

# TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

Joanna Czerska

Total productive Maintenance (TPM) definiuje się jako obsługę konserwacyjną maszyn i urządzeń realizowaną wewnątrz całego przedsiębiorstwa przez operatorów i personel odpowiedzialny za utrzymanie ruchu. TPM dąży do realizacji następujących celów:

- Maksymalizacja efektywności wyposażenia (doskonalenie całkowitej efektywności).
- Rozwój systemu utrzymania ruchu (obsługi konserwacyjnej) w celu przedłużenia żywotności wyposażenia.
- Zaangażowanie wszystkich działów w planowanie, projektowanie, wykorzystanie i obsługę konserwacyjną wszystkich urządzeń.
- Aktywizację zaangażowania pracowników w obsługę konserwacyjną wykorzystywanych urządzeń.
- Promowanie TPM poprzez czynności realizowane przez małe grupy zadaniowe.

Celem nadrzędnym TPM jest **zero** awarii i **zero** defektów wynikających z pracy maszyny.

Niżej przedstawiony schemat ukazuje etapy tworzenia zmian w zakresie czynników TPM.



rysunek. Etapy tworzenia zmian w zakresie czynników TPM

Do oceny stanu istniejącego należy wykorzystać współczynnik OEE.

Współczynnik OEE jest kluczowym miernikiem w Total Productive Maintenance TPM.

Całkowita efektywność wyposażenia to miara efektywności pracy maszyny obliczana na podstawie jej osiągnięć: dostępności w znaczeniu czynnej pracy maszyny, wykorzystania w znaczeniu planowanego procentowego obciążenia oraz jakości produkowanych przez maszynę wyrobów. Sposób obliczania wartości OEE przedstawiono na Arkuszu obliczeniowym OEE (poniżej).

W kroku tym należy obliczyć wartość OEE dla każdej z maszyn uczestniczących w procesie. Zestawienia wartości OEE dokonać w tabeli: **CAŁKOWITA EFEKTYWNOŚĆ WYPOSAŻENIA OEE**. Dla właściwej oceny efektywności wyposażenia niezbędna jest analiza danych w dłuższym okresie czasu i przyjęcie wartości średniej.

| <b>ARKUSZ OBLICZENIOWY OEE dla wyposażenia _____</b>                              |                                  |           |                 |
|---|----------------------------------|-----------|-----------------|
| wykonał _____   | zatwierdził _____                |           |                 |
| data _____  | data _____                       |           |                 |
| <b>DOSTĘPNOŚĆ</b>   |                                  |           |                 |
| A. Zmianowy fundusz czasu pracy (480 min dla 8 h zmiany)                          |                                  |           | _____ min       |
| B. Planowany czas postoju maszyny (planowane przeglądy, przerwy, spotkania i in.) |                                  |           | _____ min       |
| C. Czas pracy   | A-B                              |           | _____ min       |
| D. Nieplanowany postój maszyny  | a+b+c                            |           | _____ min       |
| a. awarie   |                                  | _____ min |                 |
| b. wymiany  |                                  | _____ min |                 |
| c. inne przyczyny postoju   |                                  | _____ min |                 |
| E. Czas eksploatacji netto  | C-D                              |           | _____ min       |
| F. Współczynnik dostępności   | $E/C \times 100$                 |           | _____ %         |
| <b>WYKORZYSTANIE</b>  |                                  |           |                 |
| G. Liczba przetworzonych wyrobów (suma dobrych i błędnych)                        |                                  |           | _____ jedn.     |
| H. Projektowany czas jednostkowy obróbki wyrobu (idealny)                         |                                  |           | _____ min/jedn. |
| I. Współczynnik wykorzystania   | $[H \times G / E] \times 100$    |           | _____ %         |
| <b>JAKOŚĆ</b>   |                                  |           |                 |
| J. Liczba braków  |                                  |           | _____ jedn.     |
| K. Współczynnik jakości   | $[(G - J) / G] \times 100$       |           | _____ %         |
| <b>OEE</b>  |                                  |           |                 |
| L. Całkowita efektywność wyposażenia  | $F \times I \times K \times 100$ |           | _____ %         |

Rysunek 1. Arkusz obliczeniowy wartości OEE

| <b>CAŁKOWITA EFEKTYWNOŚĆ WYPOSAŻENIA OEE</b> |                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |
|--|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| wykonał _____                                | zatwierdził _____ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |
| data _____                                   | data _____        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |
| wyposażenie                                  | A                 | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | OEE |
| maszyna N                                    |                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |
| maszyna M                                    |                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |
| maszyna ...                                  |                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |     |

Tabela 1. Całkowita efektywność wyposażenia OEE.

