

## Strategie obsługiwanie maszyn spożywczych

### Streszczenie

*W artykule scharakteryzowano stosowane w przemyśle strategie obsługiwanie maszyn. Przedstawiono wyniki badań dotyczące efektów wprowadzenia strategii obsługiwanie TPM (Total Productive Maintenance) w jednej z fabryk przemysłu spożywczego. Stosowanie strategii napraw poawaryjnych urządzeń technologicznych w tej fabryce w latach 1996-2003 implikowało małą ich efektywność i wydajność - wskaźnik OEE (Overall Equipment Effectiveness) wynosił w tym okresie średnio 46%. Wprowadzenie TPM przyczyniło się do zwiększenia w latach 2004-2015 wskaźnika efektywności wyposażenia OEE średnio o 28%. Wskaźnik MTBF, będący miarą czasu między awariami, został wydłużony do 142 minut, czyli awaria w fabryce występuje średnio co 2-2,5 godziny. Wskaźnik MTTR, określający czas potrzebny do usunięcia awarii która już wystąpiła, został skrócony w całej fabryce do 67 minut. Należy uznać to za dobry wynik zważywszy, iż wcześniej usunięcie awarii zajmowało przeciętnie 4 godziny. Wskaźnik OEE linii najbardziej awaryjnej w latach 1996-2003, wynoszący 38%, po modernizacji w trakcie wprowadzania TPM jej najbardziej zawodnego podzespołu (podajnika tac) zwiększył się do wartości około 80%. Dużo mniejsza awaryjność urządzeń technologicznych spowodowała znaczący wzrost wydajności fabryki bez konieczności inwestowania w nowe linie produkcyjne.*

**Słowa kluczowe:** obsługiwanie maszyn, strategia TPM (Total Productive Maintenance)

## Strategies for handling food processing machines

### Summary

*The article describes the industrial machinery strategies used in the industry. The results of research on the effects of implementing a strategy for handling TPM (Total Productive Maintenance) in one of the food industry factories are presented. The use of after-failure equipment repair strategies in the chewing gum factory in the period 1996-2003 implied their low efficiency and productivity - OEE (Overall Equipment Effectiveness) during this period amounted to approximately 46%. The introduction of TPM contributed to the increase, in the years 2004-2015, of indicator of equipment effectiveness OEE on average by 28%. MTBF indicator, which is a measure of the time between failures, has been extended to 142 minutes, i.e. failure in the factory occurs on average every 2 - 2.5 hours. MTTR, indicator, specifying the time required to repair the damage that has already occurred was reduced throughout the plant to 67 minutes, which should be considered as a good result, given that the earlier removal of failures took an average of 4 hours. OEE indicator of the most failure frequent line in the period 1996-2003, amounting to 38% then, after modernization, through the process of introducing TPM, of its most unreliable component (feeder of trays) increased the value to approximately 80%. Much lower failure frequency of technological equipment resulted in a significant increase in productivity of the factory without having to invest in new production lines.*

**Key words:** handling machines, strategy of Total Productive Maintenance (TPM)

### Wykaz oznaczeń:

$S(t)$  – stan techniczny maszyny w chwili  $t$ ,  
 $S(t_0)$  – stan techniczny maszyny w chwili  $t_0$ ,  
 $A(t)$  – wymuszenia robocze,

$B(t)$  – wymuszenia otoczenia,  
 $C(t)$  – wymuszenia antropotechniczne,  
 $t$  – czas eksploatacji.

### Wprowadzenie

W celu zmniejszenia intensywności starzenia się obiektu, a więc stabilizacji jego zdolności użytkowej a także jej odtworzenia, wykonuje się zbiór czynności określanych mianem obsługiwanie. O zachowaniu ciągłości procesów produkcyjnych decyduje wiele czynników, jednak w dużej mierze zależą one od niezawodności obiektów technicz-

nych wchodzących w skład linii technologicznych. Awaria lub niewłaściwe działanie linii wymusza jej zatrzymanie w celu usunięcia uszkodzenia, co zawsze generuje koszty. Dlatego tak wielkie znaczenie ma utrzymanie linii w stanie zdolności, co w dużym stopniu zależy od zastosowanej strategii obsługiwanie.

Do ważniejszych i najczęściej stosowanych zalicza się następujące strategie obsługi:

- napraw poawaryjnych (NPA),
- napraw planowo-zapobiegawczych (PZR, według resursu),
- obsługiwanie według stanu (system inspekcji zapobiegawczych SIZ),
- Total Productive Maintenance (TPM).

Strategia obsługi stosowana w zakładzie produkcyjnym zależy od przyjętych świadomie lub realizowanych intuicyjnie przez zarząd kryteriów eksploatacyjnych. Może to być konsekwencją np. wdrożonej normy ISO 9000 – systemu zarządzania jakością

#### **Strategia napraw poawaryjnych - NPA**

Strategia NPA polega na podejmowaniu czynności obsługowych (konserwacyjnych, regulacyjnych itp.) i naprawczych z chwilą wystąpienia na nie zapotrzebowania. Termin i zakres koniecznej obsługi mają charakter losowy. Podczas przeglądu poawaryjnego ustala się zakres naprawy i środki niezbędne do jej przeprowadzenia. W najprostszym przypadku nie wydziela się pracowników utrzymania ruchu. Zauważone niesprawności są usuwane przez operatorów. W skrajnym przypadku użytkowanie prowadzone jest od awarii do awarii, dlatego często tę strategię określa się jako „gaszenie pożarów”. Stosowanie jej jest uzasadnione w małych zakładach o charakterze rzemieślniczym. Przy dużej liczbie maszyn użytkowanych w zakładzie mogą wystąpić awarie, które spowodują zatrzymanie produkcji. W tym przypadku strategia NPA staje się niewydolna, gdyż nie zapewnia wymaganego poziomu niezawodności urządzeń.

