

ANALIZA EFEKTYWNOŚCI WYKORZYSTANIA MASZyny NA WYBRANEJ LINII PRODUKCYJNEJ

Karina JANISZ, Marzena LISZKA

Streszczenie: W publikacji przedstawiono analizę efektywności wykorzystania maszyny na linii produkcji worków foliowych przeprowadzoną w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym. Dokonano analizy strat, jakie powstają w procesie oraz wyznaczono wskaźniki niezawodności tj.: całkowitą efektywność wyposażenia (OEE) i jej składowe, średni czas pomiędzy awariami (MTBF), średni czas naprawy (MTTR).

Słowa kluczowe: wskaźnik OEE, efektywność, dostępność, jakość, wykorzystanie

1. Wprowadzenie

Rozwój technologii, coraz większy stopień skomplikowania procesów wytwarzania, determinują wyższe niż kilkanaście lat temu wymagania dotyczące niezawodności maszyn i urządzeń wykorzystywanych w produkcji. Wyzwaniem dla przedsiębiorstw jest realizacja funkcji utrzymania ruchu tak, aby z jednej strony utrzymać stałą sprawność eksploatacyjną urządzeń, z drugiej, aby koszty utrzymywania sprawności były na poziomie akceptowalnym dla przedsiębiorstwa [1]. Dla każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego źródłem, które generuje koszty możliwe do uniknięcia, są awarie i czas przestoju maszyn, urządzeń oraz instalacji. To właśnie ich niezawodność wpływa bezpośrednio na produktywność firmy. Im częściej zdarzają się awarie i przestoje, powstaje tym mniejsza liczba wyrobów gotowych przekładająca się na wynik finansowy organizacji. Dlatego też priorytetowym działaniem organizacji powinno być utrzymanie ruchu maszyn, gdyż tylko niezawodna infrastruktura oraz profesjonalne służby odpowiedzialne za usuwanie ewentualnych awarii umożliwiają uniknięcie dodatkowych obciążeń finansowych [2].

Utrzymanie ruchu urządzeń i maszyn w przedsiębiorstwie to działania mające na celu [3]:

- zmaksymalizowanie zdolności produkcyjnych przy jednoczesnej minimalizacji kosztów produkcji,
- osiągnięcie jak najlepszej jakości wyrobów,
- wydłużenie ekonomicznego okresu użytkowania maszyn i urządzeń,
- stworzenie bezpiecznych warunków eksploatacji wyposażenia produkcyjnego.

Systemy utrzymania ruchu spełniają kilka funkcji. Można zaliczyć do nich:

- konserwacja – przedłużenie przydatności obiektu i utrzymanie optymalnych możliwości operowania,
- ulepszanie – zwiększanie niezawodności obiektu albo poprawa warunków użytkowania,
- naprawa – przywracanie albo utrzymywanie normalnego stanu obiektu, który mógł zostać utracony podczas użytkowania,
- przygotowanie – kontrola mająca na celu ocenę stanu technicznego a także wprowadzenie obiektu w stan zdadności bez wykonywania ulepszeń, napraw czy konserwacji.

Koszty związane z obsługą maszyn i urządzeń mogą stanowić od 15% do 40% całkowitych kosztów produkcji. Aż 75% tych kosztów jest związanych z działalnością konserwacyjno-remontową lub sposobem użytkowania. Zwraca to uwagę na potrzebę zajęcia się poszukiwaniem efektywności ekonomicznej i opłacalności wykorzystywania sprzętu [4]. W związku ze wzrostem udziału kosztów utrzymania ruchu w zmiennych kosztach przedsiębiorstwa oraz konkurencyjności na rynku, rośnie tendencja do redukcji wyżej wymienionych kosztów, a tym samym do poszukiwania nowych możliwości utrzymywania ruchu maszyn i urządzeń. Sposób utrzymania ruchu maszyn i urządzeń zależy od postaci konstrukcyjnej urządzenia, a także roli, jaką spełnia w pełnym procesie produkcyjnym. Maszyny pracujące w zautomatyzowanych liniach produkcyjnych, muszą być odpowiednio utrzymywane, ponieważ awaria tych elementów powoduje przestój całej linii produkcyjnej. Strategia eksploatacji powinna być zatem opracowana w sposób adekwatny do poszczególnych rodzajów maszyn i urządzeń.

2. Wskaźniki efektywności wykorzystania maszyn

2.1. Wskaźnik OEE

W literaturze definiowane są różne mierniki do oceny nadzoru nad maszynami, a wśród nich tzw. wskaźnik OEE [5], czy wskaźnik MTTR [6, 7, 8].

