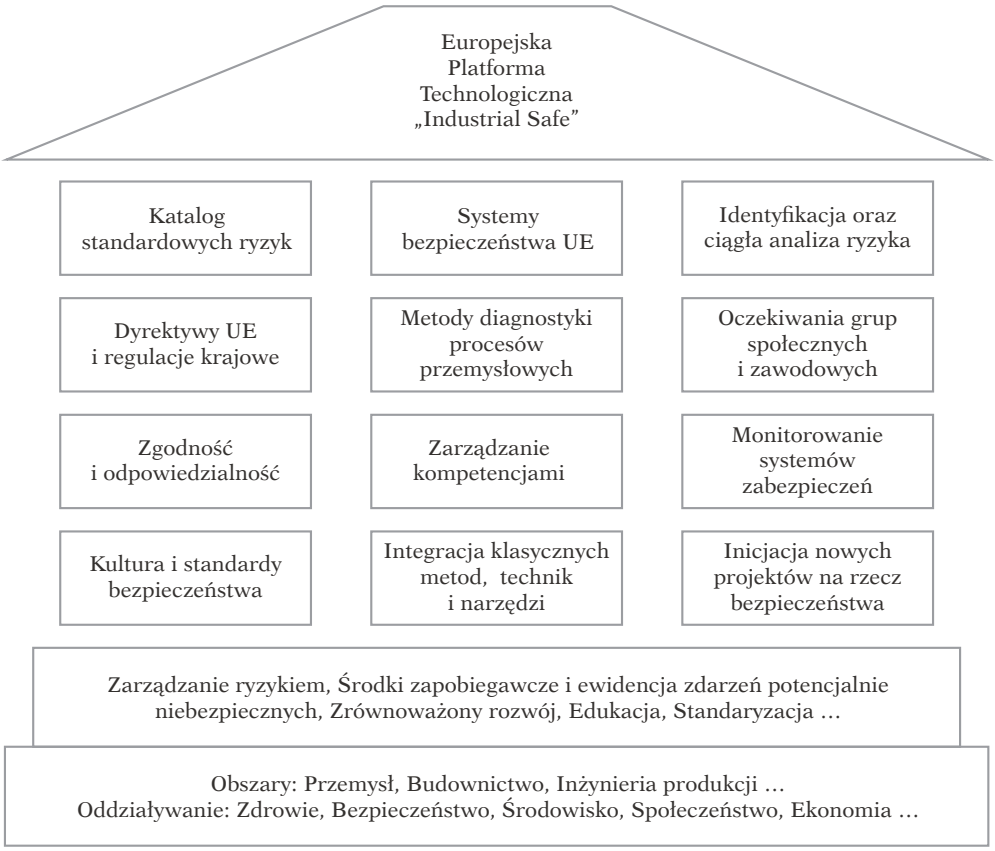
Zasadniczym celem programu ETPIS jest wypracowanie bezpiecznych i ergonomicznych warunków pracy w przedsiębiorstwach przemysłowych w ramach krajów Unii Europejskiej. Główne kierunki badań naukowych przyjętych do realizacji przez ETPIS to m.in.: analiza i ocena ryzyk zawodowych, niezawodność i bezpieczeństwo konstrukcji przemysłowych, organizacja pracy na stanowiskach roboczych i zarządzanie kapitałem ludzkim, bezpieczeństwo pracy i eksploatacji maszyn, zarządzanie środowiskiem pracy.

---

4 *Wzorce zrównoważonej produkcji (WZP) w działalności przedsiębiorstw – propozycja rozwiązań systemowych wspierających wdrażanie WZP w MSP*, red. I. Anuszewska, Raport z analizy danych zastanych, PARP, Warszawa 2011.

5 www.kpk.gov.pl (data odczytu: 31.10.2018).

6 J. Brózda, *Platformy technologiczne jako determinanty rozwoju i poprawy konkurencyjności przedsiębiorstw sektora TS*, „Logistyka" 2013, 6, s. 806.



Rysunek 1. Model Platformy Technologicznej ETPIS

Źródło: opracowanie własne na podstawie www.industrialsafety-tp.org (data odczytu: 5.11.2018).

