

ZARZĄDZANIE PRODUKTYWNOŚCIĄ MASZYN I URZĄDZEŃ W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM

1. Wprowadzenie

Zarządzanie produktywnością maszyn i urządzeń w przedsiębiorstwie produkcyjnym jest stosunkowo nowym obszarem zainteresowań naukowców, jak i praktyków z dziedziny zarządzania. Pomiar i ocena produktywności maszyn i urządzeń w przedsiębiorstwach produkcyjnych realizowany jest w ramach koncepcji TPM (*Total Productive Maintenance*), czyli totalnej wydajności urządzeń lub globalnego zarządzania utrzymaniem ruchu. Zarządzanie produktywnością maszyn i urządzeń wychodzi naprzeciw konieczności poznania przez firmy w praktyce technicznej swoich wewnętrznych systemów operacyjnych i ich możliwości produkcyjnych. *Total Productive Maintenance* jest filozofią zarządzania, polegającą na utrzymaniu ciągłości produkcji, poprzez zespołowe eliminowanie strat, wynikających z usterek i awarii maszyn oraz urządzeń. Koncepcję TPM stosują międzynarodowe korporacje, które realizują standardy produkcji określane jako *World Class Manufacturing*. W warunkach polskich, koncepcja TPM została wprowadzona stosunkowo niedawno, pierwsze adaptowały ją przedsiębiorstwa zagraniczne sektora motoryzacyjnego, takie jak GM – General Motors, który wybudował Zakład Opel Polska w Gliwicach w 1998 roku – obecnie General Motors Manufacturing Poland czy Fiat Auto Poland. Z sektora motoryzacyjnego założenia koncepcji TPM przeniesione zostały do innych zakładów produkcyjnych różnych branż przemysłu [3].

Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie istoty zarządzania produktywnością maszyn i urządzeń wraz z podaniem przykładów rozwiązań metodologicznych podejmowanych w przedsiębiorstwach produkcyjnych, które, realizując założenia koncepcji TPM, dążą do wzmożenia tempa produkcji i zmniejszenia liczby usterek maszyn i urządzeń. Dysponując lepszymi urządzeniami, firmy mają niższe koszty, mniejszą liczbę awarii i przestoi oraz lepszą jakość i niższy wskaźnik wypadkowości. Wymienione korzyści są możliwe dzięki pozytywnemu nastawieniu kierownictwa i pracowników do stałych ulepszeń. Koncepcja ciągłego doskonalenia jest nieodzownym elementem zarządzania produktywnością maszyn i urządzeń.

2. Geneza zarządzania produktywnością maszyn i urządzeń

Początki metodologii zarządzania produktywnością maszyn i urządzeń sięgają lat pięćdziesiątych XX wieku, kiedy to przemysł samochodowy wprowadził automatyczne linie produkcyjne i komputerowe sterowanie urządzeniami [4]. Komputery otworzyły nowe możliwości w obszarze regulacji produktywności maszyn i urządzeń, rozumianej jako liczba sztuk wyprodukowanych wyrobów w określonym

czasie, najczęściej w trakcie trwania jednej zmiany. Współczesny postęp automatyzacji zwiększył możliwości zarówno kadry kierowniczej, jak i operatorów maszyn i urządzeń w dążeniu do poprawy wydajności parku maszynowego. Pomocnym stały się założenia *Total Productive Maintenance* (TPM) oraz rozwój koncepcji ciągłego doskonalenia przedsiębiorstw. Założeniem TPM jest usuwanie wszelkiego marnotrawstwa, tak aby w jak najkrótszym czasie osiągnąć największą produktywność pracy maszyn i urządzeń. Przykładowe cele przyjmowane w ramach TPM to dążenie do zera defektów urządzeń, zera awarii, zera napraw, zera przestoi itp. TPM różni się od tradycyjnego podejścia określanego jako konserwacja maszyn i urządzeń tym, że dąży do utrzymania ruchu (UR), w przeciwieństwie do tradycyjnych ekip remontowych nie tylko naprawia urządzenia (*Breakdown Maintenance*), ale przede wszystkim próbuje utrzymać park maszynowy w wystarczająco dobrej kondycji, aby zapewnić ciągłość produkcji [1]. W ramach TPM, dążąc do eliminowania strat, stosuje się techniki zespołowego rozwiązywania problemów. Wybór metodologii oraz narzędzi zależy od rodzaju problemu, a także od doświadczenia trenera, który na ogół pomaga zespołowi w efektywnej analizie problemu. Często narzędzia lub metodologie są narzucane odgórnie przez centrale korporacji.

Metodologię TPM poprzedziły standaryzacja i procesy ciągłego doskonalenia funkcjonowania przedsiębiorstw realizowane zgodnie z założeniami Kaizen (procesy mające na celu jak najszybszą i jak najefektywniejszą identyfikację i eliminację strat). Dążenie przedsiębiorstw do skoncentrowanej poprawy wymagało zastosowania wielu metod i technik eliminowania przeciążenia (*Muri*), nierytmiczności (*Mura*) i strat (*Muda*), a w rezultacie uzyskiwania wyższej efektywności pracy maszyn i urządzeń. W przedsiębiorstwach zastosowano między innymi: FMEA (analiza przyczyn i skutków wad), Poka-Yoke (zapobieganie błędom ludzkim), SMED (skrócenie czasu przebrożeń do 10 minut), Maki-Gami (optymalizacja procesu), PPA (analiza punktu procesu), SPC (statystyczna kontrola procesu), VSM (mapowanie strumienia wartości), Six Sigma (identyfikacja błędów/wad produktu przed ich wystąpieniem), Kanban (karty Kanban informują o tym, co i w jakiej ilości ma być terminowo dostarczone odbiorcy), Heijunka (inaczej sekwencjoner – *Sequencer*, czyli poziomowanie produkcji – *Leveling* – utrzymanie stałego wolumenu produkcji) oraz 5S (dbałość o porządek w miejscu pracy) [7].

