

Wskaźniki OEE, MTBF i MTTR – czy to coś więcej niż wartości bezwzględne?

Obecnie w firmach produkcyjnych można coraz częściej spotkać wskaźniki o tajemniczo brzmiących skrótach OEE, MTTR, MTBF etc. Tam, gdzie takie skróty są stosowane, często powtarza się je jak mantrę na wszelkiego rodzaju spotkaniach produkcyjnych. Czasem podejmowane są próby ich interpretacji, jednak w wielu przypadkach podaje się je jako suche liczby (poziom w procentach), nierzadko z komentarzem: „dlaczego takie niskie?” i „w następnym miesiącu muszą być wyższe”. Co wówczas?

Oczywiście, by je poprawić, można zonglować liczbami na papierze, czy jednak przyniesie to rzeczywiste efekty? Trudno prawidłowo zarządzać poziomem wskaźników bez dogłębnej wiedzy dotyczącej tego, co poszczególne skróty oznaczają i jakie wartości opisują. Najważniejsze to zacząć od podstaw.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Wskaźnik OEE – całkowita efektywność maszyn i urządzeń – jest kluczowym wskaźnikiem opisującym efektywność zainstalowanego sprzętu w przedsiębiorstwie. Wskaźnik ten w sposób kompleksowy opisuje trzy główne obszary działalności biznesowej przedsiębiorstwa: dostępność, efektywność wykorzystania oraz jakość produkowanych wyrobów. Główny aspekt liczenia wskaźnika OEE ma ukazywać kierunki prowadzonych działań doskonalących procesy produkcyjne. W łatwy sposób można zidentyfikować wąskie gardła

i główne problemy przedsiębiorstwa. Aby w umiejętny i efektywny sposób zlokalizować wyżej wymienione aspekty, należy w dokładny sposób zbierać dane z procesów produkcyjnych. OEE jest również miernikiem wdrażanych udoskonaleń oraz pozwala w łatwy sposób obliczyć korzyści wynikające z doskonalenia i eliminacji poszczególnych problemów.

Metodologia pomiaru OEE

W celu obliczenia wskaźnika należy w prawidłowy sposób zebrać dane z produkcji. Istnieje wiele sposobów zbierania danych: od manualnego spisywania czasów (dość pracochłonne), po elektroniczny sposób zbierania danych bazujący na czasie pracy maszyny – wszystkie metody są oczywiście prawidłowe. Dane zbierane są po to, aby móc je w późniejszym czasie przeanalizować i wypracować działania doskonalące. W początkowym stadium wdrożenia wskaźnika OEE zalecane jest ręczne zbieranie danych przez operatora – w przypad-

ku jakiegokolwiek anomalii czy zatrzymania produkcji informacja ta (czas trwania postoju) powinna być zanotowana przez operatora w formularzu. W modelowym formularzu wszelkie postoje podzielone są na trzy grupy:

1. straty dostępności,
 - awarie,
 - przebrojenia,
 - regulacje,
2. straty wykorzystania,
 - praca jałowa,
 - praca półautomatyczna,
 - brak materiału,
 - zatrzymanie,
 - uruchomienie,
3. straty jakości,
 - braki,
 - złom,
 - poprawki,
 - próby technologiczne.

Wszelkie zatrzymania odnotowywane są przez operatora w postaci kresek pionowych odzwierciedlających 5-minutowy



postój na odpowiedniej kratce. Postoje są odnotowywane jako pięciominutowe zatrzymania – jest to pewne uproszczenie, jednakże z obserwacji można wywnioskować, że operatorzy zazwyczaj odznaczają wszelkie postoje jako wielokrotność pięciu minut.

Odzwierciedlenie czasu pracy maszyn i urządzeń

Dane zebrane podczas pracy maszyny można w łatwy sposób przedstawić w postaci graficznej. Postać graficzna prezentuje sposób, w jaki maszyna pracuje: czas efektywny i ilość czasu straconego na wszelkiego rodzaju anomalie występujące podczas dostępnego czasu produkcyjnego. Mogą one zostać pogrupowane na trzy części z określeniem, w jakim stopniu zabierają one dostępny czas, podczas którego maszyna powinna produkować wyroby. Obliczenie poszczególnych składowych odbywa się w sposób intuicyjny – poprzez odczytanie odpowiednich wartości czasu z wykresu. Składowa dostępności jest obliczana w następujący sposób:

$$\text{Współczynnik dostępności} = \frac{W1}{\text{Czas dostępny brutto}} \times 100 = A\%$$

W1 – czas pozostały po odjęciu strat związanych z dostępnością.