Wartość OEE (pożądana powyżej 60%, zadowalająca powyżej 80%) pozwala na ocenę efektywności wykorzystania maszyn, a w konsekwencji całego procesu z punktu widzenia maszyn i urządzeń. W tym kroku można ocenić warunki i metody konserwacji maszyn i urządzeń, jakość wyrobów wynikającą z warunków pracy maszyn oraz obciążenie maszyn wynikające z dotychczasowego planu produkcji.

Kolejnym elementem jest określenie przyczyny źródłowej zauważonych problemów. Do tego celu należy wykorzystać analizę 5 *whys* (opis w załączeniu). Ustalenie przyczyny źródłowej wymagać będzie również fizycznej analizy warunków przebiegu czynności, czyli obserwacji linii (stanowiska) w obrębie zidentyfikowanego problemu.

Zazwyczaj na powstanie problemu wpływ mają zmienne czynniki powodujące zmianę warunków pracy. Dlatego też należy rozważyć wszystkie sytuacje, w których następuje ta zmiana na analizowanym stanowisku. Otrzymane wyniki pozwolą na ustalenie punktów regulacji i deregulacji maszyny i ocenę możliwości ich eliminacji, bądź doskonalenia. Dogłębne badania umożliwią także określenie miejsc w urządzeniu, które najczęściej podlega rozregulowaniu, dzięki czemu można będzie określić wytyczne dotyczące kontroli maszyny i sposobów jej regulacji. Dodatkowo, co niezwykle istotne, analiza ta wspomogła zrozumienie przez operatora przyczyn niewłaściwej pracy i nauczy zapobiegać problemom. Na tym etapie powstaną projekty rozwiązań usprawniających przezbrojenie, eliminujących przyczyny deregulacji maszyny, standaryzujących przebieg pracy maszyny.

Kolejnym elementem będzie ustalenie wytycznych dotyczących kontroli stanu urządzeń i sposobów jego naprawy. Wytyczne te muszą uwzględniać konieczność przejścia od konserwacji profilaktycznej (a może nawet napraw w przypadku awarii) do konserwacji prognozowanej. Jednak na początku wprowadzania zmian należy przyjąć, że to operator jest odpowiedzialny za obserwację i rejestrację zmian w parametrach pracy maszyny oraz ustalić zakres w jakim operator ma samodzielnie dokonywać obsługi konserwacyjnej maszyny i kiedy powiadomić dział techniczny/konserwatora maszyn o zmianach w pracy maszyny. Ustalenia te powinny mieć odzwierciedlenie w zapisach w karcie uprawnień, obowiązków i odpowiedzialności pracownika.

## KONSERWACJA PROFILAKTYCZNA

*preventive maintenance* – naprawy okresowe; oznacza realizację wszystkich zalecanych przez producenta czynności konserwacyjnych w określonych przez niego odstępach czasu; dodatkowo k.p. opiera się także na wcześniejszych doświadczeniach przedsiębiorstwa z zakresu obsługi danego urządzenia; operatorzy urządzeń są odpowiedzialni za właściwe użytkowanie i przeszkoleni w zakresie podstawowej obsługi konserwacyjnej oraz drobnych napraw; dąży się również do tego by operatorzy sami monitorowali stan maszyny i rejestrowali wszystkie usterki, tak aby możliwe było zapobieganie usterkom i awariom.

## KONSERWACJA PROGNOZOWANA

*predictive maintenance* – konserwacja polegająca na przewidywaniu i wczesnym zapobieganiu powstawania usterek czy awarii; polega na stworzeniu bazy danych wszystkich napraw dokonywanych na urządzeniu (do 5 lat wstecz) i statystycznej analizie prawdopodobieństwa ponownego wystąpienia danego typu usterki. Analiza ta dostarcza: 1) informacji o możliwym terminie wystąpienia awarii i zapobieżeniu jej, 2) danych o potrzebach związanych z częściami zamiennymi do urządzeń. Jeśli krzywa rozkładu prawdopodobieństwa jest zbyt szeroka by móc niezawodnie wskazywać „ogniska zapalne” dokonuje się analizy zmian okresowych i na jej podstawie określa terminy o największym ryzyku wystąpienia awarii. K.P. umożliwia określenie dwóch, istotnych z ekonomicznego punktu widzenia, wartości: 1) limitu części zamiennych do maszyn utrzymywanych w magazynie narzędzi, 2) liczby osób odpowiedzialnych za obsługę konserwacyjną i terminy przeglądów.