Najbardziej popularnym wskaźnikiem stosowanym do pomiaru wykorzystania produkcyjnego, znanym jako wykorzystanie maszyn, jest wskaźnik OEE. Skrót pochodzi od angielskich słów *Overall Equipment Effectiveness*, co oznacza *Całkowitą Wydajność Wyposażenia*. Na wskaźnik OEE składają się trzy składowe, które mogą pełnić samodzielną rolę wskaźnika w przedsiębiorstwie, natomiast każda składowa dzieli się na poszczególne elementy, które zaniżają lub zawyżają jej wartość. Składowe OEE to:

1. *Dostępność (D)* - wartość procentowa w jakiej obiekt jest dostępny do realizowania powierzonych mu zadań. Czas do dyspozycji, to całkowity czas dostępności, pomniejszony o czas przerw standardowych, np. przerwa śniadaniowa pracowników. Do przestojów natomiast zalicza się, nieplanowane przerwy tj.: awarie, zatrzymania jakościowe oraz braki komponentów.
2. *Wykorzystanie (W)* – zdolność utrzymania przez maszyny standardowego tempa pracy. W określaniu efektywności wykorzystania bardzo ważne jest prawidłowe zdefiniowanie czasu cykliów wyrobów.
3. *Jakość (J)* - określa stosunek liczby dobrych sztuk do wszystkich wyprodukowanych. Jest to najprostszy składowy składnik OEE.

Wskaźnik OEE stanowi iloczyn trzech, wyżej wymienionych składowych. Przed rozpoczęciem obliczania wskaźnika OEE, należy zidentyfikować straty oraz ich wpływ na poszczególne składniki tj. dostępność, efektywność, jakość.

2.2. Wskaźniki niezawodności eksploatacyjnej

Awarie niewątpliwie powodują straty efektywności produkcji. Redukcja awarii wpływa znacząco na poprawę dostępności maszyn. Omówiony wyżej wskaźnik OEE służy m.in. do pokazania, jaką część wszystkich start stanowią awarie, jednak nie pozwala na ich szczegółową analizę. Do tego celu można zastosować trzy wskaźniki utożsamiane z działami Utrzymania Ruchu:

- MTTR – średni czas potrzebny do naprawy awarii:

$$MTTR = \frac{t_A}{n_p} [min], \quad (5)$$

- MTTF – średni czas do wystąpienia awarii:

$$MTTF = \frac{t_D - t_A}{n_p} [min], \quad (6)$$

- MTBF – średni czas pomiędzy awariami:

$$MTBF = MTTR + MTTF [min] \quad (7)$$

gdzie:

t_D – czas do dyspozycji [min]

t_A – czas awaryjności [min]

n_p – liczba zdarzeń naprawczych

W celu wyznaczenia wyżej wymienionych wskaźników należy zebrać informację na temat dostępnego czasu produkcji, czasu awaryjności oraz liczby zdarzeń naprawczych. Analiza wskaźników powinna odbywać się poprzez śledzenie zmian ich wartości w kolejnych dniach, tygodniach lub miesiącach.

3. Przebieg analizy

Analiza została przeprowadzona w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym (małe przedsiębiorstwo) zlokalizowanym w województwie małopolskim. Zakres analizy objął:

- charakterystykę stanu istniejącego: proces produkcji, system utrzymania ruchu,
- zebranie danych dotyczących liczby uszkodzeń, czasów przestoju i awarii, braków,
- analizę rodzajów strat,
- wyliczenie i ocenę wskaźników efektywności całkowitej wybranej maszyny,
- wyliczenie wskaźników niezawodności eksploatacyjnej: MTTR, MTTF, MTBF.

W pierwszym etapie analizy zapoznano się z procesem produkcyjnym, przeprowadzono rozmowy z kierownikiem, operatorem maszyny i mechanikiem oraz wybrano maszynę do badań. W kolejnym kroku został sporządzony formularz, umożliwiający zebranie danych dotyczących liczby uszkodzeń, czasów przestoju, czasu dostępności, czasu awaryjności, braków, czasu cyklu. Dodatkowo, oprócz tygodniowych kart OEE, sporządzono formularz informacji o awariach, umożliwiający zebranie danych dotyczących ilości zdarzeń naprawczych, czasu awaryjności, czasu do rozpoczęcia naprawy oraz czasu pomiędzy kolejnymi awariami.

Badania trwały 4 tygodnie. Podczas badań na maszynie wykonywane były woreczki o oznaczeniu 25L(50) oraz 35L(50). Po upływie 4 tygodni dane zostały usystematyzowane, a następnie poddane analizie.

3.1. Przedmiot analizy

Analizą objęto maszynę do zgrzewania i zwijania worków (COEMTER). Maszyna umożliwia wykonanie rolek o dowolnej ilości worków. Liczbę sztuk, podobnie jak prędkość oraz temperaturę, ustawia się za pomocą komputera połączonego z maszyną. Temperatura zgrzewania zależy od rodzaju folii. W przypadku wykonywania worków na śmieci są to folie polietylenowe, np.: HDPE, LDPE. Na wejściu maszyny znajdują się dwa

podajniki na folie. Za podajnikami znajduje się pierwszy bufor. Kolejnym elementem jest bęben zgrzewający z regulacją długości worków. Bezpośrednio za bębniem zgrzewającym znajduje się drugi bufor, a kolejno za nim wałek liczący, połączony z komputerem oraz widełki, na których zatrzymują się gotowe rolki.