3. Zarządzanie produktywnością maszyn i urządzeń – ujęcie definicyjne

Podejmując się zdefiniowania koncepcji zarządzania produktywnością maszyn i urządzeń, należy przede wszystkim wyeksponować działania, które pozwalają osiągnąć

wyższą produktywność maszyn i urządzeń. Ujmując najogólniej:

**zarządzanie produktywnością maszyn i urządzeń =
analiza wydajności parku maszynowego + działania
zwiększające jego produktywność**

W kontekście funkcji zarządzania – zarządzanie produktywnością maszyn i urządzeń rozpoczyna się od zaplanowania działań prewencyjnych (usprawniających), poprzez właściwą organizację służb utrzymania ruchu i pracę operatorów urządzeń, aż do implantacji działań, którym towarzyszy aktywne podejście kadry kierowniczej i pracowników w dążeniu do eliminowania strat, a kończąc na ocenie uzyskanych rezultatów. Należy jednak zaznaczyć, że zarządzanie produktywnością maszyn i urządzeń jest procesem, a zatem cechuje go ciągłość działań odnoszących się do nieustannego poszukiwania możliwości uzyskiwania wyższej wydajności pracy parku maszynowego. Zarządzanie produktywnością urządzeń realizowane jest w dwóch płaszczyznach: płaszczyźnie strategicznej (planistycznej) oraz płaszczyźnie operacyjnej (wykonawczej) [1]. Te dwie płaszczyzny zarządzania wskazują na dwa główne kierunki działań przedsiębiorstwa związane z poprawą produktywności maszyn i urządzeń. Służby odpowiedzialne za zapewnienie produktywności maszyn i urządzeń, tzw. służby utrzymania ruchu (UR), muszą współpracować z operatorami urządzeń, aby uzyskiwać efekty synergii.

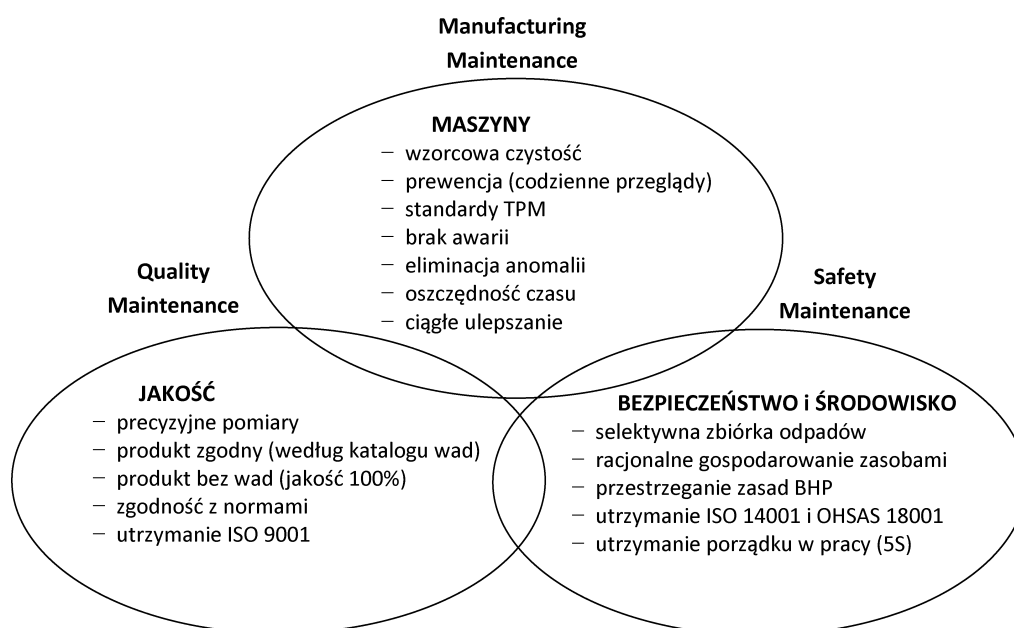
Zarządzanie produktywnością maszyn i urządzeń wpływa na prawie wszystkie obszary funkcjonowania przedsiębiorstwa, a w szczególności pozostaje w interakcji z zarządzaniem jakością oraz zarządzaniem bezpieczeństwem i higieną pracy. Charakterystyczna triada zależności (rys. 1) wynika z faktu, że niższa wydajność pracy maszyn i urządzeń, jak i niewłaściwa organizacja pracy najczęściej skutkują wadliwością produktów, a także pogorszeniem warunków pracy i wzrostem wypadkowości. Służby utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach produkcyjnych

współpracują z komórkami jakości oraz służbami bezpieczeństwa i higieny pracy.