Składowa dostępności jest obliczana w następujący sposób:

$$\text{Współczynnik wykorzystania} = \frac{W2}{W1} \times 100 = E\%$$

W2 – czas pozostały po odjęciu strat związanych z wykorzystaniem od W1.

Składowa jakości jest obliczana w następujący sposób:

$$\text{Współczynnik jakości} = \frac{W3}{W2} \times 100 = Q\%$$

W3 – czas pozostały po odjęciu strat związanych z jakością od W2.

OEE to iloczyn wyżej wymienionych składowych. Inny sposób obliczania wskaźnika to iloraz czasu efektywnego i czasu ogólnie dostępnego.

Przedstawiony sposób obliczania wskaźnika OEE jest sposobem obiektywnym, który pozwala wychwycić wszelkiego rodzaju zatrzymania, co umożliwia dokonanie pełnej analizy.

Analiza pracy maszyn i urządzeń przy pomocy OEE

Po określeniu wskaźnika OEE zgodnie z wyżej przedstawioną metodologią nadchodzi czas na dokonanie analizy. Jedną ze skutecznych metod jest zebranie wszystkich danych z danego okresu rozliczeniowego i przedstawienie ich w postaci wykresu Pareto. Rys. 1 przedstawia taki wykres dla wszystkich rodzajów zatrzymań, jakie zaobserwowano podczas pracy maszyny.

Wykres Pareto przedstawia poszczególne straty zanotowane w pracy urządzeń, od najwyższej do najniższej. Z tak przedstawionych problemów identyfikowalnych z pracą maszyn można w łatwy sposób wybrać te najbardziej kluczowe i wypracować udoskonalenia w celu zminimalizowania występowania danej straty.

W wielu przedsiębiorstwach brakuje procesu analizy i wypracowywania odpowiednich udoskonaleń, które mogą w znaczący sposób zredukować koszty produkcji, a tym samym podnieść produktywność przedsiębiorstwa.

W tab. 1 przedstawione są wyniki szczegółowej analizy pracy maszyn w jednym z zakładów motoryzacyjnych w Rosji. Jak widać, oszczędności związane ze wzrostem OEE są znaczące. Koszty, które były związane z niskim wskaźnikiem OEE (ok. 38%), były ogromne, jeśli chodzi o ilość straconej produkcji, czasu i pieniędzy. W efekcie opisywany zakład zrezygnował z dwóch maszyn, które produkowały komponenty na dwie linie produkcyjne – jedna maszyna mogła swobodnie (przy OEE na poziomie 80%) dostarczać komponenty na obie linie. Przed wdrożeniem OEE i dokonaniem usprawnień zakład utrzymywał trzy takie maszyny – każdą z nich o podobnym poziomie wskaźnika OEE.

Wskaźnik OEE jako benchmarking wdrażania udoskonaleń

Jak widać z powyżej przedstawionego przykładu, prawidłowe stosowanie i obliczanie wskaźnika OEE może przynieść ogromne korzyści dla przedsiębiorstwa oraz obrazować stopień wdrażania udoskonaleń. Jest to wskaźnik dedykowany przede wszystkim operatorom, aby usprawniać ich pracę zgodnie z mottem: „Rób to samo, tylko przy mniejszym wysiłku”. Oszczędności wynikające z poprawy wskaźnika OEE mogą być sprawą drugorzędą, choć i one, przy zaangażowaniu pracowników produkcji w podnoszenie wskaźnika OEE, prędzej czy później na pewno się pojawiają.

MTBF oraz MTTR

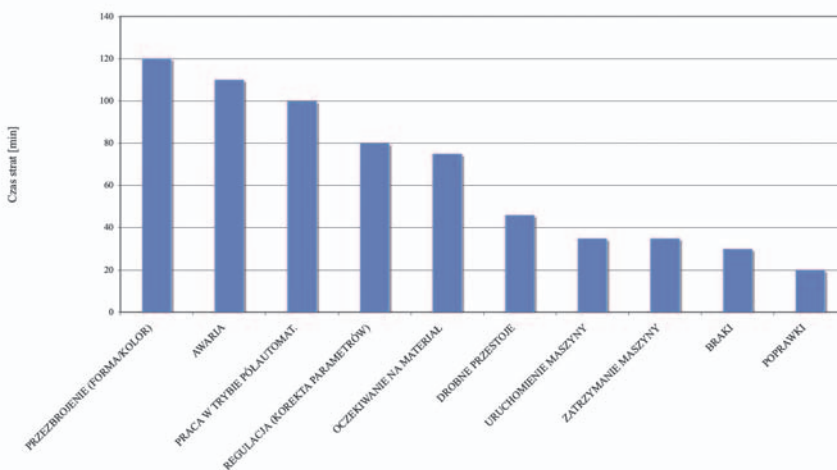
Kolejne wskaźniki obejmują obszar niezawodności. Wskaźnik MTBF (Mean Time Between Failure) informuje, jak często ze statycznego punktu widzenia dochodzi do uszkodzenia danego obiektu