Zgrzewania i zwijanie worków na śmieci rozpoczyna się od dostarczenia oraz zamocowania folii na podajnikach przez pracownika obsługującego maszynę. Folia produkowana jest na linii produkcyjnej znajdującej się na terenie zakładu. Dzięki temu, operator nie musi się martwić o opóźnienia wynikające z dostaw półfabrykatów z innych przedsiębiorstw. W zależności od rodzaju wykonywanych worków używany jest jeden podajnik lub dwa. W przypadku worków 25L oraz 35L można użyć dwóch podajników, co pozwalała na większe wykorzystanie potencjału maszyny. Podczas produkcji innych rodzajów worków, np. 60L, korzysta się tylko z jednego podajnika. Wynika to z faktu, że maszyna zgrzewa wtedy worki z większą prędkością i jeden pracownik nie ma możliwości na czas odebrać zgrzane worki na śmieci. Kolejnym etapem jest ręczne przełożenie folii przez pierwszy bufor. Po przełożeniu folii przez pierwszy bufor, maszyna zostaje uruchomiona, a następnie folia przechodzi przez bęben zgrzewający, gdzie następuje podział na worki. Długość worka ustawia się ręcznie na bębnie. Folia po przejściu przez bęben zgrzewający zostaje nawinięta na drugi bufor. Jednym z końcowych etapów jest przejście przez wałek zliczający, gdzie następuje odliczenie zadanej wcześniej ilości worków w jednej rolce. Na tej podstawie maszyna przelicza ile sztuk rolek zostało wyprodukowanych. Wartość ta jest automatycznie aktualizowana oraz na bieżąco wyświetlana na ekranie. Ostatnim etapem jest przejście zwiniętych już rolek na widełki. Z tego miejsca pracownik zabiera rolkę, dokonuje kontroli jakości oraz nakłada etykietę. Nieprawidłowo wykonane rolki odkłada się do oznaczonego pojemnika, a następnie przetwarza się od nowa na folię w innej maszynie, znajdującej się na terenie przedsiębiorstwa. Wytworzone braki nie generują strat materiałów, niemniej ponowna produkcja rolek z otrzymanej po przetworzeniu folii wiąże się z dodatkową pracą maszyny, która potencjalnie mogłaby być wykorzystana do wyprodukowania większej ilości worków [9].

3.2. System utrzymania ruchu w firmie

Charakterystykę systemu utrzymania ruchu maszyny sporządzono na podstawie wywiadu przeprowadzonego z jednym z operatorów oraz mechanikiem. System ten nie jest formalnie opisany. W badanym przedsiębiorstwie, odpowiedzialnym za utrzymanie ruchu jest operator maszyny. Do jego zadań należy dobór parametrów produkcji, w taki sposób, aby nie narażać maszyny na pracę w ekstremalnych warunkach. Jest to bardzo ważne, ponieważ źle dobrane parametry są przyczyną nieprawidłowej pracy maszyny, co wiąże się z dużą liczbą braków w produkcji, a także niewłaściwą eksploatacją urządzenia, czego skutkiem są liczne awarie. W zależności od rodzaju awarii, odpowiedzialnym za naprawę jest operator lub mechanik zatrudniony w przedsiębiorstwie. Awarie drobne, tj.: zacięcie folii lub skrócenie jej, są eliminowane na bieżąco przez operatora maszyny. Eliminacja awarii w tym przypadku musi być natychmiastowa, ponieważ ma duży wpływ na prawidłowość wykonania produktów. Do awarii poważniejszych, uniemożliwiających pracę maszyny wzywany jest mechanik. Mechanik zatrudniony jest w przedsiębiorstwie na jedną zmianę (od 7:00 do 15:00). Awarie powstałe na innej zmianie są przyczyną zatrzymania produkcji aż do początku I zmiany, bez względu na stopień awarii. To rozwiązanie wiąże się z dużymi stratami, które potencjalnie można zmniejszyć. Po