4. Metodyka zarządzania produktywnością maszyn i urządzeń

Zastosowanie zarządzania produktywnością pracy maszyn i urządzeń wymaga, poza zarządzaniem jakością oraz zarządzaniem bezpieczeństwem i higieną, a także zarządzaniem środowiskowym, między innymi:

- zarządzania przez przywództwo (kadra kierownicza powinna być liderami i trenerami zespołów utrzymania ruchu),
 - zarządzania zespołem (funkcjonowanie zespołów ds. utrzymania ruchu – UR – na poziomie strategicznym i operacyjnym przedsiębiorstwa, współpraca służb UR z operatorami urządzeń, zespołowe rozwiązywanie problemów),
 - zarządzania zmianą (ciągłe inicjowanie działań doskonalących; nieustanne usprawnienia, implementacja nowych rozwiązań doskonalących funkcjonowanie przedsiębiorstwa),
 - zarządzania przez zaangażowanie pracownicze (udział wszystkich pracowników w eliminowaniu strat i wprowadzaniu udoskonaleń),
 - zarządzania komunikacją (sprzężenia zwrotne informacji między pionami organizacyjnymi, współpraca kadry kierowniczej z pracownikami liniowymi – wymiana poglądów, spostrzeżeń; komputerowe systemy wspomaganie produkcji),
 - *Lean Manufacturing* (LM) – „odchudzone” wytwarzanie – metoda zarządzania, polegająca na wydzieleniu nieopłacalnej (drugoplanowej) działalności na zewnątrz (*outsourcing*), koncentrująca się na działalności podstawowej; przedsiębiorstwa stosujące LM poszukują oszczędności we wszystkich realizowanych funkcjach.
- Wymienione koncepcje zarządzania nie będą szczegółowo omawiane w niniejszej publikacji, ponieważ stanowią



Rys. 1. Produktywność maszyn a jakość i bezpieczeństwo pracy (na podstawie metodologii TPM [6])

dobrze znane już przedmioty rozważań i analizy. Aczkolwiek należy nadmienić, że niektóre koncepcje stały się obecnie przedmiotem większej wagi, jak na przykład zarządzanie przez zaangażowanie pracownicze. U podstaw wymienionej koncepcji leży założenie, że pracownicy tworzą przedsiębiorstwo i aktywnie uczestniczą w jego doskonaleniu [5]. Przyjmując to założenie, służby utrzymania ruchu funkcjonują na wszystkich poziomach organizacji przedsiębiorstwa. Te na poziomie strategicznym realizują zadania z zakresu planowania działań zapewniających wyższą produktywność maszyn i urządzeń, stąd ich nazwa *Komitetu Planned Maintenance*. Natomiast służby na poziomie operacyjnym, określane jako *Autonomus Maintenance*, realizują działania naprawcze i/lub zapobiegawcze (współpraca operatorów urządzeń z komórkami ds. UR). Specyfikę wymienionych komórek przedstawiono w tabeli 1. Należy również podkreślić, że poza specjalistycznymi służbami do spraw UR i operatorami urządzeń, wszyscy pracownicy przedsiębiorstwa zobligowani są do większej czujności w zakresie identyfikacji nieprawidłowości, co do funkcjonowania parku maszynowego w przedsiębiorstwie oraz zgłaszania wszelkiego rodzaju nieprawidłowości wyspecjalizowanym służbom UR [2].

Operatorzy maszyn i urządzeń na poziomie operacyjnym przedsiębiorstwa produkcyjnego powinni posiadać następujące kompetencje i zdolności: mieć wiedzę z zakresu TPM, być zorientowani w tematyce *assemblingu* (montaż maszyn i urządzeń), postępować zgodnie z procedurami oraz instrukcjami pracy, znać pracę standaryzowaną, rozumieć znaczenie i cel pracy, posiadać świadomość potrzeby ciągłego doskonalenia parku maszynowego, mieć umiejętność dostrzegania problemów i niezgodności, umieć reagować i podejmować środki zaradcze, posiadać umiejętność współpracy z innymi służbami przedsiębiorstwa, budzić

zaufanie innych pracowników przedsiębiorstwa, być optymistycznie nastawionym do pracy, posiadać umiejętność motywowania innych pracowników do działania (stała chęć do pracy), pracować w zespole.

Proces zarządzania produktywnością maszyn i urządzeń rozpoczyna się od analizy stanu parku maszynowego, a mianowicie:

- ustalenie istniejącego stanu technicznego parku maszynowego, poprzez wykonanie ogólnego przeglądu stanu technicznego maszyn, w tym: sporządzenie następujących zestawień według: roku produkcji, okresu eksploatacji, stopnia amortyzacji, znaczenia dla procesu produkcyjnego (podział urządzeń na klasy ważności), wartości finansowej itp.),
- sporządzenie mapy procesu – wizualizacja procesów podstawowych i pomocniczych w przedsiębiorstwie, ze szczególnym uwzględnieniem miejsca oraz znaczenia parku maszynowego dla prawidłowego przebiegu działań, a także wizualizacja procedur z uwzględnieniem metody 6S (selekcja, organizacja, czystość, standaryzacja, samodyscyplina, bezpieczeństwo),
- zidentyfikowanie głównych strat w sześciu obszarach funkcjonowania parku maszynowego, tzw. japońskie 6 strat identyfikowalnych w zakresach: awaryjności maszyn i urządzeń, przebrożeń i regulacji, nieplanowanych przestojów i biegów jałowych, zmniejszania prędkości operacji, wad jakościowych i rozruchu produkcji,
- analiza i wizualizacja zidentyfikowanych przyczyn powstawania problemów (wykres Ishikawy, *checksheets*, *run charts*, histogramy) oraz wyróżnianie znaczących problemów z wielu innych (wykres Pareto),
- ocena produktywności eksploatowanego parku maszynowego (codzienne raporty pracy maszyn i urządzeń, zgodnie z założeniami analizy OEE (*Overall Equipment*