ETPIS obejmuje trzy kluczowe obszary prac (rysunek 1):

1. Identyfikacja tzw. konwencjonalnych zagrożeń, uciążliwości procesów pracy oraz ryzyk zawodowych. Celem tych działań jest bieżące monitorowanie systemu zarządzania bezpieczeństwem pracy w poszczególnych sektorach przemysłu, a także wskaźników częstotliwości i ciężkości wypadków. Działania te mają interdyscyplinarny charakter, dotyczą aspektów techniczno-technologicznych, socjotechnicznych, organizacyjnych oraz kulturowych.
2. Rozwój metod, technologii i narzędzi badawczych dotyczących problematyki zarządzania bezpieczeństwem pracy w krajach Unii Europejskiej, w szczególności systemów monitorowania i kontroli ryzyka zawodowego, wdrażania nowych metod organizacji pracy oraz środków ochrony indywidualnej i zbiorowej, a także eliminacji (znacznemu ograniczeniu) negatywnego oddziaływania czynników środowiskowych na organizm ludzki.

3. Badania podstawowe związane z opracowaniem norm, standardów i regulacji branżowych dotyczących nowych ryzyk i zagrożeń wypadkowych związanych z rozwojem nowych, innowacyjnych technologii przemysłowych i ich wdrażaniem w krajach Unii Europejskiej.

Generalnie, ETPIS stwarza możliwość wdrażania nowych programów mających na celu poprawę bezpieczeństwa pracy i eksploatacji maszyn, poprawę warunków pracy, redukcję czynników szkodliwych oraz wprowadzenie zasad ergonomii w kształtowaniu nowoczesnych stanowisk pracy w przemyśle. Wymiernymi rezultatami prac, realizowanych w ramach ETPIS, są: redukcja wskaźników częstotliwości oraz ciężkości wypadków przy pracy, ograniczenie liczby chorób zawodowych spowodowanych nadmiernym obciążeniem fizycznym pracowników produkcyjnych, monotypowością lub też nieprzestrzeganiem zasad antropometrii w kształtowaniu stanowisk pracy, a także możliwość zapobiegania poważnym awariom przemysłowym, skutkującym częstokroć emisją substancji szkodliwych (m.in. gazy, pyły, chemikalia).

Integralnym elementem strategii zrównoważonego rozwoju są działania o charakterze proekologicznym w przemyśle. Działania te można umownie podzielić na[7]:

- technologie środowiskowe, które nie są integralnym elementem procesu produkcyjnego, lecz stanowią dodatkowe rozwiązania pozwalające na osiągnięcie efektu ekologicznego, co wiąże się z likwidacją nie tyle przyczyn powstawania zanieczyszczeń, ile skutków, jako ubocznego efektu procesu wytwórczego;
- technologie zintegrowane, które stanowią część właściwego procesu produkcyjnego, minimalizują emisję „zanieczyszczeń u źródeł", co w rezultacie powinno przyczynić się do likwidacji i zapobiegania powstawania odpadów przemysłowych oraz ograniczenia zużycia zasobów.

Rezultatem programu wdrażania ekoinnowacji w przemyśle jest strategia „Czystsza produkcja" (*Cleaner Production*). Strategia ta opiera się na zapobieganiu powstawania „zanieczyszczeń u źródeł", jako preferowanej i priorytetowej metodzie wszelkich inicjatyw proekologicznych. Oczekiwanym rezultatem jest wzrost efektywności i redukcja ryzyka dla ludzi i środowiska poprzez ciągłe wdrażanie praktyk prewencyjnych do procesów, produktów i usług[8]. Wymiernymi rezultatami prac, w ramach programu „Czystsza produkcja", jest zmniejszenie:

---

[7] J. Korkosz-Gębska, *Systemy wsparcia innowacji ekologicznych Polski Wschodniej*, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania" 2015, nr 40/2, Uniwersytet Szczeciński 2015, s. 227–235.

[8] P. Bartoszczuk, *Mechanizmy powstawania efektów ekoinnowacji w przedsiębiorstwach w Polsce*, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2018, s. 88.

emisji zanieczyszczeń, zużycia energii cieplnej i elektrycznej, wytwarzania odpadów, zużycia wody i innych zasobów naturalnych.

Do czynników stymulującym rozwój ekoinnowacji w przemyśle należy zaliczyć: przepisy prawne i normy emisyjne wymuszające wdrażanie nowych, proekologicznych rozwiązań, zaangażowanie kadry menedżerskiej oraz posiadanie i doskonalenie wewnątrzzakładowego systemu zarządzania środowiskowego[9].