#### **Strategia napraw planowo-zapobiegawczych - (PZR)**

Przy dużej liczbie użytkowanych urządzeń ich poziom niezawodności musi być odpowiednio wysoki, aby mogła być utrzymana i zachowana ciągłość produkcji. Można to osiągnąć wykonując, zgodnie z planem, uprzedzające działania mające na celu podtrzymanie zdatności użytkowej maszyn, czyli realizując strategię PZR. Strategia ta oparta jest na:

- normatywach obsługowo-naprawczych;
- hierarchizacji czynności obsługowo-naprawczych;
- rejestracji czasu pracy maszyn;
- rejestracji rodzaju i terminu wykonanych obsług i napraw.

Najważniejszym normatywem jest cykl obsługowo-naprawczy dla poszczególnych maszyn. Jest to uporządkowany w czasie ciąg obsług i napraw aż do naprawy głównej włącznie. W tej strategii obsługi terminy oraz liczba i rodzaj procedur obsługowych są ustalone przez producenta maszyny na podstawie wyników badań niezawodności reprezentatywnej próbki maszyn a także wieloletniego doświadczenia i intuicji eksploatatorów.

Podstawowymi założeniami tej strategii są: cyklizacja, hierarchizacja i ściśle ustalony zakres procedur obsługi. Cyklizacja oznacza, że ściśle określone procedury obsługi wykonuje się co stały okres czasu, wyrażony w jego mierze użytkowania, np. po określonej liczbie godzin pracy maszyny. Hierarchizacja polega na tym, że w obsługę wyższego rzędu są włączone procedury obsługi niższego rzędu. W strategii PZR określone są: zakres poszczególnych obsług (napraw i przeglądów) i ich pracochłonność oraz przestoje remontowe. Stan techniczny maszyny w chwili  $t$ ,  $t \in [t_0, t_k]$  można opisać następującą zależnością:

$$S(t) = f[S(t_0), A(t), B(t), C(t), t]$$

Zakładając, że w chwili ( $t_0$ ) maszyny danego rodzaju są w jednakowym stanie, to jednak w przedziale  $t - t_0$  na każdą z nich działały w różny sposób czynniki wymuszające  $A, B, C$  zarówno co do ilości jak i wartości. To powoduje, że stan techniczny poszczególnych maszyn w chwili  $t$  musi się różnić w sposób istotny.

W związku z tym podstawową wadą strategii PZR jest konieczność realizacji w jednakowym zakresie obsług i napraw maszyn znajdujących się w różnych stanach technicznych wynikających z wykonania przez te maszyny porównywalnych zadań. Wada ta jest konsekwencją statystycznego podejścia w ustalaniu normatywów remontowych. Natomiast dużą zaletą tej strategii jest łatwość planowania obsług i napraw. Jest to podstawowa, standardowa strategia obsługi maszyn i urządzeń. W czasie dominacji w gospodarce przedsiębiorstw państwowych, jej stosowanie było wymuszane odpowiednimi przepisami prawnymi. Obecnie występuje dowolność w zakresie stosowania strategii obsługi.

Jak już wspomniano, główną wadą strategii PZR w jej czystej postaci jest to, że potencjał użytkowy maszyn nie jest optymalnie wykorzystany. Do naprawy głównej trafiają zarówno maszyny, które nie osiągnęły jeszcze stanu granicznego jak i nadmiernie zużyte. Dlatego do strategii PZR włączono diagnozowanie. W sposób ciągły lub dyskretny monitorowany jest stan techniczny maszyn zaliczonych do krytycznych. Monitorowanie stanu tych maszyn umożliwia wykrycie symptomów rozwijających się uszkodzeń w okresach między naprawczych i przeciwdziałanie awariom. Włączenie diagnostyki do strategii PZR może polegać także na tym, że przeglądy maszyn wykonuje się planowo według PZR, natomiast termin i zakres naprawy ustala się na podstawie wyników badań diagnostycznych, a więc faktycznego stanu maszyny. Strategia PZR w połączeniu z diagnostyką umożliwia utrzymanie niezawodności urządzeń technologicznych na wysokim poziomie, co zapewnia płynność wytwarzania.

#### **Strategia obsługi według stanu - (SIZ)**

W strategii obsługi według stanu procedury, powinny być wykonywane w zależności od chwilowego stanu obiektu technicznego. Podstawową procedurą obsługi powinna być diagnostyka obejmująca (Niziński, 2000):

- diagnozowanie, czyli ustalenie stanu obiektu w danej chwili  $t$ ;
- prognozowanie stanu w chwili  $t + \Delta t$ ;
- genezowanie, a więc określenie przyczyn uszkodzenia elementów w razie jego niezdatności.