Z definicji konserwacji prognozowanej wynika konieczność kontroli elementów mających wpływ na współczynnik OEE. Są to przede wszystkim:

- awarie,
- przestoje i postoje
- błędy jakościowe
- zmiany wydajności (tzw. straty mocy).

Do zapisu problemów z poszczególnych grup posłużyć może niżej przedstawiona Karta zapisu problemów (tabela 2)

| <b>KARTA ZAPISU PROBLEMÓW</b>                                |      |                       |               |                  |                    |                 |
|--|------|-----------------------|---------------|------------------|--------------------|-----------------|
| <b>awarii/przestoju/błędu jakościowego/zmiany wydajności</b> |      |                       |               |                  |                    |                 |
| stanowisko:  |      |                       |               | operator:        |                    |                 |
| nr   | data | czas postoju<br>[min] | opis problemu | wadliwa<br>część | przyczyna          |                 |
|  |      |                       |               |                  | uszkodzenia części | ludzkiego błędu |
|  |      |                       |               |                  |                    |                 |
|  |      |                       |               |                  |                    |                 |
|  |      |                       |               |                  |                    |                 |

tabela 2. Karta zapisu problemów...

Przedstawiona powyżej *Karta zapisu problemów* dotyczy konkretnego stanowiska pracy. Powinna ona być zatem wypełniana przez operatora. Na koniec każdego okresu analizy karty powołany, w ramach wdrożenia TPM, Zespół Kontroli Obsługi Urządzeń powinien zebrać wszystkie karty i dokonać ich analizy pod kątem głównych przyczyn powstawania problemów. Może okazać się, że np. pracownicy są niewłaściwie przygotowani do obsługi maszyn. Jednak taki wniosek można wysnuć dopiero po przeprowadzeniu gruntownej analizy pozwalającej na ocenę stanu istniejącego i ustalenie jego przyczyny źródłowej (por. analiza 5 whys).

Systematyczna notacja umożliwi ustalenie głównych źródeł (np. dzięki zastosowaniu analizy Pareto – por. Słownik Pojęć) błędnie wykonywanych czynności i ich eliminację. Analiza przyczynowo-skutkowa pozwoli na właściwą hierarchizację problemów i prawidłowe ustalenie harmonogramu ich likwidacji.

Kolejnym krokiem staje się znalezienie rozwiązania zapobiegającego powstawaniu problemu i ustalenie czynników ją warunkujących.

Przeprowadzona analiza ma posłużyć ustaleniu standardów określających warunki pracy maszyny, zbudowaniu list kontrolnych dotyczących regulacji maszyny, przebrojenia i serwisowania. Listy kontrolne mają za zadanie wspomóc operatora w czynnościach obsługowo-konserwacyjnych, a nie jak może się wydawać utrudnić mu działania. Przeniesienie odpowiedzialności za główną część obsługi konserwacyjnej na operatora nie może być przyczyną wydłużenia się cyklu produkcyjnego. Dlatego też Listy kontrolne pozwolą na bezbłędne i szybkie przygotowanie stanowiska do pracy, eliminując jednocześnie potrzebę wielokrotnego ustawiania warunków pracy maszyny.

Ostatnim krokiem wdrożenia TPM jest doskonalenie obsługi maszyn. Do tego celu można wykorzystać *Formularz oceny TPM*.

| <b>FORMULARZ OCENY TPM</b>                                   |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|--|-----------------------------------|--------------------------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|
| stanowisko:  |                                   |                                |      |      |      | operator: |      |      |      |      |      |      |
| czynnik  |                                   | ocena (0 – b.źle, 5 –b.dobrze) |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  |                                   | data                           | data | data | data | data      | data | data | data | data | data | data |
| efektywność wyposażenia                                      | 1. awaryjność maszyn              |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 2. przygotowanie stanowiska pracy |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 3. przygotowanie narzędzi         |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 4. długość rozruchu               |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 5. przestoje i jałowa praca       |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 6. tempo pracy                    |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 7. błędy i przeróbki              |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 8. planowane postoje i remonty    |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | suma                              |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| efektywność personelu  | 9. przepływ materiałowy           |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 10. metody i instrukcje pracy     |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 11. organizacja linii             |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 12. logistyka                     |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 13. kontrola jakości              |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| suma   |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| jakość energia sprzęt  | 14. wydajność                     |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 15. wykorzystanie energii         |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | 16. awaryjność narzędzi           |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
|  | suma                              |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| <b>SUMA</b>  |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| udział procentowy w ogólnej liczbie punktów<br>(suma*100/80) |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| efektywność wyposażenia                                      |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| efektywność personelu  |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| jakość energia, sprzęt                                       |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| <b>100</b>   |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| <b>80</b>  |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| <b>60</b>  |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| <b>40</b>  |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| <b>20</b>  |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |
| <b>0</b>   |                                   |                                |      |      |      |           |      |      |      |      |      |      |