Zadania (obowiązki) służb na poziomie strategicznym	Zadania (obowiązki) służb na poziomie operacyjnym
<ul style="list-style-type: none"> - Ustalanie celów strategicznych w obszarze doskonalenia parku maszynowego, - ciągłe doskonalenie parku maszynowego przedsiębiorstwa (zbudowanie systemu prewencji), - planowanie remontów (napraw) maszyn i urządzeń, - planowanie zakupów maszyn i urządzeń, - współpraca z komórkami finansowymi w zakresie obsługi finansowej planowanych zakupów i remontów, - współpraca ze służbami ds. jakości (zbudowanie systemu <i>Quality Maintenance</i>) i kierownikami linii produkcyjnych w zakresie analizy oraz oceny produktywności parku maszynowego, - analiza raportów z produktywności maszyn i urządzeń, - sprzedaż i/lub wycofanie zbędnych maszyn i urządzeń, - zbudowanie systemu zapewniającego projektowanie/zakup/produkcje łatwego w obsłudze i utrzymaniu sprzętu – <i>Early Equipment Management</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dostrzeganie problemów (anomalii) i niezgodności oraz reagowanie i podejmowanie działań zaradczych, - przestrzeganie zasad zawartych w instrukcjach pracy, - współpraca z komórkami planistycznymi w zakresie realizowanych remontów i napraw maszyn i urządzeń, - sporządzanie raportów o produktywności maszyn i urządzeń, - dbałość o park maszynowy przedsiębiorstwa (bieżące przeglądy, drobne naprawy, konserwacje), - współpraca ze służbami BHP w celu wyeliminowania zagrożeń technicznych dla zdrowia i życia pracowników, - bieżąca kontrola jakości (katalog wad), - reagowanie na wszelkiego rodzaju nieprawidłowości w obsłudze maszyn i urządzeń, - rozwiązywanie problemów w wielofunkcyjnych zespołach (<i>Focused Improvement</i>).

Tab. 1. Zadania służb utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie

Effectiveness) – wskaźnik łączący dostępność maszyn, efektywność ich pracy oraz jakość procesu [8] i sporządzenie zestawienia informującego o wykorzystaniu poszczególnych maszyn i urządzeń oraz ich produktywności (raporty OEE).

Etap analizy kończy się wskazaniem sposobów rozwiązania istniejących problemów – działania naprawcze (reakcja) i działania zapobiegawcze (prewencja).

Po zakończeniu analizy rozpoczyna się etap wdrożenia zaproponowanych rozwiązań. Poza działaniami typu *Breakdown Maintenance*, czyli naprawy zepsutego sprzętu, dąży się przede wszystkim do utrzymania parku maszynowego w wystarczająco dobrej kondycji, aby zapewnić ciągłość produkcji (Totalna Prewencja) – absolutny priorytet przeglądów i konserwacji maszyn oraz urządzeń nad planem produkcji. W założeniach programów Totalnej Prewencji uwzględnia się również kategorię finansową, jaką jest zysk przedsiębiorstwa (opłacalność wdrażanych rozwiązań usprawniających) oraz pełne zaangażowanie pracowników w trakcie realizacji programów (projektów). Kluczowe działania wdrożeniowe realizowane w procesie zarządzania produktywnością parku maszynowego to[1]:

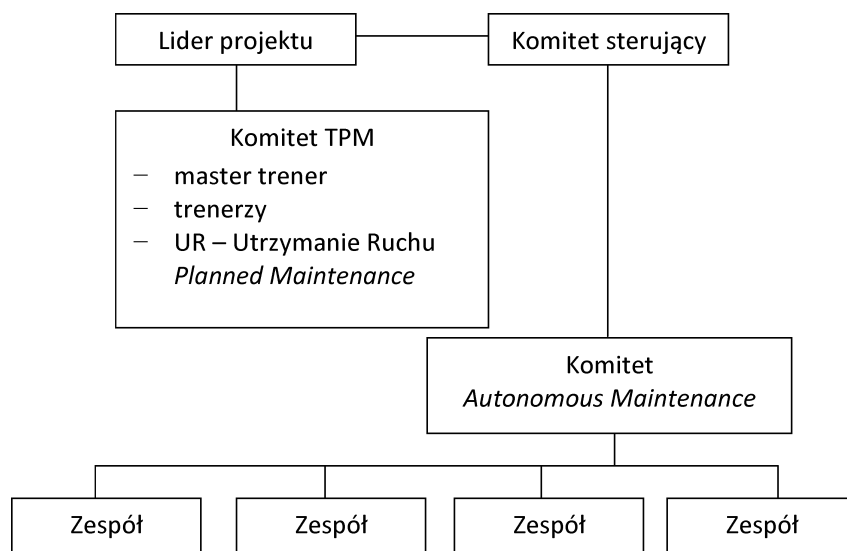
- eliminowanie strat na maszynach poprzez rozwiązywanie problemów w wielofunkcyjnych zespołach – *Focused Improvement*,
- formalne włączenie operatorów do odpowiedzialności za utrzymanie maszyn – *Autonomous Maintenance* (opracowanie standardów czyszczenia, smarowania i dokręcania luzów itp.),
- zbudowanie systemu prewencji przez Dział Utrzymania Ruchu – *Planned Maintenance*,
- zbudowanie systemu pozwalającego na zarządzanie jakością produktu – *Quality Maintenance*,
- zbudowanie systemu zapewniającego projektowanie/zakup/produkcję, łatwego w obsłudze i utrzymaniu sprzętu – *Early Equipment Management*.