Utrzymanie obiektu technicznego w stanie zdatności na podstawie ustalonego (metodami diagnostycznymi) chwilowego jego stanu jak i intensywności zmian tego stanu, nazwano strategią obsługi według stanu technicznego, dynamiczną metodą obsługi a także systemem inspekcji zapobiegawczych (SIZ) (Niziński, 2000). Tak więc, podstawową procedurą w tej strategii obsługi jest diagnozowanie. Jeśli maszyna jest zdalna, prognozuje się jej stan, co praktycznie polega na określeniu terminu następnego badania diagnostycznego i wykonaniu koniecznych procedur obsługowych np. smarowania, regulacji itd. Jeśli obiekt jest niezdatny lub jego zdatność jest ograniczona, określa się przyczyny zaistnienia tych stanów oraz wyma-

gany zakres naprawy, a w drugim przypadku również przewidywany termin naprawy.

Strategia obsługiwanego według stanu, w odróżnieniu od strategii PZR, charakteryzuje się zindywidualizowanym traktowaniem poszczególnych obiektów technicznych. Rodzaj i zakres procedur obsługowych jest w tym przypadku adekwatny do faktycznego, chwilowego stanu maszyny. Strategia ta jest oparta na następujących założeniach (Podstawy organizacji remontów):

- maszyny i urządzenia produkcyjne są pogrupowane w zbiorze według ich ważności w procesie technologicznym;
- częstość i zakres inspekcji (przeглядów) są zróżnicowane w zależności od tego, do której grupy (i podgrupy) maszyna została zaliczona;
- przeprowadzenie inspekcji jest poprzedzone zebraniem informacji o aktualnym stanie maszyny;
- termin i zakres naprawy są ustalane na podstawie wyników badań diagnostycznych.

W strategii obsługiwanego według stanu maszyny i urządzenia, którymi dysponuje zakład produkcyjny dzieli się na trzy podstawowe grupy (Podstawy organizacji remontów): **Grupa A** – zaliczono do niej maszyny i urządzenia pracujące w liniach automatycznych i stanowiące obiekty krytyczne w realizacji procesu technologicznego, których uszkodzenie powoduje dezorganizację tego procesu. W tej grupie są maszyny i urządzenia o nieznanym w pełni właściwościach użytkowych i nieznanym czasie trwałości i niezawodności, które wymagają częstych inspekcji (przeглядów) – co dwa tygodnie lub co miesiąc.

**Grupa B** – obejmuje podstawowe maszyny i urządzenia, które stanowią 40÷60% parku maszynowego zakładów produkcyjnych, pracujące na dwie zmiany. Występujące zakłócenia w produkcji spowodowane uszkodzeniem tych maszyn mogą być nadrobione podczas trzeciej zmiany.

**Grupa C** – obejmuje te maszyny, które pracują na jedną zmianę lub są wykorzystywane dorywczo., a ich awaria nie powoduje istotnych zakłóceń w realizacji procesu technologicznego.

Częstotliwość, liczba, pracochłonność i zakres inspekcji zapobiegawczych przypisanych danej maszynie zależy od grupy (A, B, C), do której została ona zaliczona. Obie strategie (PZR i SIZ) należą do strategii zapobiegawczych i planowych, w odróżnieniu od sytuacji, gdy obsługiwane zostaje wymuszone przez awarię maszyny (strategia NPA).

#### **Strategia uwzględniająca produkcję sezonową**

Znaczne wahania podaży większości surowców dla przemysłu spożywczego, zwłaszcza roślinnych, implikuje sezonowość produkcji. W taki sposób mogą pracować całe zakłady np. cukrownie, przemysł ziemniaczany albo wydzielone działy lub linie produkcyjne, np. skupu zbóż w zakładach zbożowo-młynarskich, produkcji soku surowego w zakładach owocowych. W strategii sezonowej wyróżnia się trzy okresy (Diakun, 2005): produkcji, przestoju i realizacji napraw maszyn i urządzeń oraz zaopatrywania w materiały eksploatacyjne i do produkcji.

Okres produkcji może trwać od kilku tygodni do kilku miesięcy, najczęściej odbywa się w ciągu całej doby i jest określany mianem kampanii. Wyteżony okres kampanii wymaga starannego, wcześniejszego przygotowania urządzeń.

W okresie kampanii nie powinno się wykonywać żadnych napraw. Wystąpienie ewentualnych awarii urządzeń może być groźne w skutkach powodując zatrzymanie produkcji.

W ciągu roku okres przestoju jest zwykle znacznie dłuższy niż okres produkcyjny. Podczas przestoju wszystkie maszyny i urządzenia poddawane są przeglądowi i naprawom. Od staranności i dokładności wykonania tych prac zależy niezawodność działania w okresie kampanii. W zakładach realizujących produkcję sezonową muszą być zatrudnieni pracownicy o uniwersalnych kwalifikacjach, którzy są przygotowani do pracy zarówno w okresach produkcji jak i przestoju. Podczas produkcji pełnią rolę operatorów maszyn a w czasie przestoju muszą posiadać kwalifikacje do przeprowadzania prac obsługowo-naprawczych urządzeń technologicznych będących na wyposażeniu zakładu. Podobna dwoistość kwalifikacji dotyczy również pracowników średniego szczebla zarządzania. W okresie kampanii nadzorują oni produkcję jako technolodzy, a podczas przestoju zarządzają działem technicznym.