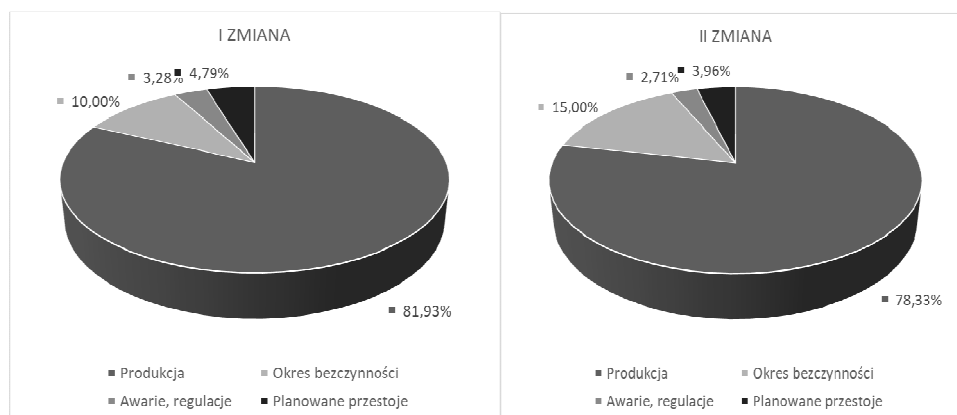
naprawie maszyny następuje analiza przyczyn wystąpienia awarii, w celu uniknięcia podobnych zdarzeń w przyszłości. Metoda przeprowadzenia analizy nie jest sformalizowana i ma charakter dyskusji operatora maszyny z mechanikiem. Wyniki analizy nie są zapisywane [9]. Utrzymanie ruchu w badanym przedsiębiorstwie działa na zasadzie „gaszenia pożarów”.

4. Analiza strat

Czas cyklu produkcyjnego jest jednym z elementów potrzebnym do oceny efektywności maszyny. Jego wartość została wyznaczona jako średnia z dziesięciu czasów cyklu dla poszczególnych detali.

Przez okres czterech tygodni, w których prowadzone były badania, maszyna mogła pracować w sumie przez 40 zmian. Ze względu na brak zamówień, maszyna pracowała w przez 35 zmian, w tym przez 16 dni maszyna wykonywała worki na śmieci w trybie dwuzmianowym, a przez 3 dni w trakcie tylko jednej zmiany.

Na podstawie danych otrzymanych w wyniku przeprowadzonych obliczeń sporządzono wykres wykorzystania maszyny, porównując ze sobą obie zmiany. Wykresy na rys. 1 przedstawiają procentowy udział produkcji, przestojów, przerw, okresu bezczynności w całkowitym czasie trwania I i II zmiany.



Rys. 1. Wskaźnik wykorzystania maszyny na I i II zmianie

Źródło: [9]

Z danych zawartych na wykresach wynika, iż czas poprawnej pracy maszyny jest krótszy o 3,6% na II zmianie. Na II zmianie wystąpił także dłuższy czas bezczynności maszyny, natomiast więcej awarii, a także planowanych przerw wystąpiło na I zmianie, co jednak nie skutkowało znacznym skróceniem czasu produkcji.

Na podstawie zebranych danych wynika, że worki o pojemności 35L były produkowane przez 25 zmian i wyprodukowano ich w sumie 46584 sztuk, natomiast worki o pojemności 25L, przez 10 zmian, w ilości 21182 sztuk. Worki 35L, stanowią 68,74 % całej produkcji.

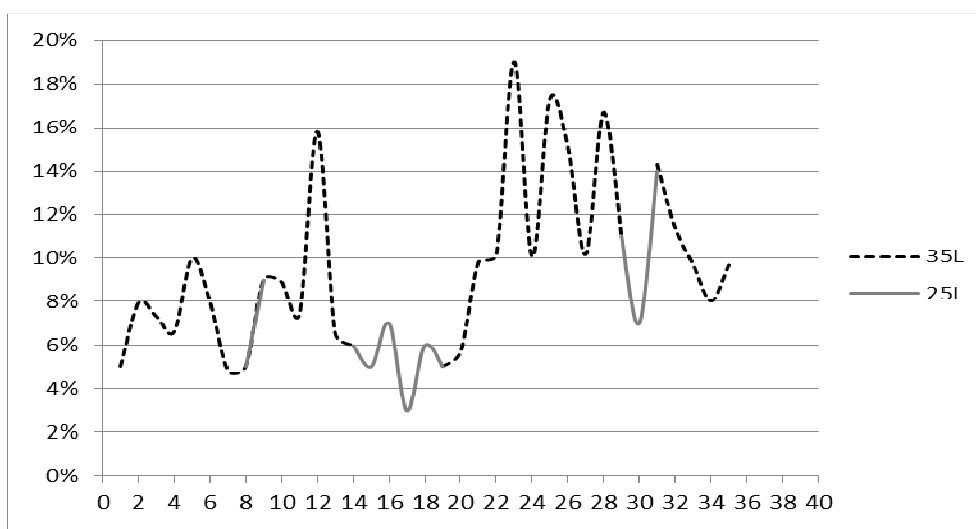
Dalej, wyznaczono wartości średnie:

- średnia liczba wszystkich wyprodukowanych sztuk worków 35L na jednej zmianie: 1863,36 szt.,
- średnia liczba wszystkich wyprodukowanych sztuk worków 25L na jednej zmianie: 2118,2 szt.