Bardzo często w przedsiębiorstwach wdrażających koncepcję zarządzania produktywnością maszyn i urządzeń realizowane są, w pierwszym okresie implantacji koncepcji, programy pilotażowe w odniesieniu do wybranego obszaru zastosowania maszyn i urządzeń i/lub wybranych maszyn. Pilotaż poprzedzony jest szkoleniami pracowniczymi, jak i działaniami marketingowymi, mającymi na celu wyeksponowanie istoty realizowanego programu dla poprawy efektywności funkcjonowania przedsiębiorstwa – etap kształtowanie świadomości pracowniczej. W trakcie realizacji założeń koncepcji pełnej produktywności maszyn i urządzeń (TPM) mówi się wręcz o rewolucji w świadomości pracowniczej. Przez wiele lat bowiem pracownicy, zwłaszcza w warunkach naszej gospodarki, naprawiali zepsute urządzenia lub usuwali awarie, a tylko w niewielkim zakresie stosowali działania prewencyjne. W koncepcji TPM jest odwrotnie – prewencja jest priorytetem zespołów remontowo-naprawczych, służb utrzymania ruchu i operatorów urządzeń.

Należy również dodać, że najwyższe kierownictwo ustala politykę totalnej prewencji, eksponując znaczenie koncepcji TPM w przedsiębiorstwie.

Wdrażanie programów prewencyjnych wymaga zmian w strukturze organizacyjnej przedsiębiorstwa – powoływane są specjalistyczne komórki. Realizując programy pilotażowe, powołuje się komitety sterujące i liderów projektów (kierowników). Komórkę TPM tworzą trenerzy i służby utrzymania ruchu (rys. 2).

Każdy wdrożony program podlega ocenie efektywności, poprzez odniesienie uzyskanych wyników (rezultatów) do



Rys. 2. Struktura organizacyjna zarządzania produktywnością maszyn i urządzeń

poniesionych kosztów. Poza oceną całościową wdrożonych projektów, w ramach TPM wykonuje się codzienne raporty oceny produktywności pracy maszyn i urządzeń. Ocena dokonywana jest w trakcie trwania każdej zmiany pracowniczey (1 zmiana = 8 godzin), jako ilość wyprodukowanych sztuk (wyrobów) na jednostkę czasu (w odniesieniu do czasu trwania cyklu wyprodukowania 1 sztuki). W raportach TPM wszystkie wyprodukowane części są przeliczane na sztuki i na poszczególne procesy. W przedsiębiorstwach tworzone są rankingi wydajności poszczególnych procesów produkcyjnych. Stosując benchmarking wewnętrzny, porównuje się wydajność wewnątrz zakładu, a w ramach benchmarkingu korporacyjnego – między zakładami – globalny raport.

5. Przykład raportu OEE

Podstawową metodą stosowaną w TPM jest ocena OEE. Opis metodologii przedstawiono w tabeli 2.

Raportowanie produktywności realizowane jest w różnych okresach czasowych. W tabeli 3 przedstawiono formularz raportowania codziennego.

Wielkości planowane porównano z rzeczywistymi, zaznaczając obiekty nieproduktywne (nieuzyskujące planowanej produktywności). W codziennych raportach ujęto również urządzenia czasowo wyłączone z produkcji. Produktywność (wydajność) poszczególnych urządzeń porównuje się

Dostępność urządzenia	$\frac{\text{czas zmiany} - \text{czas przestoju (przebrojenia + awarie + inne)}}{\text{czas zmiany}} \times 100\%$
Osiągi urządzenia (efektywność pracy)	$\frac{\text{produkcja wykonana (dobra + zła jakościowo)}}{\text{czas operacyjny} \cdot \text{prędkość nominalna}} \times 100\%$
Jakość procesu	$\frac{\text{produkcja wykonana} - \text{odpady}}{\text{produkcja wykonana}} \times 100\%$

Tab. 2. Składniki wskaźnika OEE [8]

Nazwa	Ilość planowana				Produkcja całkowita	Średnia na zmianę	Realizacja	02.09.2013 Poniedziałek			03.09.2013 Wtorek		
	I	II	III	Całość				I	II	III	I	II	III
	1632	1632	1632	4896	7240	1448	21,1%	1080	1600	1710	1500	1350	
	1632	1632	1632	4896	9660	1610	28,2%	1710	1710	1640	1640	1400	1560

Tab. 3. Formularz raportowania OEE

ze wskaźnikiem OEE, uzyskując obraz (wykres 1) urządzeń efektywnych i nieefektywnych w sensie OEE.

Przykład obliczania produktywności maszyn w zakładzie montażu/tłoczni

Uzupełnieniem części teoretycznej metodologii TPM jest opis zastosowania rozwiązań oceny wydajności parku maszynowego w zakładach montażu i tłoczni. Do oceny stopnia efektywności pracy urządzeń użyto metodę MU – *Machine Utilization CU – Capacity Utilization (MU_CU)*. Metoda MU_CU jest uzupełnieniem metody OEE. MU – to ilość dobrych części wyprodukowanych za pierwszym razem podzielona przez ilość możliwych części do wyprodukowania w okresie, w którym była planowana produkcja (1 zmiana = 8 godzin) – wzór nr 1.