#### **Strategia Total Productive Maintenance - (TPM)**

Strategia TPM zakłada kompleksowe obsługiwane prewencyjne maszyn i urządzeń w przedsiębiorstwie, realizowane przez operatorów i personel odpowiedzialny za utrzymanie ruchu (Brzeski i Figas, 2006; Czerska, 2016; Dobrowolska i Wasilewicz, 2003; Szpytko, 2004). Dąży się w niej do realizacji następujących celów (Czerska, 2016):

- maksymalizacji efektywności wyposażenia (doskonalenie całkowitej efektywności);
- rozwoju systemu utrzymania ruchu w celu przedłużenia trwałości wyposażenia;
- zaangażowania wszystkich działów w planowanie, projektowanie, wykorzystanie i obsługę konserwacyjną urządzeń,
- aktywizacji zaangażowania pracowników w obsługę konserwacyjną użytkowanych urządzeń;
- promowania TPM przez czynności realizowane przez małe grupy zadaniowe.

TPM zakłada odpowiedzialność wszystkich pracowników zakładu za utrzymanie parku maszynowego w dobrym stanie. Kluczowym problemem jest wywołanie zainteresowania i zaangażowania operatorów w utrzymanie zdolności maszyn, gdyż to przede wszystkim oni posiadają informacje umożliwiające skuteczne unikanie awarii. Bez współdziałania operatorów utrzymanie ruchu maszyn nie może być efektywne. W strategii TPM obsługiwane (konserwacje, przeglądy) maszyn ma priorytet nad planem produkcji (Brzeski i Figas, 2006). Porównanie tradycyjnego podejścia do utrzymania ruchu ze strategią TPM zawiera tabela 1.

Realizacja strategii TPM polega na utrzymaniu parku maszynowego zakładu w wystarczająco dobrej kondycji aby zapewnić ciągłość produkcji. Dąży się do tego, aby osiągnąć:

- ZERO awarii maszyn,
- ZERO braków produkcyjnych,
- ZERO wypadków przy pracy.

Celem TPM jest doskonalenie efektywności wszystkich urządzeń, w zasadzie bez nakładów finansowych, dzięki bezpośredniemu zaangażowaniu operatorów w proces ich obsługiwania. Ta strategia wymaga stworzenia takiej kul-

tury organizacyjnej, w której operatorzy urządzeń mają poczucie, że są ich właścicielami.

Tabela 1. Porównanie tradycyjnego podejścia do utrzymania ruchu ze strategią TPM (na podstawie Brzeski i Figas, 2006)

Table 1. Comparison of traditional approach to traffic maintenance with TQM strategy (based on Brzeski i Figas, 2006)

Lp.	Rodzaj strategii; Strategies type	Kryterium; Criterion	
		Priorytet; Priority	Organizacja służby utrzymania ruchu; Organization of maintenance service
1	Tradycyjne; Traditional	plan produkcji; production plan	oddzielona od produkcji; Separated from production
2	TPM	obsługiwanie prewencyjne; Preventive maintenance	zintegrowana z produkcją; Integrated with production

W strategii TPM podstawowym wskaźnikiem jest OEE – całkowita efektywność urządzeń (Overall Equipment Effectiveness), obliczanym jako iloczyn trzech wskaźników: dostępności urządzeń  $F$ , wykorzystania urządzeń  $I$  i jakości procesu wytwarzania  $K$ .

Aby wyznaczyć OEE konieczna jest rejestracja przez operatorów tych czynników, które mają wpływ na jego wartość. Są to przede wszystkim: awarie, przestoje i postoje, błędy jakościowe, zmiany wydajności (tzw. straty mocy). Wartość OEE (pożądana powyżej 60%, zadowalająca powyżej 80% (Czerska, 2016) pozwala na ocenę efektywności wykorzystania maszyn, a w konsekwencji całego procesu, z punktu widzenia wyposażenia technicznego.

### Procedura RCM

Procedura RCM bywa czasem traktowana jako strategia obsługiwanego. Formalna definicja mianem RCM (Reliability Centered Maintenance) określa proces analiz, pozwalający sformułować wymagania eksploatacyjne dowolnego urządzenia technicznego zapewniające realizowanie jego funkcji w istniejących warunkach eksploatacyjnych, z uwzględnieniem przesłanek ekonomicznych (Pietrzyk i Uhl, 2005). W skrócie RCM można określić jako procedurę postępowania (analizę) zorientowaną na osiągnięcie wymaganej niezawodności obiektu technicznego już obsługiwanego według przyjętej strategii (Pietrzyk i in., 2001). W procesie analizy RCM można wyróżnić siedem kolejnych kroków (Pietrzyk i in., 2001; Pietrzyk i Uhl, 2005):

1. Określenie funkcji poszczególnych elementów systemu i wymaganego poziomu ich realizacji w warunkach użytkowania obiektu.