W kolejnym kroku wyznaczono wartości średnie liczby wadliwych produktów oraz produktów bez wad, dla worków 35L i 25 L:

- średnia liczba braków dla worków 35L: 182,6 szt.,
- średnia liczba produktów bez wad dla worków 35L: 1680,76 szt.,
- średnia liczba braków dla worków 25L: 126,9 szt.,
- średnia liczba produktów bez wad dla worków 25L: 1991,3 szt.

Wartość współczynnika defektów wyznaczono dla każdej pozycji osobno. Współczynnik ten charakteryzuje się nieregularną zmiennością. Wpływ na jego zmienność mogą mieć różne czynniki związane ze stanem technicznym maszyny, jak i jakością półfabrykatów, itp. Na rys. 2 przedstawiono zmiany wartości udziału braków w produkcji na jednej zmianie z podziałem na dwa rodzaje worków na śmieci.



Rys.2. Współczynnik defektów
Źródło: [9]

Na wykresie współczynników defektów wyraźnie widać, że najwyższe wartości współczynnika występują w produkcji worków 35 L, których produkuje się 2,5 razy więcej niż worków 25L. Produkcja worków o objętości 35L znacznie zaniża jakość produkcji.

5. Wskaźniki efektywności wykorzystania maszyny

5.1. Wskaźnik OEE

Głównym wskaźnikiem służącym ocenie efektywności wykorzystania maszyny jest wskaźnik OEE. Wskaźnik ten opisuje trzy podstawowe obszary (składowe) działalności przedsiębiorstwa: *dostępność*, *efektywność wykorzystania* i *jakość* produkowanych wyrobów. Obliczanie wskaźnika umożliwia definiowanie działań doskonalących w zakresie realizowanych procesów produkcyjnych, pozwala zmierzyć ich efekt po wdrożeniu oraz umożliwia eliminację istniejących problemów. Pozwala identyfikować wąskie gardła i główne problemy przedsiębiorstwa [10].

Zebrane dane umożliwiły wyliczenie, a następnie ocenę wyżej wymienionych

składowych oraz finalnie samego wskaźnika OEE. Szukane wartości otrzymano korzystając z poniższych wzorów:

- wskaźnik *dostępności*

$$D = \frac{t_d - t_p}{t_d} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

- t_d – czas do dyspozycji [min],
- t_p – przestoje [min],

- wskaźnik *wykorzystania*

$$W = \frac{t_c \cdot \frac{l}{2}}{t_d - t_p} \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie:

- t_c – czas cyklu [min/2szt.],
- l – liczba wyprodukowanych sztuk

- wskaźnik *jakości*

$$J = \frac{l - l_w}{l} \cdot 100\% \quad (3)$$

gdzie:

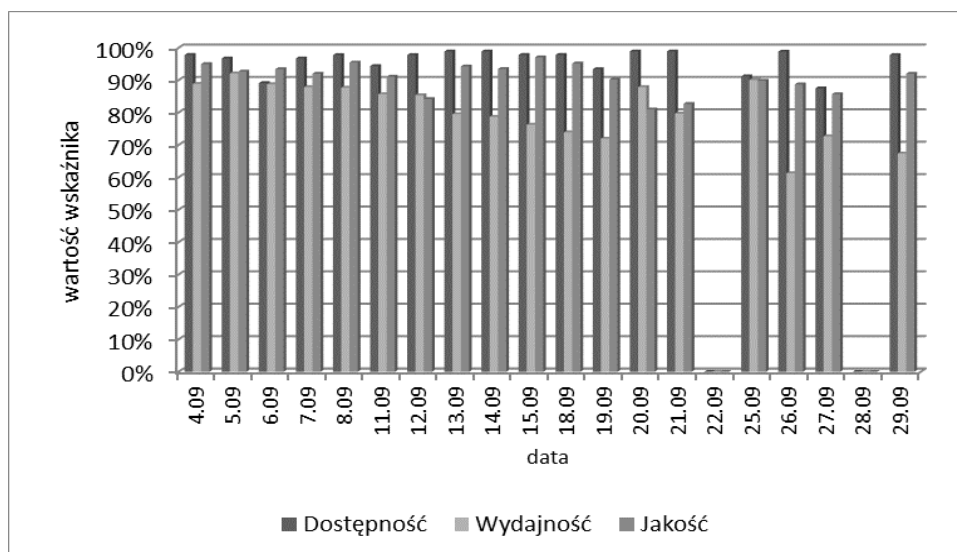
- l_w – liczba sztuk wadliwych,
- l – liczba wyprodukowanych sztuk