Badania pilotażowe na rzecz ujednolicenia rynku produktów ekologicznych i opracowywania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej w cyklu życia produktów oraz przedsiębiorstw są prowadzone obecnie przez Komisję Europejską[10]. W perspektywie najbliższych kilku lat, inicjatywy te przyczynią się do dynamicznego rozwoju metod, technik i narzędzi związanych z ekologicznym wytwarzaniem wyrobów. Kompleksowe zarządzanie produkcją, z uwzględnieniem czynników ekologicznych i środowiskowych, będzie wymagało opracowania nowej generacji systemów informatycznych na potrzeby przemysłu, co uzasadnia obiektywną konieczność prowadzenia badań przemysłowych i eksperymentalnych prac rozwojowych w tym zakresie.

2. Analiza i ocena poziomu zarządzania bezpieczeństwem i środowiskiem pracy w polskich przedsiębiorstwach

Dane Głównego Urzędu Statystycznego oraz Centralnego Urzędu Ochrony Pracy wskazują, że poziom zarządzania bezpieczeństwem oraz środowiskiem pracy w krajowych przedsiębiorstwach przemysłowych jest wciąż wysoce niezadowalający. W Polsce w 2014 r. największy odsetek wypadków przy pracy wystąpił w dwóch grupach zawodowych, tj.: robotnicy przemysłowi i rzemieślnicy (26,5%) oraz operatorzy i monterzy maszyn i urządzeń (18,5%). Co więcej, w grupie operatorów i monterów maszyn wystąpił najwyższy odsetek osób poszkodowanych w wypadkach ze skutkiem śmiertelnym w Polsce. Jako podstawowe przyczyny wypadków przy pracy wymienia się: nieprawidłowe zachowania pracownika (55,6%), niewłaściwą organizację pracy lub stanowiska pracy (11%) oraz niewłaściwy stan czynnika materialnego (9,2%). Przykładowo,

[9] M.J. Cichy, M. Szafraniec, *Ekoinnowacyjność przedsiębiorstw czystszej produkcji w Polsce. Część 1: Ogólne aspekty ekoinnowacyjności*, „Organizacja i Zarządzanie. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej" 2015, z. 77, s. 20–35.

[10] A. Lewandowska, *Środowiskowa ocena cyklu życia (LCA) produktów – bliżej, niż kiedykolwiek wcześniej*, „Logistyka Odzysku" 2015, 4(17), s. 28–31.

odsetek pracowników narażonych na hałas przez co najmniej 1/4 czasu pracy, wynoszący w Polsce 41,6%, był największy w Europie i około dwukrotnie większy od odnotowanego w Holandii (20%) lub Wielkiej Brytanii (23,7%). Podobnie procent osób narażonych w Polsce na drgania mechaniczne pochodzące od maszyn i urządzeń, wynoszący 31,2%, był jednym z największych w Europie i około dwukrotnie większy od odnotowanego w Szwecji (15,1%), Wielkiej Brytanii (15,4%) i Holandii (15,9%)[11].

Należy podkreślić, że brak zintegrowanych rozwiązań w obszarze zarządzania produkcją, bezpieczeństwem oraz materialnym środowiskiem pracy w krajowych przedsiębiorstwach przemysłowych prowadzi do wymiernych strat ekonomicznych i społecznych. W 2014 r. odnotowano wzrost zarówno liczby, jak i kosztu odszkodowań przysługujących z tytułu wypadków przy pracy. Liczba tego rodzaju świadczeń wyniosła 27,5 tys. (w tym 73,4% to świadczenia na rzecz firm sektora prywatnego), natomiast ich koszt kształtował się na poziomie 103,2 mln zł (w tym 75,4% przypadało na firmy sektora prywatnego). Odszkodowania z tytułu wypadków przy pracy stanowiły 96,3% ogółu zrealizowanych odszkodowań, a przeznaczono na nie 90,4% wypłaconej kwoty. Średni koszt świadczeń wypłaconych z tytułu wypadków przy pracy w 2014 r. wyniósł ogółem 3990 zł[12].