Funkcje urządzenia dzielą się na:

a) podstawowe, określające dlaczego urządzenie zostało zakupione (wydajność, dokładność, nośność itd.),  
b) drugorzędne, wynikające z tego, że od każdego urządzenia oczekuje się realizacji funkcji dodatkowych (sterowanie, bezpieczeństwo, komfort itd.)

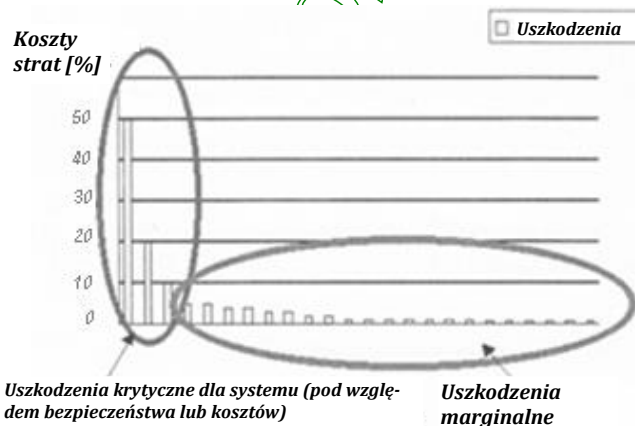
2. Określenie sposobów, na jakie urządzenie może przestać realizować swoje funkcje, np. nie zapewnia ono wymaganej wydajności lub jakości.

3. Określenie przyczyn każdego z uszkodzeń funkcyjnych. Gdy rozpoznane są uszkodzenia funkcyjne, można podjąć próbę zidentyfikowania ich przyczyn.

4. Określenie objawów poszczególnych uszkodzeń funkcyjnych, np. wzrost temperatury, wzrost drgań, zaburzenia przebiegu procesu technologicznego.

5. Określenie znaczenia poszczególnych uszkodzeń funkcyjnych dla całego systemu.

Na tym etapie określa się, czy uszkodzenie funkcyjne stanowi zagrożenie dla ludzi lub środowiska, czy też generuje dodatkowe koszty. W wyniku tych analiz uzyskuje się ranking uszkodzeń wynikający z towarzyszącego im ryzyka. Na tej podstawie ustala się grupę uszkodzeń, które są krytyczne i generują największe koszty obsługiwanego (rys. 1). Następnie dokonuje się szczegółowej analizy przyczyn uszkodzeń generujących największe straty w celu takiego zmodyfikowania strategii obsługiwanego, aby zmniejszyć ryzyko występowania tych uszkodzeń.



Rys. 1. Klasyfikacja uszkodzeń dla celów RCM (Pietrzyk i in., 2001)

Fig. 1. Classification of defects for RCM purposes (Pietrzyk i in., 2001)

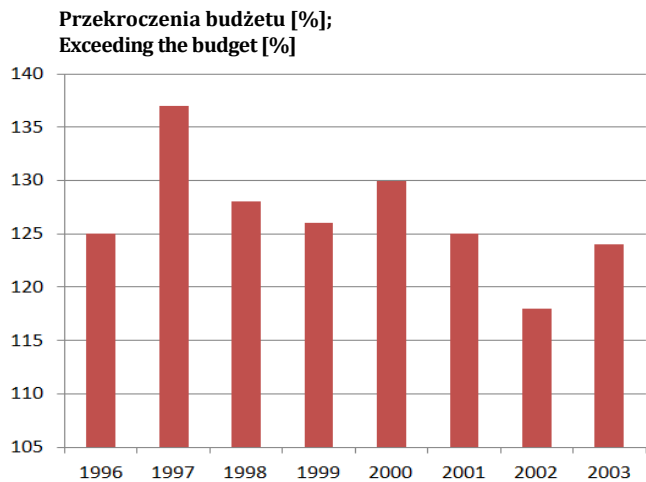
6. Wskazanie działań, które należy podjąć, aby móc przewidywać i zapobiegać uszkodzeniom przynoszącym największe straty (lub stanowiących największe zagrożenie bezpieczeństwa). Do wyżej wymienionych działań zalicza się planowe naprawy, planowe wymiany, okresowe kontrole stanu, monitoring.

7. Wskazanie działań eliminujących uszkodzenia, polegających np. na przeprowadzeniu modernizacji, jeśli wcześniej rozważane działania (p.6) nie były odpowiednie ze względów technicznych lub ekonomicznych.

Po przeprowadzeniu pełnej analizy RCM decydent dysponuje formalną podstawą do wprowadzenia zmian w strategii obsługiwanego lub podjęcia innej decyzji.