$$OEE = D \cdot W \cdot J \quad (4)$$

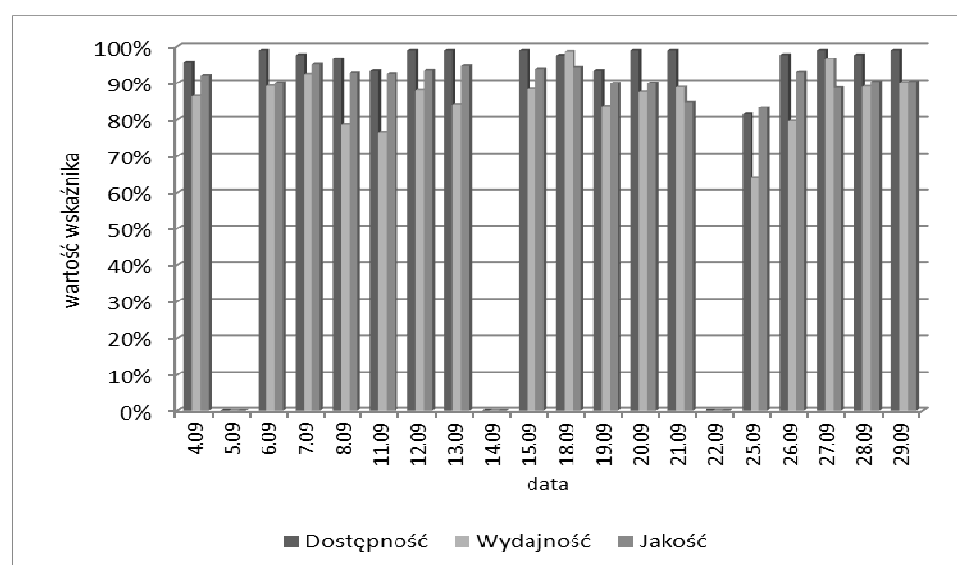
Wyliczone wartości składowych wskaźnika OEE dla I i II zmiany przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Analizując wartości składowych OEE, można zauważyć, że wartości, które zaniżają wartość wskaźnika, to *wykorzystanie*, zarówno dla I jak i II zmiany. Wartość składowej *jakości* utrzymuje się na wysokim poziomie, rzadko osiąga wartość poniżej 90%. Na tle wszystkich wyników, zarówno dla pierwszej i drugiej zmiany, najlepiej przedstawia się wskaźnik *dostępności* maszyny.

Należy również zauważyć że, zarówno na pierwszej, jak i na drugiej zmianie, pojawia się wynik 0% dla dostępności, jakości oraz efektywności. Fakt ten wynika z tego, iż w tym czasie maszyna nie pracowała, więc cały czas, który mógł potencjalnie być przeznaczony na pracę, był okresem bezczynności. Te pięć wyników wpływa naienne wartości współczynnika OEE, a także na wartości średnie, które dla całego badanego okresu czasu wynoszą następująco [9]:

- średnia *dostępność*: 84,34%,
- średnie *wykorzystanie*: 72,94%,
- średnia *jakość*: 79,59%.



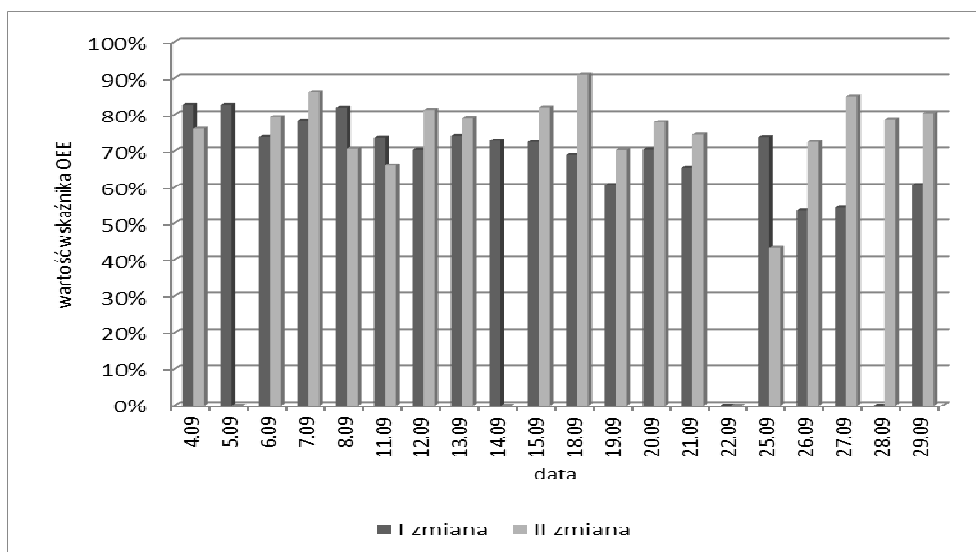
Rys. 3. Zestawienie wartości składowych wskaźnika OEE dla I zmiany
Źródło: [9]



Rys. 4. Zestawienie wartości składowych wskaźnika OEE dla II zmiany
Źródło: [9]

Zgodnie z definicją, wskaźnik OEE jest iloczynem trzech wymienianych wcześniej wartości tj.: *dostępność*, *wykorzystanie* oraz *jakość*. Na rysunku 5 przedstawiono wyniki obliczeń wskaźnika OEE dla każdego dnia, zarówno dla I jak i II zmiany.