Wyniki cytowanych analiz statystycznych jednoznacznie wskazują, że istnieje obiektywna potrzeba opracowania nowych programów badawczych, których celem będzie uzyskanie efektu synergii pomiędzy optymalizacją wykorzystania czynników produkcji a poprawą warunków pracy w przedsiębiorstwach przemysłowych, wdrażaniem prewencyjnych systemów zapobiegania wypadkom przy pracy, redukcją chorób zawodowych poprzez eliminację (znaczne ograniczenie) wpływu czynników szkodliwych na organizm ludzki.

Powszechnie akceptowany pogląd, że nowoczesna technologia przemysłowa to przede wszystkim technologia bezpieczna oraz jednocześnie dostosowana do właściwości psychofizycznych jej użytkowników może być realizowany wówczas, gdy zostanie przyjęta podstawowa zasada: wymagania dotyczące organizacji i bezpieczeństwa procesów pracy oraz środowiska pracy stanowią nieodłączną część wymagań techniczno-ekonomicznych związanych z nowoczesną organizacją produkcji.

---

[11] *Warunki pracy w 2014 r.*, GUS, Warszawa 2015.

[12] *Wypadki przy pracy i problemy związane z pracą*, GUS, Warszawa 2014.

3. Koncepcja zintegrowanych systemów zarządzania w przemyśle

Celem integracji systemów zarządzania w obszarach: produkcji, jakości, bezpieczeństwa pracy i eksploatacji, a także ekologii wyrobu i materialnego środowiska pracy jest optymalizacja procesów operacyjnych i zarządczych w ramach macierzystego przedsiębiorstwa oraz procesów międzyorganizacyjnych dotyczących współpracy z podmiotami zewnętrznymi, kooperantami, dostawcami, podwykonawcami oraz krajowymi organami administracji publicznej.

W Polsce pojęcie zintegrowanego systemu zarządzania nie zostało jednoznacznie i normatywnie określone. W praktyce oznacza połączenie co najmniej dwóch systemów zarządzania wybranymi obszarami działalności gospodarczej przedsiębiorstwa. Procesy integracyjne mogą obejmować systemy zarządzania jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem pracy, a także inne obszary, specyficzne dla poszczególnych branż przemysłowych. Wyróżniamy dwa zasadnicze typy działań integracyjnych[13]:

- ujednolicenie, dostosowanie i wypracowanie logicznych powiązań w ramach koherentnych systemów, przy wykorzystaniu podobieństwa instrukcji, standardów, norm w celu redukcji kosztów administracyjnych oraz kosztów audytów;
- pełna, całościowa integracja wszystkich procedur i systemów zarządzania zgodnie z koncepcją TQM (*Total Quality Management*).

Należy zwrócić uwagę, że w krajowej literaturze przedmiotu dominuje nurt, którego utylitarnym celem jest wypracowanie rozwiązań metodologicznych w obszarze szeroko rozumianej integracji systemów zarządzania.

Przykładowo, uzyskanie efektu synergetycznego na drodze pełnej integracji systemów zarządzania wymaga opracowania[14]:

- modelu zarządzania jakością opartego na bezpieczeństwie (*Safety-Focused Quality Management* – SQM) i filozofii TQM zapewniającego zgodność z wymogami normy ISO 9001 i OHSAS 18001;
- modelu zintegrowanej kompleksowej jakości (*Integrated Total Quality* – ITQ);

[13] B. Węgrzyn, *Zintegrowany System Zarządzania etapem kształtowania w przedsiębiorstwie Zarządzania przez Jakość (TQM)*, „Przegląd Organizacji" 2007, nr 6, s. 37–40.

[14] J. Ejdys, U. Kobylińska, A. Lulewicz-Sas, *Zintegrowane systemy zarządzania jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem pracy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2012, s. 24.

- integracji czterech systemów: zarządzania jakością (ISO 9001), zarządzania środowiskowego (ISO 14001), zarządzania BHP (OHSAS 18001) oraz społecznej odpowiedzialności (SA 8800).

Z kolei, z badań przeprowadzonych przez P. Grudowskiego wynika, że wdrożenie systemu zarządzania środowiskowego powinno zostać poprzedzone uprzednim wprowadzeniem w przedsiębiorstwie systemu zarządzania jakością. Za przyjęciem proponowanej metody integracji przemawia[15]:

- podobna filozofia i wymagania obu norm międzynarodowych;
- możliwość uproszczenia dokumentacji, w wyniku łączenia analogicznych procedur wymaganych przez obie normy;
- wykorzystanie doświadczeń i stosowanych dobrych praktyk zarządzania przez osoby koordynujące funkcjonowanie systemów zarządzania;
- przenikanie się zagadnień środowiskowych i jakościowych w sterowaniu procesami produkcyjnymi w przedsiębiorstwie.