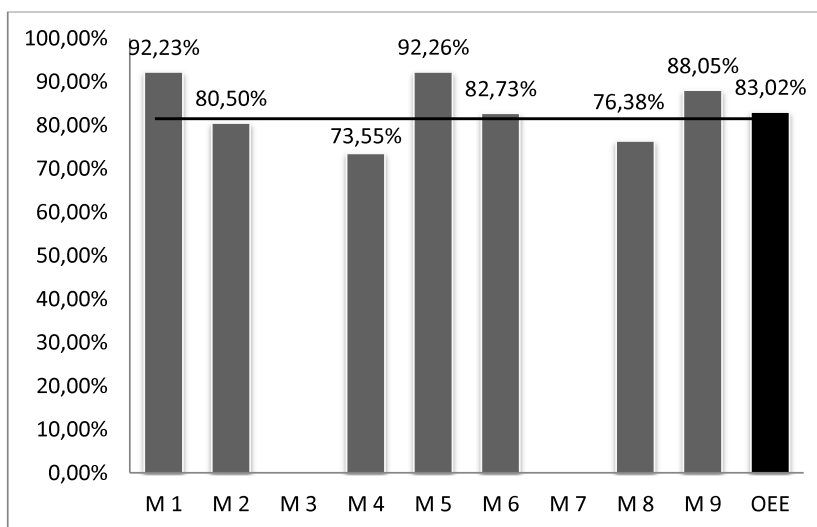
$$MU = \frac{\text{ilość wyprodukowanych sztuk}}{\text{zaplanowany czas}} \times \text{czas cyklu} \quad (1)$$

Aby sporządzić raport MU_CU wszystkie wyprodukowane części są przeliczane na sztuki i procesy (np. na spawalni na ilość spotów bądź długość spoin Magowskich lub Laserych). Analizie poddano cztery sytuacje pracy maszyn:

1. Maszyna pracowała cały czas (nie było przerw w pracy maszyny). Praca maszyny bez przerw wynosiła 480 min. (1 zmiana to 8 godzin czyli 480 min).
2. Maszyna nie pracowała cały czas, uwzględniono przerwy na sprzątanie, jak i przerwy należne pracownikom (przerwy na posiłek). Łączny czas przerw to 30 min. W trakcie jednej zmiany czas pracy maszyny (z przerwami) to 450 min.
3. Maszyna pracowała z przerwami, lecz w trakcie pracy nie było produkcji wadliwej (części dobrej jakości używano za pierwszym razem).

$$CU = \frac{\text{ilość wyprodukowanych dobrych części (sztuk)}}{\text{ilość możliwych części do wyprodukowania w stanie gotowości maszyny do pracy}} \quad (2)$$

4. Maszyna pracowała z przerwami uwzględnionymi już w pkt. 2 i z przerwami na przebrojenie (czas przebrojenia to 50 min) – łączny czas pracy maszyny to 400 min. Wykonana analiza pozwoliła ustalić stopień wykorzystania czasu pracy maszyny w zakładach. W odniesieniu do sytuacji nr 1 czas pracy maszyny wyniósł 100%, w sytuacji nr 2 – 93,75%, sytuacja nr 3 to 92,66%, a sytuacja nr 4 – 83,33%. Po wykonaniu analizy czasu pracy urządzeń przystąpiono do oceny CU (wzór nr 2).



M - Maszyna
Wykres 1. Przykład raportowania OEE – ujęcie graficzne

zweryfikowano zgodnie z celami. Dla tłoczni było to 84%, a dla montażu 94% (wydajności czasu pracy urządzeń). Po uwzględnieniu wskaźnika celów liczba dni produkcyjnych dla tłoczni to 21, a dla montażu 18. Uzyskane liczby dni pracy są wielkościami praktycznymi. Teoretyczne możliwości są wyższe. Teoretyczny czasokres analizowanych procesów produkcyjny obejmował 27,8 dni. Dla potrzeb szczegółowej analizy ustala się obydwie poziomy, tj. teoretyczny (*Theoretical CU*) i praktyczny (*Practical CU*). Ujęcie teoretyczne również podlega weryfikacji o przyjmowane cele (tłocznia: 27,8 dni x 84%; montaż 27,8 dni x 94%). Wzór dla *CU Practical* (CUp) jest iloczynem sumy produkcji niewadliwej (dobrze wyprodukowanych części za pierwszym razem) i obliczonej (skalkulowanej) praktycznej wydajności pracy urządzeń (wzór nr 3).

$$CUp = \frac{\text{Suma wyprodukowanych dobrych części za pierwszym razem}}{\text{Stan gotowości maszyny} \times \text{ilość linii produkcyjnych} \times \text{cel dla danego procesu} \times \text{ilość części jaką można było wykonać w planowanym czasie}} \div \text{całkowita ilość czasu pracy (produkcji) maszyny w miesiącu} \quad (3)$$

Zastosowanie metody MU_CU pozwala na:

1. Analizę jakości wytwarzanych wyrobów (*MU-Quality*) – odniesienie do sytuacji nr 3 w analizie MU.
2. Analizę czasu pracy maszyn z uwzględnieniem przerw (bez przerw należnych pracownikom w trakcie pracy) – *MU-Uptime* lub z przerwami należnymi pracownikom, – *MU-Uptime-Lunch*.
3. Analizę cykli produkcji (*MU- CycleTime*).
4. Analizę wykorzystania poszczególnych maszyn w zakładzie (ocena maszyny M_1 , Maszyny M_2 itd.).
5. Analizę procesów produkcyjnych w kontekście wydajności pracy urządzeń, w tym tworzenie rankingów procesów produkcyjnych.
6. Benchmarkingowe porównywanie wydajności pracy poszczególnych zakładów (raport zbiorczy).
7. Doskonalenie przebiegu procesów produkcyjnych (wzorowanie się na procesach najlepszych) pod względem jakości wyrobów i wydajności pracy urządzeń.
8. Gospodarowanie parkiem maszynowym – maszyny o niższej wydajności zastępowane są nowymi (wymiana parku maszynowego).