Comparing table of Improvement OEE

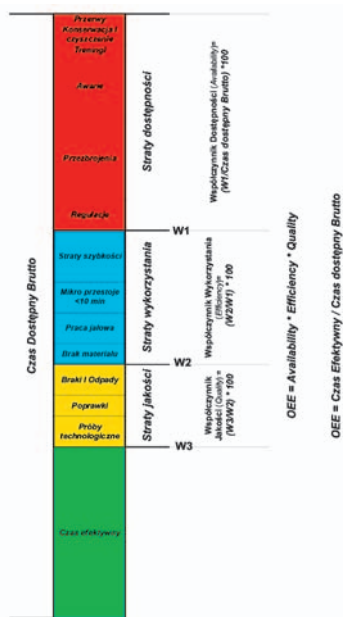
No	Current situation					After improvement					Generally Improvement						
	Lost of time/day	Price of 1 jobs in RUB	OEE	Annually lost of time	Annually lost of products	Annually lost of money	Save time	Price of 1 jobs in RUB	OEE	Annually saved time	Annually increase of products	Annually saved cost in RUB	Annually time	Annually products	Annually cost	Improvement of OEE	Saved cost in RUB for 1% improvement of OEE
1	208	1070	38,0%	52000	11064	11038298	154,3	1070	82,0%	38575	8207	8781968,1	74,2%	74,2%	74,2%	44,00%	199590,2

Tab. 1. Wyniki szczegółowej analizy pracy maszyn w jednym z zakładów motoryzacyjnych w Rosji

Wykres Pareto głównych strat w produkcji



Rys. 1. Wykres Pareto dla wszystkich rodzajów zatrzymań zaobserwowanych podczas pracy maszyny



Rys. 3. Wizualizacja OEE

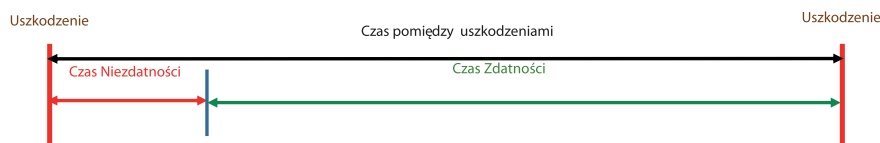
tu technicznego. W praktyce wskaźnik ten wykorzystywany jest do określania częstotliwości dokonywania przeglądów profilaktycznych. Natomiast wskaźnik MTTR (*Mean Time To Repair*) informuje o średnim czasie potrzebnym na naprawę w momencie wystąpienia awarii. Wskaźnik ten może być wykorzystywany do oceny efektywności pracowników UR, jak i oceny prowadzonych przez nich zadań naprawczych. Niestety, nie wszystkie przedsiębiorstwa korzystają z tych wskaźników.

Metodologia pomiaru MTBF

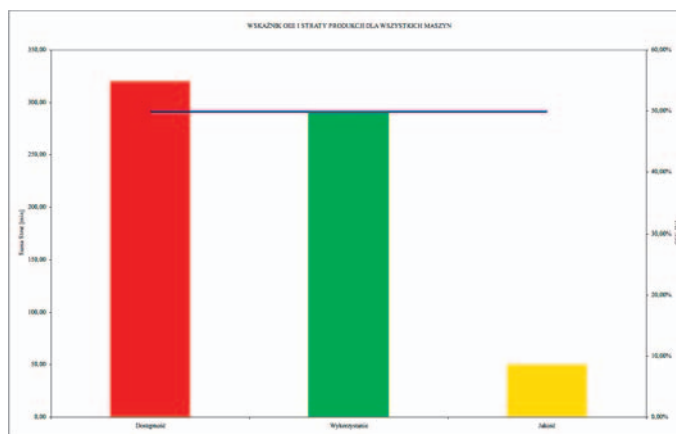
Chcąc obliczyć wskaźnik MTBF, należy odnieść się do wykresu zależności czasowych, jakie występują w obszarze działań utrzymania ruchu. Każdy obiekt funkcjonuje od uszkodzenia do uszkodzenia. Zależność ta jest przedstawiona na rys. 2. Średni czas pomiędzy uszkodzeniami jest sumą średniego czasu naprawy (*Mean Time To Repair*) wynikającego z czasu niezdatności (*Down Time*) oraz średniego czasu do uszkodzenia (*Mean Time To Failure*) wynikającego z czasu zdatności (*Up Time*). Wzór matematyczny na MTBF wyraża się następująco: $MTBF = MTTR + MTTF$.