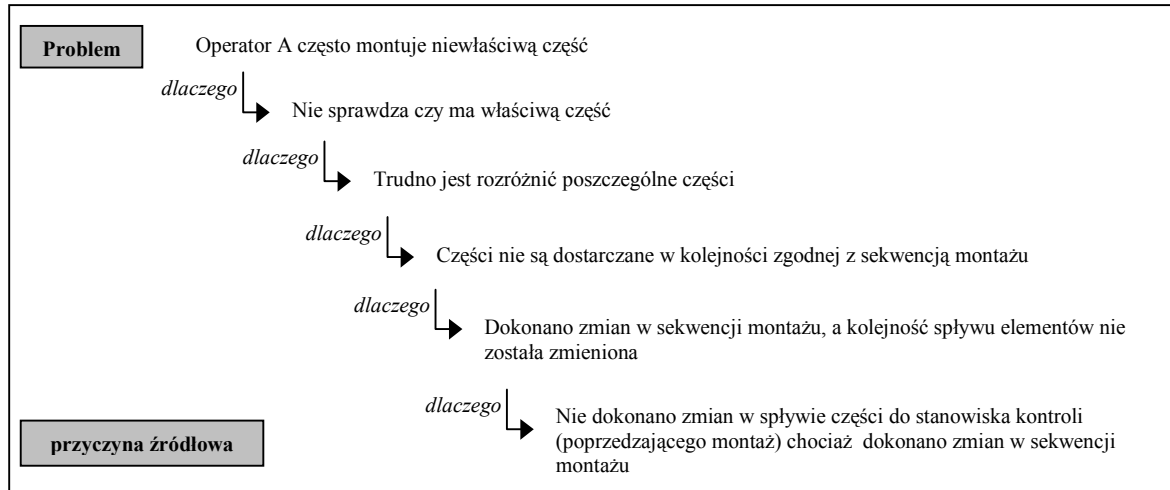
tabela 3. Formularz Oceny TPM

Zmiany dostrzeżone w trakcie oceny TPM powinny stać się wskazówką do ponownej analizy przyczyn osiągnięcia niewłaściwych efektów pracy maszyny czy linii produkcyjnej.

Ocena ta dokonywana powinna być przez wytypowany zespół Kontroli Obsługi Urządzeń (składający się pracowników bezpośrednio produkcyjnych) z początku raz na miesiąc, później raz na trzy miesiące. Zespół Kontroli Obsługi Urządzeń odpowiedzialny jest także za analizę przyczyn nieodpowiedniego poziomu obsługi konserwacyjnej (por. analiza 5 why -załącznik) i generowanie działań naprawczych. W tworzeniu pomysłów doskonalenia stanu istniejącego powinni uczestniczyć także operatorzy uczestniczący bezpośrednio w transformowanych czynnościach, jako osoby najbardziej zainteresowane i mogące dostarczyć szczegółów dotyczących warunków pracy. Nie mniej ważny jest udział osób nie związanych z analizowanym stanowiskiem pracy z uwagi na uproszczenie „łamania” paradygmatów związanych z przyzwyczajeniami.

## METODA 5 WHYS

5 whys, inaczej zwana także *Root Cause Analysis*– Analiza przyczyn wystąpienia rozważanego zjawiska polegająca na pięciokrotnej odpowiedzi na pytanie: dlaczego? w stosunku do wyłaniających się odpowiedzi. Przykład analizy podaje poniższy rysunek:



Rysunek. Identyfikacja przyczyn powstawania odpadów – metoda 5 whys

Literatura:

- [1] Elliot B.R., Hill G., *Total Productive Maintenance – Is it time to move on?*, Logistics Solutions, Vol.1, issue 3, czerwiec 1999, Wielka Brytania.
- [2] Ewaldz D., *Predictive and Preventive Maintenance*, Manufacturing Insight 002, Bourton Group, USA.
- [3] Elliot B.R., Hill G., *Total Productive Maintenance – Is it time to move on?*, Logistics Solutions, Vol.1, issue 3, czerwiec 1999, Wielka Brytania.
- [4] Productivity Development Team, The, *Focused Equipment Improvement for TPM teams*, Productivity Inc., Portland, Oregon, USA, 1997.
- [5] Rhoberts J., *Total Productive Maintenance*, Technology Interface / Fall 1997, USA.