Na podstawie krótkiej charakterystyki bieżących trendów związanych z prospołecznymi i proekologicznymi kierunkami rozwoju przemysłu w krajach Unii Europejskiej można sformułować tezę, że we współczesnych przedsiębiorstwach istnieje realna potrzeba projektowania, implementacji i wdrażania tzw. zintegrowanych systemów zarządzania w obszarze produkcji, bezpieczeństwa i środowiska pracy.

Do podstawowych korzyści związanych z wdrażaniem zintegrowanych systemów zarządzania należy zaliczyć: ujednolicenie procedur planowania, realizacji i kontroli poszczególnych projektów, uproszczenie systemu obiegu dokumentów, efektywne planowanie szkoleń, audytów, certyfikacji, a także redukcję kosztów oraz przygotowanie przedsiębiorstwa do przyszłej, kompleksowej informatyzacji.

Technologia informatyczna może zostać efektywnie wykorzystana w celu synergii czynników wytwórczych i środowiskowych w nowej perspektywie Przemysł 4.0. Oznacza to konieczność opracowania nowej generacji systemów na potrzeby automatyzacji, sterowania i kontroli czynników i środków produkcji.

Koncepcja metodyczna realizacji zintegrowanego systemu zarządzania w przemyśle łączy proces planowania i sterowania produkcją z tworzeniem rozwiązań ukierunkowanych na: poprawę warunków pracy, bezpieczeństwo pracy i eksploatacji maszyn, eliminację (znaczne ograniczenie) negatywnego

[15] P. Grudowski, *Metodyka wdrażania i doskonalenia systemu zarządzania środowiskowego w małych i średnich przedsiębiorstwach. Integracja systemu zarządzania środowiskowego według normy ISO 14001 oraz wytycznych EMAS i systemu zapewnienia jakości według norm ISO 9001*, KBN H02D 03114, 1999–2000.

oddziaływania czynników materialnego środowiska pracy na organizm ludzki, czystą produkcję, ekoinnowacje (rysunek 2).

Rysunek 2. Model zintegrowanego systemu zarządzania w obszarze produkcji, bezpieczeństwa i środowiska pracy

Źródło: opracowanie własne.

W ujęciu szczegółowym, w procesie projektowania zintegrowanych systemów zarządzania powinny zostać uwzględnione czynniki mające wpływ na:

- warunki pracy, m.in. warunki przestrzenne czynności ruchowych, systemy sygnalizacji i sterowania, obciążenie fizyczne, obciążenie psychiczne, warunki widoczności, warunki odbioru informacji słuchowej;
- bezpieczeństwo pracy i eksploatacji maszyn, m.in. bezpieczeństwo procesów technologicznych (np. spawalnictwo, odlewnictwo, obróbka skrawaniem, prace elektromechaniczne, przetwórstwo wtryskowe, opakowalnictwo), bezpieczeństwo procesów transportowych (m.in. środki transportu poziomego i pionowego, drogi komunikacyjne w halach produkcyjnych, magazyny płynów i materiałów sypkich) oraz jakość wyposażenia stanowiska pracy (narzędzia ręczne i pomoce warsztatowe, podręczny sprzęt przeciwpożarowy, urządzenia ochronne maszyn, instrukcje eksploatacji i konserwacji maszyn);
- materialne środowisko pracy, tj. zanieczyszczenia powietrza, hałas, drgania mechaniczne, oświetlenie, mikroklimat;
- czystą produkcję, m.in. redukcja ilości odpadów stałych, ciekłych i gazowych wytwarzanych w procesach technologicznych w przemyśle, oszczędność

surowców, materiałów, wody (stosowanie tzw. obiegów zamkniętych), eliminacja surowców toksycznych, stosowanie odnawialnych źródeł energii w procesach wytwórczych, transporcie, a także utrzymaniu infrastruktury przemysłowej;
- ekoinnowacje, m.in. systematyczne monitorowanie i kontrola procesów technologicznych, produkcyjnych i usługowych w funkcji ich wpływu na ekologię i środowisko naturalne.