Z matematycznego punktu widzenia wszystko jest proste, jednak jak zastosować tę formułę w praktyce? Niezbędne będzie gromadzenie następujących danych:

- czas dostępności brutto – czas, w którym planowana jest produkcja na danym obiekcie technicznym; w tym przy-



Rys. 2. Wykres zależności czasowych, jakie występują w obszarze działań utrzymania ruchu



Rys. 4. Wizualizacja wskaźników OEE

padku odlicza się wszystkie planowane przeglądy obsługi technicznej;

- czas niezdatności – czas, który został skonsumowany na nieplanowane przestoje związane z obsługą techniczną (czas awaryjności);
- liczba zdarzeń – suma wszystkich zdarzeń naprawczych (liczba zleceń naprawczych – *Emergency Work Order*).

Mając te dane, w szybki sposób można obliczyć wskaźniki MTBF, MTTR oraz MTTF. Wskaźnik MTTR, czyli średni czas naprawy, obliczamy następująco:

$$MTTR = \frac{\text{Czas niezdatności}}{\text{Liczba zdarzeń}}$$

Zakładając, że w ciągu danego okresu rozliczeniowego mamy następujące wielkości:
Czas dostępności brutto – 172 800 minut,
Czas niezdatności – 5200 minut,
Liczba zdarzeń – 124,
podstawiając do powyższego wzoru otrzymujemy:

$$MTTR = \frac{\text{Czas niezdatności}}{\text{Liczba zdarzeń}} = 42 \text{ minuty}$$

W naszym przypadku średni czas naprawy wynosi 42 minuty. Wynik ten można analizować w zależności od stawianych sobie przez przedsiębiorstwo celów. W tym przypadku należałoby przyjrzeć się procesowi, jaki zachodzi podczas naprawy. Po uzyskaniu wszystkich danych należałoby dokonać pewnych udoskonalień tak, aby zredukować wskaźnik MTTR, a tym samym skrócić czas niezdatności, co w konsekwencji wpłynie na większą

dostępność badanego obiektu technicznego. Następnym wskaźnikiem jest MTTF, czyli średni czas do uszkodzenia. Wskaźnik ten obliczamy, stosując następującą zależność:

$$MTTF = \frac{\text{czas dostępności brutto} - \text{czas niezdatności}}{\text{liczba zdarzeń}}$$

Podstawiając nasze przykładowe dane, otrzymujemy:

$$MTTF = \frac{172800 - 5200}{124} = 1352 \text{ minuty}$$

Znając MTTR jak i MTTF, możemy obliczyć wskaźnik MTBF: $MTBF = MTTR + MTTF$ 42 minuty + 1352 minuty = 1394 minuty.

Wskaźnik ten informuje, że średnio uszkodzenia występują co 1394 minuty, co pozwala na określenie odpowiedniej strategii obsługi profilaktycznej. Jeżeli wiemy, który komponent, podzespół, zespół czy też system analizowanego obiektu technicznego uległ uszkodzeniu, wówczas możemy z dużą precyzją zastosować z działania zapobiegawcze, aby nie dopuścić do uszkodzenia (przy założeniu, że konsekwencje takiego uszkodzenia są znaczące). W praktyce częstotliwość dokonywania takiego przeglądu profilaktycznego ustala się na zasadzie 85% MTBF.

Po zapoznaniu się z opisem głównych wskaźników można zastanawiać się, czy celowe jest wdrażanie ich od razu dla wszystkich maszyn i urządzeń. Odpowiedź nie jest jednoznaczna, praktyka pokazuje, że warto zacząć w pierwszej kolejności od maszyn klasy A, następnie maszyny klasy B i C. □