Z danych przedstawionych na wykresie wynika, że dużo częściej wartość OEE dla II zmiany danego dnia jest wyższa od wartości dla I zmiany tego samego dnia. Analizując wyniki osiągnięte na II zmianie, można też zauważyć duży rozrzut wartości wskaźnika.



Rys.5. Zestawienie wartości wskaźnika OEE dla I i II zmiany

Źródło: [9]

W kolejnym kroku wyliczono, na jakim poziomie utrzymują się miesięczne wartości OEE dla każdej ze zmian osobno [9]:

- dla I zmiany: 63,51%,
- dla II zmiany: 64,69%.

Różnica wartości pomiędzy zmianami to zaledwie 1,18 %, co oznacza, że pomimo wielu różnic w wynikach dziennych, wartości w ciągu miesiąca wyrównują się. Niemniej należy monitorować przyczyny tego stanu celem zwiększenia efektywności produkcji.

5.2. Wskaźniki niezawodności eksploatacyjnej

Zebrane w ramach badań informacje o dokładnych datach wystąpienia awarii, czasu oczekiwania na rozpoczęcie naprawy oraz czasu potrzebnego na naprawę, pozwoliły na oszacowanie wskaźników niezawodności eksploatacyjnej.

W ciągu jednego miesiąca liczba zdarzeń (n_p) naprawczych w odniesieniu do badanej maszyny wynosiła 11. Do wyznaczenia wskaźników niezbędne było wyznaczenie sumy czasu awaryjności oraz sumy czasu do dyspozycji maszyny na obu zmianach [9]:

- czas awaryjności [t_A]: 270 min,
- czas do dyspozycji maszyny [t_D]: 15960 min.

Korzystając ze wzorów (5), (6) i (7) wyznaczono wartości wskaźników niezawodności eksploatacyjnej maszyny [9]:

- średni czas potrzebny do naprawy awarii (MTTR): 24,54 min,
- średni czas do wystąpienia awarii (MTTF): 1426,36 min,
- średni czas pomiędzy awariami (MTBF): 1450,9 min.

Średni czas pomiędzy awariami to około 3 zmiany, a więc średnio co trzecią zmianę, na której pracuje maszyna występuje awaria. Średni czas potrzebny na naprawę awarii stanowi 5% czasu trwania zmiany, co oznacza, że w sytuacji kiedy wystąpi awaria, to wskaźnik dostępności maszyny spada średnio o 5%, a w konsekwencji obniża się wskaźnik OEE.

Korzystając z danych zebranych podczas badań, wyznaczono również średni czas potrzebny do rozpoczęcia naprawy, który wyniósł 1,36 min. Tak niewielki czas reakcji oznacza, że czynności naprawcze w przedsiębiorstwie najczęściej są wykonywane natychmiastowo przez operatora maszyny.

Podsumowując, większość działań naprawczych, które są podejmowane w przedsiębiorstwie, dotyczy głównie drobnych awarii. Awarie te mogą być spowodowane wieloletnią pracą maszyny (zużycie elementów, brak konserwacji), jak i niewłaściwą eksploatacją. Brak sformalizowanego systemu utrzymania ruchu nie pozwala na ocenę przyczyn awarii.

6. Wnioski

Badania wykazały, iż analizowane przedsiębiorstwo nie stosuje żadnych zalecanych w literaturze wskaźników oceny maszyn. Efektywne nadzorowanie maszyn w firmie wymaga nie tylko doboru odpowiedniej strategii utrzymania ruchu, ale także miarodajnych wskaźników oceny. Przeprowadzona analiza pozwoliła przedstawić faktyczny stan efektywności produkcji pod względem wykorzystania maszyny. Wyliczone wartości czasu *dostępności* maszyny ukazują w jakim stopniu maszyna jest wykorzystywana w ciągu doby oraz jak wiele czasu traci się na przerwy zarówno planowane jak i nieplanowane. Pomimo strat, które generowane są przez przestoje maszyny, wartość współczynnika *dostępności* jest wysoka. Najłabszym elementem efektywności jest *wykorzystanie* maszyny. Z kolei współczynnik *jakości* produkcji można doskonalić, o ile każdy z pracowników zastosuje się do zaproponowanych standardów. Porównując wyniki uzyskane w ramach badania w trakcie dwóch zmian, dla których wartość współczynnika OEE wynosi kolejno 63,51% oraz 64,69%, nasuwa się wniosek, że efektywność wykorzystania maszyny na obu zmianach jest podobna. Różnica nie jest znacząca, choć warto zastanowić się jakie czynniki wpływają na pogorszenie efektywności pierwszej zmiany. Ponadto, wyliczona wartość OEE świadczy o niskim poziomie organizacyjnym służb utrzymania ruchu analizowanego przedsiębiorstwa. Wartości światowe OEE (word class) są zazwyczaj na poziomie przekraczającym 90%, stąd należy go monitorować i doskonalić (w kierunku WCM). Istotne jest też, aby wyniki wydajności utrzymywane były stale na zbliżonym, wysokim poziomie oraz nie miały tendencji skokowej, co może świadczyć o braku stabilności procesu produkcyjnego.