Koncepcja projektowania, implementacji i wdrażania zintegrowanych systemów zarządzania w przemyśle może być realizowana na poziomie operacyjnym oraz na poziomie analitycznym.

Przykładowo, w procesie planowania zadań i operacji na stanowiskach pracy zasadne jest uwzględnienie obciążenia fizycznego oraz monotypowości powtarzalnych czynności roboczych. Wyniki badań związanych z analizą i oceną obciążenia fizycznego mogą w istotny sposób przełożyć się na poprawę warunków pracy w przemyśle. Wdrożenie rozwiązań ukierunkowanych na inteligentną diagnostykę maszyn może zredukować liczbę przestojów i awarii, zniwelować zagrożenia wypadkowe, a także obniżyć poziom emisji czynników szkodliwych. Wymienione przykłady dotyczą rozwiązań na poziomie operacyjnym.

Z kolei, na poziomie analitycznym zasadne jest prowadzenie badań symulacyjnych ukierunkowanych na optymalne wykorzystanie czynników wytwórczych i środowiskowych. Badania symulacyjne powinny być prowadzone na podstawie analizy dużych wolumenów danych przemysłowych z wykorzystaniem systemów klasy *Business Intelligence* i *Big Data*. Na potrzeby składowania dużych wolumenów danych przemysłowych zasadne jest zastosowanie baz danych NoSQL typu Hadoop, Apache lub Cassandra. W wymienionych systemach dane elementarne są przechowywane w postaci zdenormalizowanej, co z jednej strony umożliwia istotne zwiększenie efektywności operacji przetwarzania, a z drugiej strony ogranicza możliwość tworzenia złożonych zapytań, operujących na logicznie powiązanych tabelach danych. Przykładowo, Apache HBase to rozproszona, kolumnowa baza danych oparta na systemie HDFS. Apache HBase jest bazą danych NoSQL typu Open Source opartą na platformie Hadoop i wzorowaną na bazie danych Google BigTable. Technologia ta może zostać efektywnie wykorzystana w procesach diagnostyki maszyn i urządzeń przemysłowych. Mianowicie, w wymienionych bazach typu *Big Data* mogą być magazynowane duże wolumeny danych, które pochodzą z systemów czujników i sensorów nadzorujących pracę maszyny, a także z systemów monitorowania procesów technologicznych i środowiskowych. Na podstawie danych historycznych jest możliwe efektywne prognozowanie czynności konserwacyjnych, remontowych i naprawczych. Celem tych działań jest minimalizacja ryzyk związanych z nieplanowanymi

przestojami maszyn na skutek awarii lub też przedwczesnego zużycia materiałów eksploatacyjnych.

Program badań przemysłowych związanych z analizą i oceną możliwości zastosowania nowych technologii informatycznych w procesie zarządzania bezpieczeństwem, środowiskiem i medycyną pracy w przemyśle został zrealizowany w ramach projektu POIG.01.03.01–14–059/12 współfinansowanego z funduszy Unii Europejskiej.

4. Komputerowa analiza obciążenia fizycznego, jako integralny element procesu planowania zadań i operacji produkcyjnych

W procesie planowania zadań i operacji, które będą wykonywane na poszczególnych stanowiskach pracy zasadna jest analiza obciążenia fizycznego pracowników. Kompleksowa analiza i ocena obciążenia fizycznego obejmuje: pomiar obciążenia dynamicznego, związanego z wydatkowaniem energii podczas wykonywania rutynowych czynności roboczych, ocenę obciążenia statycznego, wynikającego z pozycji ciała przy pracy oraz ocenę monotypowości.

Przykładowo, podczas wykonywania czynności monotypowych dochodzi do jednostronnego obciążania wybranych grup mięśniowych, co powoduje powstawanie zjawiska miejscowego zmęczenia (mięśnie tracą możliwość odnowy swojej zdolności do skurczu), powiększającego zmęczenie ogólne pracownika, dającego w pierwszej kolejności efekt odczuwania uciążliwości pracy (spowolnienie i spadek dokładności ruchów, dyskomfort pracownika, spadek motywacji i wydajności pracy), a następnie, przy systematycznym obciążeniu pracą monotypową – powstawanie schorzeń układu mięśniowo-szkieletowego (określanych jako tzw. MSDs – *musculoskeletal disorders*, WRMSDs – *work-related musculoskeletal disorders* lub RMI – *repetitive motion injuries*)[16].