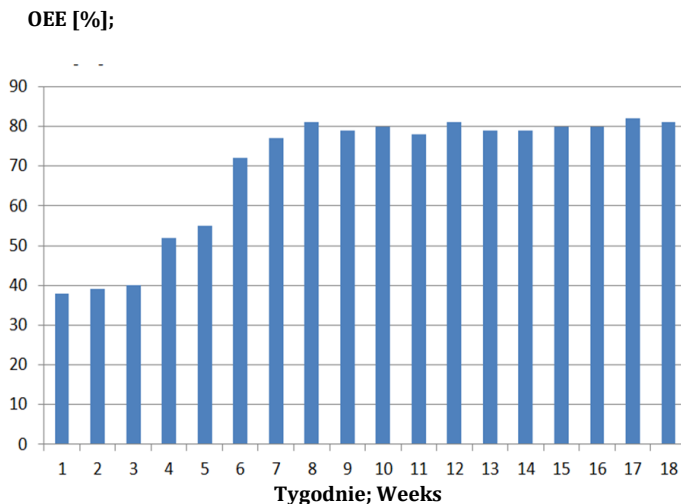
### Efekty wprowadzenia strategii obsługiwanego TPM na przykładzie wybranej fabryki przemysłu spożywczego (Nosal i Gulczyński, 2016)

Stosowanie strategii NPA urządzeń technologicznych w jednej z fabryk przemysłu spożywczego w latach 1996–2003 implikowało małą jej efektywność i wydajność. Duża awaryjność maszyn stała się kluczowym problemem dla funkcjonowania fabryki. Budżet utrzymania ruchu corocznie był przekraczany z powodu nieplanowanych usług i napraw – rysunek 2. Obsługiwanie maszyn według strategii NPA uniemożliwiało zwiększenie wydajności fabryki – rysunek 3. Na rysunku 4 przedstawiono całkowitą efektywność (OEE) poszczególnych linii produkcyjnych eksploatowanych w fabryce w latach 1996–2003.



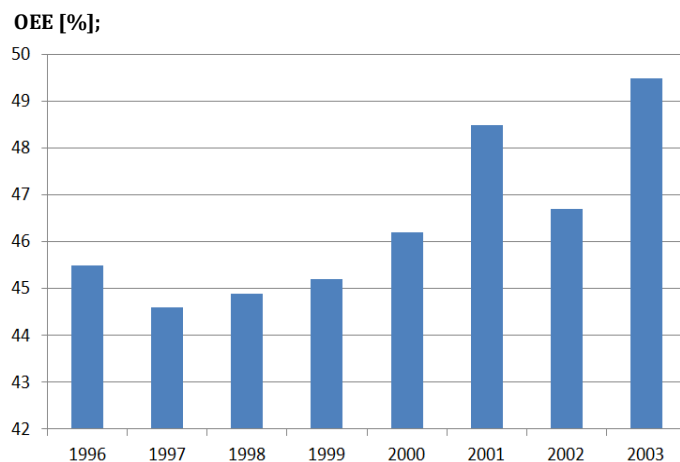
Rys. 2. Przekroczenia budżetu przez służby utrzymania ruchu w poszczególnych latach

Fig. 2. Exceeding the budget by the maintenance personnel in individual years



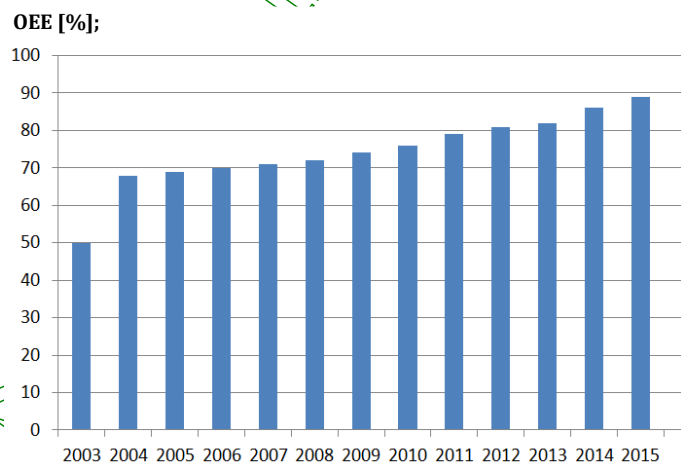
Rys. 5. Zmiana wskaźnika efektywności OEE podczas wdrażania TPM na linii LD-1

Fig. 5. The change of OEE indicator at the time of the implementation of TPM on the LD-1 line



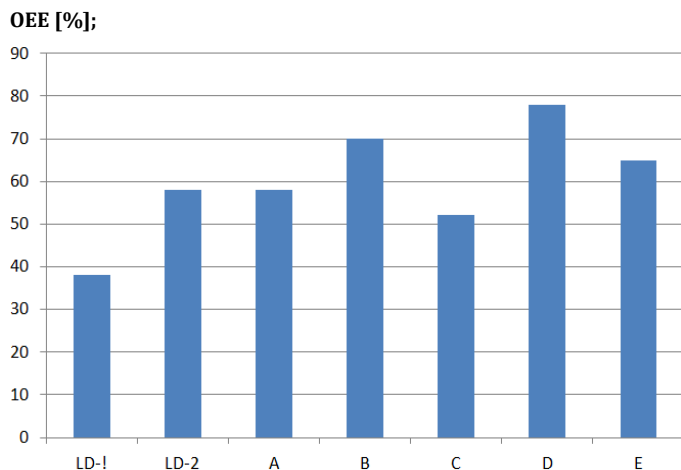
Rys. 3. Efektywność wyposażenia fabryki OEE w latach 1996-2003 (efektywność docelowa - 72%)

Fig. 3. Factory OEE in the years 1996-2003 (target effectiveness - 72%)