6. Ciągłe doskonalenie w zarządzaniu produktywnością maszyn i urządzeń

Zarządzanie produktywnością parku maszynowego wymaga zaangażowania pracowników (zespołów) – Twój Filar w TPM. Problemy dotyczące urządzeń rozwiązywane są w zespołach interfunkcyjnych. Bez oparcia rozwiązań o pomysły pracowników, a przede wszystkim operatorów, trudno jest efektywnie wyeliminować straty w pracy maszyn i urządzeń. Metodologia ciągłego doskonalenia jest oparta na modelu DMAIC, który oparty jest na kole Deminga (*Plan-Do-Check-Act*) i sukcesywnie prowadzi zespół przez 5 faz rozwiązywania problemu: Definicja (*Define*), Miary (*Measure*), Analiza (*Analyze*), Innowacja (usprawnienie) (*Improve*) oraz K(C) kontrola.

Funkcjonowanie systemu poprawy produktywności maszyn i urządzeń podlega audytom oraz inspekcjom. Audyty wewnętrzne przeprowadzają służby UR, a ich celem jest

ustalenie stopnia znajomości i stosowania obowiązujących procedur i standardów. Przykładowe pytania w trakcie audytów systemu:

- Czy pracownik postępuje zgodnie z procedurami i instrukcjami?
- Czy pracownik realizuje przegląd urządzenia?
- Czy pracownik realizuje harmonogram działań prewencyjnych?
- Czy usterki maszyn i urządzeń są odpowiednio oznakowane?
- Czy realizowany jest harmonogram działań prewencyjnych?
- Czy źródła zanieczyszczeń, miejsca trudno dostępne są udokumentowane?
- Czy odbywają się spotkania zespołów doskonalących?

Poza audytami, realizowane są przez służby UR inspekcje czynności realizowanych przez operatorów maszyn i urządzeń. Kontrolujące służby, poprzez natychmiastową informację zwrotną, mają możliwość natychmiastowej reakcji na zaobserwowane nieprawidłowości i stwierdzone anomalie (np. niedokręcona pokrywa, wycieki oleju). Aby ułatwić operatorom działania konserwujące stosuje się proste oznaczenia wizualne, np. kodowanie kolorami rodzajów smarów i olejów. Każdy rodzaj smaru jest opisany na tablicy osobnym kolorem, tym samym kolorem są oznakowane kanistry, jak i również konewki do olejenia. Na maszynie również wlot, przez który jest wlewany olej jest oznaczony tym samym kolorem. Ponadto widoczna jest informacja o częstotliwości olejenia oraz dokładnej ilości. W ten sposób nawet osoba nieposiadająca wiedzy technicznej jest w stanie w odpowiednim czasie prawidłowo uzupełnić olej w urządzeniu. Z czasem dochodzi się do etapu samoinspekcji, wówczas operatorzy sami kontrolują stan urządzeń i podejmują działania zapobiegawcze. Operatorzy są zdolni nie tylko utrzymać maszynę w dobrym stanie, ale także samodzielnie sprawdzić działanie jej podstawowych mechanizmów. Operatorzy kontynuują zdobywanie wiedzy na temat maszyny dotyczące regulacji oraz nabywają nowe umiejętności związane na przykład z jej przezbrajaniem. Operatorzy, pracując w zespołach, uczą się rozwiązywania problemów, wykrywania przyczyn źródłowych i usprawniania procesów. Zaawansowane działania z zakresu zarządzania produktywnością parku maszynowego wymagają od operatorów zarówno wiedzy „twardej” związanej z parkiem maszynowym i jego funkcjonowaniem, jak i umiejętności „miękkich” – pracy zespołowej, efektywnej komunikacji, umiejętności rozwiązywania konfliktów itp.

Doskonaląc zarządzanie produktywnością maszyn i urządzeń, z czasem, angażuje się w identyfikowanie problemów i inicjowanie zmian wszystkich pracowników. Każdy, kto zauważy nieprawidłowość zgłasza ją właściwym służbom lub wypełnia kartę „IDEA”, zgłaszając konieczność nowego rozwiązania. Doskonaląc zarządzanie produktywnością maszyn i urządzeń firmy, opierają się oni na założeniach filozofii Kaizen (od małych zmian po duże projekty innowacyjne).