Drogą do efektywnego korzystania z analizy OEE, w celu poprawy wyników produkcyjnych, jest przeprowadzanie pomiarów i identyfikacja wszystkich rodzajów strat, które występują w procesie produkcji. Wdrożenie w badanym przedsiębiorstwie analizy OEE przyczyni się do poprawy efektywności wykorzystania maszyny. Ponadto wskaźnik ten pokazuje także problemy związane z organizacją pracy ludzi oraz całego procesu produkcyjnego. Należy też pamiętać, iż we wdrażaniu i monitorowaniu wskaźnika OEE powinna brać udział zarówno kadra kierownicza, jak i operatorzy maszyn [6].

Ponadto, wdrożenie koncepcji drobnych usprawnień, czy standaryzacja czasu przebrojeń powinno pozwolić na zwiększenie czasu dostępności maszyny oraz wpłynąć znacząco na poprawę jakości produkcji i jednocześnie zwiększyć efektywność wykorzystania maszyny.

W ramach badań została również przeprowadzona krótka analiza awarii. Awarie wiążą się nie tylko ze stratami produkcji, ale także z kosztami naprawy. Koszty naprawy często przekraczają znacznie koszty konserwacji, którą można wykonywać regularnie w celu eliminacji potencjalnych awarii. Stąd wdrożenie autonomicznego utrzymania maszyn wydaje się tu właściwą strategią utrzymania ruchu. Współczesne przedsiębiorstwa nie

stosują mierników MTTR, MTTF i MTBF, ponieważ awarie w tych przedsiębiorstwach należą do rzadkości, a podstawową rolę odgrywa utrzymanie prewencyjne. System TPM (Kompleksowego Produktywnego Utrzymania) zapewni wprowadzenie mechanizmów zapobiegających występowaniu awarii.

Literatura

1. Walczak M., System utrzymania ruchu czynnikiem przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa, Kraków: Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, 2015
2. Woźnicka K., Sikora K., Model utrzymania sprawności produkcyjnej maszyn, jako kluczowy czynnik rozwoju przedsiębiorstwa produkcyjnego, Konferencja Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Tom II Część XI Zarządzanie utrzymaniem ruchu, 2014, strony: 725-736
3. Pomietlorz-Loska M., Byrska-Bienias K., Metody i techniki zarządzania utrzymaniem ruchu: studium przypadku, W: (red.) Knosala R., Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji T.2, Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2016
4. Furman J., Wdrażanie wybranych narzędzi koncepcji Lean Manufacturing w przedsiębiorstwie produkcyjnym, Część I Innowacyjność procesów i produktów, Konferencja: Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, 2014
5. Dal B, Tugwell P, Greatbanks R. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement, a practical analysis. *International Journal of Operations and Production Management* 2000; 12: 1488-1502.
6. Chand G, Shirvani B. Implementation of TPM in cellular manufacture. *Journal of Materials Processing Technology* 2000; 103: 149-154.
7. Gulati R, Smith R. Maintenance and Reliability Best Practices. [Electronic] New York: Industrial Press, 2009.
8. McKone K. E, Schroeder R. G, Cua K. O. Total productive maintenance: a contextual view. *Journal of Operations Management* 1999; 17: 123-144
9. Liszka M., Analiza efektywności wykorzystania linii produkcyjnej (lub maszyn), praca dyplomowa na kierunku Zarządzanie i inżynieria produkcji, Instytut Techniczny PWSZ w Nowym Sączu, 2018
10. Antosz K., Stadnicka D., Mierniki oceny efektywności funkcjonowania maszyn w dużych przedsiębiorstwach: wyniki badań. „Eksplatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability” Vol. 17, No. 1, 2015 Strony: 107-117, <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2015.1.15>
11. Krasoń P., Wykorzystanie wskaźnika OEE w koncepcji kompleksowego utrzymania ruchu, *Zeszyty naukowe Politechniki Łódzkiej Nr 1213 Organizacja i Zarządzanie*, Z. 66, 2016

Dr inż. Karina JANISZ
Marzena LISZKA
Instytut Techniczny
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu
33-300 Nowy Sącz, ul. Zamenhofska 1a
tel./fax: (0-18) 547 29 08
e – mail: kjanisz@pwsz-ns.edu.pl
rzena16@gmail.com