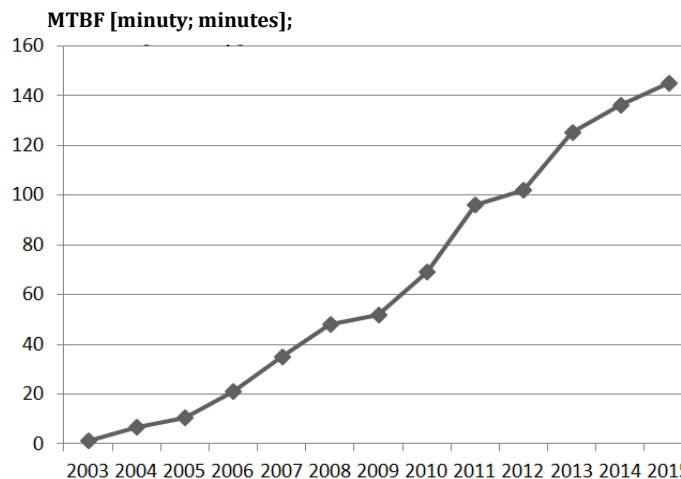
Rys. 6. Zmiana wskaźnika efektywności wyposażenia fabryki OEE w latach 2003-2015

Fig. 6. The change of equipment effectiveness indicator OEE in the factory in the years 2003-2015



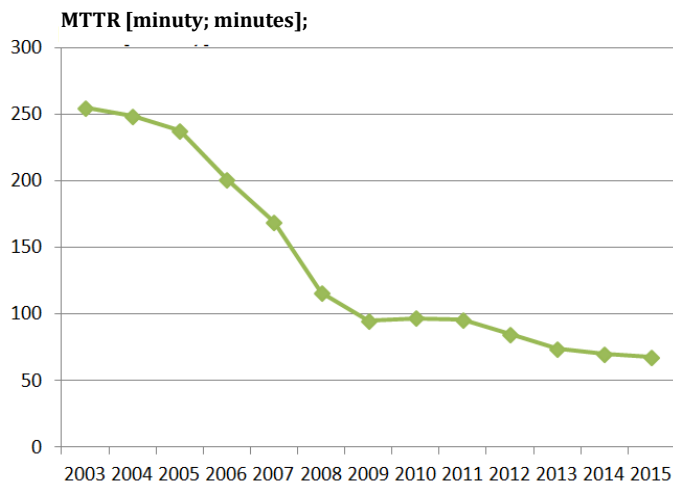
Rys. 4. Efektywność OEE ważniejszych linii produkcyjnych w latach 1996-2003

Fig. 4. OEE of major production lines in 1996 ÷ 2003



Rys. 7. Zmiana wskaźnika MTBF dla fabryki w latach 2003-2015

Fig. 7. The change of MTBF for the factory in the years 2003-2015



Rys. 8. Zmiana wskaźnika MTTR fabryki w latach 2003-2015

Fig. 8. The change of MTTR for the factory in the years 2003-2015

Na podstawie danych o awariach, zebranych w systemie komputerowym, przeanalizowano zmianę następujących wskaźników w skali fabryki w latach 2003–2015:

- całkowitej efektywności OEE – rysunek 6,
- średniego czasu bezawaryjnej pracy urządzeń MTBF – rysunek 7,
- średniego czasu naprawy MTTR – rysunek 8.

Na podstawie zrelacjonowanych wyników badań można stwierdzić, że:

1. W latach 1996–2003, z powodu stosowanej w fabryce strategii NPA:

- a) nie osiągnano zakładanej efektywności urządzeń technologicznych, i co się z tym wiąże – również wydajności,
- b) budżet przeznaczony na utrzymanie urządzeń w stanie zdadności był corocznie przekraczany, średnio o 27%.

2. W latach 2004–2015, po wprowadzeniu w fabryce strategii TPM:

- a) wskaźnik efektywności urządzeń OEE wzrósł o 28% w stosunku do lat 1996–2003,
- b) wskaźnik MTBF, będący miarą czasu między awariami, został wydłużony do 142 minut, czyli awaria w całej fabryce występuje średnio co 2–2,5 godziny (wcześniej występowała co 1,5 minuty),
- c) wskaźnik MTTR, określający czas potrzebny do usunięcia awarii, która już wystąpiła, został skrócony w całej fabryce do 67 minut, co należy uznać za dobry wynik zważywszy, iż wcześniej usunięcie awarii zajmowało przeciętnie 4 godziny.
- d) wskaźnik OEE najbardziej awaryjnej w latach 1996–2003 linii LD-1, wynoszący 38%, po modernizacji w trakcie wprowadzania TPM jej najbardziej zawodnego podzespołu, zwiększył się do wartości około 80%.

Przedstawione wyniki świadczą o tym, że wprowadzenie w fabryce strategii obsługi TPM można uznać za duży sukces. Osiągnięto to dzięki wysiłkowi i zaangażowaniu całej załogi. Dużo mniejsza awaryjność urządzeń technologicznych przyczyniła się do znaczącego zwiększenia wydajności fabryki, bez konieczności inwestowania w nowe linie produkcyjne.

Autorzy publikacji (Brzeski i Figas, 2006), powołując się na prace japońskich autorów, podają m.in. następujące, bardziej optymistyczne dane na temat korzyści wynikających z wdrożenia strategii TPM:

- wzrost wydajności pracy o 150%;
- zmniejszenie liczby awarii o 90÷99%;
- zmniejszenie liczby braków produkcyjnych o 90%;
- redukcja kosztów produkcji o 30%.