7. Korzyści z zarządzania produktywnością maszyn i urządzeń

Zarządzanie produktywnością maszyn i urządzeń przynosi przedsiębiorstwu korzyści w wielu obszarach, a mianowicie:

- redukuje koszty utrzymania i wymiany parku maszynowego,
- zwiększa produktywność linii produkcyjnych,
- zapobiega powstawaniu awarii oraz usterek maszyn i urządzeń,
- poprawia jakość produktów (mniej produktów wadliwych),
- poprawia bezpieczeństwo pracy (niższe wskaźniki wypadkowości),
- ogranicza zapasy (ciągłość produkcji, koncepcja *Just in Time*),
- poprawia organizację pracy i jej koordynację (standardy, procedury, instrukcje, oznaczenia itp.),
- zmienia postawy i zachowania ludzi niezależnie od zajmowanego stanowiska (zaangażowanie wszystkich pracowników),
- oszczędność czasu (nie traci się czasu na poszukiwanie czegokolwiek – metoda 6S, skrócenie czasu przezbrojeń, rozruchu, wyeliminowanie przebiegów jałowych w trakcie pracy maszyny itp.),
- lepsze wykorzystanie przestrzeni (odzyskiwanie przestrzeni, poprzez zmiany w ułożeniu maszyn i urządzeń, aby wyeliminować straty czasu),
- uruchamia twórcze myślenie (zespolowe rozwiązywanie problemów, metoda Kaizen, ciągłe doskonalenie – DMAIC),
- poprawia efektywność przedsiębiorstwa (wdrożone rozwiązania redukują straty),
- poprawia konkurencyjność przedsiębiorstwa (firma z TPM nie musi robić specjalnych przygotowań przed wizytą klientów, dostawców),
- zwiększa elastyczność stanowiskową (kiedy ktoś jest nieobecny bez problemu znajdujemy potrzebne informacje i możemy go łatwo zastąpić),
- poprawia satysfakcję klientów i zwiększa ich lojalność (terminowość realizacji zamówień, wysokie standardy jakości wyrobów),
- wspomaga inne koncepcje zarządzania, np. zarządzania jakością, zarządzania BHP, zarządzania środowiskowego.

8. Podsumowanie

Aby odnieść sukces w procesie zarządzania produktywnością maszyn i urządzeń, należy spełnić kilka podstawowych warunków:

- adaptować założenia koncepcji TPM do specyfiki funkcjonowania przedsiębiorstwa,
- służby utrzymania ruchu muszą podzielić się wiedzą z operatorami maszyn i urządzeń,
- organizować szkolenia, aby umożliwić pracownikom nabycie nowych umiejętności (szkolenia są podstawą nabywania wiedzy), nie można od pracowników wymagać wykonywania nowych działań bez formalnego przekazania im nowych umiejętności,
- stworzyć system doskonalenia parku maszynowego przedsiębiorstwa (ciągłe doskonalenie, zespolowe rozwiązywanie problemów, Kaizen),
- obniżyć poziom decyzyjności, aby operatorzy mogli poczuć się współwłaścicielami stanowiska pracy,

- angażować wszystkich pracowników w poprawę produktywności, tylko wtedy zostanie osiągnięty prawdziwy cel, jakim jest pełna produktywność maszyn i urządzeń.

Literatura:

- [1] Gajdzik B., *Autonomous and professional maintenance in metallurgical enterprises as activities within Total Productive Maintenance*. „Metalurgija” No 1, 2014, (vol. 53), p. 269-272.
- [2] Gajdzik B., *Dbalność pracowników o pełną produktywność maszyn i urządzeń – TPM w przedsiębiorstwie produkcyjnym*. „Gospodarka Materiałowa i Logistyka”, nr 1 (1229), (ROK 66), 2014, s. 27-32.
- [3] Gajdzik B., *World Class Manufacturing in metallurgical enterprise*, „Metalurgija” No 1, 2013, (vol. 52), p. 131-134.
- [4] Griffin R.W., *Podstawy zarządzania organizacjami*. PWN, Warszawa 2000, s. 647.
- [5] Juchnowicz M., *Zarządzanie przez zaangażowanie. Koncepcja, kontrowersje, aplikacje*. PWE, Warszawa 2010.
- [6] Nakajima S., *TPM Development Program*. Productivity Press, 1989, [w:] Brzeski J., Figas M., *Company Lean Visions: Introduction to TPM*. „Inżynieria Utrzymania Ruchu”, Nr 6, 2008.
- [7] www.lean-management.pl/tpm.html (20.01.2014).
- [8] <http://www.oee.pl/pl/simply/simplymain.html> (30.10.2009).

MANAGEMENT OF MACHINES' PRODUCTIVITY IN MANUFACTURING ENTERPRISE

Key words:

TPM, productivity, machines, improvement

Abstract:

The content of this publication consists of notions connected with Total Productive Maintenance (TPM) in manufacturing enterprise. Author of the publication formed definition of management of machines' productivity. This concept is a new scientific and practical fields. Measurement of machines' productivity is connected with TPM – Total Productive Maintenance. The aims of TPM programs are to maintain the basic functionality of the devices and decrease the number of failures in order to reach improvement of production efficiency. The aims accepted within TPM are: zero defects of devices, zero breakdowns, zero repairs, zero stoppages, etc. Mentioned aims are treated as real due to the fact that they belong to category of employees' abilities and conducted preventive activities. The basic areas of devices condition management through operational and strategic activities in manufacturing enterprises are described here. The concept of TPM is connected with focused improvement. The notion of concentrated improvement is the duty of all employees of the enterprise who should, at any stage of their work, concentrate on solving all the problems.

Dr inż. Bożena GAJDZIK

Politechnika Śląska

Katedra Inżynierii Produkcji

Bozena.Gajdzik@polsl.pl