W wysoko rozwiniętych krajach Unii Europejskiej są prowadzone programy badawcze ukierunkowane na analizę i ocenę obciążenia fizycznego pracowników produkcyjnych. Przykładowo, na potrzeby przemysłu motoryzacyjnego w Niemczech została opracowana metoda EAWS (*European Assembly Worksheet*)[17].

---

[16] E. Janosik, E. Kułagowska, S. Marzec, *Wpływ fizycznych czynników środowiska pracy na obciążenia pracą monotypową*, „Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie" 2018, t. 38, s. 122.

[17] T. Hellig, V. Rick, R. Stranzenbach i in., *Investigation of the Effectiveness of European Assembly Worksheet in Assessing Organizational Measures for MSD Risk Assessment*, Advances

W przemyśle motoryzacyjnym czynności montażowe w przestrzeni pasażerskiej są typowym przypadkiem pracy powtarzalnej. Czynności robocze i pozycje pracy są wymuszone, co podwyższa ryzyko wystąpienia urazów. EAWS zawiera wykaz czynności, które mogą zagrażać zdrowiu pracownika. Czynności te są związane z nieprawidłową postawą ciała, zbyt dużym obciążeniem fizycznym oraz monotypowością. Na podstawie pomiaru czasu pracy jest wyznaczany poziom ryzyka wystąpienia nadmiernych obciążeń, a następnie są proponowane działania kompensacyjne.

W Polsce, statystyki GUS potwierdzają zasadność badania obciążenia fizycznego. Z przeprowadzonej przez GUS analizy wynika, że w badanej grupie 15 498 tys. pracujących, ponad połowa wskazała na występowanie w ich miejscu pracy zagrożeń fizycznych. Nadmierne obciążenie fizyczne przekłada się na urazy i choroby zawodowe, co jest źródłem wymiernych strat dla przedsiębiorcy[18].

W celu pomiaru obciążenia fizycznego w przemyśle są stosowane metody chronometrażowo-tabelaryczne, np. metoda Lehmanna[19] lub norma ISO 8996 „Ergonomics – Determination of matabolic heat production". W metodach tych ocena obciążenia fizycznego jest dokonywana poprzez analizę czynności roboczych oraz analizę pozycji przy pracy. W etapie pierwszym jest przeprowadzana analiza pozycji podczas pracy, a następnie na podstawie danych tabelarycznych jest szacowany wydatek energetyczny, wynikający z utrzymania tej pozycji. W etapie drugim na podstawie analizy czynności roboczych, jest dokonywana ocena stopnia zaangażowania głównych partii mięśni i na tej podstawie jest szacowany wydatek energetyczny. Całkowity koszt energetyczny procesów pracy jest określany poprzez zsumowanie wyników cząstkowych.

Widoczna jest zatem obiektywna potrzeba rozbudowania klasycznego modelu planowania zadań i operacji produkcyjnych o elementy umożliwiające analizę i ocenę warunków pracy w przemyśle. Komputerowa ewidencja zadań i operacji stanowiskowych, normatywów pracy oraz wydatku energetycznego dla poszczególnych czynności roboczych umożliwi optymalne planowanie czasu pracy pracowników produkcyjnych, a w przypadku przekroczenia dopuszczalnych wartości wdrażanie techniczno-organizacyjnych środków zaradczych, np. rotacji pracowników lub automatyzacji operacji wymagających nadmiernego wysiłku fizycznego.

---

in Physical Ergonomics and Human Factors, AHFE 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing, June 2017, v. 602, Springer, s. 229–235.

[18] *Wypadki przy pracy i problemy związane z pracą*, GUS, Warszawa 2014.

[19] *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia*, red. D. Koradecka, T1, CIOP, Warszawa 1997.

5. Podsumowanie

W artykule zostały przedstawione wybrane, krajowe i europejskie inicjatywy związane z kierunkami strategicznego rozwoju współczesnych przedsiębiorstw przemysłowych.