## Wnioski

W związku ze zmianą systemu ekonomicznego w Polsce zachodzi pytanie o udział wyżej omówionych strategii obsługi obiektów technicznych w praktyce eksploatacyjnej po 1989 r. Próbę odpowiedzi na to pytanie można znaleźć w artykule (Wasilewicz, 2001). Jego autorka przeprowadziła badania testowe w 51 jednostkach gospodarczych, głównie przedsiębiorstwach przemysłowych (38), średniej wielkości (zatrudniających 501–1000 osób), o różnych formach własności i zróżnicowanym stopniu zużycia środków trwałych. Uzyskane wyniki pozwoliły autorce stwierdzić, że w okresie, w którym przeprowadzono badania:

- w jednostkach gospodarczych nie stosowano innych strategii obsługi niż naprawy planowo-zapobiegawcze (PZR) i obsługiwane według stanu (SIZ) oraz naprawy poawaryjne (NPA),
- w zależności od rodzaju eksploatowanych maszyn i urządzeń w poszczególnych zakładach stosowano jedną, dwie a niekiedy trzy z wymienionych strategii,
- naprawy poawaryjne stosowano we wszystkich 51 jednostkach gospodarczych, PZR w 33, a SIZ w 8, natomiast w przedsiębiorstwach przemysłowych odpowiednio w: 38, 26 i 7.

Z przytoczonych wyników badań nasuwa się kilka ważnych spostrzeżeń i wniosków:

1. W jednostkach objętych badaniami powszechnie była stosowana strategia napraw poawaryjnych, w której nie uwzględnia się żadnych elementów planowania związanych z samą naprawą jak i z ewentualnymi konsekwencjami wystąpienia awarii dla organizacji użytkownika,
2. Bardzo mały był udział strategii obsługi według stanu (SIZ) w utrzymaniu ruchu maszyn, co może świadczyć o tym, że zastosowanie diagnostyki technicznej w badanych jednostkach gospodarczych było niewielkie, a więc potencjał użytkowy tylko niewielkiej liczby obiektów technicznych był optymalnie wykorzystany,
3. Z dużym prawdopodobieństwem można domniemywać, że w początkowym okresie transformacji ustrojowej, w zakładach przemysłu spożywczego sytuacja w zakresie stosowanych metod obsługi nie odbiegała od wyżej opisanych.

Można przypuszczać, że w ciągu kilkunastu lat, które upłynęły o opublikowania wspomnianego artykułu, z pewnością nastąpił znaczący postęp w przemyśle spożywczym w zakresie utrzymania ruchu maszyn. Świadczyć może o tym m. in. omówiony w tej pracy, a z pewnością nieodosobniony, przypadek wprowadzenia strategii TPM w analizowanej fabryce.

## Bibliografia

- Brzeski J., Figas M. (2006). *Wprowadzenie do TPM. Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych*. <http://www.utzymanieruchu.pl/menu-gorne/artukul/article/wprowadzenie-do-tpm/> - dostęp 08.2017.
- Czerska, J. (2016). *Total Productive Maintenance*, <http://leanmanufacturing.pl/artykuly/lean-w-teorii/total-productive-maintenance.html>, dostęp 7.03.2016.

- Diakun, J. (2005). *Eksploracja w praktyce inżynierskiej przemysłu spożywczego*. Wyd. Politechniki Koszalińskiej, Koszalin. ISSN 0239-7129.
- Dobrowolska, A., Wasilewicz, M. (2003). Zarządzanie utrzymaniem ruchu w koncepcji TQM. *Prace Naukowe Instytutu Organizacji i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej*, 73(23), 78-87.
- Niziński, S. (2000). *Elementy eksploatacji obiektów technicznych*, Wyd. Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn. ISBN 83-88343-73-4.
- Nosal, S., Gulczyński, T. (2016). *Effects of implementation of total productive maintenance (tpm) strategy in the chewing gum plant*. Konferencja BEMS w Białowieży.
- Pietrzyk, A., Uhl, T., Piskorz, Z. (2001). Wykorzystanie techniki RCM w projektowaniu systemów monitorowania. *Problemy Eksploatacji*, 4, 273-279.
- Pietrzyk, A., Uhl, T. (2005). RCM – procedury, modele matematyczne i algorytmy optymalizacji procesu serwisowego. *Problemy Eksploatacji*, 4, 259-269.
- Zbichorski, Z. (1983). *Podstawy organizacji remontów*. PWN, Warszawa. ISBN 83-01-040-882.
- Szpytko, J. (2004). *Kształtowanie procesu eksploatacji środków transportu bliskiego*. Wyd. ITeE Radom-Kraków. ISBN 83-7204-370-1.
- Wasilewicz, M. (2001). Obsługa remontowa maszyn i urządzeń. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*, 3, 62-65.

**Stanisław Nosal**

Zakład Maszyn Spożywczych i Transportu Żywności  
Wydział Maszyn Roboczych i Transportu,  
Politechnika Poznańska  
e-mail: [stanislaw.nosal@put.poznan.pl](mailto:stanislaw.nosal@put.poznan.pl)