Celem projektowania i implementacji zintegrowanych systemów zarządzania w przemyśle jest uzyskanie efektu synergii pomiędzy czynnikami związanymi z planowaniem i optymalizacją produkcji w wymiarze technologicznym, materiałowym i kosztowym a czynnikami pozaprodukcyjnymi mającymi istotny wpływ na warunki pracy, bezpieczeństwo technologii wytwarzania i środowisko. Należy również pamiętać, że działania ukierunkowane na wdrażanie ekoinnowacji w przemyśle powinny dotyczyć pełnego cyklu życia wyrobu.

W procesie wdrażania zintegrowanych systemów zarządzania w przemyśle kluczową rolę będzie odgrywać technologia informatyczna, co stwarza podstawę do prowadzenia badań przemysłowych i eksperymentalnych prac rozwojowych ukierunkowanych na opracowanie nowej generacji systemów monitorowania, diagnostyki i sterowania procesami produkcyjnymi i środowiskowymi.

Bibliografia

Bartoszczuk P., *Mechanizmy powstawania efektów ekoinnowacji w przedsiębiorstwach w Polsce*, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2018.

Bezpieczeństwo pracy i ergonomia, red. D. Koradecka, T1, CIOP, Warszawa 1997.

Brózda J., *Platformy technologiczne jako determinanty rozwoju i poprawy konkurencyjności przedsiębiorstw sektora TS*, „Logistyka" 2013, 6.

Cichy M.J., Szafraniec M., *Ekoinnowacyjność przedsiębiorstw czystszej produkcji w Polsce. Część 1: Ogólne aspekty ekoinnowacyjności*, „Organizacja i Zarządzanie. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej" 2015, z. 77.

Dyrektywa 89/391/EEC, On the Introduction of Measures to Entourage Improvements in the Safety and Health of Workers at Work.

Ejdys J., Kobylińska U., Lulewicz-Sas A., *Zintegrowane systemy zarządzania jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem pracy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2012.

Grudowski P., *Metodyka wdrażania i doskonalenia systemu zarządzania środowiskowego w małych i średnich przedsiębiorstwach. Integracja systemu zarządzania środowiskowego według normy ISO 14001 oraz wytycznych EMAS i systemu zapewnienia jakości według norm ISO 9001*, KBN H02D 03114, 1999–2000.

Hellig T., Rick V., Stranzenbach R. i in., *Investigation of the Effectiveness of European Assembly Worksheet in Assessing Organizational Measures for MSD Risk Assessment*, Advances in Physical Ergonomics and Human Factors, AHFE 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing June 2017, v. 602, Springer.

Janosik E., Kułagowska E., Marzec S., *Wpływ fizycznych czynników środowiska pracy na obciążenia pracą monotypową*, „Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie" 2018, t. 38.

Korkosz-Gębska J., *Systemy wsparcia innowacji ekologicznych Polski Wschodniej*, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania" 2015, nr 40/2, Uniwersytet Szczeciński.

Lewandowska A., *Środowiskowa ocena cyklu życia (LCA) produktów – bliżej, niż kiedykolwiek wcześniej*, „Logistyka Odzysku" 2015.

Warunki pracy w 2014 r., GUS, Warszawa 2015.

Węgrzyn B., *Zintegrowany System Zarządzania etapem kształtowania w przedsiębiorstwie Zarządzania przez Jakość (TQM)*, „Przegląd Organizacji" 2007, nr 6.

Wypadki przy pracy i problemy związane z pracą, GUS, Warszawa 2014.

Wzorce zrównoważonej produkcji (WZP) w działalności przedsiębiorstw – propozycja rozwiązań systemowych wspierających wdrażanie WZP w MSP, red. I. Anuszewska, Raport z analizy danych zastanych, PARP, Warszawa 2011.

Źródło internetowe

www.kpk.gov.pl (data odczytu: 31.10.2018).

* * *

The role of Information Technology in the process of managing safety, environment and industrial work medicine

Abstract

The article presents the methodical concept of implementing an integrated management system. The proposed solution combines the planning and production control process with the creation of solutions aimed at: improvement of working conditions in the industry, work safety, elimination (significant reduction) of the negative impact of the material working environment on the human body, clean production, eco-innovation. The possibilities of using Information Technology in the process of integrated management of an industrial enterprise were indicated, both at the operational level and at the analytical level. The article was written basing on the results of the POIG.01.03.01–14–059/12 project.

Keywords: production, work safety, industry environment, clean production, eco-innovation